

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE



U.O. INFRASTRUTTURE SUD

PROGETTO DEFINITIVO

LINEA SALERNO – PONTECAGNANO AEROPORTO
COMPLETAMENTO METROPOLITANA DI SALERNO
TRATTA ARECCHI – PONTECAGNANO AEROPORTO

ELABORATI GEOTECNICA GENERALE


Rilevati ferroviari - Relazione di stabilità e calcolo cedimenti

SCALA:

-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV.

NN1X 00 D 78 RH GE0600 002 B

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Da
A	Emissione esecutiva	E. Pasquali S. Babbucci	Settembre 2020	G. Ficorella	Settembre 2020	M. D'Avino	Settembre 2020	 ITALFERR S.p.A. Gruppo Ferrovie dello Stato Direzione Infrastrutture Sud UO Infrastrutture Sud Dott. Ing. Daniele Liberti Ordine degli Ingegneri Prov. di Napoli n. 10276
B	Emissione esecutiva	E. Pasquali S. Babbucci	Ottobre 2020	G. Ficorella	Ottobre 2020	M. D'Avino	Ottobre 2020	

File NN1X.00.D78.RH.GE0600.002.B.docs

n. Elab.: X

INDICE

1	INTRODUZIONE	4
2	NORMATIVA E DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO	5
2.1	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	5
2.2	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	5
2.2.1	<i>Geotecnica</i>	5
2.2.2	<i>Geologia</i>	5
3	LOCALIZZAZIONE DELL’OPERA	6
4	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA GENERALE.....	7
4.1	UNITÀ GEOLOGICHE	7
4.2	UNITÀ GEOTECNICHE.....	12
4.3	SINTESI DEI PARAMETRI GEOTECNICI DI PROGETTO	14
5	FALDA	15
6	GEOMETRIA SEZIONI E STRATIGRAFIA DI DETTAGLIO.....	16
7	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA RILEVATO.....	18
8	ANALISI DI STABILITÀ	19
8.1	PREMESSA	19
8.2	METODOLOGIA DI CALCOLO.....	19
8.3	APPROCCIO NORMATIVO	21
8.3.1	<i>Condizioni Statiche</i>	21
8.3.2	<i>Condizioni Sismiche</i>	21
8.3.3	<i>Parametri Sismici</i>	22
8.4	CARICHI APPLICATI	23
8.4.1	<i>Determinazione del carico ferroviario – Condizioni statiche</i>	23
8.4.2	<i>Determinazione del carico ferroviario – Condizioni sismiche</i>	25
8.4.3	<i>Riepilogo carichi</i>	25
8.5	SEZIONE 24.....	26
8.6	SEZIONE 146.....	28
8.7	SEZIONE 158.....	30
8.8	RIEPILOGO RISULTATI STABILITÀ	32
8.9	RISULTATI STABILITÀ IN CONDIZIONI POST-SISMA	33



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA
LINEA SALERNO – PONTECAGNANO AEROPORTO
COMPLETAMENTO METROPOLITANA DI SALERNO
TRATTA ARECCHI – PONTECAGNANO AEROPORTO

RILEVATI FERROVIARI
RELAZIONE DI STABILITÀ E CALCOLO CEDIMENTI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 78	RH GE0600 002	B	3 di 57

9	ANALISI DEI CEDIMENTI	35
9.1	PREMESSA	35
9.2	APPROCCIO NORMATIVO	36
9.3	FASI COMPUTAZIONALI	37
9.4	CEDIMENTI IN FASE DI COSTRUZIONE	38
9.4.1	Sezione 24	38
9.4.2	Considerazioni	40
9.5	CEDIMENTI IN FASE DI ESERCIZIO	41
9.5.1	Sezione 24	42
9.5.2	Sezione 146	47
9.5.3	Sezione 158	52
10	MONITORAGGIO	57



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA
LINEA SALERNO – PONTECAGNANO AEROPORTO
COMPLETAMENTO METROPOLITANA DI SALERNO
TRATTA ARECCHI – PONTECAGNANO AEROPORTO

RILEVATI FERROVIARI
RELAZIONE DI STABILITÀ E CALCOLO CEDIMENTI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 78	RH GE0600 002	B	4 di 57

1 INTRODUZIONE

Nel presente documento si riportano i dimensionamenti e le verifiche geotecniche relative ai rilevati ferroviari nell'ambito del Progetto Definitivo del Completamento della Metropolitana di Salerno (Tratta Arecchi-Pontecagnano Aeroporto).

Per i rilevati, in corrispondenza delle sezioni di massima altezza, sono state valutate le condizioni di stabilità locale e globale; inoltre, è stata effettuata una stima dei cedimenti indotti sul binario in affiancamento della linea Salerno-Battipaglia.

In generale, per la definizione del modello geotecnico (unità geotecniche e caratteristiche meccaniche) si è fatto riferimento alla Relazione di Caratterizzazione Geotecnica (elaborato NN1X.00.D.78.RH.GE0600.001).

In particolare nella presente relazione sono affrontati i seguenti aspetti:

- Breve richiamo delle condizioni geotecniche;
- Analisi sezioni su cui effettuare le verifiche;
- Verifiche di stabilità delle scarpate dei rilevati;
- Valutazione dei cedimenti dei rilevati e del loro decorso nel tempo.



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA
LINEA SALERNO – PONTECAGNANO AEROPORTO
COMPLETAMENTO METROPOLITANA DI SALERNO
TRATTA ARECCHI – PONTECAGNANO AEROPORTO

RILEVATI FERROVIARI
RELAZIONE DI STABILITÀ E CALCOLO CEDIMENTI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 78	RH GE0600 002	B	5 di 57

2 NORMATIVA E DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

2.1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

L'interpretazione dei risultati e la redazione della presente relazione sono stati effettuati nel rispetto della Normativa in vigore e di alcune Raccomandazioni. I principali riferimenti normativi sono i seguenti:

[N.1]. Norme Tecniche per le Costruzioni - D.M. 17-01-18 (NTC-2018).

