

	PROGETTISTA 	WBS NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITÀ Joppolo Giancaxio (AG)	REL-CIV-E-10715	
	PROGETTO/IMPIANTO RIFACIMENTO DERIVAZIONE PER PORTO EMPEDOCLE DN 300 (12"), DP 24 bar ed opere connesse	Fg. 1 di 22	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-000-CI-E-10715

RIFACIMENTO DERIVAZIONE PER PORTO EMPEDOCLE DN 300 (12") - DP 24 bar ed opere connesse

**Punto di Intercettazione di Derivazione Importante (PIDI) n. 6
Loc. "C. Vella"**

EDIFICIO USO TELECOMANDO E TELEMISURE

TIPO «B5 COPERTURA A FALDE»

Relazione geotecnica e sulle fondazioni

0	Emissione per Aggiornamento AU 327 per prescrizioni VIA	Costigliola	Olivi	Mattei	Gen. '25
	Descrizione	Elaborato	Verificato	Approvato	Data

File dati: nqr20133-rel-civ-e-10715_0

	PROGETTISTA 	WBS NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITÀ Joppolo Giancaxio (AG)	REL-CIV-E-10715	
	PROGETTO/IMPIANTO RIFACIMENTO DERIVAZIONE PER PORTO EMPEDOCLE DN 300 (12"), DP 24 bar ed opere connesse	Fg. 2 di 22	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-000-CI-E-10715

INDICE

1.	INTRODUZIONE	3
1.1	Descrizione delle opere di fondazione	3
1.2	Principi generali di dimensionamento	4
1.3	Normativa di riferimento	5
1.4	Elaborati di progetto	5
1.5	Sistema di qualità	5
2.	SCHEMA STRATIGRAFICO E CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	6
2.1	Ipotesi di progetto	6
2.2	Caratterizzazione del sito di realizzazione	6
2.3	Condizioni geotecniche di progetto	9
2.4	Modello geotecnico di sottosuolo (sito di realizzazione)	10
3.	SCELTA DELLA TIPOLOGIA DI OPERA DI FONDAZIONE	12
4.	CODICE DI CALCOLO AUTOMATICO	13
4.1	Caratteristiche del codice di calcolo	13
4.2	Affidabilità e validazione del codice di calcolo	13
5.	VERIFICHE GEOTECNICHE	15
5.1	Riscontro dei parametri di progetto	15
5.2	Verifiche in termini di stabilità rispetto al terreno	17
5.3	Rappresentazione grafica dei risultati	19
6.	VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE	22

	PROGETTISTA 	WBS NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITÀ Joppolo Giancaxio (AG)	REL-CIV-E-10715	
	PROGETTO/IMPIANTO RIFACIMENTO DERIVAZIONE PER PORTO EMPEDOCLE DN 300 (12"), DP 24 bar ed opere connesse	Fg. 3 di 22	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-000-CI-E-10715

1. INTRODUZIONE

1.1 Descrizione delle opere di fondazione

La presente relazione costituisce elaborato complementare della fase di progettazione strutturale di un edificio, costituito da unico livello in elevazione fuori terra, denominato tipo "B5", inserito nel sistema impiantistico adibito al trasporto del gas metano e destinato ad accogliere impianti di telecomando e telemisure.

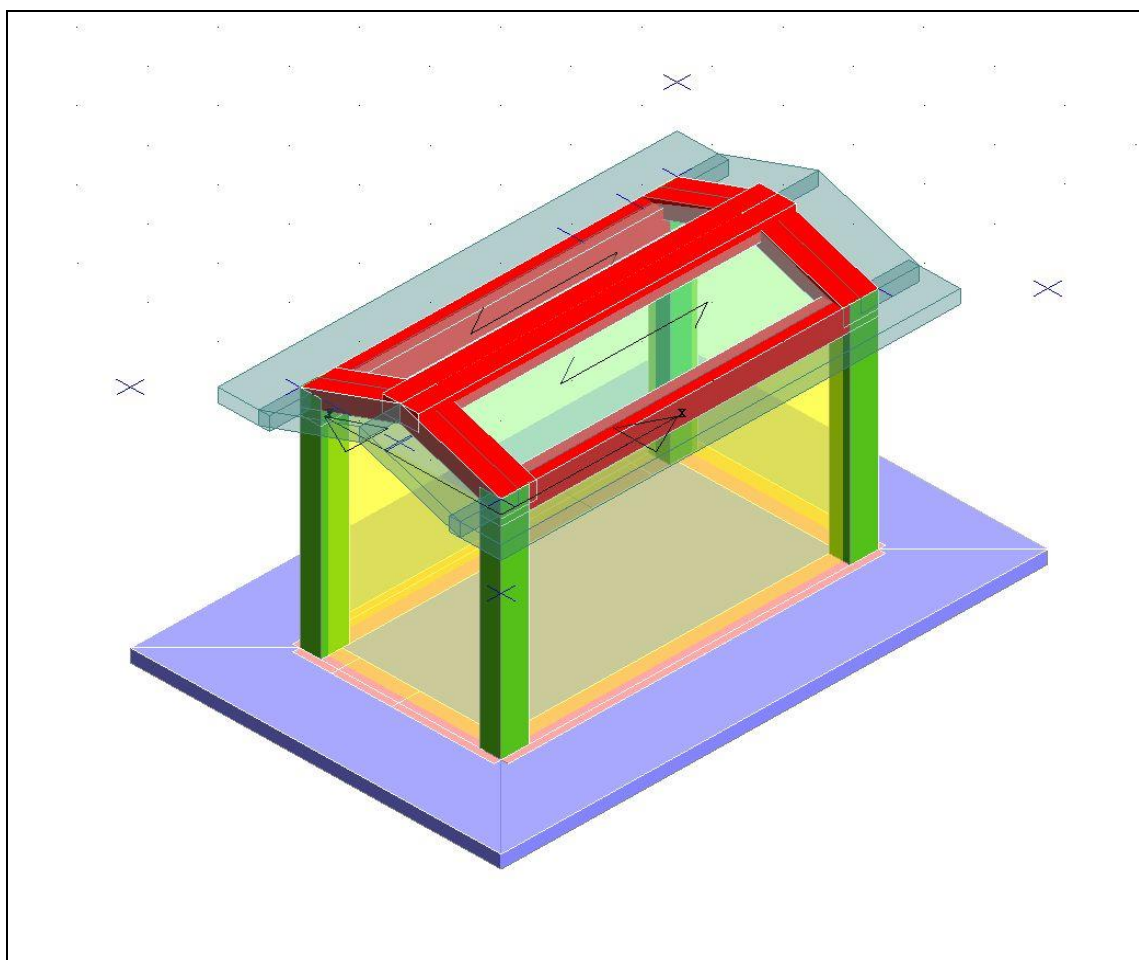


Fig. 1.1: Rappresentazione assometrica della struttura

Definite le caratteristiche generali dell'opera e l'iter progettuale che ha portato all'organizzazione di una campagna di indagini geotecniche atta ad individuare le caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni di fondazione, si pone particolare attenzione alle verifiche che riguardano le interazioni tra il terreno e le opere di fondazione in cemento armato, connesse alla struttura a telai del fabbricato, parimenti in c.a.o.

La struttura è da realizzarsi, all'interno dell'area di impianto denominata punto di Intercettazione di Derivazione Importante (PIDI) n. 6, a servizio del metanodotto

	PROGETTISTA 	WBS NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITÀ Joppolo Giancaxio (AG)	REL-CIV-E-10715	
	PROGETTO/IMPIANTO RIFACIMENTO DERIVAZIONE PER PORTO EMPEDOCLE DN 300 (12"), DP 24 bar ed opere connesse	Fg. 4 di 22	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-000-CI-E-10715

Rifacimento Derivazione per Porto Empedocle DN 300 (12"), DP 24 bar e opere connesse.

Il sito di realizzazione è in località "C. Vella", nel comune di Joppolo Giancaxio (AG).

Le fondazioni saranno di tipo diretto a travi rovesce, a cui saranno connessi gli elementi in elevazione, consistenti in quattro pilastri, collegati in sommità da travi "a spessore", che costituiranno la delimitazione di un solaio di copertura a due falde.

Le travi di fondazione saranno a sezione rettangolare, con base 40 cm ed altezza 70 cm; schematizzabili come aste poggiate su suolo elastico alla Winkler.

Collegate alle travi di fondazione, ed anch'esse posate sul terreno, sono previste una piastra di collegamento, di spessore 15 cm, che funge da base del calpestio interno del fabbricato, ed elementi bidimensionali esterni, di spessore da 18 cm a 20 cm, atti a costituire marciapiede perimetrale del fabbricato.

Saranno previsti collegamenti impiantistici con le aree esterne al fabbricato, di natura elettrica e per trasmissione di segnali, realizzati mediante cavidotti interrati, che attraverseranno, in appositi vani, le strutture fondali.

Gli elementi di fondazione saranno realizzati con calcestruzzo avente classe di resistenza C25/30. La realizzazione sarà eseguita mediante preliminare stesa di magrone di pulizia, di spessore pari a circa 10 cm, e classe di resistenza indicativa C16/20.

1.2 Principi generali di dimensionamento

L'opera nel suo complesso è stata predimensionata e calcolata considerando valori "estremizzati" delle azioni esterne di carattere "ambientale", in modo da consentire la realizzazione del manufatto, con le medesime caratteristiche geometriche e strutturali, in più parti del territorio nazionale; risultando sempre e comunque conforme alle esigenze di dimensionamento che derivano dalle sollecitazioni indotte dal contesto locale.

