

Regione Puglia



Provincia di Brindisi



Comune di Brindisi

**PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO AGRIVOLTAICO
E OPERE CONNESSE
(Potenza Impianto Fotovoltaico 25MW)**

BR_AS_AUR19 – RELAZIONE GEOTECNICA

Committente:	Engineering:		
ACEA SOLAR s.r.l. Piazzale Ostiense n.2 00154 Roma (RM)	 ACEA SOLAR SRL		
Il Tecnico		Revisioni	DATA
			
			Iter Autorizzativo
Descrizione	Relazione geotecnica		
Commessa	BR-AGRIAIA		

Indice

1. PREMESSA	3
2. Descrizione delle strutture interagenti al suolo	3
2.1 Strutture area parco FV – trackers monoassiali	3
2.2 Strutture area sottostazione	5
3. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E GEOMORFOLOGICO.....	7
3.1 Inquadramento Geografico e Territoriale.....	7
3.2 Inquadramento geologico e geomorfologico	9
4. INDAGINI GEOGNOSTICHE IN SITO.....	11
5. TRACKERS MONOASSIALI	15
6. EDIFICIO DI COMANDO.....	20
6.1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	21
6.2 RISULTATI DELL'ANALISI: SOLLECITAZIONI ALL'INTERFACCIA TERRENO STRUTTURA	22
7. FONDAZIONE TRASFORMATORE DI POTENZA.....	26
7.1 RISULTATI DELL'ANALISI: SOLLECITAZIONI ALL'INTERFACCIA TERRENO STRUTTURA	28
8. FONDAZIONI APPARECCHIATURE AT.....	33
8.1 Fondazione per sezionatore orizzontale.....	34
8.2 Fondazione per interruttore tripolare	35
8.3 Fondazioni unipolari per Trasformatore di Tensione TV	36
8.4 Fondazioni unipolari per Trasformatore di Corrente TA.....	37
8.5 Fondazioni unipolari per Scaricatori.....	38
8.6 Fondazioni per sistema sbarre.....	39
8.7 Vasca raccolta olio (oil Tank)	40
8.8 Muro tagliafiamma	41
9. SINTESI DELLE VERIFICHE GEOTECNICHE	42
9.1 Verifiche di capacità portante.....	43
10. CONCLUSIONI.....	47

1. PREMESSA

Su incarico della ACEA Solar S.r.l., lo scrivente ing. Daniele CAVALLO, iscritto all'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Brindisi con n° 1220, ha redatto la presente relazione geotecnica al fine di descrivere i criteri di modellazione dell'interazione terreno-struttura relativa alle opere strutturali presenti all'interno del parco agrivoltaico e della stazione elettrica di connessione dell'impianto agrivoltaico alla RTN.

Le opere strutturali per le quali vengono effettuate le verifiche geotecniche sono suddivise per:

- Area parco
- Sottostazione elettrica per la connessione

Per quel che riguarda l'area parco verranno esaminate le interazioni al suolo delle strutture di supporto dei moduli fotovoltaici

- Trackers monoassiali

mentre per quel che riguarda la sottostazione verranno prese in esame:

- L'edificio di comando
- La fondazione del Trasformatore MT/AT e la relativa vasca olio
- Le fondazioni delle apparecchiature AT

Noti i carichi al suolo provenienti dalle strutture e note le caratteristiche geolitologiche del substrato di sedime, si andranno ad eseguire le verifiche geotecniche del substrato nei riguardi dei carichi di esercizio.

2. Descrizione delle strutture interagenti al suolo

2.1 Strutture area parco agrivoltaico – trackers monoassiali

Le opere strutturali in esame sono i trackers monoassiali di supporto per i moduli FV, compiutamente descritti nella relazione di calcolo preliminare strutture.

Le valutazioni di tipo geotecnico riguardano l'interazione terreno – montanti metallici.

Sulla scorta delle indagini geognostiche e della caratterizzazione granulometrica delle aree di sedime, la soluzione costruttiva prevede l'installazione dei montanti per battitura nel terreno, per una profondità di infissione di circa 1,8mt.



Figura 1_immagine qualitativa tracker monoassiale

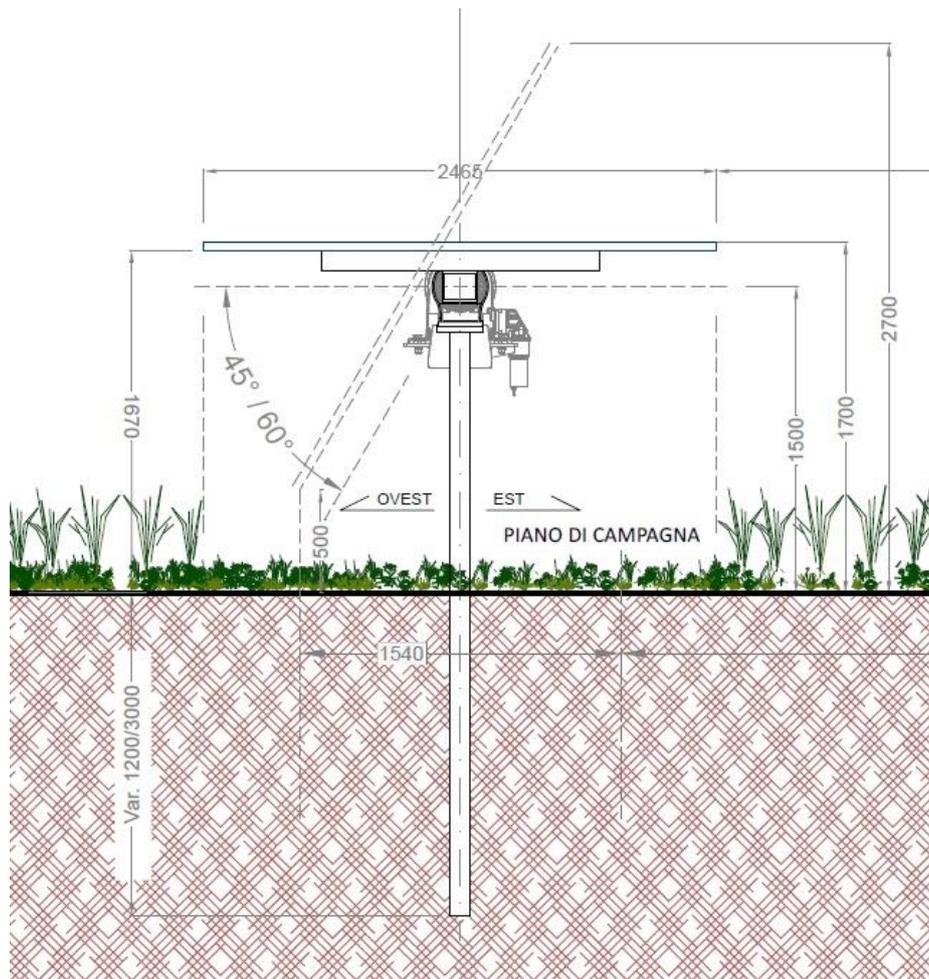


Figura 2_sezione tipologica tracker monoassiale

2.2 Strutture area sottostazione

Il progetto della connessione prevede la costruzione di due stazioni elettriche:

la prima, lato produttore, di trasformazione MT/AT (campita in azzurro nell'immagine sottostante), all'interno della quale si trovano l'edificio di comando, il trasformatore MT/AT e lo stallo AT in condominio con altri produttori;

la seconda, lato Terna (campita in giallo nell'immagine sottostante), all'interno della quale si trovano le apparecchiature AT ed il sistema sbarre che convoglia l'energia trasformata verso la Stazione RTN.

Il tutto è riportato nelle immagini seguenti:

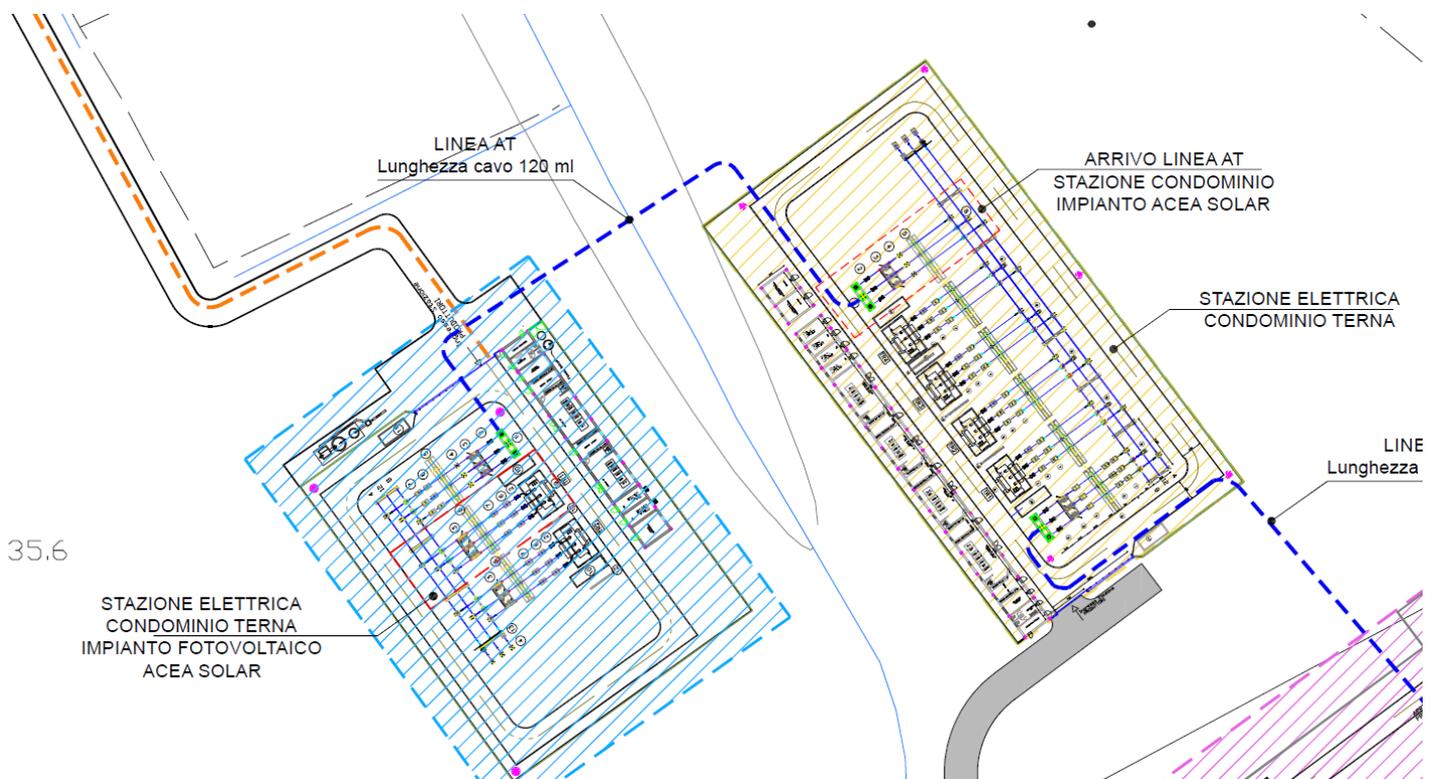


Figura 3_layout generale impianto di connessione

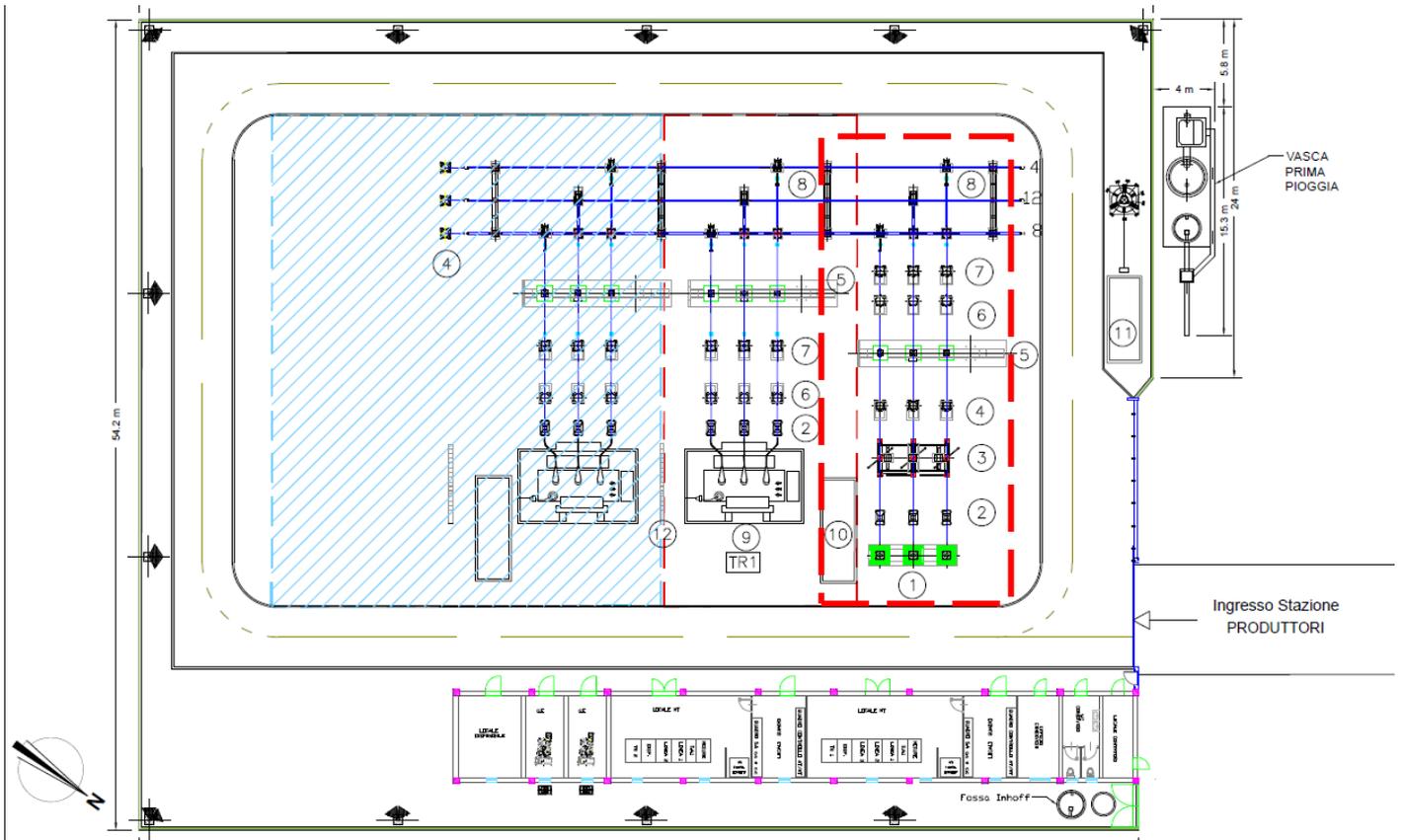


Figura 4_layout stazione elettrica - impianto Acea Solar e condominio

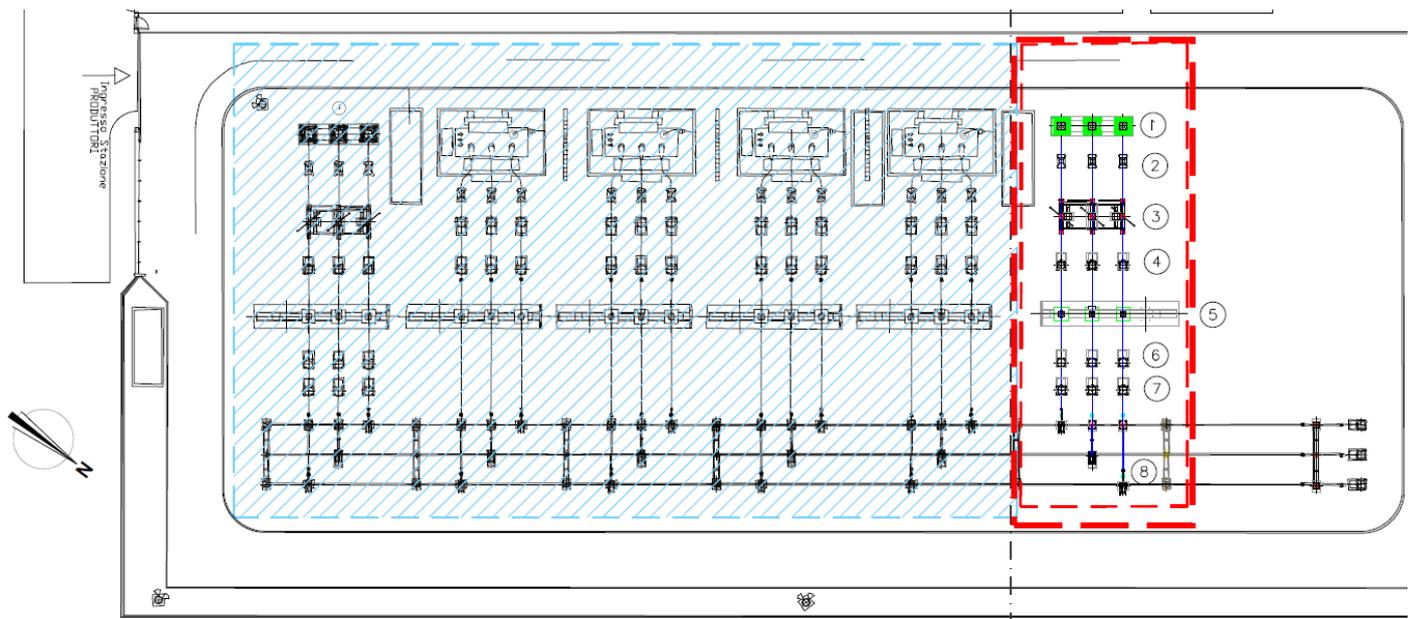


Figura 5_layout stazione elettrica Terna – stallo condiviso

3. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E GEOMORFOLOGICO

3.1 Inquadramento Geografico e Territoriale

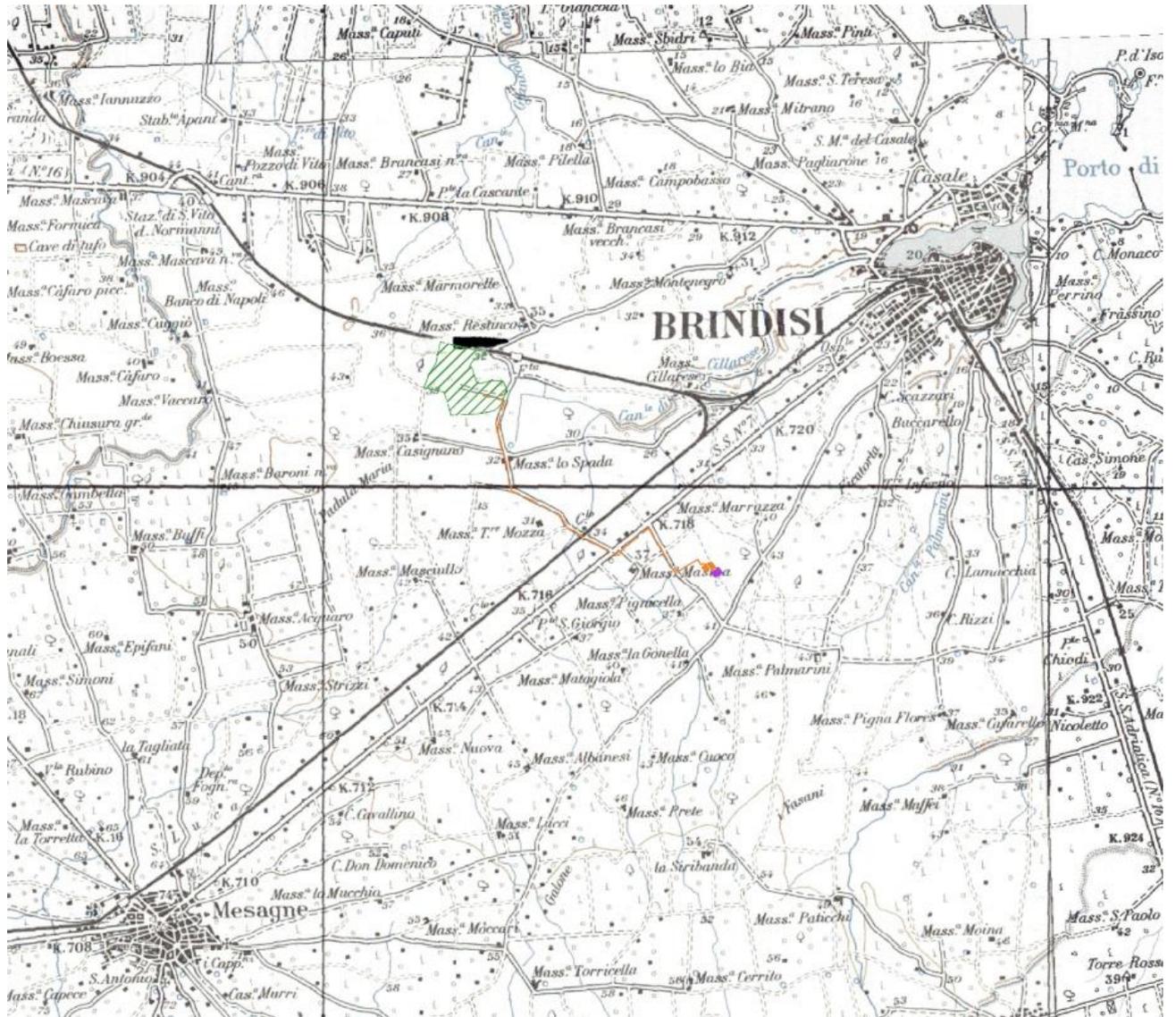
L'area sulla quale ricade la stazione è ubicata nel territorio comunale di Brindisi in Località Masseria Restinco, posizionata ad una distanza di circa 4,5 km in direzione Sud-Ovest rispetto al nucleo urbano di Brindisi, a sud della Strada Statale n. 7, ad ovest rispetto alla Strada Provinciale n.43 e ad una distanza di ca. 100 mt dalla Stazione Elettrica RTN 150/380 kV di Brindisi.

Coordinate Geografiche Sito: Lat. 40,626042° - Long. 17,859954°



LEGENDA	
AREE INTERESSATE DAL PARCO AGRIVOLTAICO	
INTERCONNESSIONI ELETTRICHE INTERRATE E OPERE DI CONNESSIONE	
STAZIONE ELETTRICA UTENTE / CONDOMINIO TERNA AMPLIAMENTO STAZIONE ELETTRICA DI TRASFORMAZIONE DELLA RTN 380/ 150 kV DI BRINDISI	

Figura 6: Inquadramento su ortofoto - impianto FV ed opere di connessione



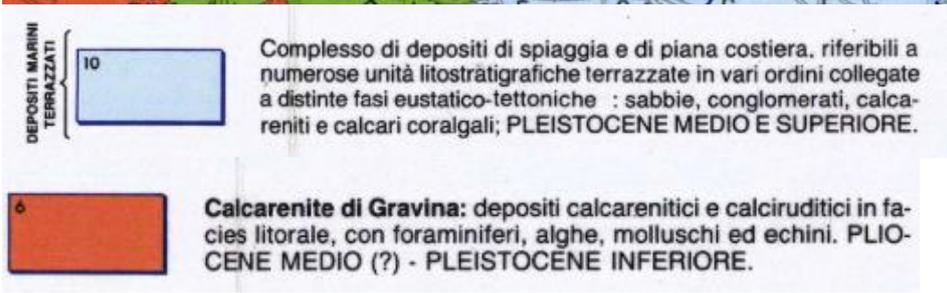
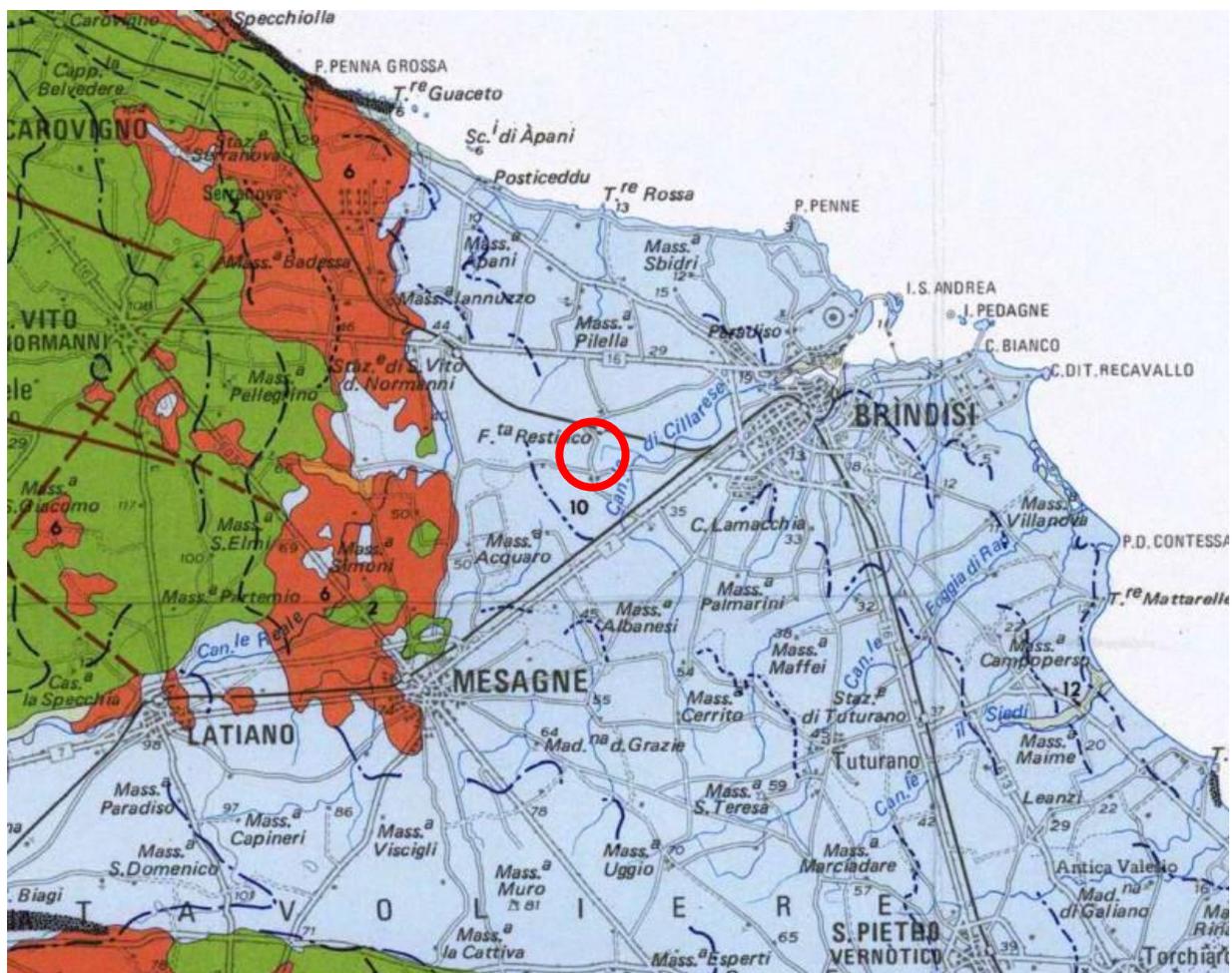
LEGENDA	
AREE INTERESSATE DAL PARCO AGRIVOLTAICO	
INTERCONNESSIONI ELETTRICHE INTERRATE E OPERE DI CONNESSIONE	

Figura 7: Inquadramento area di Intervento su IGM 1:25.0000 – impianto FV ed opere di connessione

3.2 Inquadramento geologico e geomorfologico

Il modello geologico elaborato dal dott. geol. Walter MICCOLIS, parte integrante della presente istanza, è stato preso come riferimento per le successive considerazioni di carattere strutturale.

L'area in oggetto insiste su un substrato noto come Depositi marini terrazzati, formazioni geologiche e comprendenti sia calcareniti, affioranti sul versante ionico, sia sabbie fini calcaree più o meno argillose, con intercalazioni calcarenitiche, affioranti diffusamente tra Francavilla F. e Brindisi. In questi depositi, di spessore variabile da pochi metri a circa 10 metri, molto spesso hanno sede falde idriche, piuttosto contenute, a carattere stagionale e localmente indicate come falde sospese.



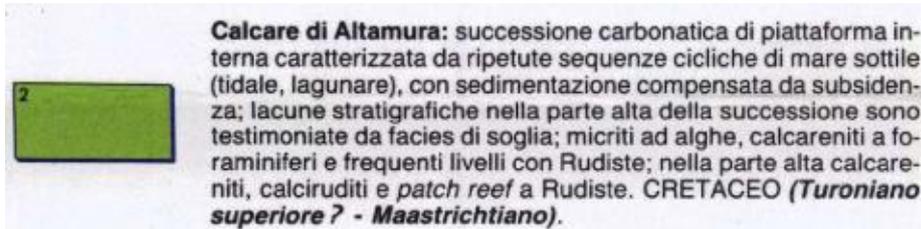


Figura 8: Carta Geolitologica delle Murge e del Salento (Ciaranfi, Pieri, Ricchetti).

I dati del sottosuolo rinvenuti da letteratura e dalla banca dati in possesso dello scrivente, opportunamente elaborati hanno evidenziato, dall'alto verso il basso, la successione litostratigrafia seguente (Figura 12):

DEPOSITI MARINI

- Calcare di Altamura (Turoniano sup. –Maastrichtiano) (CA)
- Calcarenite di Gravina (Pliocene sup.- Pleistocene inf.) (CG)
- Argille Subappennine (Pleistocene inf.) (AS_SB)
- Depositi Marini Terrazzati (pleistocene med. Sup.) (DT)

DEPOSITI CONTINENTALI

- Depositi alluvionali ed eluvio-colluviali (Olocene) (A1-A2-A3-A4)

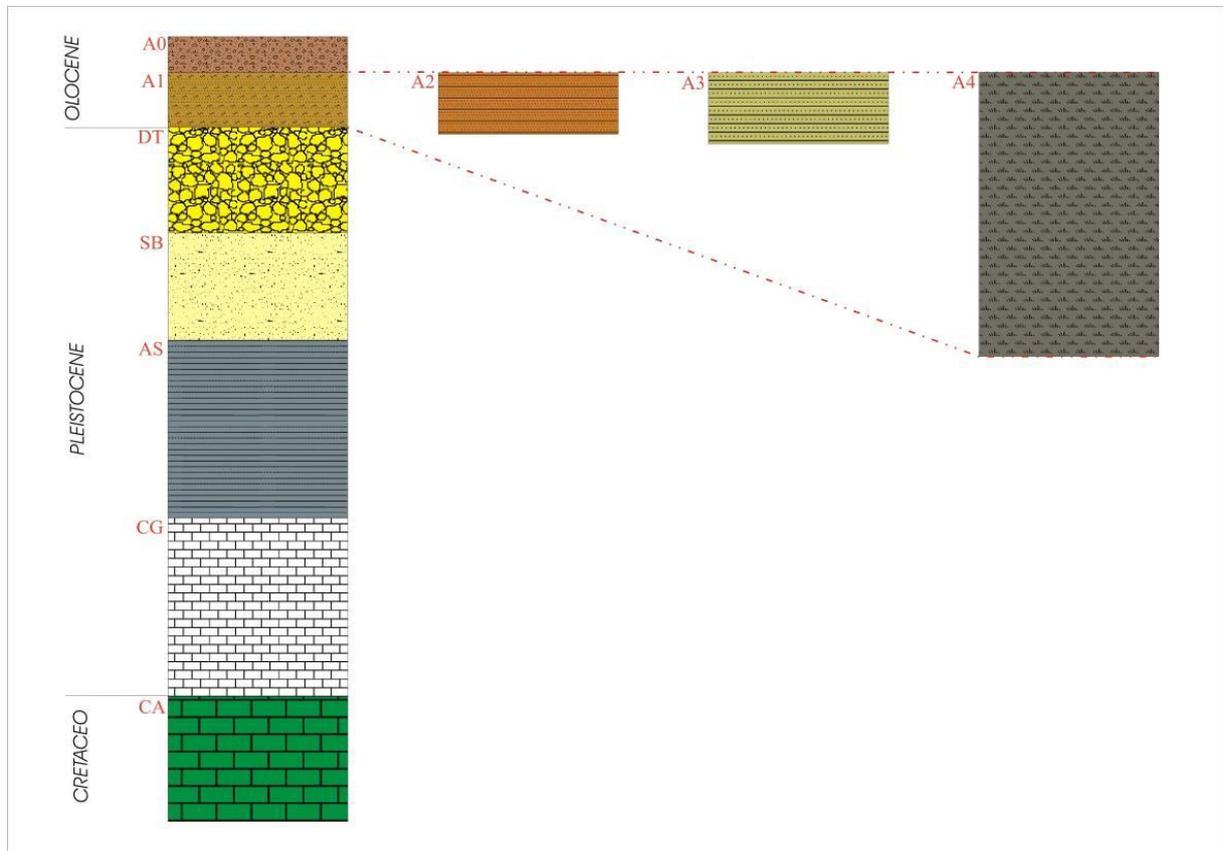


Figura 9: Successione stratigrafica dell'area brindisina.

L'unità dei Depositi di Terrazzo è litologicamente costituita da calcareniti giallastre a grana grossa ben cementate con intercalati livelli sabbiosi ed altri costituiti da calcari organogeni in strati di spessore variabile da qualche centimetro a 10÷15 cm; sono altresì presenti strati decimetrici di calcari molto compatti e tenaci.

Dal punto di vista granulometrico, per quanto riguarda la facies sabbiosa, i contenuti in ghiaia (0%÷28%), in sabbia (3%÷84%) e limo (2%÷75%) sono estremamente variabili in funzione degli intervalli stratigrafici presi in considerazione.

Il contenuto naturale d'acqua oscilla intorno ad un valore medio del 20,79% con indice dei vuoti variabile e compreso tra 0,49 e 0,87.

Per quanto riguarda l'estensione areale di questa unità si può supporre che sia totale per tutta l'area oggetto di studio.

Il passaggio alle sottostanti Argille subappennine può avvenire in maniera diretta o tramite dei termini di passaggio rappresentati da sabbie e limi sabbiosi che si descrivono nel successivo paragrafo.

Lo spessore dell'unità è molto variabile, compreso tra pochi decimetri e una ventina di metri pur essendo i valori più ricorrenti di 5÷6 m. Il tetto di questa unità si trova a quote variabili tra 30 m e -15 m rispetto al l.m.m..

4. INDAGINI GEOGNOSTICHE IN SITO

In ottemperanza alle prescrizioni delle NTC 2018 "Norme Tecniche sulle Costruzioni" sono state svolte delle indagini per la caratterizzazione geologica dell'area in oggetto, la definizione della stratigrafia del terreno e delle caratteristiche geotecniche dello stesso.

La campagna di indagini geognostiche, pianificata per il presente progetto, ha indagato l'area in cui sono previste le principali interazioni fra la struttura ed il terreno.

Nello specifico la campagna di indagini è consistita in:

- esecuzione di n. 1 indagini sismiche a rifrazione in onde P;
- Esecuzione di n. 5 Prove Penetrometriche Dinamiche (DPSH).
- Esecuzione di n. 1 Indagine Sismica MASW, al fine di definire la $V_{s,eq}$ e di conseguenza la categoria del suolo di fondazione (NTC18).

L'ubicazione, le metodologie di indagine ed i report dettagliati sono riportati nell'Allegato 1 – REPORT SULLE INDAGINI IN SITO.

Sulla scorta degli studi delle risultanze delle indagini geognostiche effettuate è stato possibile elaborare per l'area di progetto un modello geologico di riferimento, il quale tiene conto di tutte le informazioni acquisite durante il presente studio, che viene nel seguito sintetizzato:

Orizzonte A – DEPOSITI DI COPERTURA ATTUALI

da 0.00 m a 0.60 m Terreno vegetale (A1).

Orizzonte B – DEPOSITI ALLUVIONALI RECENTI

da 0.60 m a 1.50/2.00 m Sabbie limose con abbondanti concrezioni calcaree di precipitazione secondaria prive di consistenza di colore prevalentemente giallo-avana.

Orizzonte C – DEPOSITI DI TERRAZZO

da 1.50/2.00 a Sabbioni calcarenitici concrezionati costituiti da alternanze di livelli sabbiosi e livelli di arenarie organogene dello spessore variabile di colore prevalentemente giallo-ocra. Il deposito si presenta da mediamente a molto addensato.

La falda idrica superficiale si attesta ad una quota di circa 4,50 m dal p.c. e circola all'interno del deposito sabbioso-calcarenitico.

Ovviamente per quanto esposto nei precedenti paragrafi, la stessa è fortemente influenzata dal regime delle precipitazioni, pertanto il livello idrico può subire variazioni anche notevoli nel corso degli anni in funzione di annate particolarmente piovose e/o viceversa.