[N.2]. Circolare n. 7 del 21 gennaio 2019 - Istruzioni per l'Applicazione dell'aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al Decreto Ministeriale 17 Gennaio 2018.

[N.3]. Regolamento (UE) N.1299/2014 del 18 novembre 2014 della Commissione Europea. Relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema "infrastruttura" del sistema ferroviario dell'Unione Europea.

[N.4]. Eurocodici EN 1991-2: 2003/AC:2010 – Eurocodice 1 – Parte 2.

[N.5]. RFI TCAR ST AR 01 001 D "Standard di qualità geometrica del binario e parametri di dinamica di marcia per linee con velocità fino a 300km/h".

[N.6]. RFI DTC SI MA IFS 001 D Manuale di Progettazione RFI – Dicembre 2019

2.2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

Inoltre si fa riferimento ai seguenti documenti:

2.2.1 Geotecnica

[1] NN1X00D78RHGE0600001 - Relazione Geotecnica Generale

[2] NN1X00D78L6GE0600001-6 - Profilo geotecnico di linea

2.2.2 Geologia

[3] NN1X00D69RGGE0001001 - "Relazione Geologica"

[4] NN1X00D69IGGE0005002 - "Indagini geofisiche"

[5] NN1X00D69SGGE0005001 / NN1X00D69SGGE0005002 – "Indagini geognostiche"

3 LOCALIZZAZIONE DELL'OPERA

La tratta oggetto del presente studio attraversa i comuni di Salerno e Pontecagnano (SA), in una zona prevalentemente pianeggiante. Il tracciato in progetto si sviluppa in direzione NW-SE per una lunghezza di circa 8,8 km nel settore centro settentrionale della Piana del Sele ed affianca la linea ferroviaria esistente Salerno - Battipaglia. Il progetto ha inizio dall'attuale stazione Arechi e si protrae fino in prossimità dell'aeroporto (Figura 1).



Figura 1 - Immagine aerea dell'area di Salerno e Pontecagnano. In rosso sono evidenziate le tratte oggetto di studio. (Google Earth).



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA
LINEA SALERNO – PONTECAGNANO AEROPORTO
COMPLETAMENTO METROPOLITANA DI SALERNO
TRATTA ARECCHI – PONTECAGNANO AEROPORTO

RILEVATI FERROVIARI
RELAZIONE DI STABILITÀ E CALCOLO CEDIMENTI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 78	RH GE0600 002	B	7 di 57

4 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA GENERALE

La successione stratigrafica è stata desunta sulla base delle indagini eseguite e dai rilievi e studi geologico-geomorfologici.

Nel seguito vengono definite le unità geologiche e geotecniche intercettate, individuabili graficamente nei rispettivi profili longitudinali a cui si rimanda.

4.1 UNITÀ GEOLOGICHE

Il territorio oggetto degli interventi in progetto si sviluppa lungo la Piana del Sele, nel settore centro settentrionale della pianura, per una lunghezza di 8,8 km circa ed affiancherà la linea ferroviaria Salerno – Battipaglia nei pressi del comune di Pontecagnano. Per quanto concerne la cartografia geologica di riferimento, la cartografia CARG in scala 1: 50.000 copre l'intero territorio oggetto del presente studio. Lo stralcio delle Carta Geologica, Foglio 467 "Salerno", scala 1: 50.000, ISPRA, in Figura 2, è localizzato lungo il tratto campano del margine tirrenico dell'Appennino meridionale. Questo settore si presenta alquanto articolato per la presenza dei golfi di Napoli e Salerno, individuati da NW a SE dal settore vulcanico Flegreo, dalla Penisola di Sorrento e dal promontorio del Cilento. La penisola Sorrentina insieme all'isola di Capri, sua naturale estensione nel Tirreno, si protende per oltre 30 km in direzione NE-SW e, a differenza del Promontorio Flegreo legato al vulcanismo omonimo di età quaternaria e del Promontorio del Cilento, costituito da successioni bacinali e silicoclastiche di età giurassico-miocenica, è formata da successioni di piattaforma e di rampa carbonatica di età mesozoica. La Piana del Sele e l'antistante Golfo di Salerno costituiscono rispettivamente la porzione emersa e la porzione sottomarina di una importante depressione morfostrutturale (depressione del Sele) evidenziata da una forte anomalia gravimetrica negativa che si allunga in direzione WSW-ENE lungo il lato meridionale della penisola di Sorrento (Marani et alii, 2004). Tale depressione è riempita da alcune migliaia di metri di depositi quaternari, in larga parte di natura epiclastica (es. supersintema Eboli), derivanti dalla rapida erosione dei rilievi carbonatici durante fasi di sollevamento iniziate a partire dal Pleistocene inferiore (Brancaccio et alii, 1991), di fatto contemporaneamente all'inizio della subsidenza nella depressione del Sele. Nel Quaternario assieme alla depressione della Piana del Sele-Golfo di Salerno si delineano anche le depressioni del Golfo di Napoli e, più a nordovest, della piana del Volturno (Milia & Torrente, 2000). Queste depressioni costiere riflettono una forte tettonica estensionale quaternaria a cui si è accompagnata l'attività vulcanica dei Campi Flegrei e del complesso Somma-Vesuvio, responsabile della spessa coltre di vulcanoclastiti che ricoprono quasi ubiquitariamente i rilievi del territorio campano.