La relazione di calcolo strutturale, di cui è complemento il presente documento, è basata sul confronto tra tutte le specifiche situazioni locali che derivano dal sito di realizzazione e quelle che sono state assunte a base di calcolo, al fine di verificare come le seconde siano effettivamente cautelative rispetto al caso concreto di esecuzione. È invece delegato alla presente relazione il confronto tra i risultati delle verifiche geotecniche relative alla condizione "ideale" presa a riferimento (per il dimensionamento e per le verifiche strutturali) e quelli che derivano dalla specifica situazione locale.

	PROGETTISTA 	WBS NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITÀ Joppolo Giancaxio (AG)	REL-CIV-E-10715	
	PROGETTO/IMPIANTO RIFACIMENTO DERIVAZIONE PER PORTO EMPEDOCLE DN 300 (12"), DP 24 bar ed opere connesse	Fg. 5 di 22	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-000-CI-E-10715

1.3 Normativa di riferimento

Il progetto di cui alla presente relazione è redatto in conformità alle disposizioni delle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (di seguito "Norme" o "NTC18"), emesse con Decreto Ministro delle Infrastrutture del 17 gennaio 2018, di concerto con il Ministro dell'interno e con il Capo del Dipartimento della Protezione Civile, ai sensi delle leggi 05/11/1971, n. 1086, e 02/02/1974, n. 64, così come riunite nel "Testo Unico per l'Edilizia" di cui al D.P.R. 06/06/2001, n. 380, e dell'art. 5 del Decreto Legge 28/05/2004, n. 136, convertito in legge, con modificazioni, dall'art. 1 della legge 27/07/2004, n. 186 e ss.mm.ii.

Essa ha inoltre riferimento, sia in linea generale sia nel dettaglio, nei seguenti strumenti di normazione e documenti tecnici:

- Circolare Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, 21 gennaio 2019, n. 7, recante "Istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018";
- Eurocodice 7, "progettazione geotecnica".

1.4 Elaborati di progetto

Per quanto riguarda la caratterizzazione geologica del sito di esecuzione, il dimensionamento e la verifica delle strutture, le caratteristiche progettuali dell'opera in progetto, si fa riferimento ai seguenti elaborati:

- Relazione geologica e sismica LA-E-80301;
- Relazione di calcolo strutturale CI-E-10718;
- Fascicolo dei calcoli strutturali CI-E-10719.

A tali elaborati si rimanda per quanto non espressamente descritto nella presente relazione e per ogni correlato approfondimento.

1.5 Sistema di qualità

Le attività relative al presente studio sono sviluppate seguendo quanto stabilito dalle procedure ed istruzioni di lavoro applicabili nell'ambito del sistema di qualità aziendale SAIPEM S.p.A., certificato dal TUV NORD ai sensi UNI EN ISO 9001:2015 (Certificate No: 44 100 16410143-002 – Original approval: 08/12/1994).

	PROGETTISTA 	WBS NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITÀ Joppolo Giancaxio (AG)	REL-CIV-E-10715	
	PROGETTO/IMPIANTO RIFACIMENTO DERIVAZIONE PER PORTO EMPEDOCLE DN 300 (12"), DP 24 bar ed opere connesse	Fg. 6 di 22	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-000-CI-E-10715

2. SCHEMA STRATIGRAFICO E CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

2.1 Ipotesi di progetto

Come descritto in fase introduttiva, per scelta progettuale, si mira a conseguire condizioni di sicurezza e di stabilità per l'opera in qualsiasi sito di costruzione nel territorio nazionale, determinando una struttura adeguata a qualunque contesto. A tal fine, dimensionamento e calcolo del manufatto sono basati su azioni ambientali estremizzate (vento, neve, carichi funzionali), tenendo conto delle situazioni medie attese per i siti ove può prevedersi la realizzazione, e su alcune condizioni geotecniche "ideali", considerate prudenziali. Il progetto esposto nella Relazione di calcolo strutturale è, inoltre, supportato dalla modellazione dinamica corrispondente a condizioni sismiche proprie di due diversi siti "ideali", ai quali corrispondono spettri di calcolo rispettivamente dimensionanti per lo SLV e lo SLD, scelti in modo da rappresentare circostanze estreme di esecuzione. Tale complesso di condizioni è ovviamente cautelativo rispetto al sito di effettiva costruzione, con influenza anche sulle condizioni di stabilità determinabili per mezzo di verifiche agli stati limite ultimi per capacità portante e scorrimento e di verifiche dei cedimenti possibili in condizioni di esercizio.

Per le finalità della presente Relazione, le azioni "estreme" sia statiche sia dinamiche, utilizzate per la modellazione strutturale, non vengono sostituite dalle effettive condizioni del sito di costruzione. Nella presente relazione viene affrontato nel dettaglio soltanto il confronto tra i risultati delle verifiche geotecniche relative alla condizione "ideale" di progetto, presa a riferimento, e quelli che derivano dalla modellazione della struttura con i medesimi carichi "estremi" ma nella specifica situazione stratigrafica e geo-meccanica locale. Al fine di poter operare tale confronto, si espongono preliminarmente i modelli geotecnici relativi alla condizione di progetto e alla situazione effettivamente presente nel sito di realizzazione.

2.2 Caratterizzazione del sito di realizzazione

La modellazione del complesso struttura di fondazione-sovrastuttura passa attraverso la conoscenza delle caratteristiche fisico-meccaniche di quella parte di sottosuolo che, con le sue proprietà, influenza il comportamento generale dell'opera in progetto. A tal fine, si devono considerare elementi assai vari: costituzione del sottosuolo e geometria delle stratificazioni in esso presenti; presenza e regime delle acque sotterranee; proprietà fisico-meccaniche dei terreni; stato tensionale; etc. [C. Viggiani – Fondazioni]

La definizione delle caratteristiche dei terreni presenti nel sito di realizzazione passa attraverso l'organizzazione di una campagna d'indagini che tenga conto del "volume significativo" da indagare, ossia quel volume di terreno che, con le sue proprietà, influenza in modo apprezzabile il comportamento dell'opera stessa.

Date le modeste dimensioni dell'opera in progetto, l'estensione del volume significativo è stata valutata attraverso alcune indicazioni pratiche definite dalla letteratura tecnico-scientifica.

	PROGETTISTA 	WBS NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITÀ Joppolo Giancaxio (AG)	REL-CIV-E-10715	
	PROGETTO/IMPIANTO RIFACIMENTO DERIVAZIONE PER PORTO EMPEDOCLE DN 300 (12"), DP 24 bar ed opere connesse	Fg. 7 di 22	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-000-CI-E-10715

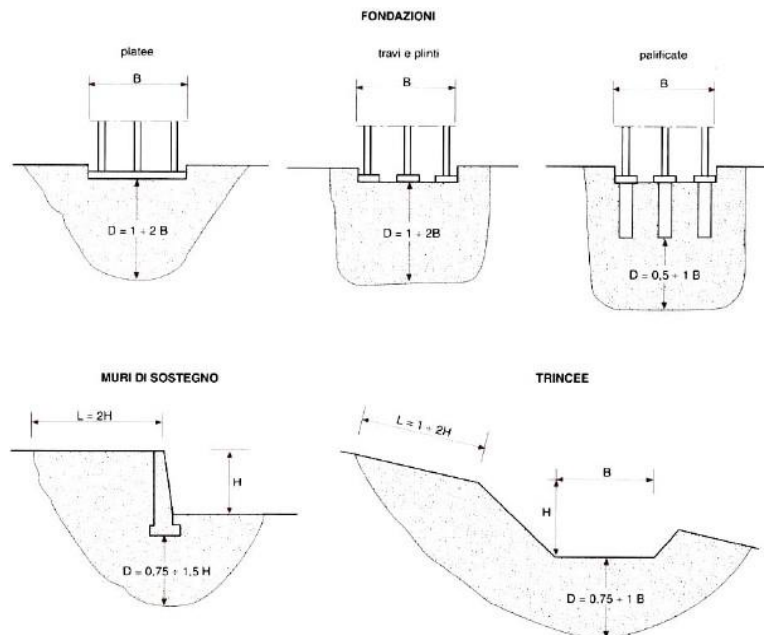


Fig. 2.1: Indicazioni sul volume significativo di sottosuolo per diverse tipologie di opere

Pertanto, definita l'area oggetto di intervento, si è preceduto con la disposizione in pianta delle prove ritenute necessarie per la determinazione dei parametri geotecnici utili alla progettazione e verifica delle opere.

Dalla foto satellitare dell'area oggetto di intervento con ubicazione delle prove in sito riportata in Figura 2.2 si osserva l'esecuzione di n. 1 sondaggio geognostico, a carotaggio continuo (denominato PE-B-B46), realizzato nel periodo di dicembre 2021 e spinto sino alla profondità massima di 15 m dal p.c. attuale, e l'esecuzione di n. 1 prova sismica di tipo MASW (denominata PE-B-M08).

Si precisa che nel corso dell'esecuzione del sondaggio geognostico si è provveduto a:

- rilevare la stratigrafia mediante il riconoscimento litologico macroscopico dei terreni attraversati;
- eseguire prove di consistenza speditive con Pocket Penetrometer sulle carote estratte dagli strati coesivi;
- prelevare n. 5 campioni indisturbati, con campionature a infissione a pareti sottili (Shelby).

I campioni di terreno prelevati nel corso dell'indagine sono stati trasportati presso un laboratorio geotecnico certificato, ove sono state eseguite prove di classificazione e meccaniche per la determinazione dei parametri di compressibilità e di resistenza al taglio in termini di tensioni totali ed efficaci.