Sulla base del modello geologico di riferimento è possibile considerare i seguenti aspetti:

Categoria di sottosuolo (NTC18)	B
Categoria Topografica	T1
Rischio liquefazione dei terreni	Nullo
Rischio instabilità dei terreni	Situazione Stabile
Pericolosità geo-sismica del sito	Molto Bassa

In accordo con il modello geologico, sintetizzando le risultanze delle indagini geognostiche effettuate unitamente ai dati bibliografici in possesso dello scrivente, è stato elaborato il modello geotecnico dell'area in studio, il quale è formato dai seguenti livelli geotecnici:

Livello Geotecnico	Descrizione
LIVELLO 1)	TERRENO VEGETALE
LIVELLO 2)	LIMI SABBIOSI
LIVELLO 3)	SABBIE CALCARENITICHE E CALCARENITI

I valori delle principali caratteristiche fisiche e meccaniche sono stati ricavati dall'elaborazione delle prove penetrometriche, dalla velocità delle onde sismiche oltre che da dati bibliografici in possesso dello scrivente riguardanti indagini pregresse su terreni similari a quelli in studio.

Sono stati parametrizzati in particolare i livelli 2) e 3), i quali costituiscono il sedime di fondazione principale delle opere progettuali. Di seguito, viene esplicitata la parametrizzazione geotecnica dei singoli livelli precedentemente individuati.

LIMI SABBIOSI [Livello geotecnico 2]



CONDIZIONI DRENATE

	MIN	MAX	BEST FIT
γ (kN/m ³) Peso per unità di volume naturale	14.7	19.5	18.7
γ_{sec} (kN/m ³) Peso per unità di volume secco	---	---	16.3
γ_{sat} (kN/m ³) Peso per unità di volume saturo	---	---	19.0
γ_s (kN/m ³) Peso specifico	---	---	25.1
ϕ' (°) Angolo di attrito di picco	25.9	33.5	27.0
ϕ'_{vc} (°) Angolo di attrito a volume costante	24.7	27.9	26.0
c' (kPa) Coesione efficace	---	---	9.0
C_u (kPa)	---	---	---
E_{25}^* (Mpa) Modulo elastico	1.7	10.2	5.4
M (MPa) – Modulo confinato	3.5	13.2	6.5
G_0 (MPa) – Modulo di taglio	19.3	55.6	30.0

* Il modulo di Young si riferisce al 25% dello sforzo deviatorio.

CONDIZIONI NON DRENATE

	MIN	MAX	BEST FIT
γ (kN/m ³) Peso per unità di volume naturale	14.7	19.5	19.5
γ_{sec} (kN/m ³) Peso per unità di volume secco	--	---	16.3
γ_{sat} (kN/m ³) Peso per unità di volume saturo	---	---	19.7
γ_s (kN/m ³) Peso specifico	---	---	25.1

ϕ' (°) Angolo di attrito di picco	---	---	---
ϕ'_{vc} (°) Angolo di attrito a volume costante	---	---	---
c' (kPa) Coesione efficace	---	---	---
C_u (kPa)	20.3	82.9	40.0
E_u (Mpa) Modulo elastico non drenato	0.3	1.5	0.80
M (MPa) – Modulo confinato	---	---	---
G_0 (MPa) – Modulo di taglio	---	---	---

SABBIONI CALCARENITICI CONCREZIONATI [Livello geotecnico 3]



CONDIZIONI DRENATE

	MIN	MAX	BEST FIT
γ (kN/m ³) Peso per unità di volume naturale	17.9	21.0	20.0
γ_{sec} (kN/m ³) Peso per unità di volume secco	16.8	18.0	17.0
γ_{sat} (kN/m ³) Peso per unità di volume saturo	19.5	21.8	20.5
γ_s (kN/m ³) Peso specifico	---	---	24.0
ϕ' (°) Angolo di attrito di picco	33.0	47.0	33.0
ϕ'_{vc} (°) Angolo di attrito a volume costante	29.1	35.3	30.0
c' (kPa) Coesione efficace	0.0	0.0	0.0
C_u (kPa)	---	---	---
E_{25}^* (Mpa) Modulo elastico	11.0	41.5	23.0
M (MPa) – Modulo confinato	13.2	47.8	29.50
G_0 (MPa) – Modulo di taglio	69.8	179.4	130.0

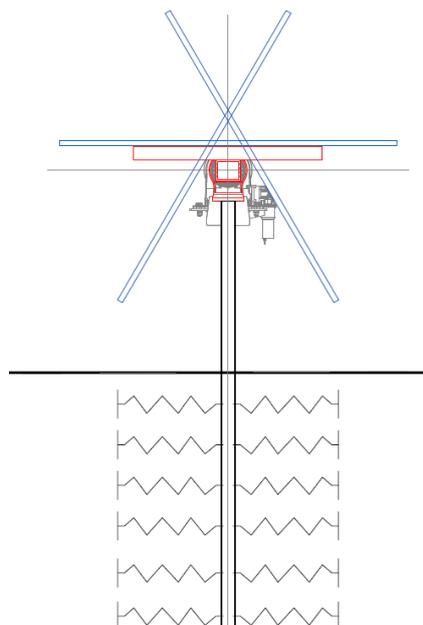
5. TRACKERS MONOASSIALI

Come già accennato in premessa, i trackers sono ancorati al suolo mediante un sistema di montanti verticali in acciaio che vengono direttamente infissi nel terreno per battitura, fino ad una profondità di progetto di 1,8mt.



Figura 10 _immagine qualitativa del meccanismo di infissione

Il meccanismo di interazione terreno-struttura, per questa particolare tipologia di opere, può essere descritto mediante un sistema di molle orizzontali con valore di rigidezza desunto dai coefficienti meccanici del terreno. Nel caso specifico:

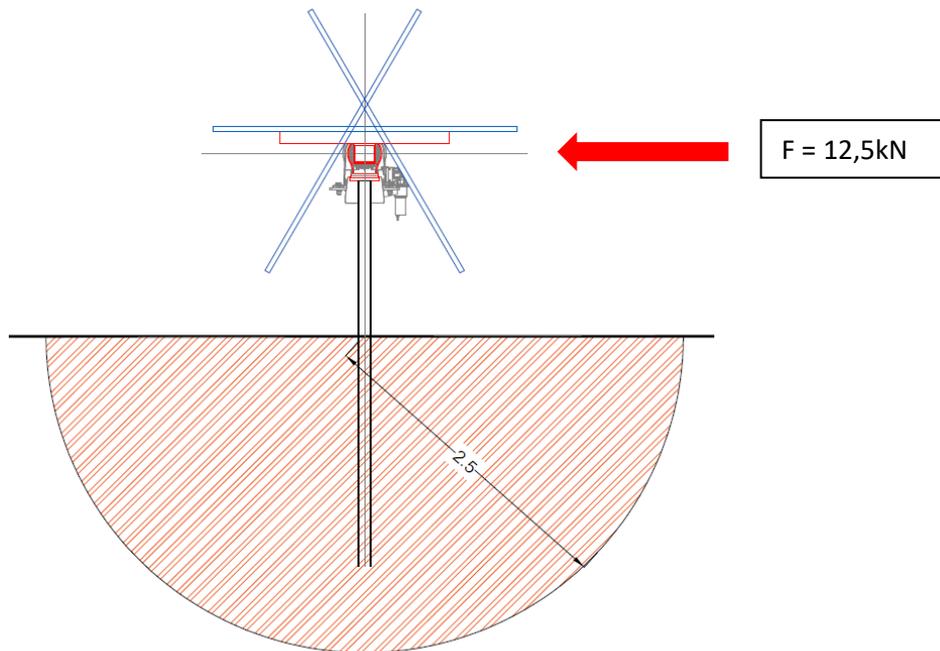


$$k_{\text{orizz}} = 1250 \text{ kN/m}$$

Nell'ipotesi di vela in protezione, ossia quando i valori vento approssimano quelli base di riferimento – 25m/s – vela è inclinata a -50° ; in tale configurazione la azione di per carico laterale sul montante è pari a:

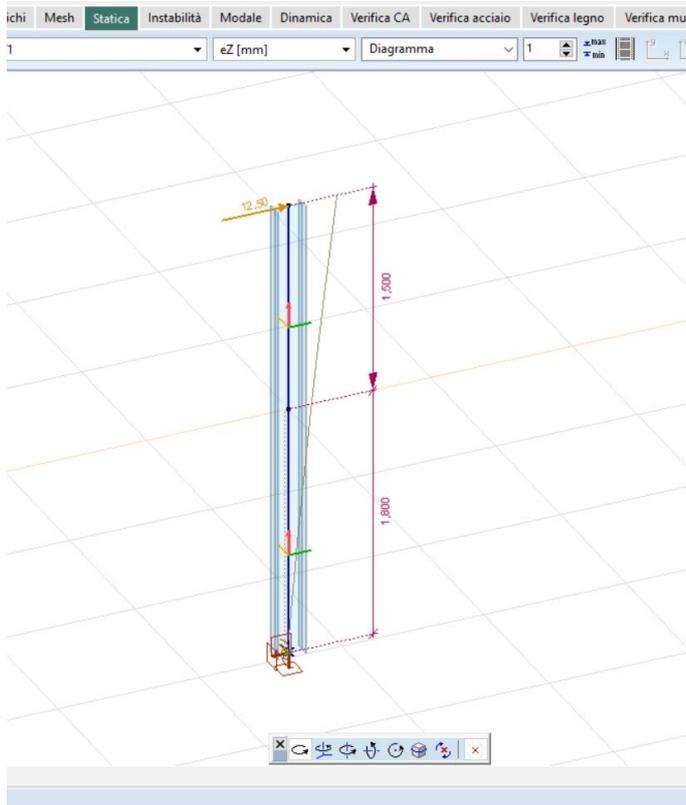
$$F_{\text{orizz}} = 12,50 \text{ kN}$$

Nei riguardi dell'azione di tiro laterale, si deve verificare che questa venga contrastata della resistenza passiva del volume di terreno mobilitabile nell'intorno del montante.



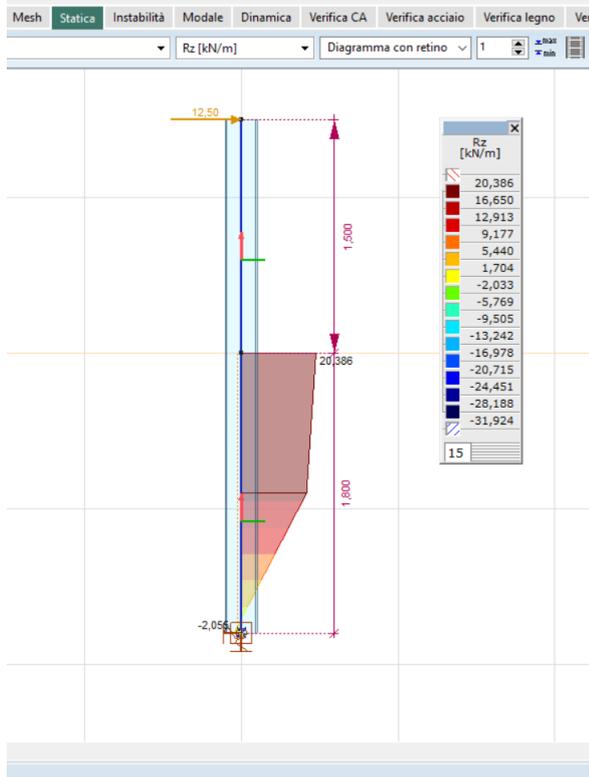
La verifica da condurre sulla superficie di potenziale rottura è data dall'equilibrio alla rotazione rispetto al polo O – coincidente con la quota del piano campagna.

In tal caso bisogna verificare che i valori di resistenza a taglio non drenata C_u sia idonea a contrastare lo scorrimento del volume di terreno.



Spostamento testa palo $\delta = 85\text{mm}$

Spostamento asta piano campagna $\delta = 40\text{mm}$



Reazioni vincolari laterali $R_z = 20\text{kN/m}$

Il carico laterale indotto nel terreno vale:

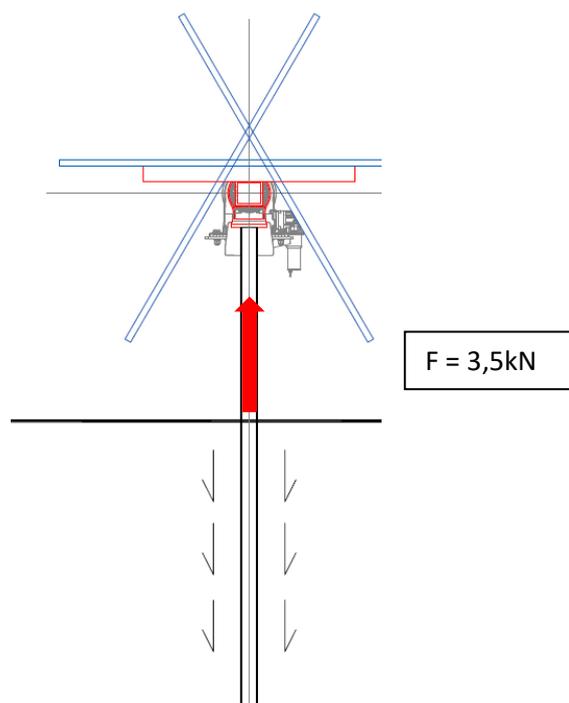
$$\sigma = k * \delta = 1250[\text{daN/m}]/40\text{mm} = 0,5 \text{ daN/cmq}$$

che è un valore ritenuto accettabile in questa fase progettuale, salvo valutazioni più approfondite da effettuarsi in fase esecutiva.

Nei riguardi dell'azione di sfilamento a trazione, si deve verificare che questa venga contrastata della resistenza per attrito laterale nell'intorno del montante.

Nell'ipotesi di vela in protezione, ossia quando i valori vento approssimano quelli base di riferimento – 25m/s – la massima azione di sfilamento sul montante è pari a:

$F_{\text{uplift}} = 3,53 \text{ kN}$ con la vela inclinata a -50°



Nel caso di profilato di acciaio, infisso nel terreno per battitura, la tensione laterale vale:

$$s = a + \mu * \sigma_h$$

dove:

- a = adesione – termine di tipo coesivo, che in condizioni drenate viene assunto pari a 0
- μ = coeff attrito palo-terreno, che per pali battuti in tubolari di acciaio vale 0,36 (cfr Viggiani, Fondazioni)
- σ_h = tensione orizzontale = $k * \sigma_v$, con σ_v che corrisponde alla tensione litostatica verticale alla generica profondità z , mentre k , per pali battuti in tubolari di acciaio, vale 0,85 (cfr Viggiani, Fondazioni).

In prima approssimazione si può ricavare la relazione:

$$s = 0,3 * \sigma_v$$

La resistenza laterale nasce dall'integrazione delle tensioni orizzontali tra la profondità 0 ed H

$$S = \pi * d * 0,3 \int (\gamma * z) dz$$

Ossia:

$$S = \pi \cdot d \cdot 0,3 \cdot \gamma \cdot H^2 / 2$$

funzione della sola variabile H, pari a S=488.0 daN

Il rapporto S/T vale dunque:

$$S/T = 488/350 = 1.4$$

che è un valore ritenuto accettabile in questa fase progettuale, salvo valutazioni più approfondite da effettuarsi in fase esecutiva.

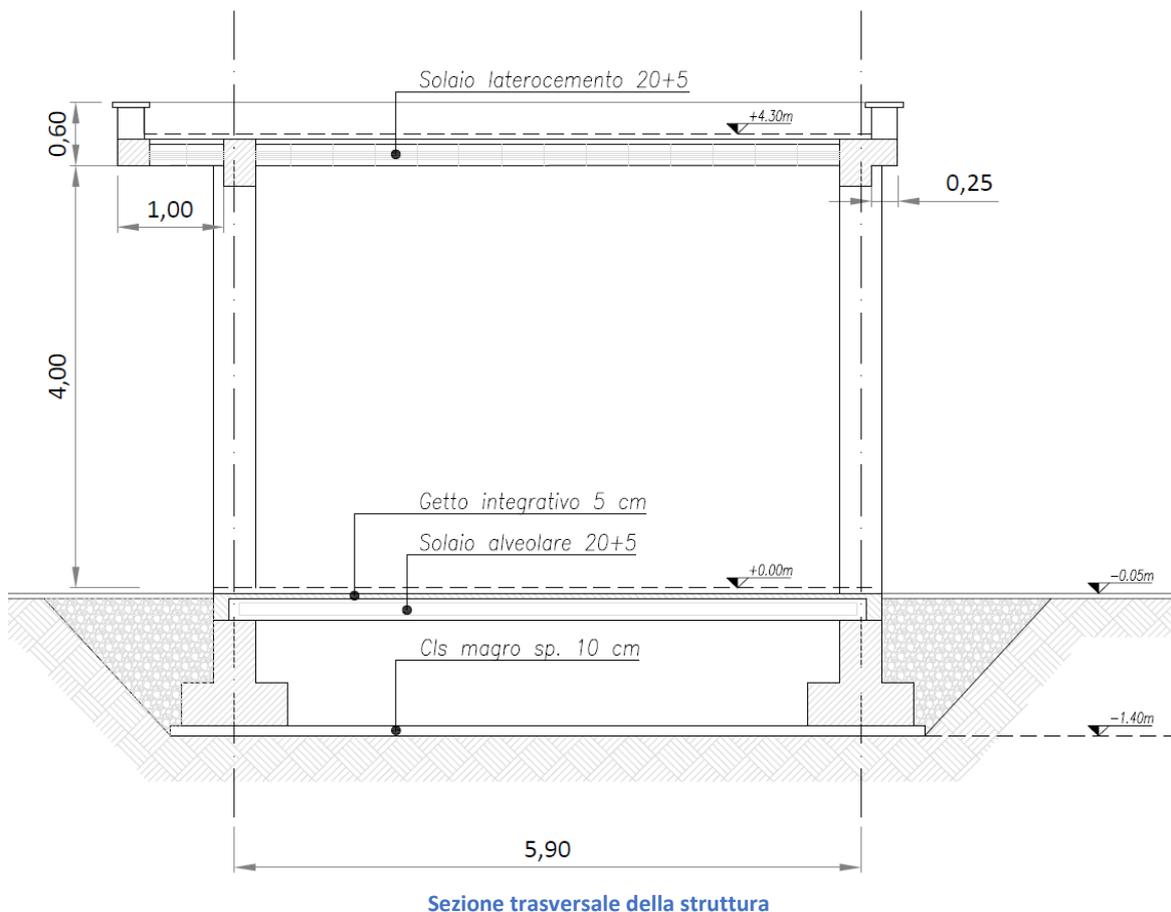
6. EDIFICIO DI COMANDO

Trattasi dell'edificio destinato ad ospitare i locali tecnici a servizio della stazione elettrica.

L'opera in oggetto è un edificio monopiano con struttura in calcestruzzo armato a telaio (travi e pilastri); l'interasse dei telai longitudinali (9 campate) è di 5,00 m mentre l'interasse trasversale (n.1 campata) è pari a 5,90 m. L'altezza della costruzione è pari a 4,60 m fuori terra.