La Piana del Sele, come detto, è una pianura alluvionale che occupa la parte emersa del graben peritirrenico del Golfo di Salerno. La parte più interna di questo graben a partire dal Pliocene fu riempita da un'enorme quantità di sedimenti (dello spessore di 2000 m), associata ad una lenta e progressiva subsidenza Quaternario. All'interno della piana la distribuzione spaziale ed altimetrica di questi depositi è molto caratteristica ed appare strettamente influenzata dall'evoluzione tettonica dell'area: i terreni più recenti sono incastrati in quelli più antichi procedendo dalla periferia verso il centro della depressione (Brancaccio et al., 1995). Il basamento della piana (del Miocene superiore) è formato da argille marnose con frequenti intercalazioni arenacee, alla cui sommità sono presenti calcari evaporitici e sedimenti derivati dall'accumulo dei frustoli di diatomee (Ortolani et al., 1979). La parte più interna di tale depressione è occupata da successioni conglomeratiche che si estendono da Salerno ad Eboli, frutto dell'erosione che ha interessato i Monti Picentini in seguito alle condizioni climatiche fredde e ai movimenti tettonici del Pleistocene inferiore (Sintema di Eboli) (Pappone et al., 2009). Questi depositi alluvionali, in massima parte in facies di media e bassa conoide, testimoniano, come accennato in precedenza, le fasi di più forte e rapido sollevamento dei massicci carbonatici bordieri (Monti Picentini) e la contemporanea subsidenza anche sul settore orientale del graben (Brancaccio et al., 1987).

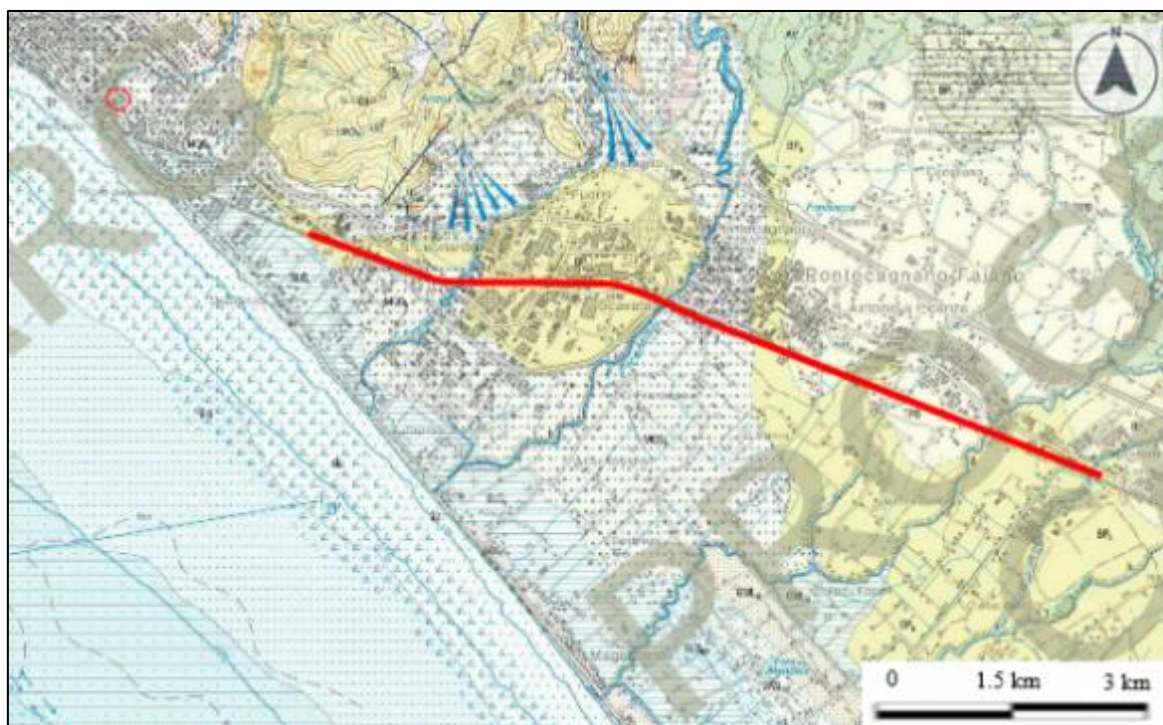


Figura 2 – Stralcio, non in scala, delle Carta Geologica, Foglio 467 “Salerno”, scala 1: 50.000, ISPRA.
 Il tracciato oggetto di intervento è stato evidenziato in rosso.



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA
LINEA SALERNO – PONTECAGNANO AEROPORTO
COMPLETAMENTO METROPOLITANA DI SALERNO
TRATTA ARECCHI – PONTECAGNANO AEROPORTO

RILEVATI FERROVIARI
RELAZIONE DI STABILITÀ E CALCOLO CEDIMENTI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 78	RH GE0600 002	B	9 di 57

Di seguito si descrivono le formazioni affioranti presso l'area di progetto, le quali si succedono dal basso verso l'alto secondo il seguente ordine stratigrafico:

- **Subunità della Piana del Sele (Settore Salerno – Pontecagnano – Battipaglia):** depositi di questa Subunità rappresentano tutto il Pleistocene e l'Olocene e costituiscono le principali unità di paesaggio della Piana alluvionale e costiera del Sele. Questa subunità è costituita da due importanti supersintemi (supersintema Battipaglia-Persano; supersintema Eboli), da due unità sintemiche (sintema Campolungo; sintema Gromola) e da due unità litostratigrafiche (Travertini di Pontecagnano; unità di Ariano-Torrente Cornea), di cui seguono le descrizioni delle unità riscontrate nell'area di studio:

- **Supersintema Battipaglia – Persano (BP):** I sedimenti del supersintema occupano una posizione morfo-crono-stratigrafica compresa tra i conglomerati del supersintema Eboli (CE), a monte, ed i primi depositi tirreniani del sintema Gromola (GML), a valle. In relazione agli ambienti di sedimentazione la porzione più recente, di questo supersintema viene distinta nelle seguenti associazioni di litofacies, probabilmente fra loro eteropiche: **BP_a**) Porzione deposta in ambiente di conoide alluvionale - Alternanze latero verticali di ghiaie sabbiose, sabbie e, subordinatamente, peliti sabbiose con frazione grossolana poligenica ed eterometrica proveniente dalle locali serie mesozoiche. Verso l'alto passano a sedimenti alluvionali sabbioso-limoso-argillosi con componente piroclastica e con frequenti episodi pedogenici intercalati. In sommità è spesso conservato un paleosuolo bruno scuro, ben strutturato, molto decalcificato ed argillificato. Spessore non inferiore a 30 m. (Tardo Pleistocene Medio-Pleistocene Superiore basale?); **BP_b**) Porzione deposta in ambiente di piana costiera - Sedimenti sabbiosi e pelitici, eteropici di quelli della porzione precedente. Si tratta di complessi sabbioso ghiaiosi e sabbiosi di spiaggia e dune litorali (evidenti sono le tracce morfologiche di antichi cordoni litoranei disposte a quote intorno ai 25 m) alternati a complessi pelitici e pelitico-sabbiosi di laguna e/o stagno costiero con associati sedimenti sabbioso-pelitici di ambienti fluvio-palustri. Localmente sono intercalate lenti ghiaiose e sabbioso-ghiaiose di ambiente alluvionale. Spessore non inferiore a 30 m. (Tardo Pleistocene Medio-Pleistocene Superiore basale?); **BP_c**) Depositi travertinosi (travertino di Faiano). Questi depositi, affioranti nell'area di Pontecagnano-Faiano, sono costituiti in gran parte da incrostazioni carbonatiche su supporti vegetali di varia natura (piante superiori, muschi, alghe e cianobatteri) e subordinatamente da sabbie calcaree. Tali depositi formano corpi sedimentari terrazzati, la cui origine è da ricondursi ad acque scorrenti sovrassature in carbonato di calcio. Al Supersintema Battipaglia-Persano è ascritta la seguente unità litostratigrafica:
- **Travertini di Pontecagnano (TPO):** Costituisce un'unità di tipo litostratigrafico rappresentata da un'associazione di litofacies travertinose formatesi in ambiente di piana fluvio-lacustre ed alluvionale s.l. Essa si colloca dal punto di vista crono-stratigrafico tra il sintema Gromola e il sintema Campolungo; gli affioramenti sono rari e non sono esclusi possibili passaggi eteropici con i sedimenti ghiaioso-sabbiosi del sintema Masseria Acqua Santa. Questa unità si sviluppa esclusivamente in pianura (Pontecagnano) ed a tetto del Tufo Grigio Campano (TGC). La potenza, stimata per mezzo di alcuni sondaggi, non supera la ventina di metri. Tardo Pleistocene superiore-Olocene *p.p.*)
- **Sintema Campolungo (SLG):** I depositi di questo sintema costituiscono un prisma di sedimenti trasgressivi e progradazionali accreionato sul fronte della Piana nel corso dell'Olocene, con spessore crescente da terra, dove sono ubicati i depositi più antichi, verso mare. Tale spessore è stimabile in circa 20 m all'altezza della costa attuale. Si tratta di una successione sedimentaria di depositi eolici, marino costieri, lagunari e palustri di età olocenica s.l., organizzati in più cicli sedimentari separati da discordanze di natura erosionale rappresentate da superfici di discontinuità connesse alle fasi trasgressivo-regressive responsabili della loro genesi. Il sintema è limitato a tetto dalla superficie topografica, con morfologie dunari ben conservate ed estese su tutta la piana costiera del Sele, da

Paestum a Salerno. La base è rappresentata, nel sottosuolo, dalla superficie erosionale determinata dalla regressione tardo-wurmiana. In definitiva, le associazioni di litofacies presenti nel sintema Campolongo possono essere così di seguito sintetizzate. **SLGd)** Sabbie eoliche medie e fini a luoghi rubefatte formanti un cordone dunare costiero potente pochi metri; verso il basso passano a sabbie fossilifere, a luoghi debolmente ghiaiose, di spiaggia s.l. e di spiaggia sommersa. Verso terra sono eteropiche di “e”. Età compresa tra 2,5 ka ed il XX secolo. **SLGe)** Depositi pelitici caratterizzanti il riempimento di depressioni retrodunari: argille, argille-siltose, limi e sabbie fossilifere di ambiente lagunare con *Cardium spp.*, evolventi verso l’alto ad argille, limi e limi torbosi limno-palustri con rare e sottili intercalazioni di livelli sabbiosi (tempestiti?). Lo spessore complessivo non supera i 10 m. Sono particolarmente evidenti i rapporti di eteropia con gli altri sedimenti del sintema. Età compresa tra circa 9 ka e l’epoca moderna. **SLGb2)** Depositi colluviali sabbioso-limosi ricchi di sedimenti di suolo e di frazione organica; disposti lungo il margine interno della depressione retrodunare, mantellano i fianchi di deboli pendii o rivestono il fondo di vallecicole, dove comprendono rari e modesti episodi alluvionali debolmente ghiaiosi. Nel complesso sono eteropici dei sedimenti in facies lagunare e limno-palustre del sintema e presentano uno spessore massimo di alcuni metri. (Olocene).

- **Subunità delle Valli fluviali in destra del Sele (Fiumi Irno, picentino e Tusciano):** I depositi di questa subunità sono riferibili a tutto il Pleistocene e sono pertinenti le principali unità di paesaggio fluviali che caratterizzano indistintamente tanto la Piana del Sele che i settori vallivi solcanti il rilievo dei Monti Picentini. In particolare, nell’area di Piana dominano le più recenti facies fini alluvionali e marino-transizionali spesso eteropiche di facies esclusivamente di ambiente di piana costiera. Segue la descrizione dell’unità riscontrata nell’area di studio:

- **Sintema Masseria Acqua Santa (MQS):** Questo sintema caratterizza la complessa sedimentazione delle basse valli dei fiumi Irno, Picentino e Tusciano con passaggi eteropici a sedimenti detritico-alluvionali disposti al piede dei rilievi. Cronostratigraficamente i sedimenti si collocano a tetto del Tufo Grigio Campano (TGC), nel tardo Pleistocene sup.-Olocene inf. A valle la superficie-limite superiore di origine deposizionale scompare sotto i sedimenti del sintema Campolongo (SLG); nella zona del Tusciano, morfologicamente, essa dà luogo ad un corpo alluvionale che si incastra nel sintema Fasanara (NSR) e la cui base scende al di sotto del livello del mare attuale. Nelle valli del Picentino e dell’Irno, la superficie-limite superiore coincide o con la superficie dei coni detritico-alluvionali laterali o con le spianate dei terrazzi fluviali (almeno due ordini di cui uno ben evidente). La superficie limite-inferiore è una superficie erosiva impostata tanto sui depositi del substrato calcareo mesozoico locale e tanto sui depositi conglomeratici e travertinosi più antichi (BP, CE, GML e NSR) sospesi sul fondovalle. Nel complesso il sintema è composto da ghiaie e sabbie poligeniche fluviali s.l., con subordinati episodi pelitici. I conoidi alluvionali sono costituiti prevalentemente da ghiaie calcaree poligeniche fini supportate da matrice piroclastica, alternate a colluvioni vulcanoclastiche e sedimenti di suolo. Le falde detritiche sono composte prevalentemente da breccie stratoidi incoerenti a matrice piroclastica e con clasti calcarei centimetrici spigolosi. A luoghi nella successione si riscontrano livelli di corpi di frana s.l. del tipo *debris-mud-earth flows*. Sono eteropici di conglomerati e sabbie fluviali, colluvioni vulcanoclastiche, livelli limno-palustri, vulcanitici e di travertino nel sottosuolo. Nel complesso la potenza dei depositi di questo sintema, estrapolata mediante stratigrafie di sondaggi geognostici, si aggira mediamente intorno ai 20 m. (Tardo Pleistocene sup.-Olocene).

- **Unità ubiquitarie non completamente formate dell’area continentale:**

- **Depositi alluvionali (b):** Sedimenti fluviali e alluvioni ghiaiose; sabbie, sabbie ghiaiose e/o limose e limi di fondovalle fluviale caratterizzanti le aree golenali dei principali corsi d’acqua (F. Irno, F. Picentino, F. Tusciano,



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA
LINEA SALERNO – PONTECAGNANO AEROPORTO
COMPLETAMENTO METROPOLITANA DI SALERNO
TRATTA ARECCHI – PONTECAGNANO AEROPORTO

RILEVATI FERROVIARI
RELAZIONE DI STABILITÀ E CALCOLO CEDIMENTI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 78	RH GE0600 002	B	11 di 57

T. Asa, T. Cornea, ecc.); a luoghi appaiono disposti in modesti, limitati e discontinui terrazzamenti in alveo o chiaramente reincise. (Olocene).

Riassumendo, la tratta in esame, che si sviluppa lungo il tracciato evidenziato in rosso in Figura 2, interseca i depositi alluvionali caratterizzati da ghiaie, sabbie, sabbie ghiaiose e/o limose e limi alluvionali di fondovalle fluviale caratterizzanti le aree golenali (**b**); depositi pelitici caratterizzanti il riempimento di depressioni retrodunari: argille, argille limose, limi e sabbie fossilifere di ambiente lagunare con spessori inferiori a 10 m (**SLGe**); depositi fluvio-lacustri e travertini rappresentati da livelli fitoclastici, fitotermali e sabbiosi, stratoidi da medi a sottili e talvolta separati da orizzonti pedogenici o da depositi colluviali o piroclastici, lo spessore complessivo è di circa 20 m (**TPO**); due litofacies del supersintema Battipaglia – Persano: alternanze latero-verticali di ghiaie sabbiose, sabbie e peliti sabbiose con frazione grossolana poligenica ed eterometrica con spessore non inferiore a 30 m (**BPa**) e sedimenti prevalentemente fini di ambiente di piana costiera, si tratta di complessi sabbioso ghiaiosi e sabbiosi di spiaggia e dune litorali con spessori non inferiori a 30 m (**BPb**); ghiaie calcaree fini con matrice piroclastica e sedimenti di suolo deposti in contesti di conoide alluvionale, lo spessore è di circa 20 m (**MQSb**).

4.2 UNITÀ GEOTECNICHE

Lungo il tracciato dalle indagini eseguite sono state intercettate le seguenti unità geologiche, definite in precedenza e qui di seguito elencate.

Unità geologica	Descrizione	Unità geotecnica di riferimento
-	Coltre vegetale e materiale antropico	Riporto, R
MQS: Sintema Masseria Acqua Santa	Ghiaie e sabbie fluviali. Ghiaie calcaree poligeniche fini con matrice piroclastica alternate a colluvioni vulcanoclastiche. Spessore medio 20 m.	Sabbia, S
		Ghiaia, G
TPO: Travertini di Pontecagnano	Depositi fluvio-lacustri e travertini stratoidi da medi a fini. Non si escludono possibili passaggi eteropici con MQS, spessore medio 20 m.	Argilla, A
		Limo, L
		Sabbia, S
		Ghiaia/ciottoli/travertini, G
BPa: Supersintema Battipaglia – Persano	Alternanze di ghiaie sabbiose, sabbie e peliti sabbiose. Spessore non inferiore a 30 m.	Limo, L
		Argilla, A
		Sabbia, S
BPb: Supersintema Battipaglia – Persano	Complessi sabbioso-ghiaiosi e sabbia di spiaggia e dune litorali alternati a complessi pelitici e pelitici sabbiosi di laguna. Spessore non inferiore a 30 m.	Sabbia, S
		Ghiaia, G

Per quanto riguarda le unità geotecniche, data la ricorrenza della medesima tipologia di materiale all'interno delle diverse unità geologiche, si è deciso di procedere ad una classificazione sulla base della granulometria e dei risultati delle prove penetrometriche (SPT); sulla base dei nuovi dati raccolti si mantiene la classificazione geotecnica indicata nel Progetto di Fattibilità Tecnico Economica, in cui si distinguevano le seguenti sub-unità geotecniche:

- **Argilla (A)**
 - Di scarsa consistenza (A1)
 - Di media consistenza (A2)
- **Limo (L)**
 - Di scarsa consistenza (L1)
 - Di media consistenza (L2)
 - Di alta consistenza (L3)



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA
LINEA SALERNO – PONTECAGNANO AEROPORTO
COMPLETAMENTO METROPOLITANA DI SALERNO
TRATTA ARECCHI – PONTECAGNANO AEROPORTO

RILEVATI FERROVIARI
RELAZIONE DI STABILITÀ E CALCOLO CEDIMENTI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 78	RH GE0600 002	B	13 di 57

- **Sabbia (S)**
 - Sabbia media (S)
 - Sabbia limosa (SL)
- **Ghiaia (G)**
 - Ghiaia e sabbia (G/S)

Le principali caratteristiche delle unità geotecniche intercettate, si presentano praticamente omogenee (nell'ambito della normale variabilità geotecnica) lungo tutto lo sviluppo del tracciato.