	PROGETTISTA 	WBS NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITÀ Joppolo Giancaxio (AG)	REL-CIV-E-10715	
	PROGETTO/IMPIANTO RIFACIMENTO DERIVAZIONE PER PORTO EMPEDOCLE DN 300 (12"), DP 24 bar ed opere connesse	Fg. 8 di 22	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-000-CI-E-10715

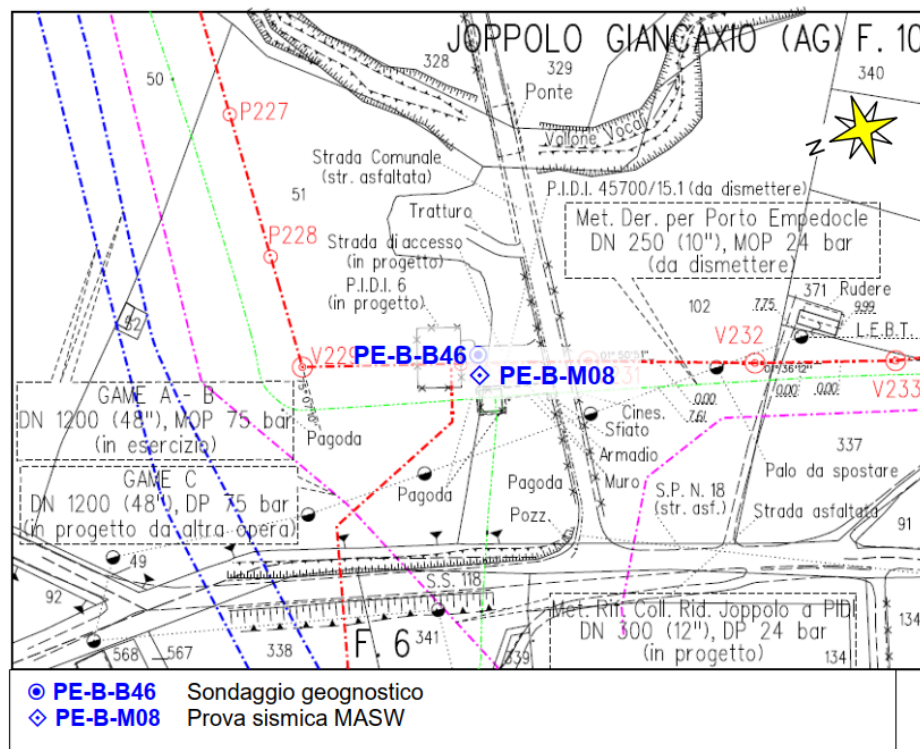


Fig. 2.2: Planimetria catastale con ubicazione delle prove in sito

Come ampiamente descritto nella relazione geologica e sismica, l'analisi stratigrafica e geotecnica evidenzia nell'area in esame una successione stratigrafica che, ai fini pratici di calcolo, può essere rappresentata mediante l'assunzione di uno schema stratigrafico caratterizzato dai seguenti parametri geotecnici:

Terreno 1 – Limo argilloso, molto consistente di colore marrone chiaro con inclusi clasti eterometrici
(dal p.c. sino a 1,8 m di profondità)

- valore caratteristico del peso di volume naturale, γ_k = 19,0 kN/m³
- valore caratteristico della resistenza al taglio non drenata, c_u = 110 kPa
- valore caratteristico dell'angolo di resistenza al taglio, φ'_k = 23,0 °
- valore caratteristico della coesione efficace, c'_k = 10 kPa
- modulo elastico di calcolo, E' = 4,5 MPa
- modulo edometrico di calcolo, E_{ed} = 6,0 MPa

Terreno 2 – Coltre alluvionale argillosa debolmente limosa, da dura a molto consistente e di colore marrone chiaro
(da 1,2 m sino a 8,0 m di profondità)

	PROGETTISTA 	WBS NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITÀ Joppolo Giancaxio (AG)	REL-CIV-E-10715	
	PROGETTO/IMPIANTO RIFACIMENTO DERIVAZIONE PER PORTO EMPEDOCLE DN 300 (12"), DP 24 bar ed opere connesse	Fg. 9 di 22	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-000-CI-E-10715

- valore caratteristico del peso di volume naturale, γ_k = 19,5 kN/m³
- valore caratteristico della resistenza al taglio non drenata, c_u = 200 kPa
- valore caratteristico dell'angolo di resistenza al taglio, ϕ'_k = 24,0 °
- valore caratteristico della coesione efficace, c'_k = 20 kPa
- modulo elastico di calcolo, E' = 5,0 MPa
- modulo edometrico di calcolo, E_{ed} = 7,0 MPa

Terreno 3 – Coltre alluvionale: argillosa dura di colore grigio scuro
(da 8,0 m sino alla massima profondità investigata)

- valore caratteristico del peso di volume naturale, γ_k = 20,0 kN/m³
- valore caratteristico della resistenza al taglio non drenata, c_u = 220 kPa
- valore caratteristico dell'angolo di resistenza al taglio, ϕ'_k = 24,0 °
- valore caratteristico della coesione efficace, c'_k = 20 kPa
- modulo elastico di calcolo, E' = 6,0 MPa
- modulo edometrico di calcolo, E_{ed} = 8,0 MPa

Nel corso della campagna geognostica non è stato individuato il livello piezometrico. Tuttavia, in base ai dati piezometrici ottenuti nel corso degli studi di dettaglio, si ritiene che la soggiacenza della falda sia variabile, ma sempre piuttosto bassa, fino a raggiungere la profondità di 2-3 m dal piano campagna; la direzione principale di flusso è verso sud.

I parametri geotecnici descritti sono da ritenersi relativi a livelli tensionali compatibili con quelli indotti dall'opera con cui i terreni stessi sono destinati ad interagire e sono ritenuti costanti nell'intervallo tensionale al quale corrispondono.

Gli elementi determinati attraverso il complesso di indagini descritte hanno consentito la definizione di un modello geotecnico di sottosuolo da utilizzare per le successive verifiche comparative con il modello "ideale" di progetto (ai fini di saggiare l'idoneità dello stesso in termini di influenza strutturale) e di definire le più idonee modalità costruttive in relazione alle circostanze locali.

2.3 Condizioni geotecniche di progetto

Nel modello di calcolo relativo alla condizione "ideale" di progetto, il piano di posa della fondazione è considerato come terreno a grana media/fine, mediamente consistente, mediamente permeabile, non sede di circolazione idrica fino alle profondità di interesse; caratterizzato da parametri di resistenza tali da poter analizzare l'interazione del sistema struttura di fondazione-terreno sia in condizioni drenate sia in condizioni non drenate.

	PROGETTISTA 	WBS NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITÀ Joppolo Giancaxio (AG)	REL-CIV-E-10715	
	PROGETTO/IMPIANTO RIFACIMENTO DERIVAZIONE PER PORTO EMPEDOCLE DN 300 (12"), DP 24 bar ed opere connesse	Fg. 10 di 22	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-000-CI-E-10715

Ai fini squisitamente strutturali, il terreno interessato dall'opera, costituente il volume significativo, è quindi rappresentato mediante l'assunzione del seguente schema stratigrafico e geotecnico di calcolo.

Sottosuolo omogeneo dalle proprietà meccaniche e resistive riferibili ai seguenti parametri:

- valore caratteristico del peso di volume naturale, γ_k	=	18,0 kN/m ³
- valore caratteristico dell'angolo di resistenza al taglio, φ'_k	=	17 °
- valore caratteristico della coesione efficace, c'_k	=	5,0 kPa
- modulo elastico di calcolo	=	8 MPa
- modulo edometrico di calcolo	=	9 MPa
- coefficiente di Poisson	=	0,3
- modulo di reazione verticale (K_v di Winkler)	=	1,5 daN/cm ³
- resistenza al taglio non drenata, c_u	=	50,0 kPa

2.4 Modello geotecnico di sottosuolo (sito di realizzazione)

La determinazione dei parametri geotecnici ricavati dalle prove in sito e di laboratorio, nonché l'interpretazione dei profili stratigrafici indagati, porta alla definizione di un modello geotecnico di sottosuolo da utilizzare per le verifiche geotecniche relative alla specifica situazione locale e il successivo confronto con la condizione "ideale" di progetto. Quest'ultima, infatti, essendo caratterizzata da una condizione di sottosuolo omogeneo non prevede la definizione di ulteriori aspetti di dettaglio.

Nella Relazione geologica e sismica sono stati analizzati gli eventuali interventi preliminari di "bonifica" e correzione del terreno, finalizzati a determinare le condizioni di stabilità richieste per l'opera nel sito di realizzazione, in termini di capacità portante, scorrimento e cedimento. Nel caso specifico, date le caratteristiche geotecniche del terreno 1, non si ritiene necessario l'intervento di "bonifica".

Nella Relazione geologica e sismica sono anche analizzate le condizioni di suscettività all'acqua del terreno di fondazione, identificando le modalità atte ad una riduzione del rischio di perdita di resistenza del terreno stesso per fenomeni di liquefazione.

Lo schema stratigrafico complessivo adottato è illustrato in Figura 2.3.