Sulla base delle risultanze delle indagini geologiche eseguite, per le fondazioni si è scelta la soluzione a travi rovesce, con quota di imposta a -1,40 m dal piano di campagna al fine di attestarsi sull'orizzonte dei limi argillosi di buona consistenza; tale aspetto andrà accertato in fase esecutiva ed in ogni caso lo scavo dovrà spingersi fino ad intercettare il substrato consistente per almeno 20cm (eventuale successivo riempimento con materiale arido compattato meccanicamente per raggiungere la quota di imposta).

Il solaio di piano terra è previsto del tipo alveolare di spessore 20cm oltre a 5cm di getto integrativo in cls armato con rete elettrosaldata; in copertura è invece previsto un solaio in laterocemento di altezza 20 + 5 cm.



6.1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

1. D.M. 17 Gennaio 2018 e allegate "Norme tecniche per le costruzioni".
2. Circolare 21/01/19, n. 7 C.S.LL.PP "Istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento delle N.T.C. di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018"

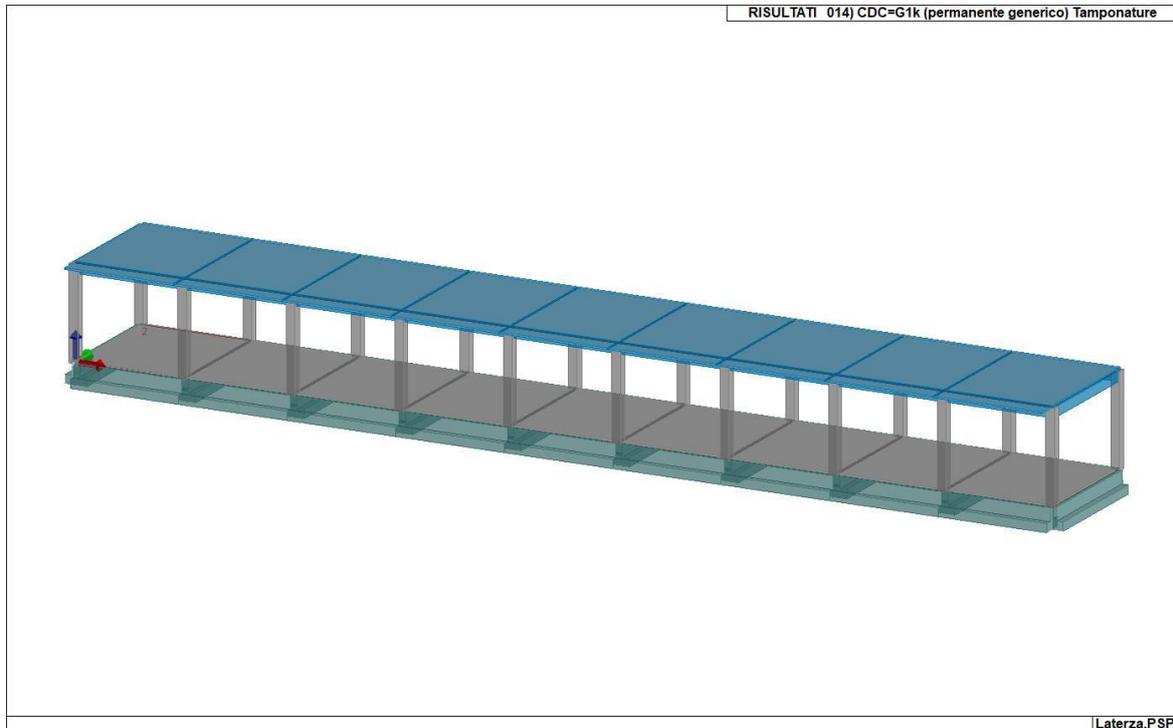


Figura 11: Vista del modello solido della struttura

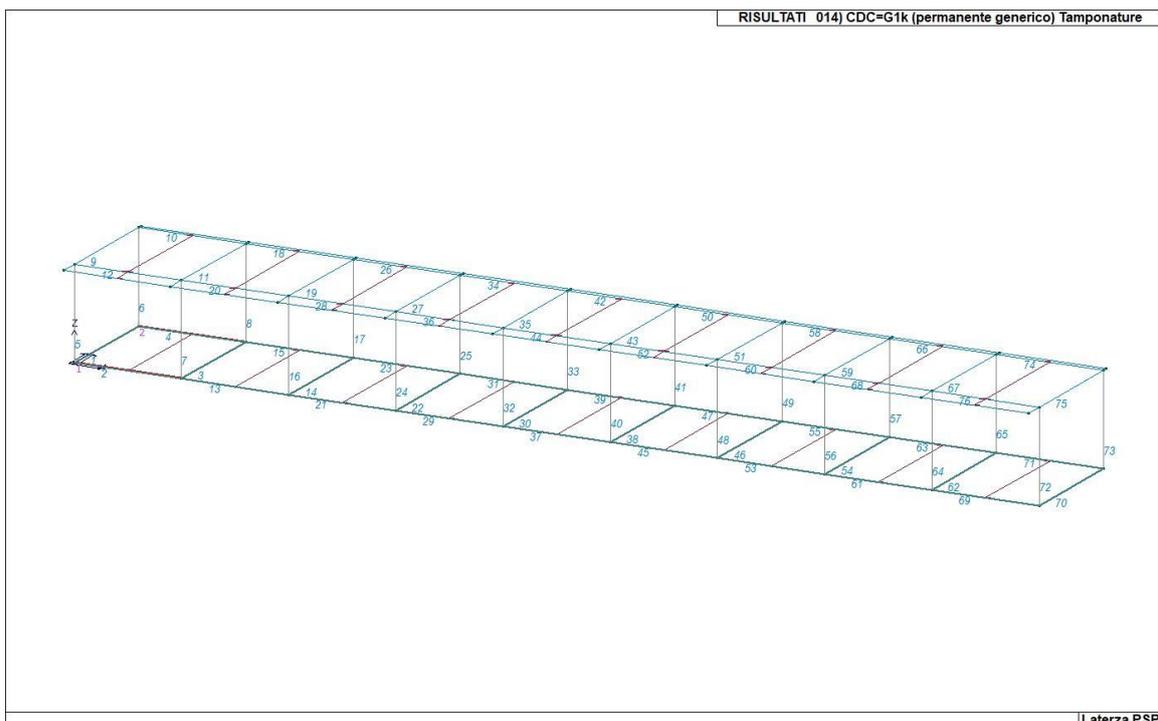
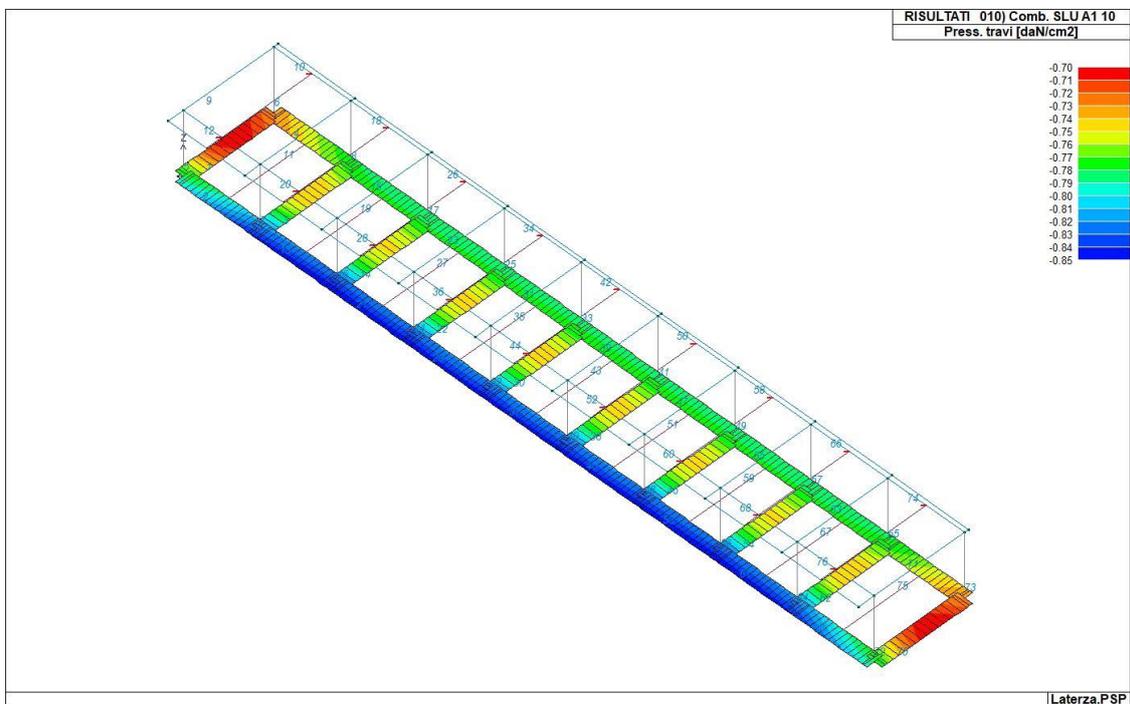


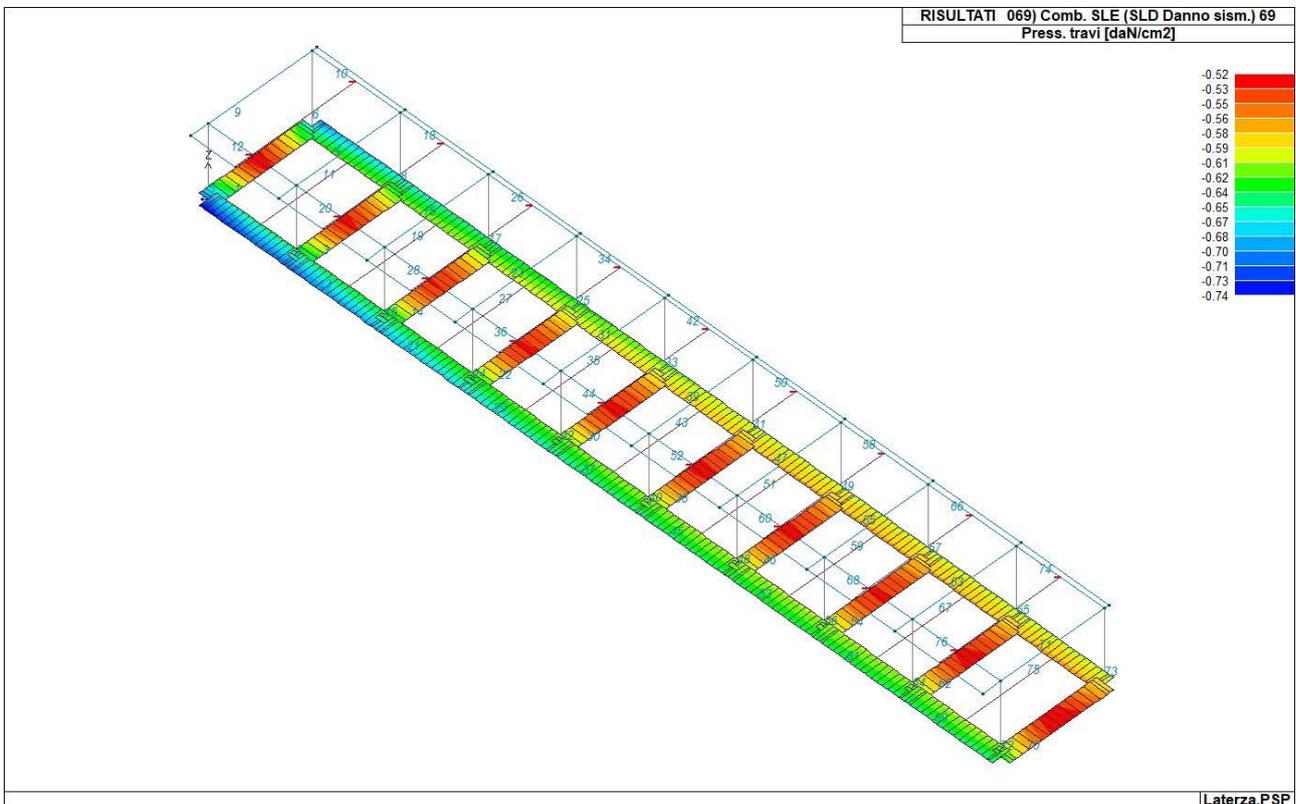
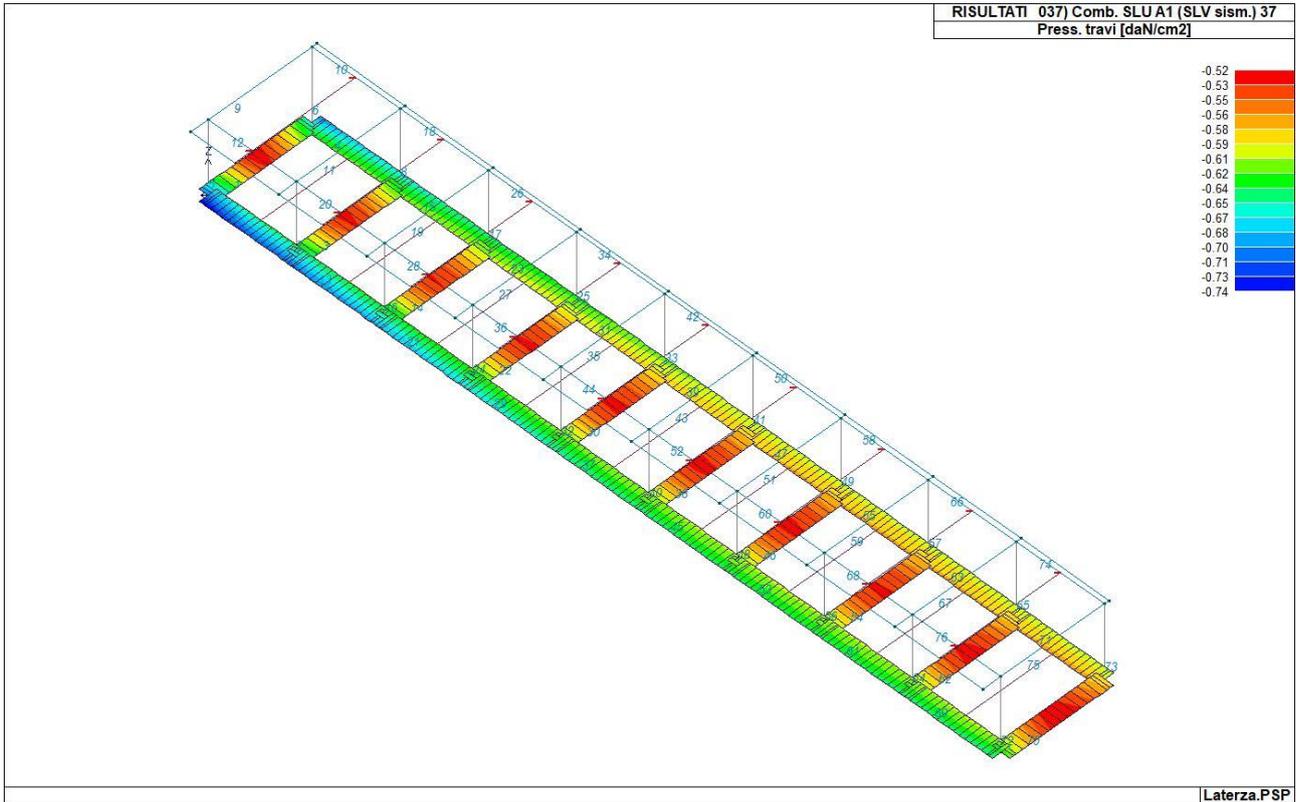
Figura 12: Vista del modello a filo della struttura con numerazione degli elementi