4.3 SINTESI DEI PARAMETRI GEOTECNICI DI PROGETTO

Nella seguente tabella si sintetizzano i valori dei parametri geotecnici di progetto per le unità geotecniche intercettate.

	Peso di volume naturale	Angolo di resistenza al taglio	Coesione drenata	Coesione non drenata	Modulo di deformazione elastico a piccole deformazioni	Nspt caratteristico	Permeabilità
	γ [kN/m ³]	ϕ' [°]	c' [kPa]	C_u [kPa]	$E_0^{(1)}$ [MPa]	[colpi/30 cm]	k [m/s]
Riporto R	18-20	31-33	-	-	100-150	5-25	$\sim 1.0 E^{-05}$
Argilla scarsa consistenza A1	16-18	19-21	5-10	20-40	100-300 z<30 m	<5	$5.6 E^{-08}$
Argilla media consistenza A2	18-20	19-23	10-20	70-120	300-400 z<30 m	5-40	$5.6 E^{-08}$
Limo scarsa consistenza L1	17-19	22-25	2-5	20-50	85-200 z<30 m 200 – 600 30<z<50 m	<10	$3.5 E^{-06}$
Limo media consistenza L2	17-19	22-25	10-15	45-90	200-350 z<30 m 350-850 30<z<50 m	10-20	$3.5 E^{-06}$
Limo alta consistenza, L3	17-19	22-25	15-30	90-180	400-470 z<30 m 470-1000 30<z<50m	20-40	$3.5 E^{-06}$
Sabbia Limosa SL	18-20	26-30	0-5	-	200-400 z<36 m	15-30	$1.2 E^{-07} - 3.6 E^{-06}$
Sabbia media S	18-20	29-33	-	-	400-800 z<36 m	30-50	$3.6 E^{-06} - 1.4 E^{-05}$
Ghiaia/sabbia G/S	18-19	33-37	-	-	300-800 z<30 m 800-1500 30<z<50 m	30-50	$7.8 E^{-05} - 1.5 E^{-04}$

(1)I moduli di deformabilità “operativi” (E’) da adottare nel caso di valutazione di cedimenti di rilevati saranno assunti pari a 1/10 di quello iniziale E_0 .

5 FALDA

Nel profilo stratigrafico longitudinale è rappresentato graficamente l'andamento del livello di falda lungo il tracciato da considerare per il dimensionamento delle opere definitive a lungo termine.

In generale il livello massimo della falda è variabile lungo il tracciato con andamento oscillante tra 5 m e 8 m di profondità da p.c.

Per il dimensionamento delle opere si farà riferimento al valore di falda delle indagini più vicine, in accordo a quanto riportato nel profilo geotecnico.

I valori di soggiacenza della falda si mantengono praticamente costanti con una variazione compresa in generale tra 0.05-0.5 m, presentando un abbassamento nelle ultime misure, legata probabilmente al periodo estivo. Le letture sono graficate nella figura seguente.