	PROGETTISTA 	WBS NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITÀ Joppolo Giancaxio (AG)	REL-CIV-E-10715	
	PROGETTO/IMPIANTO RIFACIMENTO DERIVAZIONE PER PORTO EMPEDOCLE DN 300 (12"), DP 24 bar ed opere connesse	Fg. 11 di 22	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-000-CI-E-10715

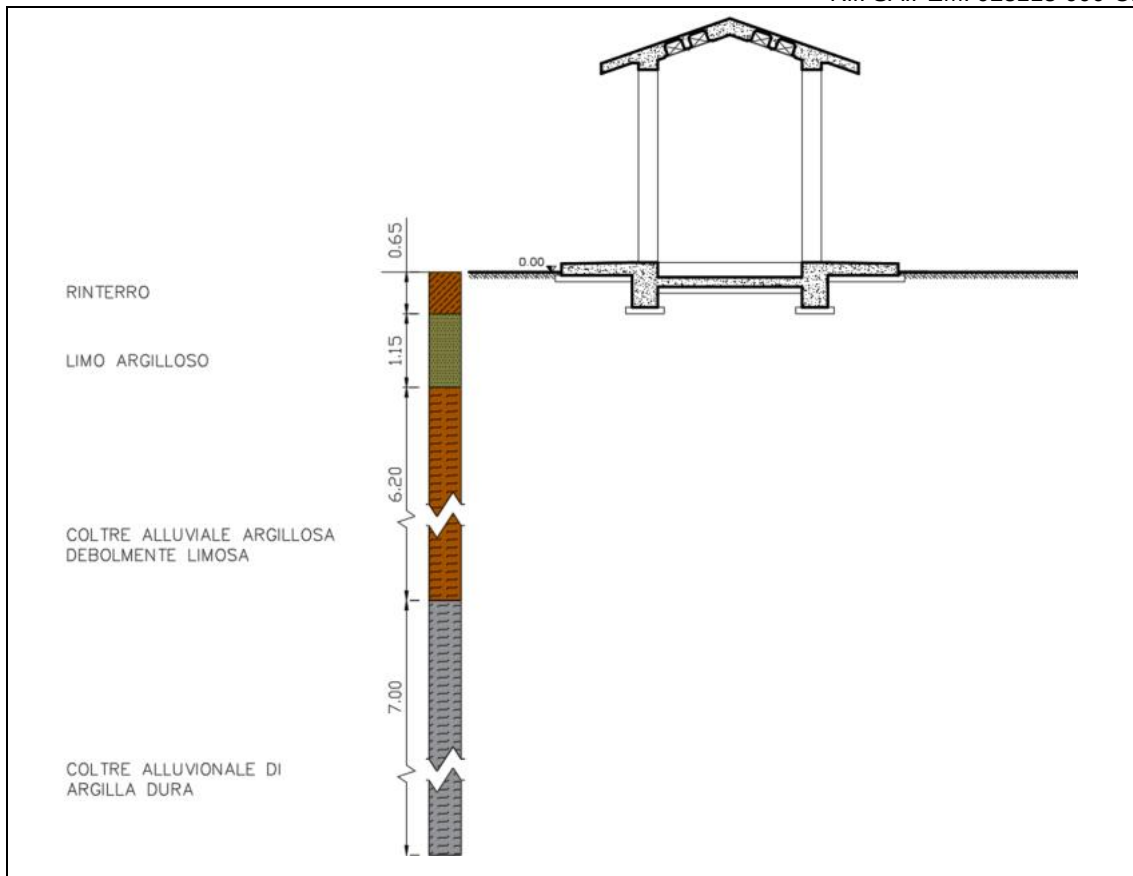


Fig. 2.3: Modello geotecnico di calcolo per il sito di realizzazione

Nel complesso, quanto qui dettagliato risulta sufficiente a integrare e individuare compiutamente il modello (inteso come schema rappresentativo delle condizioni stratigrafiche e dei caratteri fisico-meccanici dei terreni compresi nel volume significativo) finalizzato all'analisi quantitativa degli specifici aspetti strutturali trattati.

I parametri geotecnici che caratterizzano i diversi strati del modello sono riportati al paragrafo 2.2 della presente relazione "Caratteristiche del sito di realizzazione".

	PROGETTISTA 	WBS NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITÀ Joppolo Giancaxio (AG)	REL-CIV-E-10715	
	PROGETTO/IMPIANTO RIFACIMENTO DERIVAZIONE PER PORTO EMPEDOCLE DN 300 (12"), DP 24 bar ed opere connesse	Fg. 12 di 22	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-000-CI-E-10715

3. SCELTA DELLA TIPOLOGIA DI OPERA DI FONDAZIONE

A valle della campagna di indagini, definite le caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni di fondazione, si è deciso di utilizzare una struttura di fondazione superficiale, a travi rovesce, caratterizzate da una sezione rettangolare avente base pari a 40 cm ed altezza pari a 70 cm

Inoltre, collegate alle travi di fondazione, ed anch'esse posate sul terreno, sono previste una piastra di collegamento, di spessore 15 cm, che funge da base del calpestio interno del fabbricato, ed elementi bidimensionali esterni, di spessore da 18 cm a 20 cm, atti a costituire marciapiede perimetrale del fabbricato.

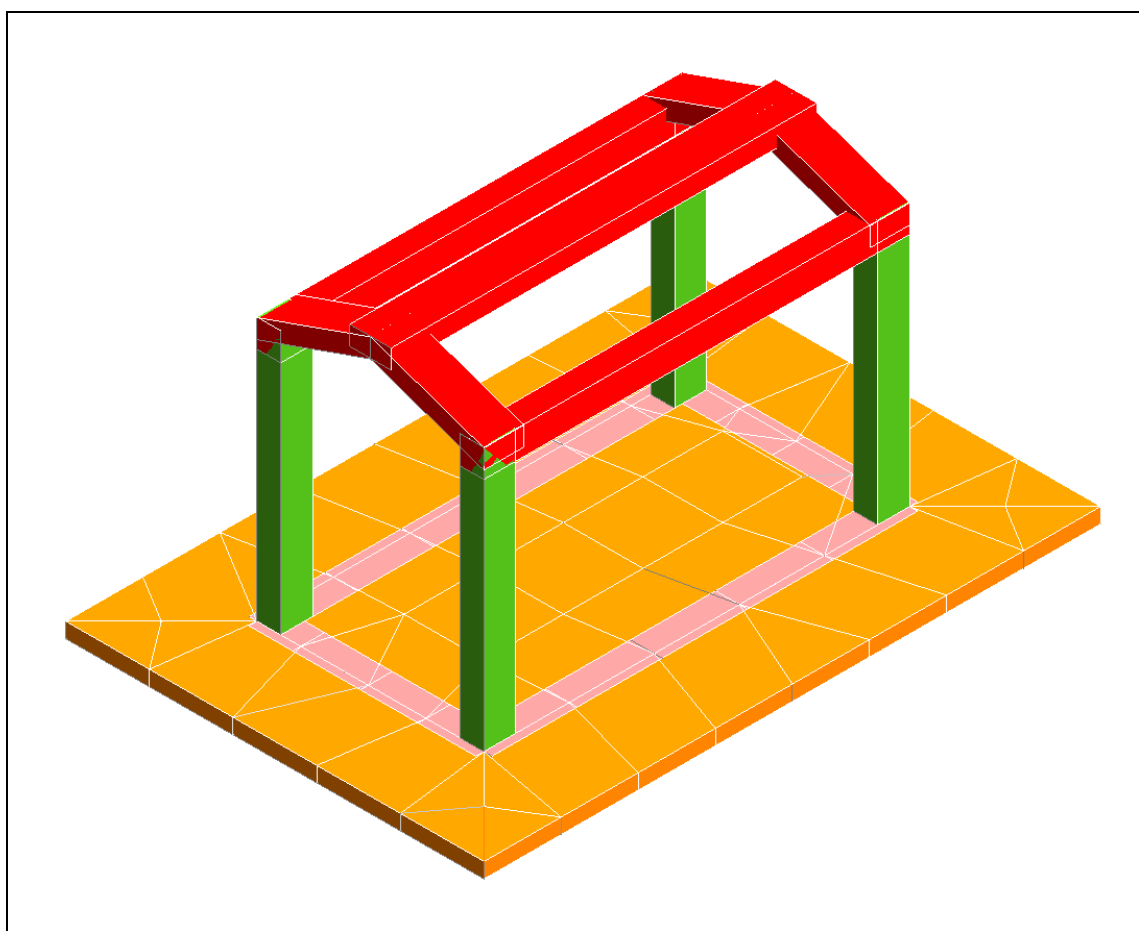


Fig. 3.1: Modello strutturale di calcolo

	PROGETTISTA 	WBS NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITÀ Joppolo Giancaxio (AG)	REL-CIV-E-10715	
	PROGETTO/IMPIANTO RIFACIMENTO DERIVAZIONE PER PORTO EMPEDOCLE DN 300 (12"), DP 24 bar ed opere connesse	Fg. 13 di 22	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-000-CI-E-10715

4. CODICE DI CALCOLO AUTOMATICO

4.1 Caratteristiche del codice di calcolo

L'analisi del modello strutturale e le relative verifiche sono condotte con l'ausilio di codice di calcolo automatico così identificabile:

software:	CDS - Computer Design of Structures; rel.2019
autore e produttore:	S.T.S. s.r.l. Software Tecnico Scientifico S.r.l. via Tre torri n°11 – Complesso Tre torri, 95030 Sant'Agata li Battiati (CT)
solutore a elementi finiti:	CDSWin
licenza d'uso:	STS CDS WIN - Chiave HW n. 22594
applicativo geotecnico:	CDGWin

4.2 Affidabilità e validazione del codice di calcolo

Come previsto al punto 10.2 delle NTC18, l'affidabilità del codice utilizzato è stata verificata sia effettuando il raffronto tra casi prova di cui si conoscono i risultati esatti sia esaminando le indicazioni, la documentazione ed i test forniti dal Produttore.