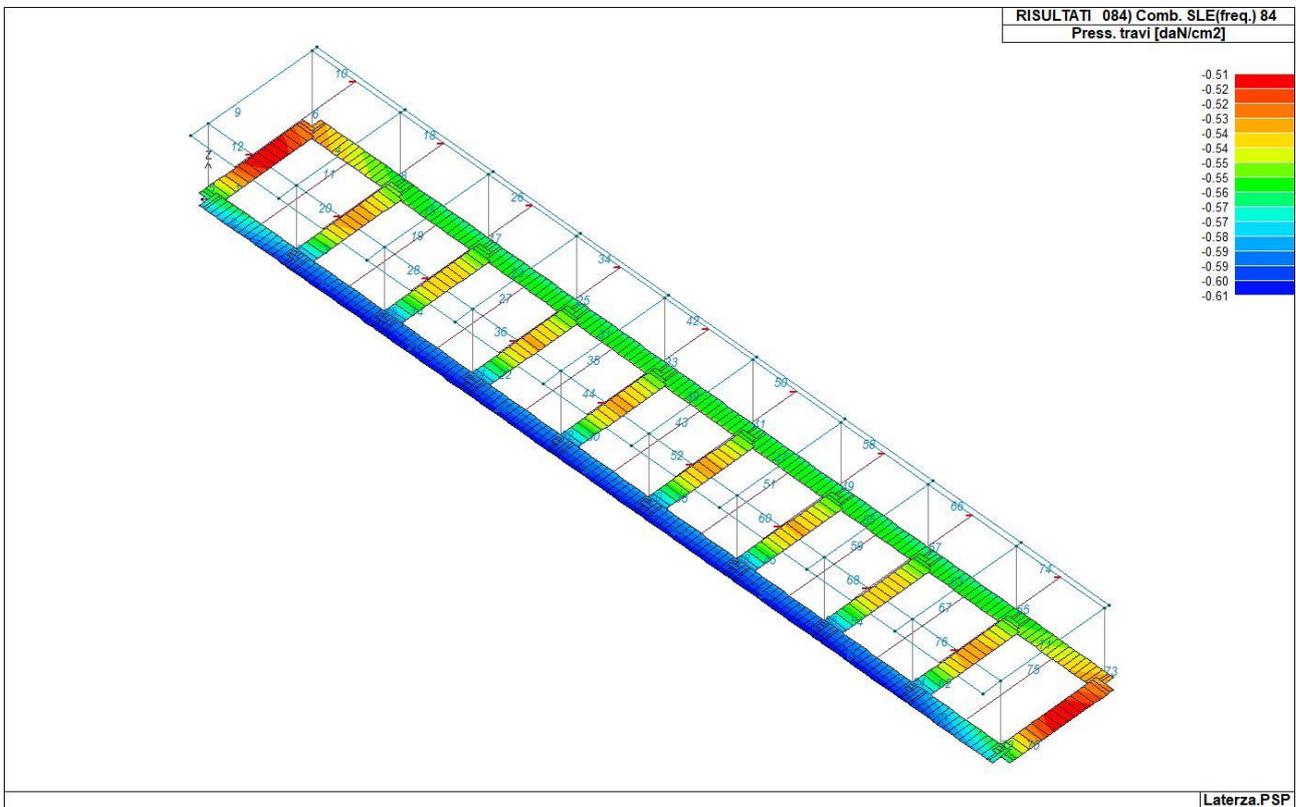
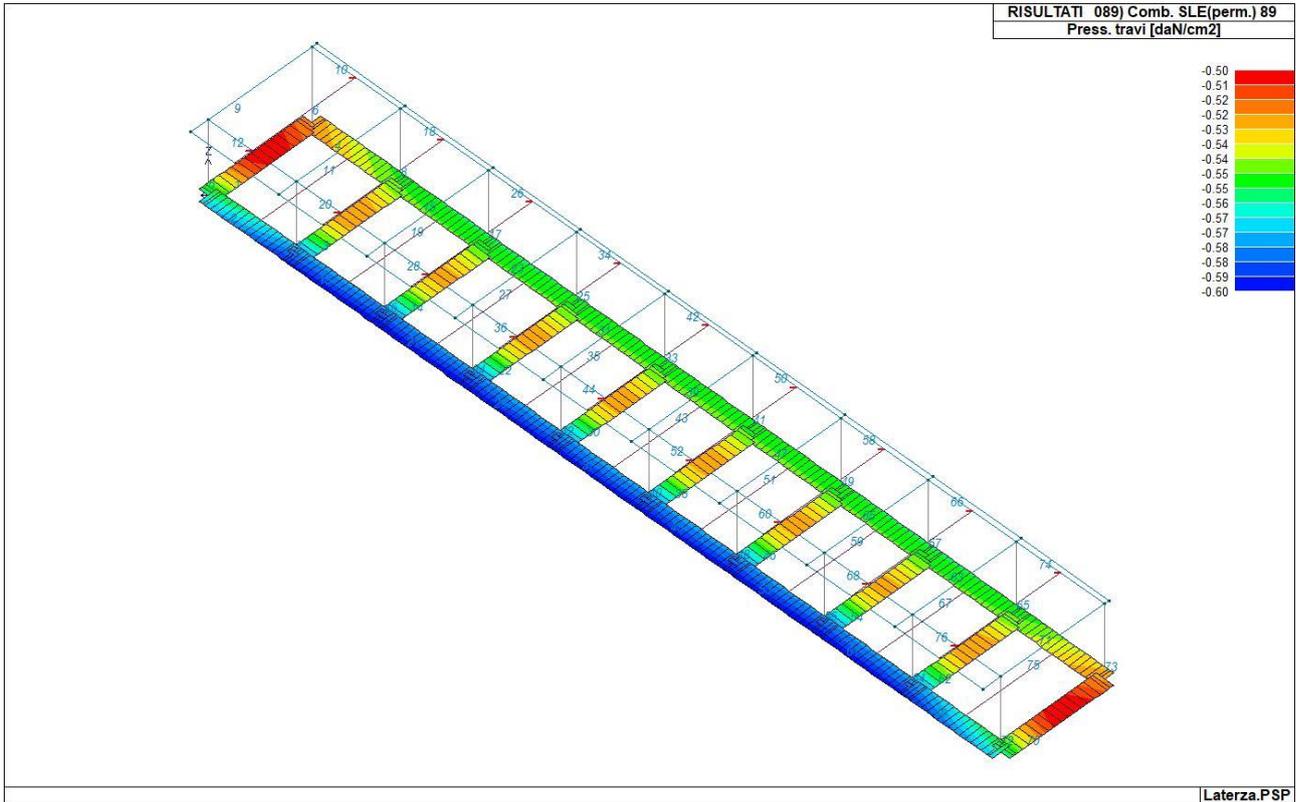
6.2 RISULTATI DELL'ANALISI: SOLLECITAZIONI ALL'INTERFACCIA TERRENO STRUTTURA

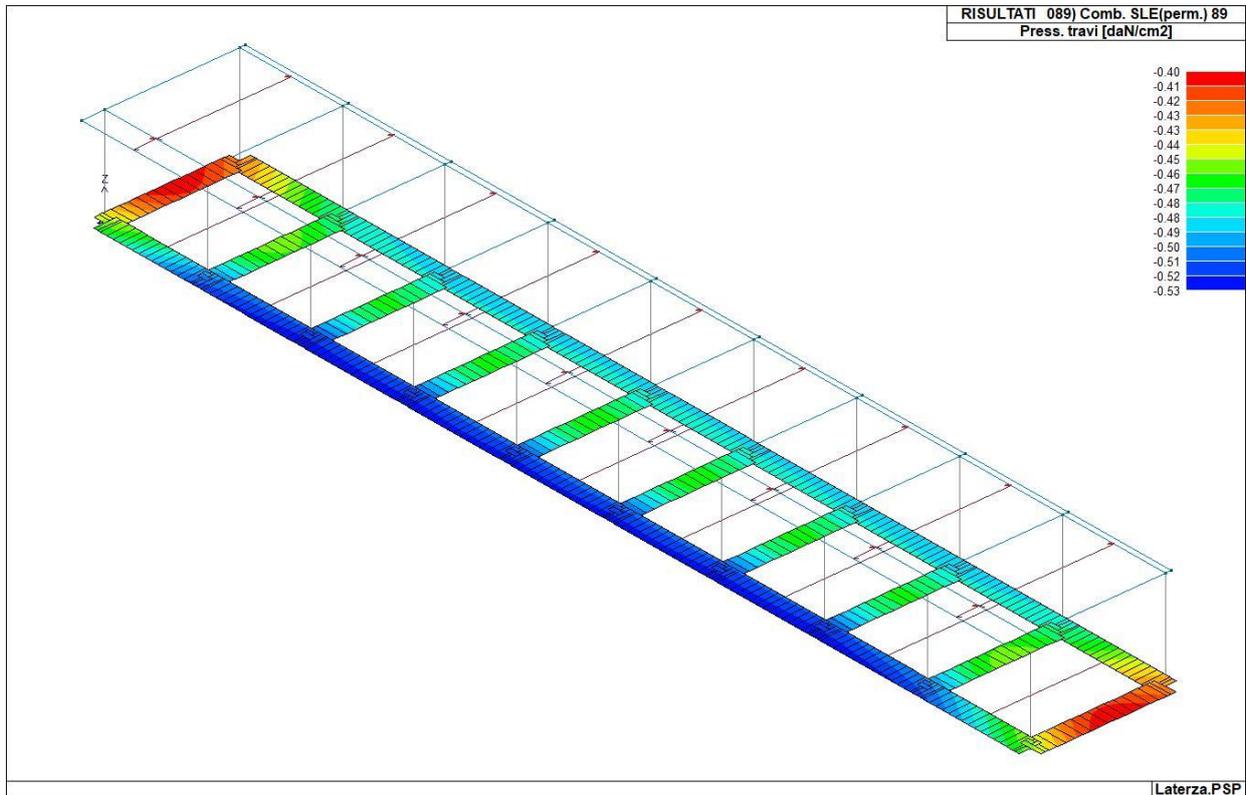
Si riportano una sintesi in formato grafico delle sollecitazioni risultanti dall'analisi all'interfaccia terreno-struttura: vengono riportate le combinazioni più gravose per ogni tipologia,

- SLV Statica,
- SLV Sismica,
- SLD,
- SLE Rare,
- SLE Quasi Permanenti,
- SLE Frequenti.





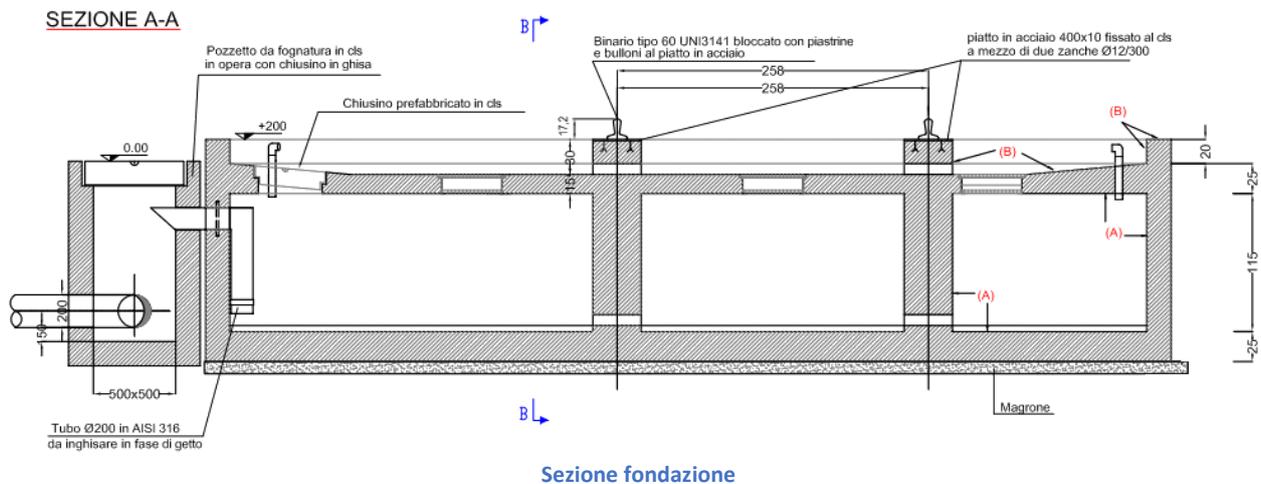
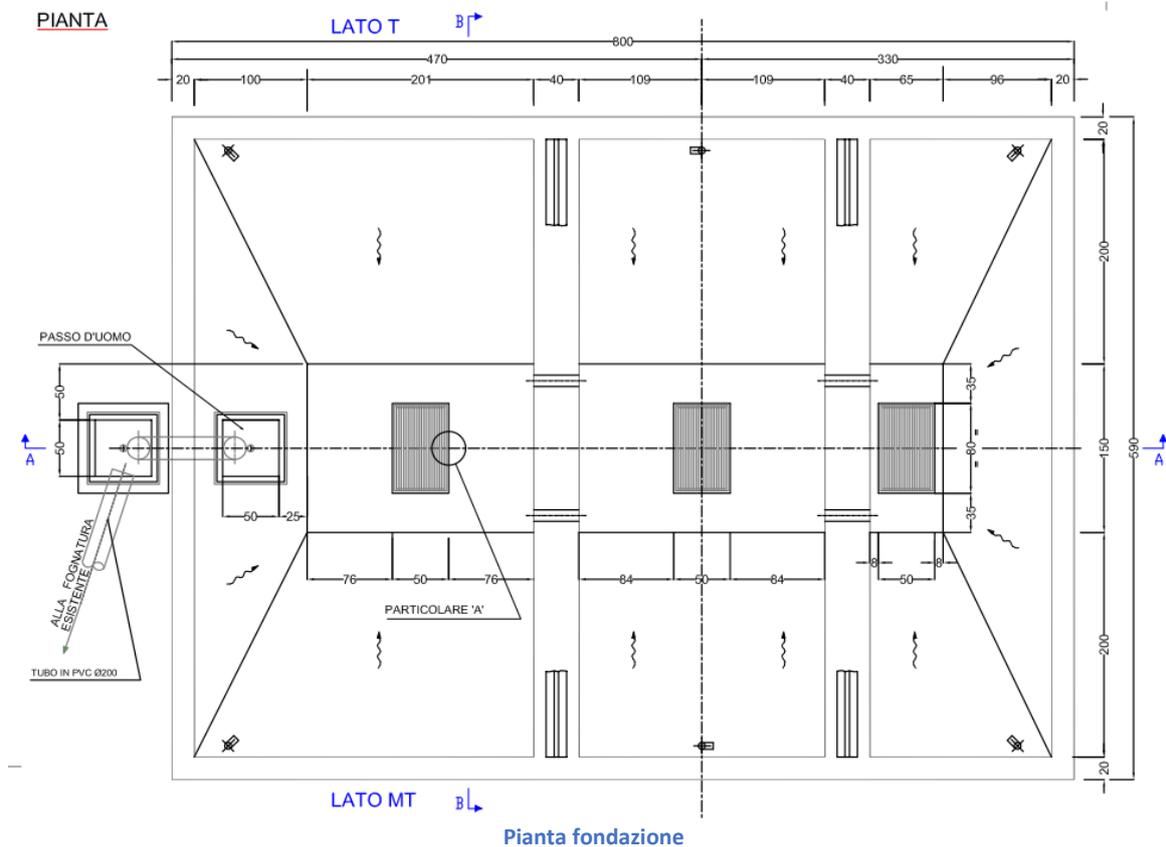


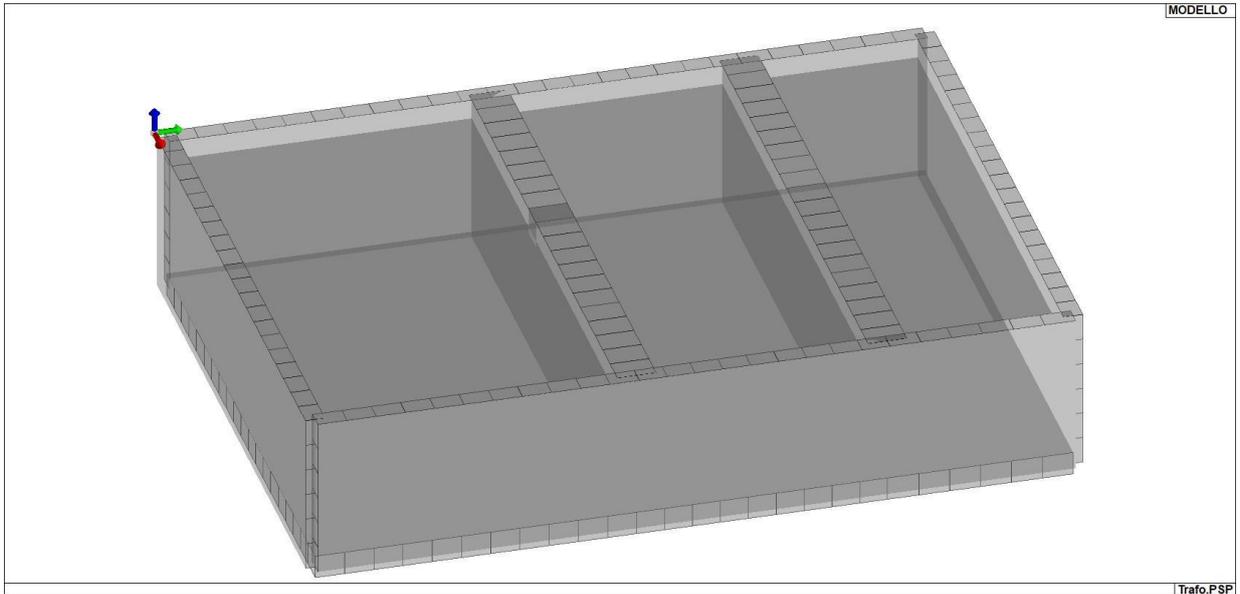


Con riferimento ad una valutazione preliminare, i risultati scaturiti dalle analisi per i valori assoluti delle pressioni sul terreno sono dell'ordine di 0.60 daN/cm² (nelle combinazioni di esercizio statiche).

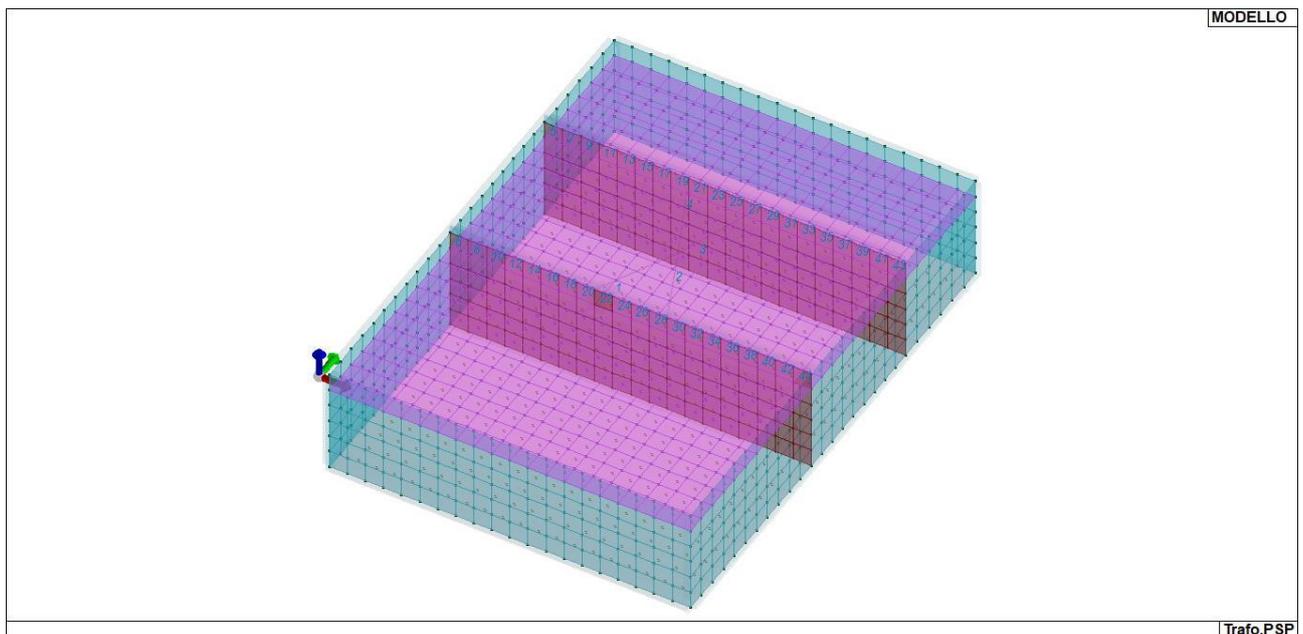
7. FONDAZIONE TRASFORMATORE DI POTENZA

L'opera in oggetto è una vasca interrata in c.a. adibita a supporto di un trasformatore. La vasca presenta una pianta rettangolare di dimensioni $b_1 = 8,00$ m, $b_2 = 5,90$ m ed un'altezza $h = 1,85$ m.





Modello FEM senza soletta di copertura – Vista 3D



MOD_NUMERAZIONE_D2

7.1 RISULTATI DELL'ANALISI: SOLLECITAZIONI ALL'INTERFACCIA TERRENO STRUTTURA

Si riportano una sintesi in formato grafico delle sollecitazioni risultanti dall'analisi all'interfaccia terreno-struttura: vengono riportate le combinazioni più gravose per ogni tipologia,

- SLV Statica,
- SLV Sismica,
- SLD,
- SLE Rare,
- SLE Quasi Permanenti,
- SLE Frequenti.