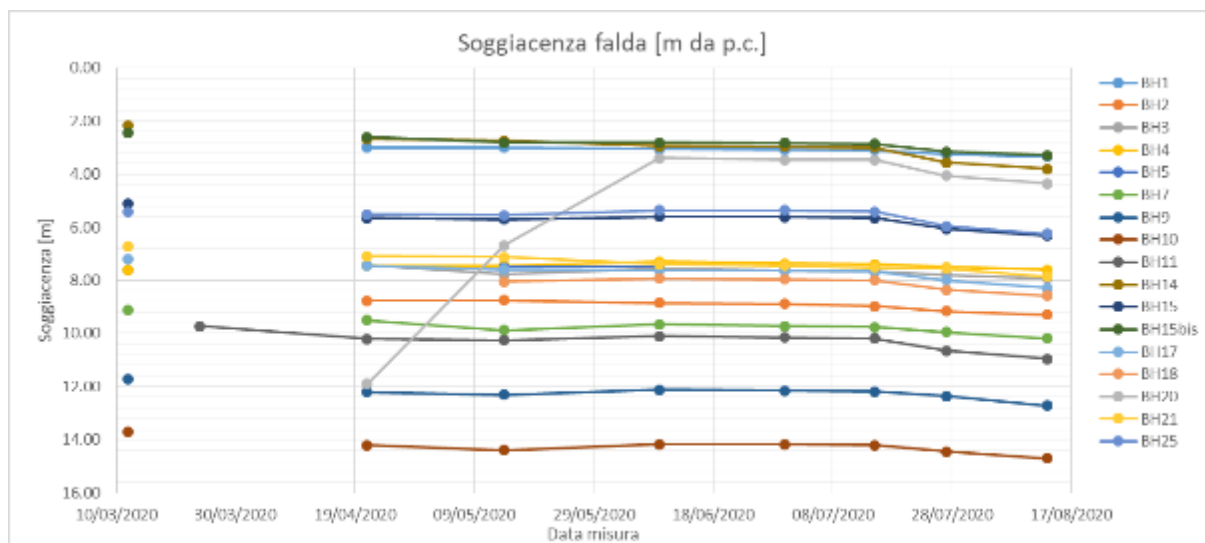


Figura 3 – Andamento del livello piezometrico

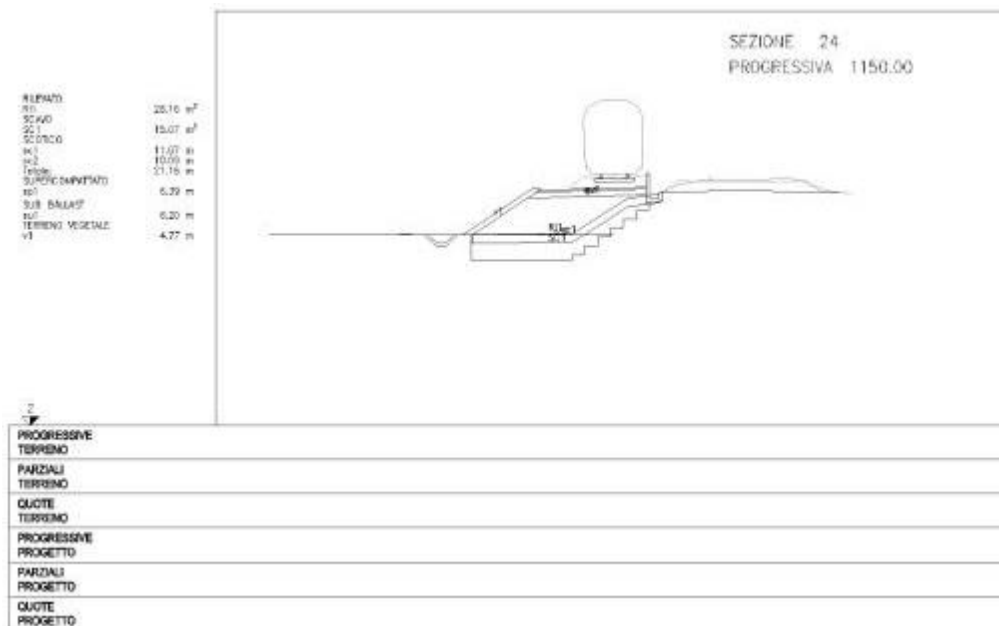
6 GEOMETRIA SEZIONI E STRATIGRAFIA DI DETTAGLIO

L'analisi di stabilità e dei cedimenti per i rilevati ferroviari è stata condotta cautelativamente per tre sezioni tipiche. Queste sezioni sono state scelte ricercando la condizione di massima altezza all'interno delle tratte sismiche individuate. Per la prima tratta sismica (pk 0+000 a pk 0+822) non è stata individuata nessuna sezione in quanto la linea si sviluppa a piano campagna e non sono presenti rilevati ferroviari.

Le sezioni che verranno analizzate sono quindi le seguenti:

- Tratta 2: Sezione 24 pk 1 + 150 H = 2.65 m
- Tratta 3: Sezione 146 pk 7 + 100 H = 1.40 m
- Trincea: Sezione 158 pk 7 + 700 H = -1.30 m

• Tratta 2: Sezione 24 – pk 1 + 150



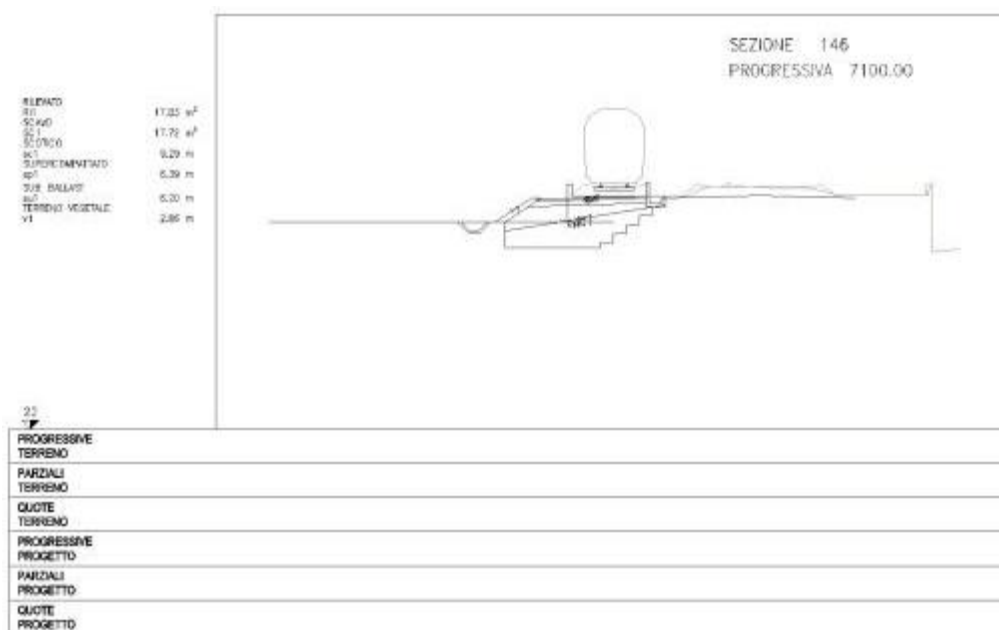
Unità	da	a	γ	ϕ'	c'	C_u	$E_0^{(1)}$
[-]	[m]	[m]	[kN/m ³]	[°]	[kPa]	[kPa]	MPa
R	0.0	1.50 ⁽²⁾	19	32	-	-	125
L1	2.20	9.30	18	23	3	35	142
L2	9.30	14.00	18	23	12	67	275

⁽¹⁾I moduli di deformabilità “operativi” (E') da adottare nel caso di valutazione di cedimenti di rilevati saranno assunti pari a 1/10 di quello iniziale E_0 .

⁽²⁾Lo spessore del riporto considerato nelle analisi è fissato in 1,5 m in base a quanto indicato nel Capitolo 13 della Relazione Geotecnica.

La falda si ubica ad una profondità di 8.0 m dal p.c.