In particolare, è stata valutata la relazione sui casi prova forniti dalla S.T.S. s.r.l., che contiene un insieme di test il cui obiettivo è quello di verificare l'affidabilità e l'applicabilità del solutore agli elementi finiti utilizzato dal programma CDSWin. Al fine di raggiungere l'obiettivo di verifica posto, gli esempi riportati nelle pagine di tale documento riguardano differenti analisi di calcolo, molteplici elementi, diversi casi di mesh e/o di condizioni al contorno, provenendo da autorevoli testi ingegneristici, e fanno riferimento a problemi la cui soluzione teorica, essendo nota, può essere confrontata con quella fornita dal programma al termine dell'elaborazione. Per ogni test svolto è citata la specifica fonte del riferimento e sono forniti tutti i dati necessari per riprodurre i risultati ottenuti.

Oltre a tale fase preliminare, è stato controllato il software durante la fase di elaborazione, in quanto esso è dotato di filtri e controlli di autodiagnostica, che agiscono a vari livelli, sia nella definizione del modello sia nel calcolo vero e proprio. I controlli vengono visualizzati, sotto forma di tabulati, di videate a colori o finestre di messaggi. In particolare, il software è dotato dei seguenti filtri e controlli:

- filtri per la congruenza geometrica del modello di calcolo generato;
- controlli a priori sulla presenza di elementi non connessi, interferenze, mesh non congruenti o non adeguate;
- filtri sulla precisione numerica ottenuta, controlli su eventuali mal condizionamenti delle matrici, verifica dell'indice di condizionamento;
- controlli sulle verifiche sezionali e sui limiti dimensionali per i vari elementi strutturali

	PROGETTISTA 	WBS NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITÀ Joppolo Giancaxio (AG)	REL-CIV-E-10715	
	PROGETTO/IMPIANTO RIFACIMENTO DERIVAZIONE PER PORTO EMPEDOCLE DN 300 (12"), DP 24 bar ed opere connesse	Fg. 14 di 22	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-000-CI-E-10715

in funzione della normativa utilizzata;

- controlli e verifiche sugli esecutivi prodotti.

Il programma è dotato di un manuale tecnico ed operativo. L'assistenza è effettuata direttamente dalla casa produttrice, mediante linea telefonica o e-mail.

Tutti i risultati del calcolo sono forniti, oltre che in formato numerico, anche in formato grafico permettendo così di evidenziare agevolmente eventuali incongruenze.

Il programma consente la stampa di tutti i dati di input, dei dati del modello strutturale utilizzato, dei risultati del calcolo e delle verifiche dei diagrammi delle sollecitazioni e delle deformate.

A tal proposito, si è provveduto a confrontare i risultati ottenuti dalle elaborazioni in termini di spostamenti verticali (cedimenti elastici e/o da consolidazione) con i risultati frutto di un calcolo manuale semplificato, eseguito mediante l'utilizzo delle stesse relazioni adoperate dal codice di calcolo in questione. Nello specifico, non si sono rilevate differenze sostanziali tra quanto restituito dal software e quanto determinato dal calcolo manuale semplificato.

Considerata la tipologia dell'intervento, riconducibile senza dubbio ad opera edile ordinaria, non si rende necessaria un'ulteriore validazione indipendente del calcolo strutturale o un controllo incrociato sui risultati delle elaborazioni ottenute.

Pertanto, con riferimento al paragrafo 10.2 delle NTC18, il progettista

dichiara

di aver esaminato preliminarmente la documentazione a corredo del software, per valutarne l'affidabilità e soprattutto l'idoneità al caso specifico; detta documentazione, fornita dal produttore o dal distributore del software, contiene una esauriente descrizione delle basi teoriche e degli algoritmi impiegati, ha permesso di individuare il campo d'impiego e descrive i casi-prova interamente risolti e commentati, per i quali sono forniti i file di input necessari a riprodurre l'elaborazione.

	PROGETTISTA 	WBS NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITÀ Joppolo Giancaxio (AG)	REL-CIV-E-10715	
	PROGETTO/IMPIANTO RIFACIMENTO DERIVAZIONE PER PORTO EMPEDOCLE DN 300 (12"), DP 24 bar ed opere connesse	Fg. 15 di 22	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-000-CI-E-10715

5. VERIFICHE GEOTECNICHE

Ai sensi delle NTC18 (§ 6.4.2.1), le verifiche nei confronti degli stati limite ultimi geotecnici, per carico limite, devono essere effettuate impiegando i gruppi di coefficienti parziali dell'Approccio progettuale 2; rispettivamente definiti per le azioni (A1), per i parametri geotecnici (M1) e per le resistenze (R3).

La verifica allo stato limite ultimo per collasso per carico limite dell'insieme fondazione-terreno (capacità portante) consiste nel confronto tra la pressione verticale di esercizio in fondazione e la resistenza limite per il terreno. La verifica allo stato limite ultimo per scorrimento sul piano di posa consiste nel confronto tra le azioni, intese con il valore che hanno parallelamente al piano di scorrimento (F_h) e la resistenza (V_{res}), intesa come risultante delle tensioni tangenziali limite sullo stesso piano (si trascura cautelativamente la risultante delle tensioni limite agenti sulle superfici laterali della fondazione, pur essendo nel caso di contatto diretto fondazione-terreno, conseguente a scavi a sezione obbligata).

Oltre alle verifiche SLU, le NTC18 (§ 6.4.2.2) prevedono la verifica agli stati limite di esercizio, basata sul calcolo dei valori degli spostamenti verticali (cedimenti elastici e/o da consolidazione), per attestarne la compatibilità con i requisiti prestazionali della struttura, che, nel caso in progetto, si concretizzano nel determinare se possono aver luogo distorsioni nei cavidotti di collegamento interrati, a causa di tali spostamenti verticali.

A tal proposito, si specifica che cedimenti dell'ordine fino a 4 centimetri possono considerarsi compatibili con la funzionalità dell'opera: tale limite costituisce una condizione di garanzia per la stabilità dei cavidotti interrati e l'operatività dell'impianto. Per il dimensionamento e le verifiche di progetto, pertanto, si è imposto convenzionalmente che l'abbassamento massimo atteso, risulti, in corrispondenza delle travi di fondazione, non superiore a tale ordine di grandezza.

Si osserva che l'entità del cedimento stimato in fase di modellazione globale della struttura risulta sostanzialmente uniforme, senza anomale differenze lungo lo sviluppo delle travi di fondazione; pertanto, non presentandosi nel sito di realizzazione variazioni spaziali delle caratteristiche del terreno di posa, la struttura stessa può considerarsi in grado di compensare i differenziali di spostamento verticale.

5.1 Riscontro dei parametri di progetto

In fase di progettazione generale della struttura sono state operate alcune ipotesi rappresentative del terreno che hanno influenza indiretta sulla determinazione delle sollecitazioni trasmesse alla platea di base. Le verifiche qui condotte hanno riferimento nella Relazione tecnica strutturale, nel Fascicolo dei calcoli strutturali e nelle relative valutazioni geotecniche riguardanti i siti "ideali" considerati ("Condizione di progetto").

Per quanto riguarda il valore assunto in fase di calcolo per il coefficiente di Poisson ν , esso ben rappresenta il rapporto tra deformazione assiale e dilatazione trasversale sia

	PROGETTISTA 	WBS NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITÀ Joppolo Giancaxio (AG)	REL-CIV-E-10715	
	PROGETTO/IMPIANTO RIFACIMENTO DERIVAZIONE PER PORTO EMPEDOCLE DN 300 (12"), DP 24 bar ed opere connesse	Fg. 16 di 22	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-000-CI-E-10715

in strati sabbiosi sia in strati argillosi saturi e non saturi, ed è prudentiale nel rappresentare le condizioni di elasticità di tali materiali. Esso è inoltre moderatamente contenuto, inducendo una stima cautelativa dei cedimenti di consolidazione. Tale valore è da ritenersi congruo con la caratterizzazione meccanica dei terreni presenti nel sito effettivo di realizzazione e pertanto può essere mantenuto anche in fase di verifica del comportamento "locale" del sistema fondazione-terreno.

Per quanto attiene al modulo di reazione verticale (K_v di Winkler), non si dispone, come è noto, di una formulazione che possa compiutamente rappresentare gli effetti stratigrafici; tuttavia, ammettendo che gli strati compressibili diano luogo ad un cedimento uniforme delle fondazioni (la qual cosa è implicitamente assicurata dalla uniformità litologica del sito, dal limitato sviluppo dell'area di carico e dalla sostanziale simmetria delle fondazioni e quindi delle azioni trasmesse al terreno), tale modulo può essere considerato come dipendente unicamente dalle caratteristiche meccaniche del materiale a diretto contatto con le fondazioni, avente modulo elastico M_1 . Poiché tra K_v e M_1 esiste un legame diretto (come si determina ad esempio mediante la formulazione pratica proposta da Vesic e rielaborata da Bowles¹), ne consegue che il valore assunto in fase di calcolo risulta di un ordine di grandezza prudentiale, nel rappresentare la deformabilità del terreno e quindi le reazioni indotte da esso nelle strutture di fondazione. Per quanto attiene alle condizioni effettive di esecuzione, come descritto nella Relazione geologica e sismica, è stato definito un valore di k_v per il mezzo stratificato. Tale valore è individuato in base al coefficiente $k_{unit,i}$ relativo ai singoli strati intercettati:

$$k_v = (k_{unit,1} \times h_1 + k_{unit,2} \times h_2 + k_{unit,3} \times h_3) / (h_1 + h_2 + h_3)$$

Strato 1 – Limo argilloso molto consistente di colore marrone chiaro con inclusi clasti eterometrici

$$\text{spessore } h_1 = 1,15 \text{ m} \quad k_{unit,1} = 10 \text{ MN/m}^3$$

Strato 2 – Coltre alluvionale argillosa debolmente limosa, da dura a molto consistente e di colore marrone chiaro

$$\text{spessore } h_2 = 6,20 \text{ m} \quad k_{unit,2} = 20 \text{ MN/m}^3$$

Strato 3 – Coltre alluvionale: argilla dura di colore grigio scuro

$$\text{spessore } h_3 = 2B - h_2 = 3,80 \text{ m} \quad k_{unit,3} = 30 \text{ MN/m}^3$$

dove h_2 e h_3 sono gli spessori dei singoli strati e B è la larghezza della fondazione.