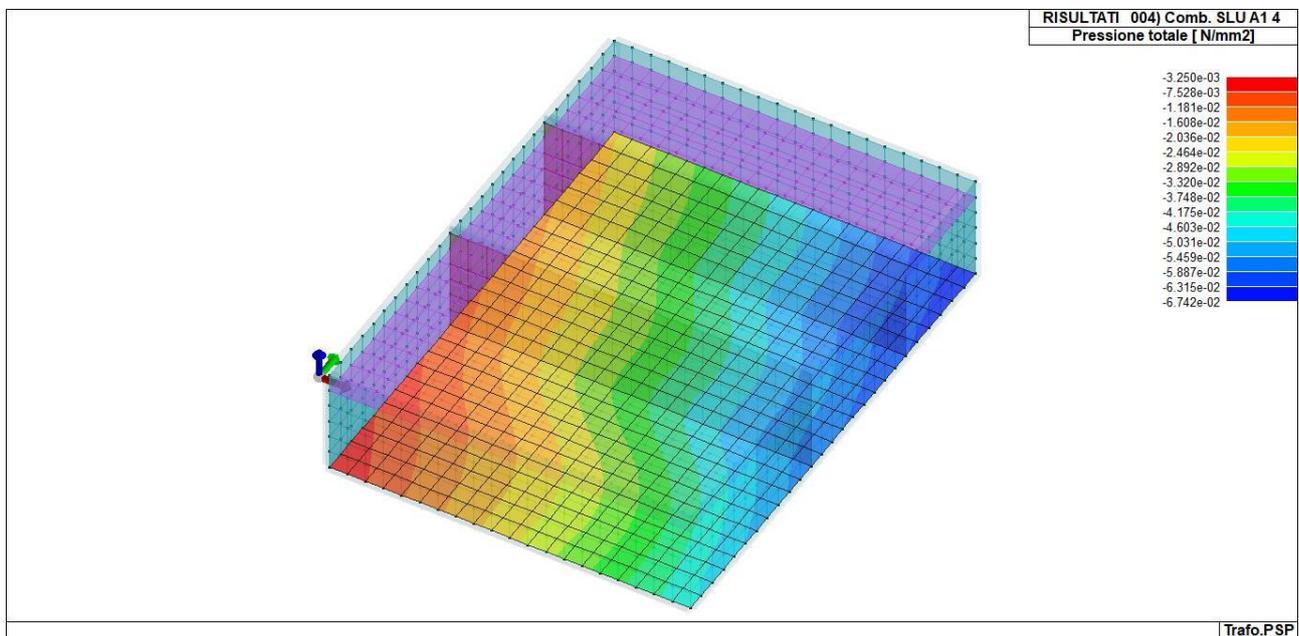


Figura 1 RIS_PRESSIONI_004_Comb. SLU A1 4

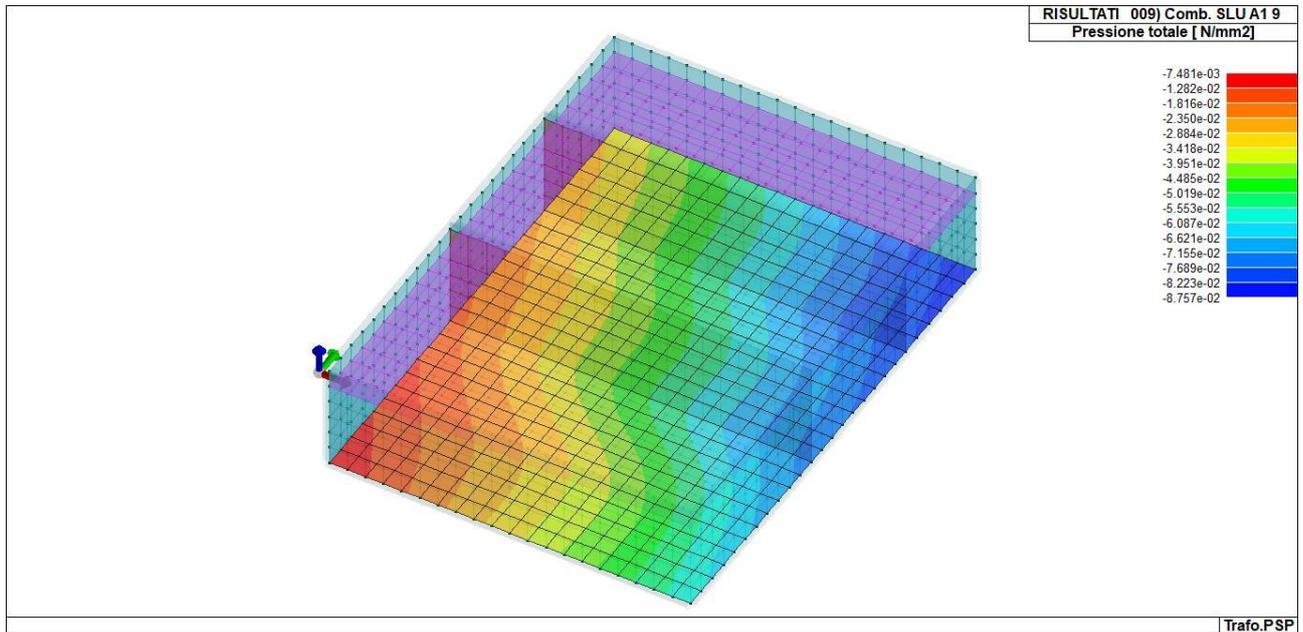


Figura 2 RIS_PRESSIONI_009_Comb. SLU A1 9

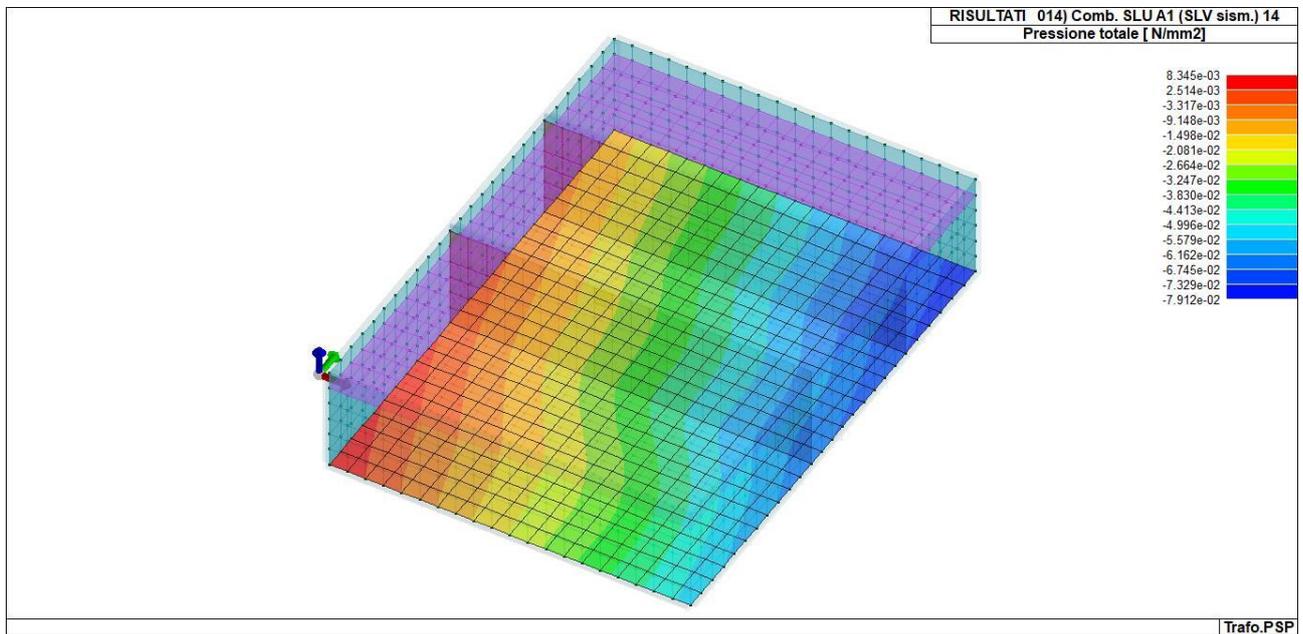


Figura 3 RIS_PRESSIONI_014_Comb. SLU A1 (SLV sism.) 14

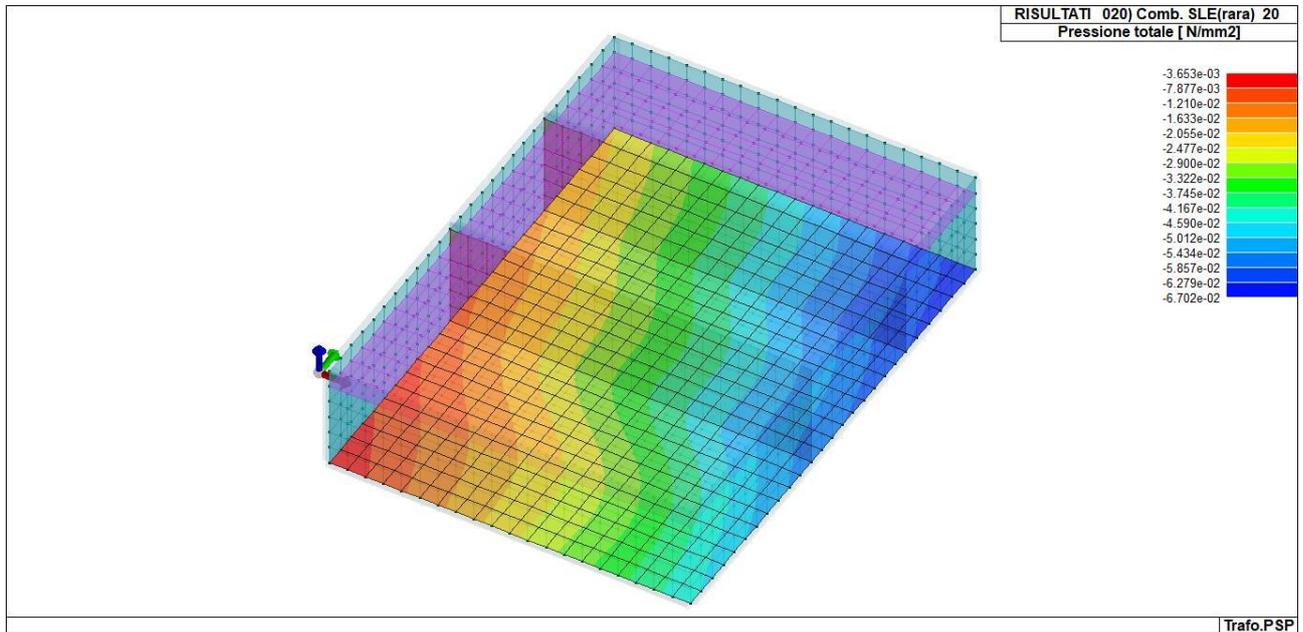


Figura 4 RIS_PRESSIONI_020_Comb. SLE (rara) 20

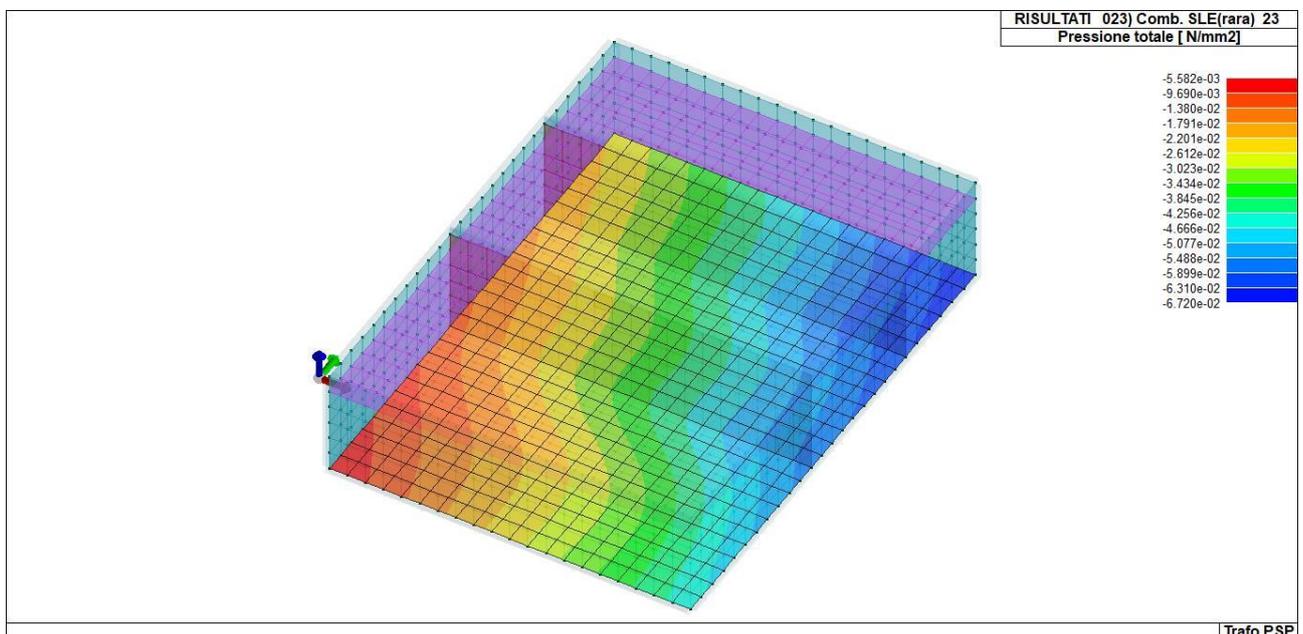


Figura 5 RIS_PRESSIONI_023_Comb. SLE(rara) 23

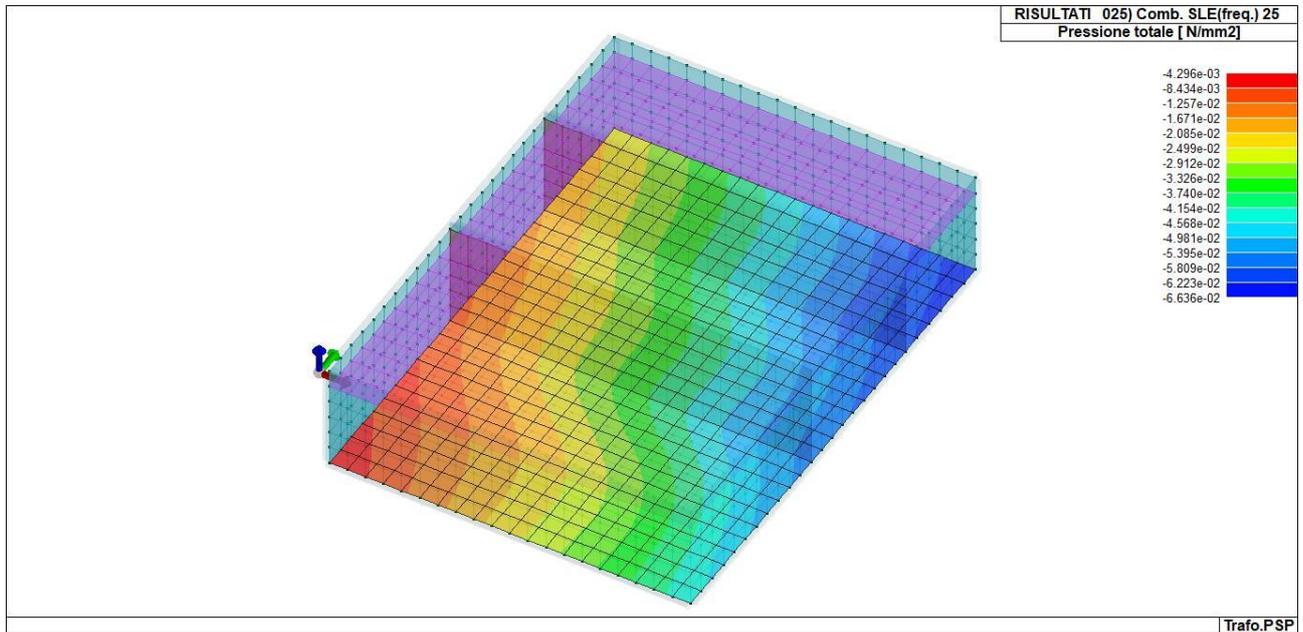


Figura 6 RIS_PRESSIONI_025_Comb. SLE (freq.) 25

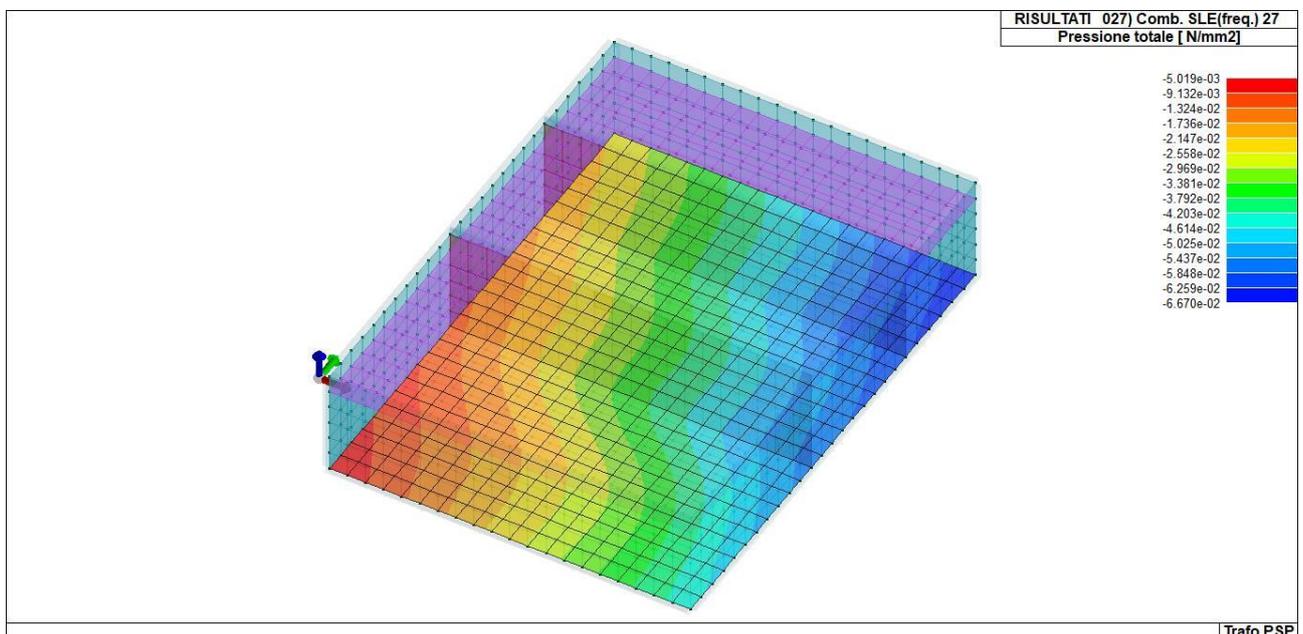


Figura 7 RIS_PRESSIONI_027_Comb. SLE(freq.) 27

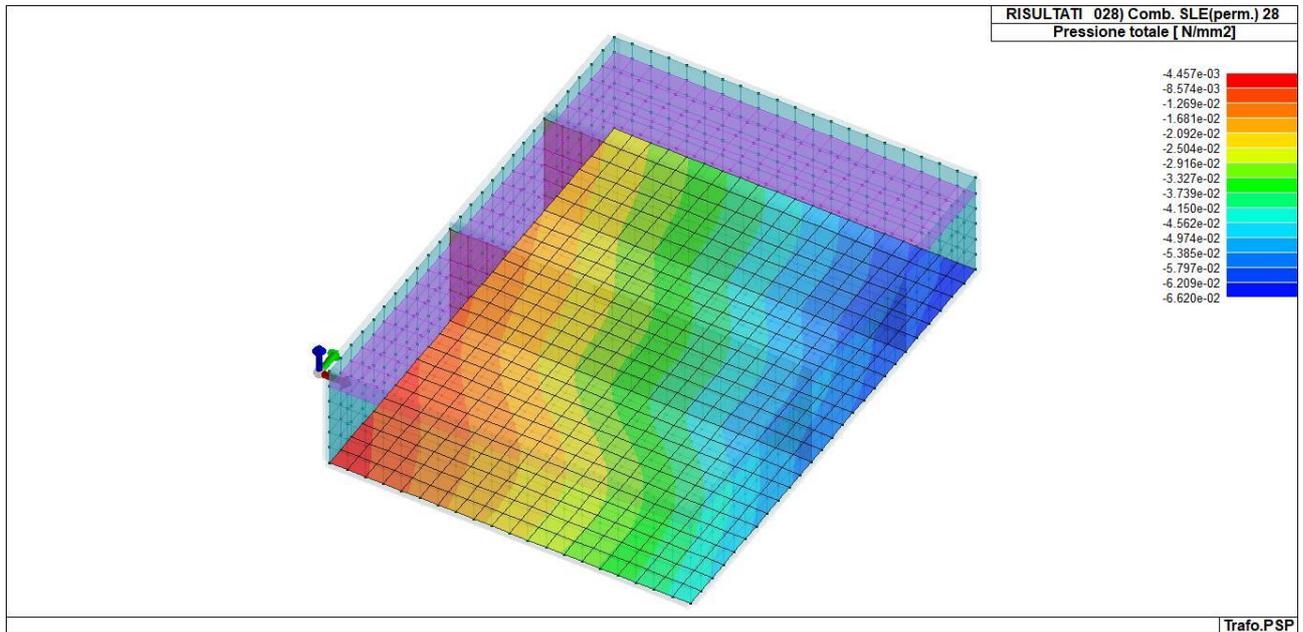


Figura 8 RIS_PRESSIONI_028_Comb. SLE (perm.) 28

Con riferimento ad una valutazione preliminare, i risultati scaturiti dalle analisi per i valori assoluti delle pressioni sul terreno sono dell'ordine di 0.80 daN/cm² (nelle combinazioni di esercizio statiche).

8. FONDAZIONI APPARECCHIATURE AT

Le fondazioni per le apparecchiature AT riguardano:

- Interruttori
- Sezionatori
- Trasformatori di corrente TA
- Trasformatori di tensione TV
- Scaricatori di sovratensione
- Isolatori
- Portali sbarre e i portali di amarro linea

La stabilità delle fondazioni superficiali sarà verificata rispetto al collasso per slittamento ed a quello per rottura generale.

8.1 Fondazione per sezionatore orizzontale

La fondazione per il sezionatore tripolare di linea con lame di terra ha una superficie in pianta pari a 4.90 x 1.50 m. Per favorire il collegamento con le strutture di supporto in acciaio sono stati definiti tre elementi di cemento armato di dimensioni pari a 0.70 x 0.5 m, dove due vengono disposti lungo la linea d'asse della fondazione ad interasse pari a 1.70 m dal centro in entrambi i lati, mentre il terzo è posizionato al centro, ma con una eccentricità rispetto ai centri di 0.45 m. I carichi utilizzati per il calcolo della fondazione agenti sui due elementi laterali sono stati determinati sulla base dell'esperienza di casi simili già realizzati; in fase esecutiva le analisi dovranno tener conto delle attrezzature che effettivamente saranno installate, variabili a seconda del fornitore delle stesse.

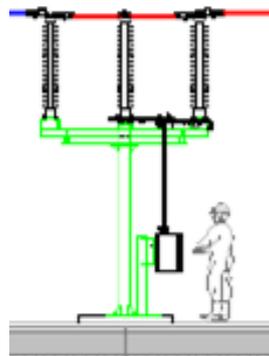
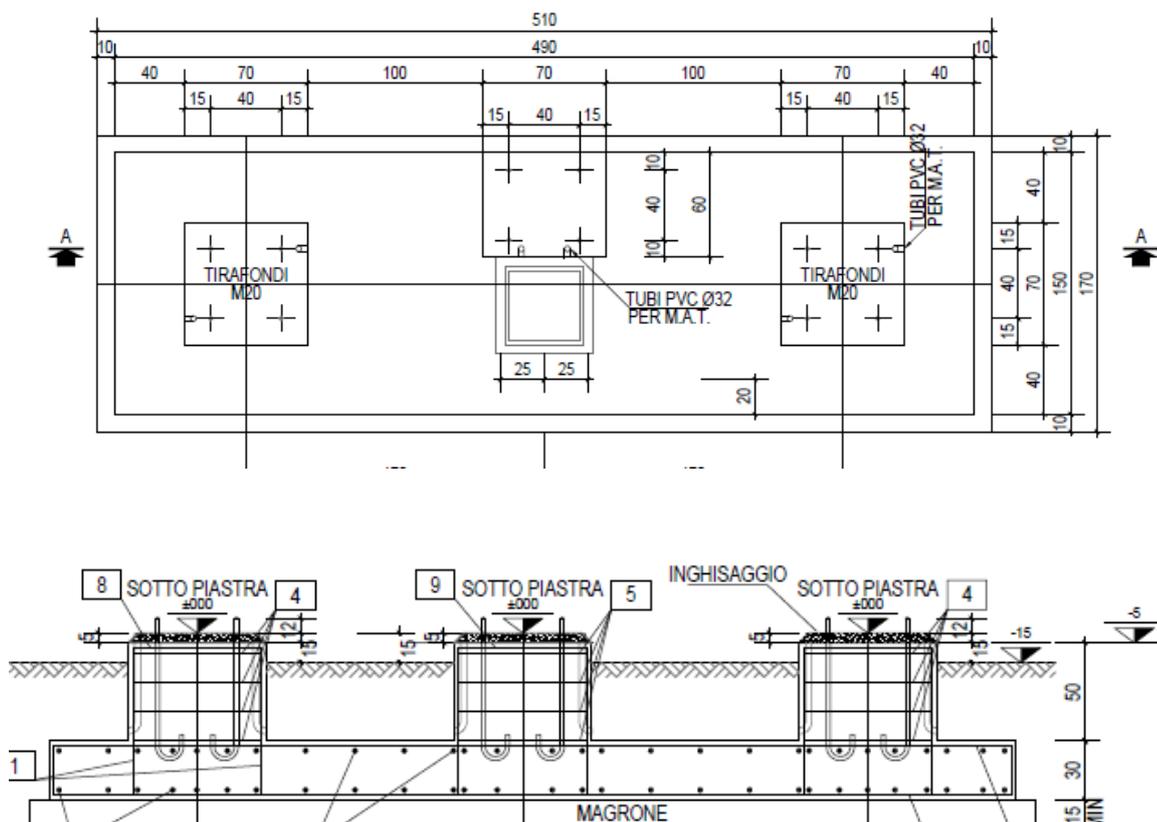


Figura 13_Tipico sezionatore tripolare – vista prospettica e planimetrica



8.2 Fondazione per interruttore tripolare

La fondazione per l'interruttore tripolare ha una superficie in pianta pari a 6.20 x 1.60 m.

È costituita da una piastra di fondazione sulla quale sono impostati i tre elementi di cemento armato di dimensioni pari a 0.8 x 0.8 m, disposti lungo la linea d'asse della fondazione ad interasse pari a 2.20 m dal centro in entrambi i lati.

I carichi utilizzati per il calcolo della fondazione agenti sui due elementi laterali sono stati determinati sulla base dell'esperienza di casi simili già realizzati; in fase esecutiva le analisi dovranno tener conto delle attrezzature che effettivamente saranno installate, variabili a seconda del fornitore delle stesse.

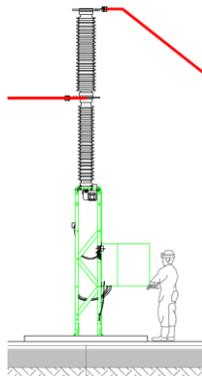
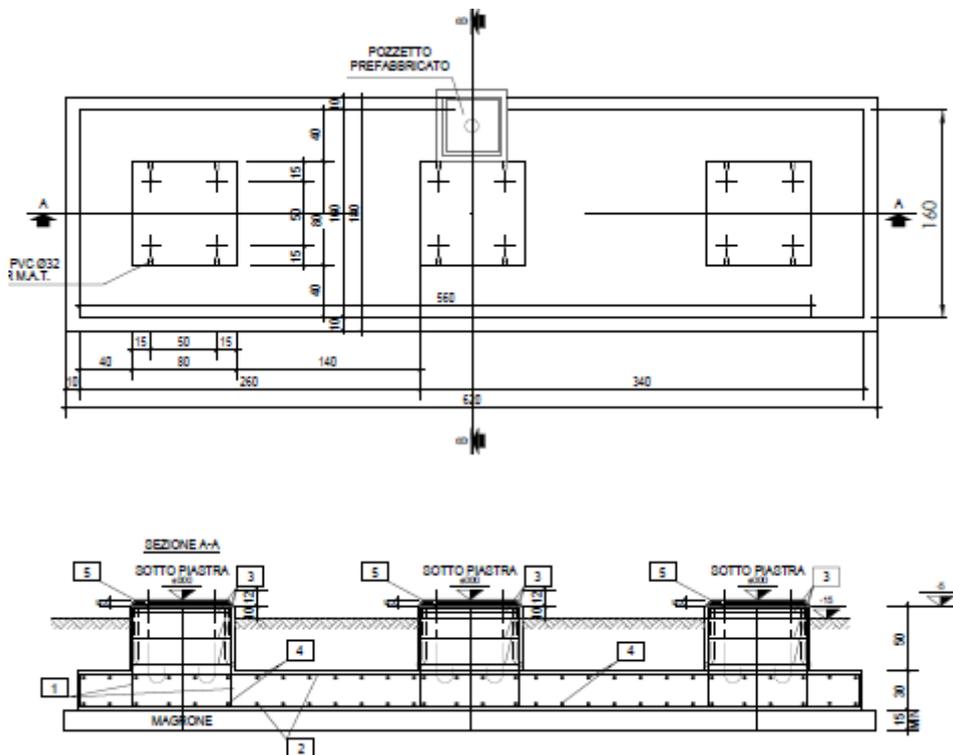


Figura 14_Tipico interruttore tripolare – vista prospettica e planimetrica



8.3 Fondazioni unipolari per Trasformatore di Tensione TV

La fondazione per il TV ha una superficie in pianta pari a 1.60 x 1.60 m.

È costituita da una piastra di fondazione sulla quale è impostato l'elemento in cemento armato di dimensioni pari a 0.7 x 0.7 m, disposti lungo la linea d'asse della fondazione.

I carichi utilizzati per il calcolo della fondazione sono stati determinati sulla base dell'esperienza di casi simili già realizzati; in fase esecutiva le analisi dovranno tener conto delle attrezzature che effettivamente saranno installate, variabili a seconda del fornitore delle stesse.

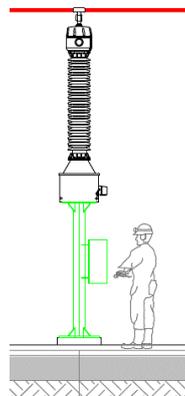
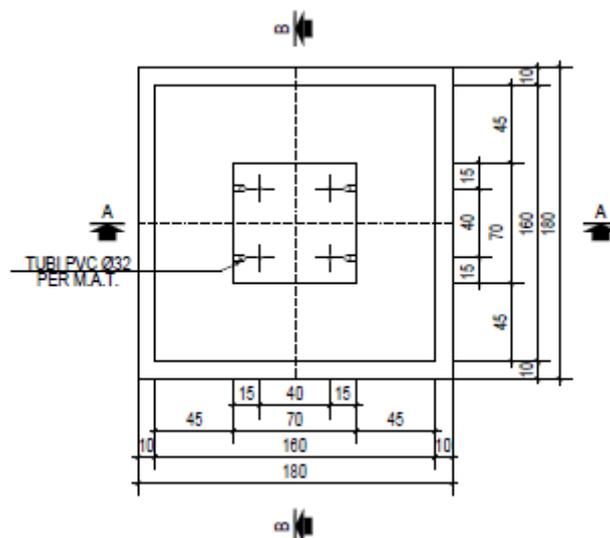


Figura 15_Tipico Trasformatore di tensione – vista prospettica e planimetrica

Peso dell'apparecchiatura (totale per le tre linee) 150 kV – 630 daN



8.4 Fondazioni unipolari per Trasformatore di Corrente TA

La fondazione per il TA ha una superficie in pianta pari a 1.50 x 3.00 m.

È costituita da una piastra di fondazione sulla quale sono impostati gli elementi in cemento armato di dimensioni pari a 0.7 x 0.7 m, disposti lungo la linea d'asse della fondazione.

I carichi utilizzati per il calcolo della fondazione sono stati determinati sulla base dell'esperienza di casi simili già realizzati; in fase esecutiva le analisi dovranno tener conto delle attrezzature che effettivamente saranno installate, variabili a seconda del fornitore delle stesse.

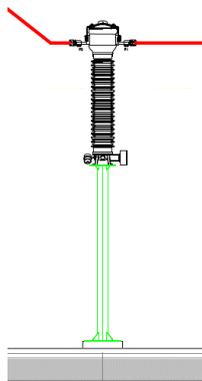
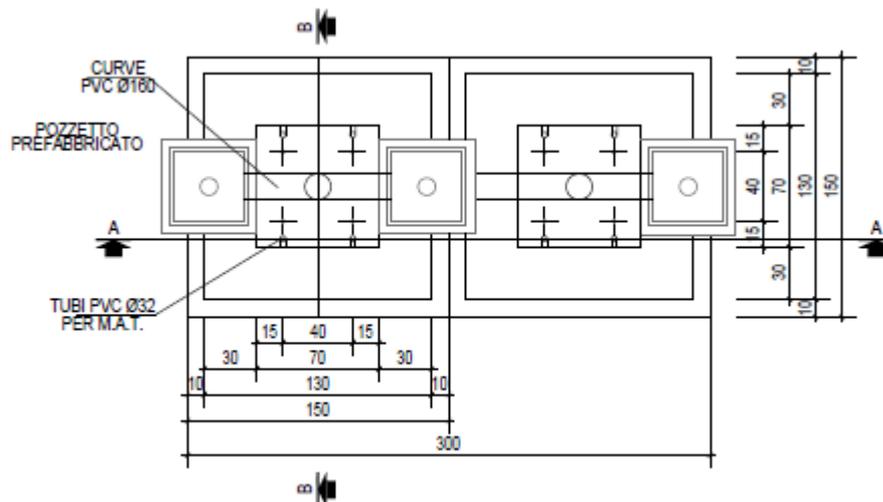


Figura 16_Tipico trasformatore di corrente – vista prospettica e planimetrica

Peso dell'apparecchiatura (totale per le tre linee) 150 kV 300 daN



8.6 Fondazioni per sistema sbarre

Il sistema sbarre è sorretto da una serie di sostegni metallici, posti ad interasse di 10-11mt, ognuno dei quali fondato su un plinto in c.a. di dimensioni pari a 0.7 x 0.7 m

I carichi utilizzati per il calcolo della fondazione sono stati determinati sulla base dell'esperienza di casi simili già realizzati; in fase esecutiva le analisi dovranno tener conto delle attrezzature che effettivamente saranno installate, variabili a seconda del fornitore delle stesse.