Nel caso in esame, considerando un valore di B pari a circa 5.0 m, si ha $K_v = 22 \text{ MN/m}^3$.

In via cautelativa, si decide di utilizzare per il calcolo un K_v di 15 MN/m^3 .

Come esposto nella Relazione di calcolo strutturale, ai soli fini delle verifiche agli stati limite strutturali, è stata esclusa la possibilità di spostamento orizzontale della fondazione, assumendo modulo di reazione orizzontale del terreno K_o di Winkler nullo. Ciò non ha nesso ed influenza sulle verifiche geotecniche per scorrimento.

¹ Vesic A.S., "Beams on elastic subgrade and the Winkler's hypothesis"; 5th ICSMFE. Bowles J.E., "Foundation – Analysis and design"; 1988, McGraw Hill.

	PROGETTISTA		WBS NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITÀ	Joppolo Giancaxio (AG)	REL-CIV-E-10715	
	PROGETTO/IMPIANTO	RIFACIMENTO DERIVAZIONE PER PORTO EMPEDOCLE DN 300 (12"), DP 24 bar ed opere connesse	Fg. 17 di 22	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-000-CI-E-10715

5.2 Verifiche in termini di stabilità rispetto al terreno

Dal Fascicolo dei calcoli strutturali (Verifiche geotecniche), complementare alla Relazione tecnica strutturale, sono desunti i dati seguenti, relativi alle travi di fondazione (Sito di progetto SLV), e confrontati con i risultati ottenuti per il modello relativo al sito di realizzazione.

- Verifiche di carico limite

Come si può osservare dalle tabelle riportate, estratte dal fascicolo dei calcoli, la trave 2 (fili fissi 3-4), presenta le combinazioni di maggior incidenza geotecnica in termini di capacità portante. In particolare, per la condizione ideale di progetto (Sito di progetto SLV), la combinazione più gravosa risulta la combinazione A1, n. 4, con un coefficiente di sicurezza minimo pari a 2,51. Nel caso del sito di effettiva realizzazione, invece, si osserva un coefficiente minimo di sicurezza pari a 6,28 (combinazione A1, n. 4).

Sito di progetto SLV

CARICO LIMITE TRAVI WINKLER - S.L.U.														
IDENTIFICATIVO					DRENATE		NON DRENATE			RISULTATI				
Trave N.ro	Asta3d N.ro	Comb N.ro	Bx' m	By' m	GamEf kg/mc	QLimV (t)	GamEf kg/mc	QLimV (t)	N (t)	Coeff. Sicur.	Minimo CoeSic	N/Ar kg/cm ²	QLim/Ar kg/cm ²	Status Verifica
2	2	A1/1	0,40	5,33	1800	14,7	1800	34,0	5,6	2,62	2,51	0,27	0,68	OK
		A1/2	0,40	5,34	1800	14,5	1800	33,9	5,3	2,72				OK
		A1/3	0,40	5,32	1800	14,7	1800	33,9	5,6	2,65				OK
		A1/4	0,40	5,34	1800	14,5	1800	34,0	5,8	2,51				OK
		A1/5	0,40	5,32	1800	14,6	1800	33,9	5,1	2,89				OK
		A1/6	0,40	5,34	1800	14,1	1800	33,8	4,7	3,02				OK
		A1/7	0,40	5,30	1800	14,6	1800	33,8	5,1	2,88				OK
		A1/8	0,40	5,34	1800	14,2	1800	34,0	5,4	2,61				OK
		A1/9	0,40	5,33	1800	14,7	1800	34,0	5,0	2,92				OK
		A1/10	0,40	5,34	1800	14,4	1800	33,9	4,8	3,00				OK
		A1/11	0,40	5,32	1800	14,7	1800	33,9	5,0	2,92				OK
		A1/12	0,40	5,34	1800	14,5	1800	34,0	5,3	2,75				OK
		X+ A1/17	0,40	5,03	1800	12,4	1800	31,8	3,4	3,64				OK
		X- A1/27	0,40	5,02	1800	12,4	1800	31,7	3,4	3,63				OK
		Y+ A1/37	0,39	5,17	1800	12,2	1800	32,0	2,1	5,86				OK
		Y- A1/43	0,40	5,26	1800	11,9	1800	32,8	4,1	2,89				OK

Sito di realizzazione

CARICO LIMITE TRAVI WINKLER - S.L.U.														
IDENTIFICATIVO					DRENATE		NON DRENATE			RISULTATI				
Trave N.ro	Asta3d N.ro	Comb N.ro	Bx' m	By' m	GamEf kg/mc	QLimV (t)	GamEf kg/mc	QLimV (t)	N (t)	Coeff. Sicur.	Minimo CoeSic	N/Ar kg/cm ²	QLim/Ar kg/cm ²	Status Verifica
2	2	A1/1	0,40	5,33	1900	36,7			5,6	6,52	6,28	0,27	1,70	OK
		A1/2	0,40	5,34	1900	36,2			5,3	6,79				OK
		A1/3	0,40	5,32	1900	36,7			5,6	6,60				OK
		A1/4	0,40	5,34	1900	36,3			5,8	6,28				OK
		A1/5	0,40	5,32	1900	36,4			5,1	7,20				OK
		A1/6	0,40	5,34	1900	35,5			4,7	7,58				OK
		A1/7	0,40	5,30	1900	36,3			5,1	7,18				OK
		A1/8	0,40	5,34	1900	35,7			5,4	6,57				OK
		A1/9	0,40	5,33	1900	36,7			5,0	7,28				OK
		A1/10	0,40	5,34	1900	36,1			4,8	7,50				OK
		A1/11	0,40	5,32	1900	36,6			5,0	7,27				OK
		A1/12	0,40	5,34	1900	36,2			5,3	6,88				OK
		X+ A1/17	0,40	5,03	1900	31,8			3,4	9,34				OK
		X- A1/27	0,40	5,02	1900	31,7			3,4	9,31				OK
		Y+ A1/37	0,39	5,17	1900	31,6			2,1	15,14				OK
		Y- A1/43	0,40	5,26	1900	31,0			4,1	7,54				OK

	PROGETTISTA		WBS NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITÀ	Joppolo Giancaxio (AG)	REL-CIV-E-10715	
	PROGETTO/IMPIANTO	RIFACIMENTO DERIVAZIONE PER PORTO EMPEDOCLE DN 300 (12"), DP 24 bar ed opere connesse	Fg. 18 di 22	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-000-CI-E-10715

- Verifiche allo scorrimento

Nel caso della trave 1 (fili fissi 1-2) è presente la massima azione parallela al piano di fondazione nella combinazione di maggior incidenza geotecnica in termini di scorrimento.

In particolare, per la condizione ideale di progetto (Sito di progetto SLV), la combinazione più gravosa risulta la combinazione A1, n. 25, con un valore minimo della somma dei contributi resistenti dei vari elementi strutturali " $S(V_{res})$ " pari a 1,67 t. Nel caso del sito di effettiva realizzazione, invece, si osserva un valore maggiore dell'azione resistente, pari a 2.86 t (combinazione A1, n. 25).

Sito di progetto SLV

VERIFICA ALLO SCORRIMENTO - CONDIZIONI DRENATE												
IDENTIFICATIVO			RISULTATI									
Combinazione N.ro	Tipo Elem.	Elem N.ro	N (t)	Tg(fil)/ Gfi/Gr	C/Gc/Gr t/mq	Area mq	Vres (t)	Fh (t)	Verifica Locale	S(Vres) (t)	S(Fh) (t)	Verifica Globale
A1 / 25	TRAVE	1	2,79	0,278	0,45	1,959	1,67	0,48	OK	1,67	0,48	
	TRAVE	2	3,41	0,278	0,45	2,005	1,86	0,59	OK	3,52	1,07	
	TRAVE	3	2,14	0,278	0,45	1,111	1,10	0,37	OK	4,62	1,44	
	TRAVE	4	1,13	0,278	0,45	1,082	0,80	0,19	OK	5,43	1,64	

Sito di realizzazione

VERIFICA ALLO SCORRIMENTO - CONDIZIONI DRENATE												
IDENTIFICATIVO			RISULTATI									
Combinazione N.ro	Tipo Elem.	Elem N.ro	N (t)	Tg(fil)/ Gfi/Gr	C/Gc/Gr t/mq	Area mq	Vres (t)	Fh (t)	Verifica Locale	S(Vres) (t)	S(Fh) (t)	Verifica Globale
A1 / 25	TRAVE	1	2,79	0,386	0,91	1,959	2,86	0,48	OK	2,86	0,48	
	TRAVE	2	3,41	0,386	0,91	2,005	3,14	0,59	OK	5,99	1,07	
	TRAVE	3	2,14	0,386	0,91	1,111	1,84	0,37	OK	7,83	1,44	
	TRAVE	4	1,13	0,386	0,91	1,082	1,42	0,19	OK	9,25	1,64	

Sulla base dei risultati inerenti alla specifica situazione locale e degli esiti della modellazione strutturale si evince come il progetto risulti valido ed applicabile anche nel sito effettivo di realizzazione.