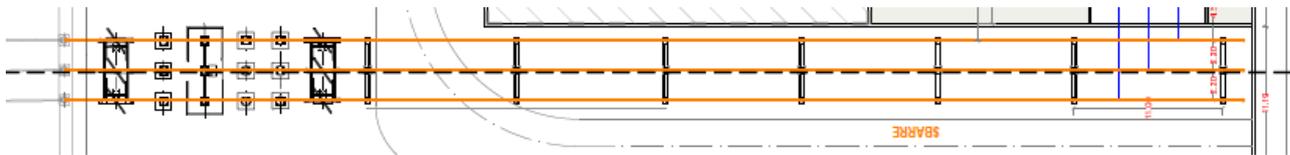


Figura 18_vista planimetrica Sistema sbarre

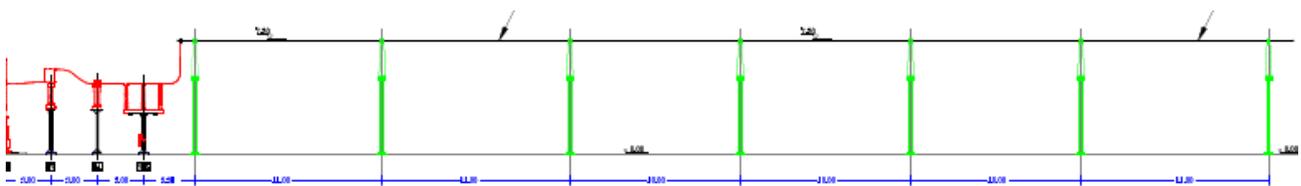
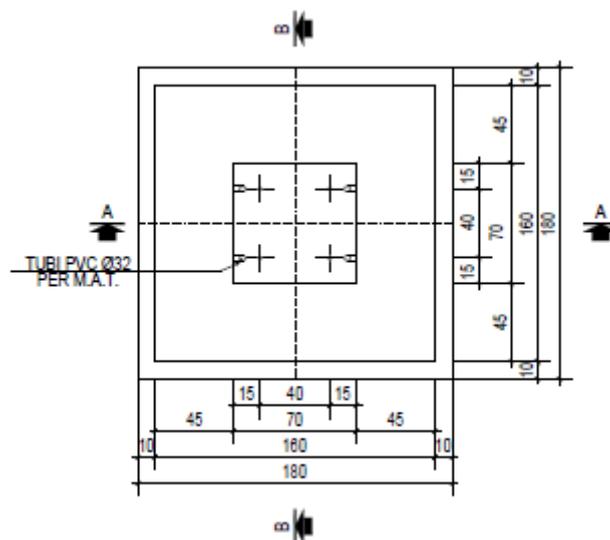


Figura 19_vista prospettica Sistema sbarre

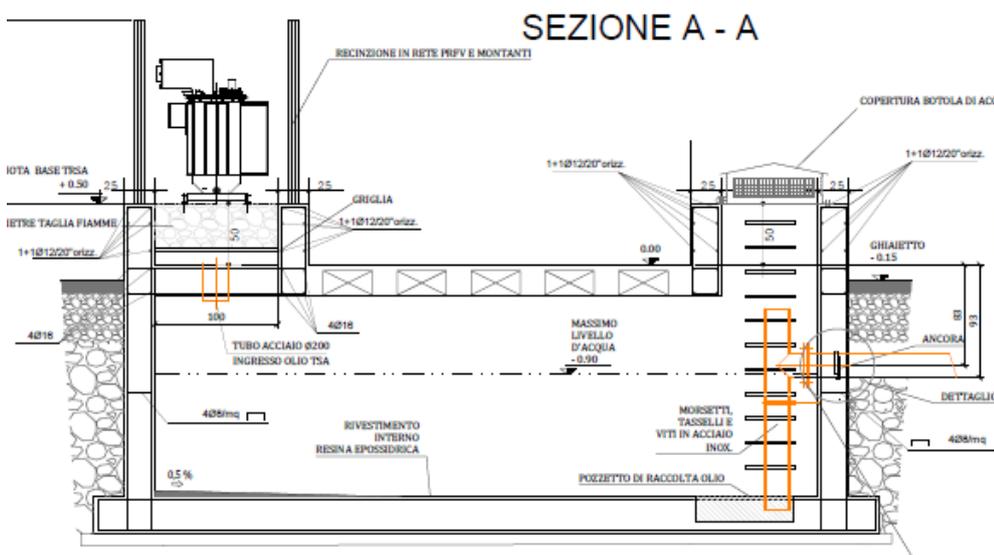
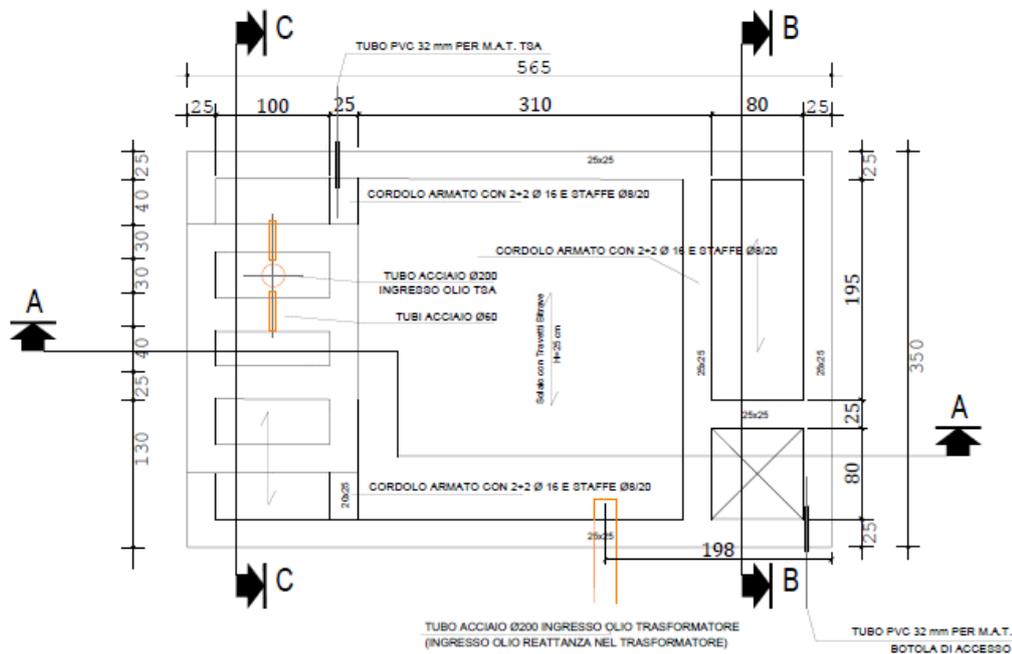


8.7 Vasca raccolta olio (oil Tank)

La vasca per la raccolta olio ha dimensioni in pianta pari 5,60x3,50mt, ed altezza interrata paria mediamente 1,9mt.

Trattasi di struttura scatolare interrata, fondata su platea in c.a di spessore medio 30cm e muri contoterra verticali di spessore pari a 25cm.

I carichi utilizzati per il calcolo della fondazione sono stati determinati sulla base dell'esperienza di casi simili già realizzati.



8.8 Muro tagliafiamma

Il muro tagliafiamma è un elemento di prevenzione da potenziali eventi di incendio del Trafo.

La struttura rappresenta un muro antincendio, il quale, ha una altezza fuori terra pari a 6,00 m e di altezza totale di 6,50 m con spessore pari a 0,50 m; la fondazione trasversalmente è pari a 4,00 m avente spessore di 0,45 m il cui piano di posa (tralasciando il terreno vegetale del primo strato) sarà 0,95 m dal piano campagna.

Le verifiche sono state condotte considerando una porzione di un metro lineare di sviluppo del muro.

I carichi utilizzati per il calcolo della struttura sono limitati al peso proprio della struttura, incrementata della componente inerziale nei riguardi dell'azione sismica, e del vento, come più avanti descritto; Tali considerazioni sono suffragate dall'esperienza di casi simili già realizzati.

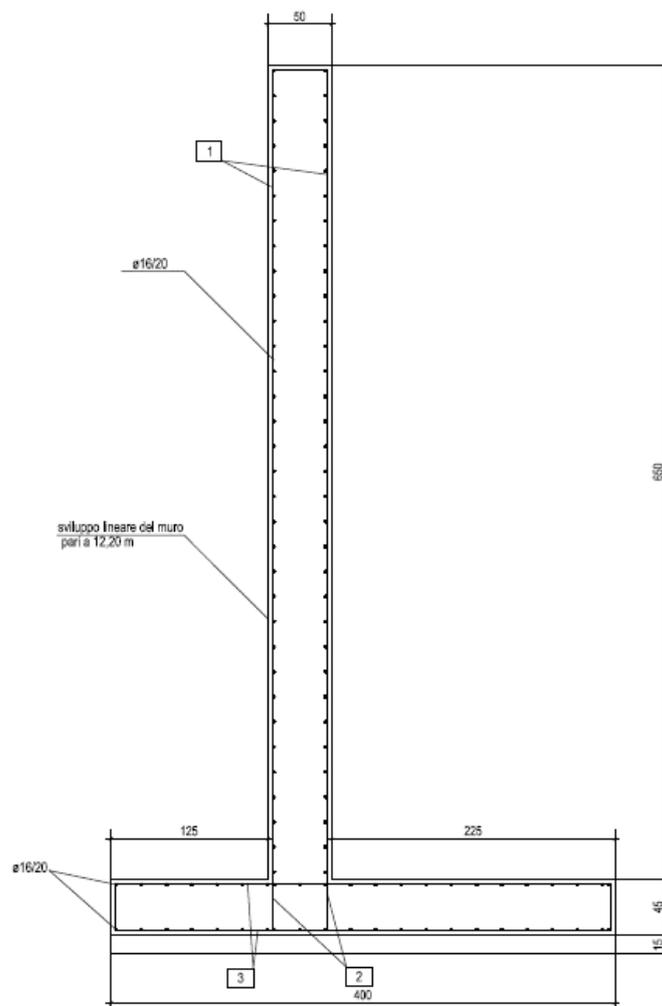


Figura 12_ sezione muro parafiamma

9. SINTESI DELLE VERIFICHE GEOTECNICHE

Le verifiche geotecniche verranno effettuate sul substrato maggiormente sollecitato dalle strutture fondali esaminate.

Il substrato è stato caratterizzato geologicamente e geotecnicamente come riportato al capitolo 3; si riportano i parametri meccanici significativi:

Livello Geotecnico (2): Depositi sabbioso-ghiaiosi-arenitici

Formazione geologica: Depositi Marini Terrazzati

Descrizione litologica: alternanza di sabbie, sabbie con limo, e strati arenitici da mediamente a ben cementati.

Soggiacenza della falda: Assente.

Caratteristiche geotecniche generali: terreni a comportamento geotecnico da discreto a buono, prevalentemente incoerente, a consistenza generalmente medio-bassa nei livelli superficiali, che tende ad aumentare con la profondità.

I parametri geotecnici caratteristici sono:

	MIN	MAX	BEST FIT
γ (kN/m ³) Peso per unità di volume naturale	17.0	21.0	20.0
γ_{sec} (kN/m ³) Peso per unità di volume secco	16.8	18.0	17.0
γ_{sat} (kN/m ³) Peso per unità di volume saturo	19.5	21.8	20.5
γ_s (kN/m ³) Peso specifico	---	---	24.0
ϕ' (°) Angolo di attrito di picco	31.0	35.0	33.0
ϕ'_{vc} (°) Angolo di attrito a volume costante	26.0	31.0	29
c' (kPa) Coesione efficace	0.0	9.0	4.0

Comportamento Strato: Granulare sciolto

Stato di addensamento: da med. addensato a semicoerente.

9.1 Verifiche di capacità portante

Con riferimento alla fondazione del Trasformatore di potenza il valore medio dei carichi al suolo è pari a circa **0.80 daN/cm²**.

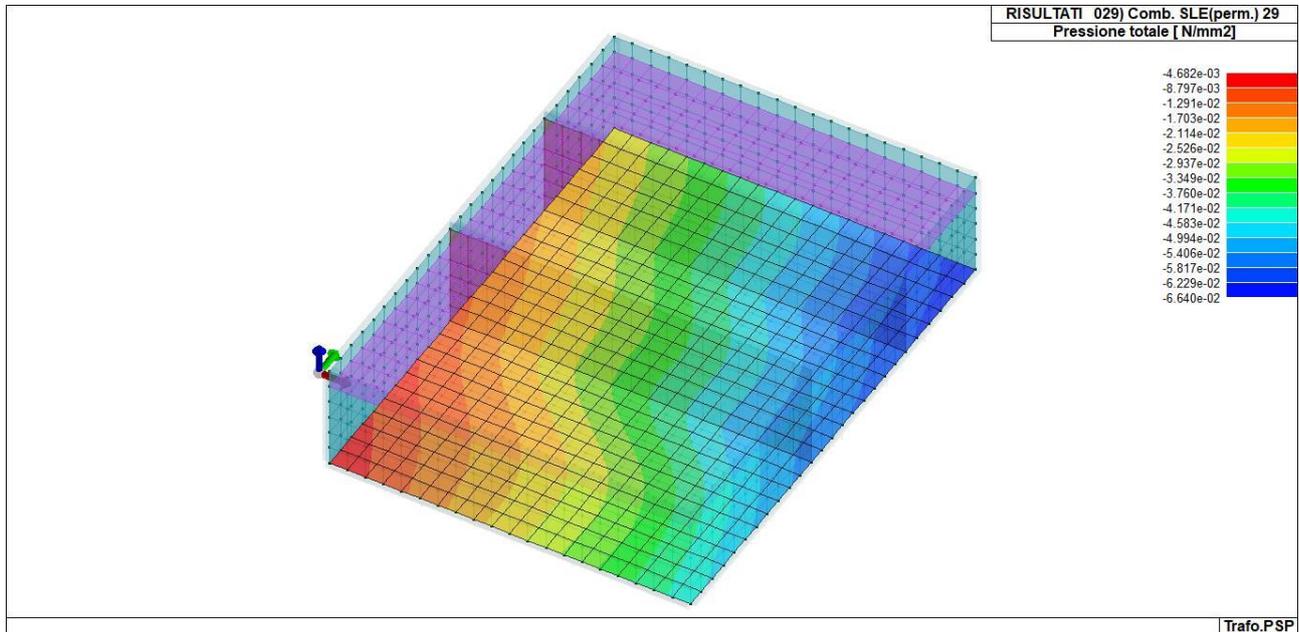


Figura 20_andamento dei carichi al suolo – fondazione trafo

Con riferimento alla fondazione dell'edificio di comando, i valori medi delle pressioni sul terreno sono dell'ordine di **0.60 daN/cm²**

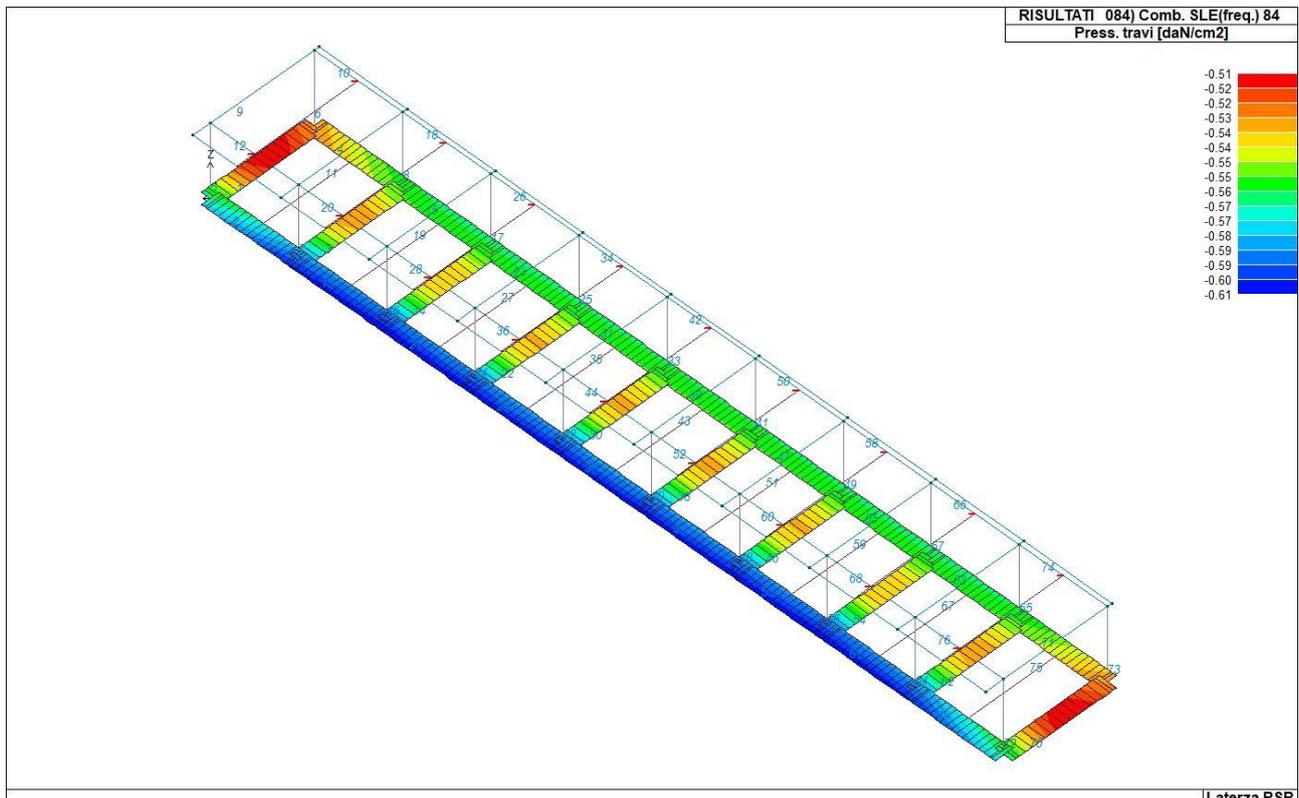
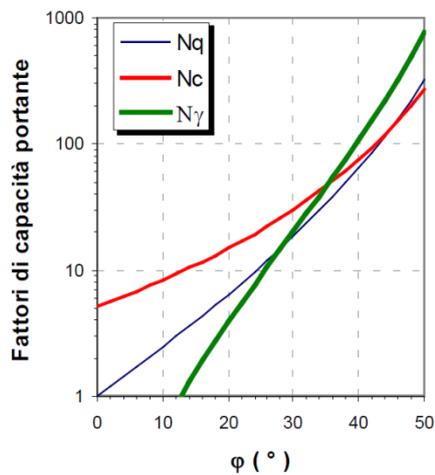


Figura 21_andamento dei carichi al suolo – fondazione trafo



Nel caso specifico di fondazione a pianta rettangolare, si introducono opportuni coefficienti di forma (S_q , S_c , S_γ) che modificano la formula come di seguito:

$$Q_{lim} = [q N_q] s_q + [c N_c] s_c + [1/2 \cdot \gamma B' N_\gamma] s_\gamma$$

i coefficienti di cui sopra modificano i risultati numerici rispetto al modello generico che invece si applica alla striscia indefinita:

Tabella 15.1: Fattori di forma (Vesic, 1975)

Forma della fondazione	s_c	s_q	s_γ
Rettangolare	$1 + \frac{B'}{L'} \cdot \frac{N_q}{N_c}$	$1 + \frac{B'}{L'} \cdot \tan \phi$	$1 - 0,4 \cdot \frac{B'}{L'}$
Circolare o quadrata	$1 + \frac{N_q}{N_c}$	$1 + \tan \phi$	0,6

Dati di progetto

Insert "larghezza fondazione"	B	4,50	m
Insert "profondità piano di posa"	D	1,80	m
insert profondità falda "d"	d	assente	m
Insert "peso volume"	γ_1	1500	daN/mc
Insert "peso volume"	γ_2	2000	daN/mc
Insert "coesione"	c	0,04	daN/cm ²
Insert "angolo di resist a taglio"	ϕ	30	°

Fattori di capacità portante	N_γ	22,40
	N_q	18,40
	N_c	30,14

Fattori di forma	S_γ	0,93
	S_q	1,10
	S_c	1,11

Risultati

Carico limite	Q lim	25,79	daN/cm ²
Carico ammissibile	Q lim/3	8,60	daN/cm ²

Esito verifiche

Carico esercizio	Q es	18,00	kN/m ²
Carico ammissibile	Q adm	859,00	kN/m ²
Fattore sicurezza	Fs	47,00	OK

10. CONCLUSIONI

I risultati numerici derivanti dall'analisi della struttura, condotta in campo lineare, attribuendo i carichi gravitazionali e sismici da normativa, hanno mostrato ampi margini di sicurezza.

Alla luce della caratterizzazione geologica del sottosuolo, si può asseverare che le strutture non influenzano significativamente il volume di sedime sul quale andranno ad insistere.

Per tali motivi si può asserire che le opere strutturali descritte nel presente documento posseggono requisiti di sicurezza tali da assicurarne la realizzabilità.

Il substrato sul quale verranno fondate le strutture di supporto delle apparecchiature AT sopra descritte è caratterizzato dagli stessi parametri geotecnici significativi che riguardano la fondazione del TR.

Essendo tuttavia i valori degli scarichi al suolo estremamente inferiori a quelli della fondazione Trafo e dell'edificio di comando, si ritengono anche per queste strutture ampiamente verificati i margini di sicurezza.

Per tali motivi si può asserire che le opere strutturali descritte nel presente documento posseggono requisiti di sicurezza tali da assicurarne la realizzabilità.