- Calcolo dei cedimenti

Come in precedenza esposto, le condizioni di funzionalità dell'opera, nei riguardi delle interazioni tra fondazioni e terreno, sono saggiate attraverso la verifica geotecnica che attesta come gli spostamenti verticali della fondazione siano compatibili con la salvaguardia dei cavidotti di collegamento interrati e quindi con l'operatività degli impianti. Tali condizioni di idoneo esercizio sono associate al calcolo dei valori del cedimento massimo del terreno nel sito di realizzazione e possono essere verificate sulla base della tensione media trasmessa dall'elemento di fondazione più sollecitato in termini di forza verticale.

Per lo stesso elemento di fondazione in precedenza analizzato in termini di capacità portante, considerando che la risultante delle pressioni verticali si distribuisca uniformemente per tramite della trave (così che si determinino le condizioni per il decorso di reale cedimento e non soltanto una deformazione puntuale, compensata dalla rigidità della fondazione e dalla elasticità del terreno stesso), si hanno le valutazioni di seguito riportate, riferite al confronto tra la condizione "ideale" di progetto

	PROGETTISTA 	WBS NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITÀ Joppolo Giancaxio (AG)	REL-CIV-E-10715	
	PROGETTO/IMPIANTO RIFACIMENTO DERIVAZIONE PER PORTO EMPEDOCLE DN 300 (12"), DP 24 bar ed opere connesse	Fg. 19 di 22	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-000-CI-E-10715

e la situazione stratigrafica locale.

Sito di progetto SLV

CEDIMENTI ELASTICI ED EDOMETRICI			
Filo N.ro	Combinaz N.ro	Ced.El. cm	Ced.Ed. cm
59	Rare 1	0,90	0,80
	Rare 2	0,88	0,78
	Rare 3	0,88	0,78
	Rare 4	0,90	0,80
	Rare 5	0,83	0,74
	Rare 6	0,79	0,71
	Rare 7	0,79	0,70
	Rare 8	0,83	0,74
	Rare 9	0,82	0,73
	Rare 10	0,80	0,71
	Rare 11	0,80	0,71
	Rare 12	0,82	0,73
	Freq 1	0,76	0,67
	Freq 2	0,69	0,61
	Freq 3	0,68	0,60
	Freq 4	0,68	0,60
	Freq 5	0,68	0,61
	Freq 6	0,68	0,61
	Perm 1	0,68	0,61
	MAX.	0,90	0,80

Sito di realizzazione

CEDIMENTI ELASTICI ED EDOMETRICI			
Filo N.ro	Combinaz N.ro	Ced.El. cm	Ced.Ed. cm
59	Rare 1	1,52	1,11
	Rare 2	1,48	1,08
	Rare 3	1,48	1,08
	Rare 4	1,51	1,11
	Rare 5	1,39	1,02
	Rare 6	1,33	0,97
	Rare 7	1,33	0,97
	Rare 8	1,39	1,01
	Rare 9	1,38	1,01
	Rare 10	1,34	0,98
	Rare 11	1,34	0,98
	Rare 12	1,38	1,01
	Freq 1	1,27	0,93
	Freq 2	1,15	0,84
	Freq 3	1,14	0,83
	Freq 4	1,14	0,83
	Freq 5	1,15	0,84
	Freq 6	1,14	0,84
	Perm 1	1,14	0,84
	MAX.	1,52	1,11

Come si può osservare dalle tabelle riportate, estratte dal fascicolo dei calcoli, per il sito "ideale" di progetto, il cedimento massimo, di tipo elastico, risulta pari a 0,9 cm. Per il sito di effettiva realizzazione, invece, si ha un cedimento elastico di 1,52 cm.

I risultati ottenuti dal calcolo dei cedimenti risultano compatibili con la condizione di accettabilità prevista per le opere in progetto: cedimenti massimi dell'ordine dei 4 cm (condizione limite di garanzia per la stabilità dei cavidotti interrati e l'operatività dell'impianto).

Anche in questo caso, sulla base dei risultati inerenti alla specifica situazione locale e degli esiti della modellazione strutturale si evince come il progetto risulti valido ed applicabile anche nel sito effettivo di realizzazione. In fase di progettazione e di esecuzione di quanto previsto sulla superficie delle aree circostanti il fabbricato (pavimentazioni, marciapiedi, pozzetti, ecc.) si dovrà comunque tener conto dei valori qui indicati, al fine di evitare l'insorgere nel tempo di problematiche connesse allo sviluppo di dislivelli non preventivati tra esterno ed elementi strutturali.

5.3 Rappresentazione grafica dei risultati

L'esito delle elaborazioni è rappresentato in forma sintetica negli schemi grafici di seguito riportati, che forniscono anche immediato riscontro di quanto previsto al punto 10.2 delle NTC18. In particolare, si riporta il confronto tra i valori dei coefficienti di sicurezza minimi per la capacità portante e i valori dei cedimenti edometrici calcolati per la condizione "ideale" di progetto e il sito effettivo di realizzazione.

	PROGETTISTA 	WBS NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITÀ Joppolo Giancaxio (AG)	REL-CIV-E-10715	
	PROGETTO/IMPIANTO RIFACIMENTO DERIVAZIONE PER PORTO EMPEDOCLE DN 300 (12"), DP 24 bar ed opere connesse	Fg. 20 di 22	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-000-CI-E-10715

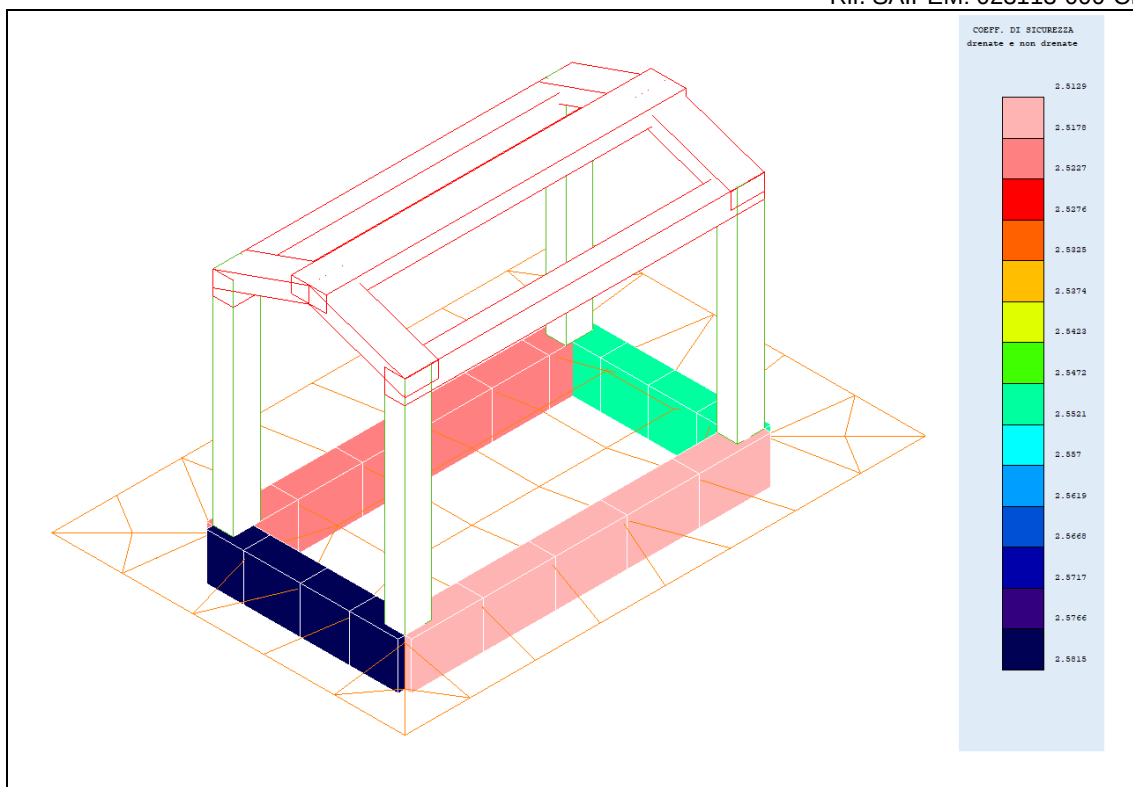


Fig. 5.1: Verifiche carico limite: distribuzione dei coefficienti di sicurezza – Modello di progetto: sito SLV

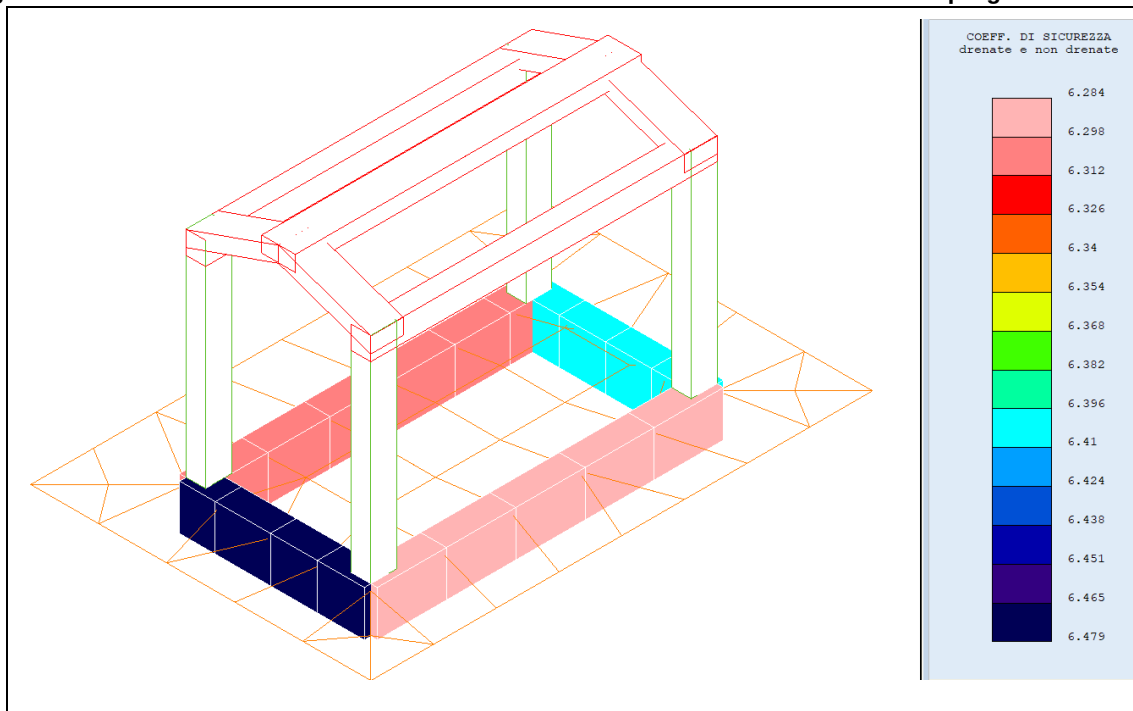


Fig. 5.2: Verifiche carico limite: distribuzione dei coefficienti di sicurezza – Modello sito di realizzazione

	PROGETTISTA 	WBS NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITÀ Joppolo Giancaxio (AG)	REL-CIV-E-10715	
	PROGETTO/IMPIANTO RIFACIMENTO DERIVAZIONE PER PORTO EMPEDOCLE DN 300 (12"), DP 24 bar ed opere connesse	Fg. 21 di 22	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-000-CI-E-10715

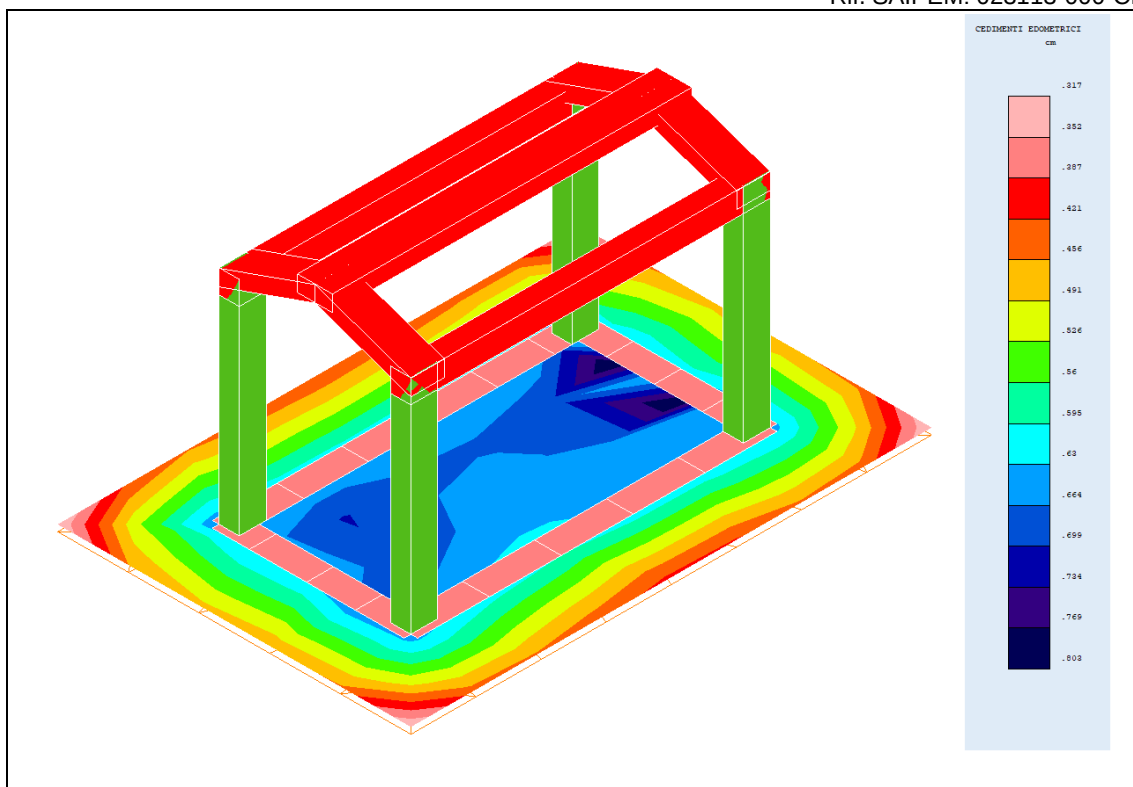


Fig. 5.3: Distribuzione dei valori di cedimento edometrico – Modello di progetto: sito SLV

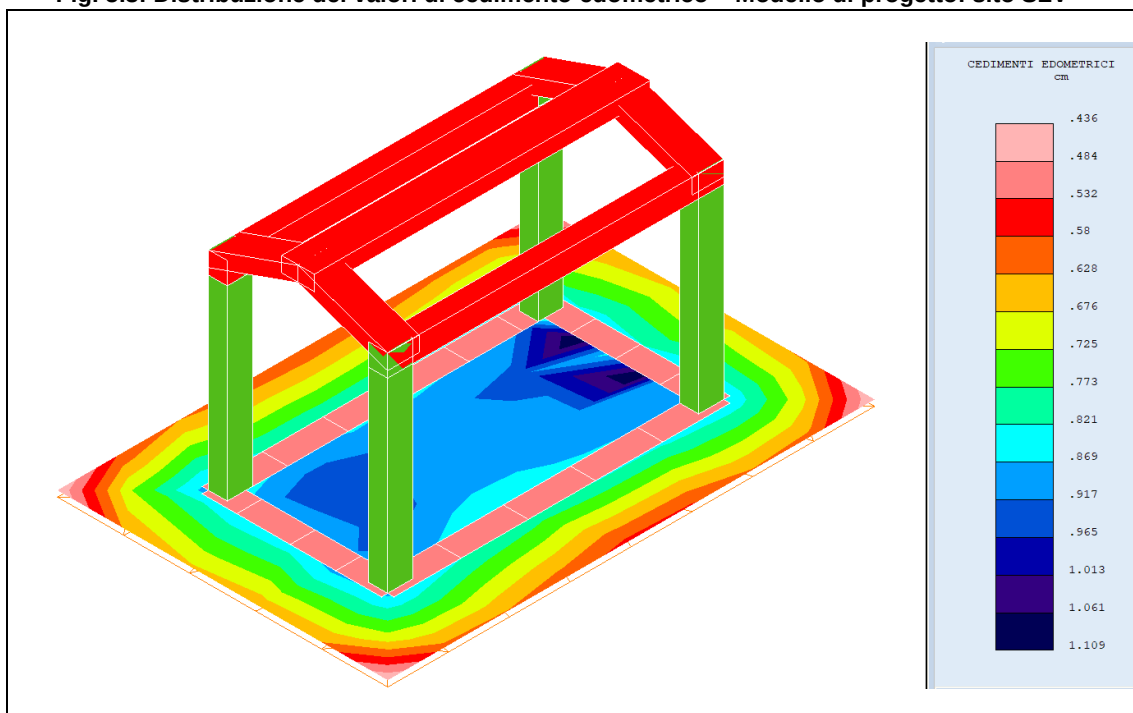


Fig. 5.4: Distribuzione dei valori di cedimento edometrico – Modello sito di realizzazione

	PROGETTISTA 	WBS NQ/R20133	UNITA' 000
	LOCALITÀ Joppolo Giancaxio (AG)	REL-CIV-E-10715	
	PROGETTO/IMPIANTO RIFACIMENTO DERIVAZIONE PER PORTO EMPEDOCLE DN 300 (12"), DP 24 bar ed opere connesse	Fg. 22 di 22	Rev. 0

Rif. SAIPEM: 023113-000-CI-E-10715

6. VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

Col termine di liquefazione si intende generalmente la perdita di resistenza dei terreni saturi, sotto sollecitazioni di taglio cicliche o monotoniche, in conseguenza delle quali il terreno raggiunge una condizione di fluidità pari a quella di un liquido viscoso. Ciò avviene quando la pressione dell'acqua nei pori aumenta progressivamente fino ad eguagliare la pressione totale di confinamento e quindi allorché gli sforzi efficaci, da cui dipende la resistenza al taglio, si riducono a zero.

Questi fenomeni si verificano soprattutto nelle sabbie fini e nei limi saturi di densità da media a bassa e a granulometria piuttosto uniforme, anche se contenenti una frazione fine limoso-argillosa.

Nel caso specifico, in accordo a quanto previsto nelle NTC al punto 7.11.3.4.2, la verifica a liquefazione può essere omessa per:

- accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1 g.