• **Tratta 3: Sezione 146 – pk 7 + 100**



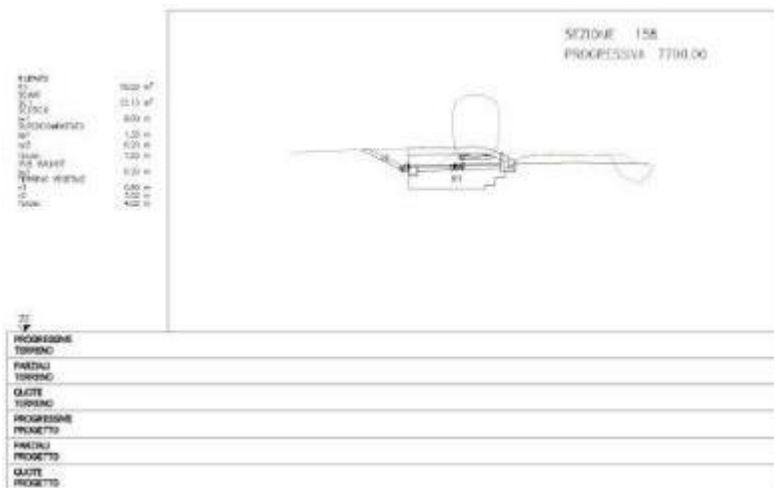
Unità [-]	da [m]	a [m]	γ [kN/m ³]	ϕ' [°]	c' [kPa]	C_u [kPa]	$E_0^{(1)}$ MPa
R	0.0	1.50 ⁽²⁾	19	32	-	-	125
L1	1.50	5.00	18	23	3	35	142
L3	5.00	6.50	18	23	17	135	435
S	6.50	8.30	19	31	-	-	600
L3	8.30	14.00	18	23	17	135	435

⁽¹⁾I moduli di deformabilità “operativi” (E') da adottare nel caso di valutazione di cedimenti di rilevati saranno assunti pari a 1/10 di quello iniziale E_0 .

⁽²⁾Lo spessore del riporto considerato nelle analisi è fissato in 1,5 m in base a quanto indicato nel Capitolo 13 della Relazione Geotecnica.

La falda si ubica ad una profondità di 8.0 m dal p.c.

• Sezione 158 pk 7 + 700 sezione in trincea



Unità	da	a	γ	ϕ'	c'	Cu	E0 ⁽¹⁾
[-]	[m]	[m]	[kN/m ³]	[°]	[kPa]	[kPa]	MPa
R	0.0	1.50 ⁽²⁾	19	32	-	-	125
L2	1.50	11.00	18	23	12	67	275

⁽¹⁾I moduli di deformabilità “operativi” (E’) da adottare nel caso di valutazione di cedimenti di rilevati saranno assunti pari a 1/10 di quello iniziale E₀.

⁽²⁾Lo spessore del riporto considerato nelle analisi è fissato in 1,5m in base a quanto indicato nel Capitolo 13 della Relazione Geotecnica.

La falda si ubica ad una profondità di 8.0 m dal p.c.

7 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA RILEVATO

Per il corpo del rilevato sono stati utilizzati i seguenti parametri caratteristici:

- $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$ peso di volume naturale
- $\phi' = 38^\circ$ angolo di resistenza al taglio
- $c' = 0 \text{ kPa}$ coesione drenata
- $E_0 = 300 - 400 \text{ MPa}$ modulo di deformazione elastico a piccole deformazioni



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA
LINEA SALERNO – PONTECAGNANO AEROPORTO
COMPLETAMENTO METROPOLITANA DI SALERNO
TRATTA ARECCHI – PONTECAGNANO AEROPORTO

RILEVATI FERROVIARI
RELAZIONE DI STABILITÀ E CALCOLO CEDIMENTI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 78	RH GE0600 002	B	19 di 57

8 ANALISI DI STABILITÀ

8.1 PREMESSA

Nel presente capitolo si riportano le verifiche di stabilità globali dei rilevati della linea in progetto. I rilevati sono previsti con pendenza delle scarpate 2 (verticale) / 3 (orizzontale).

8.2 METODOLOGIA DI CALCOLO

Le verifiche di stabilità per le scarpate definitive dei rilevati sono state svolte sia in condizioni statiche che sismiche in accordo a quanto previsto da normativa vigente.

L'esame delle condizioni di stabilità è stato condotto utilizzando gli usuali metodi dell'equilibrio limite. Per la valutazione dei fattori di sicurezza alla stabilità globale si è impiegato il codice di calcolo denominato Slide 6.0, in cui la ricerca delle superfici critiche viene svolta attraverso la generazione automatica di un elevato numero di superfici di potenziale scivolamento. Sono state cautelativamente considerate ipotesi di deformazione piana. In particolare, in questa sede si fa riferimento al metodo di Bishop che prevede superfici di scorrimento circolari nei terreni. Nelle analisi sono state ovviamente tralasciate le superfici più corticali in quanto poco significative e per le quali non risulta idonea un'analisi convenzionale all'equilibrio limite.

Il coefficiente di sicurezza FS a rottura lungo la superficie di scorrimento viene definito come rapporto tra la resistenza al taglio disponibile lungo la superficie S e quella effettivamente mobilitata lungo la stessa superficie:

$$FS = \frac{\int_S \tau_{\text{disp}}}{\int_S \tau_{\text{mob}}}$$

In accordo alla normativa vigente per rilevati in materiali sciolti e fronti di scavo, le analisi di stabilità vengono condotte secondo la combinazione (A2+M2+R2).

Secondo quanto previsto da normativa, per le analisi di stabilità in condizioni statiche SLU, i parametri di resistenza del terreno devono essere abbattuti a mezzo dei coefficienti parziali di seguito riportati.

$\gamma_{\varphi} = 1.25$ coefficiente parziale per l'angolo di resistenza al taglio

$\gamma_c = 1.25$ coefficiente parziale per la coesione drenata

L'analisi viene quindi condotta con i seguenti parametri geotecnici di calcolo:

$\tan(\varphi'_k) = \tan(\varphi'_k) / \gamma_{\varphi}$ angolo di resistenza al taglio

$c'_k = c'_k / \gamma_c$ coesione drenata

Unità [-]	Parametri di progetto		Parametri minorati in condizioni statiche SLU	
	ϕ' [°]	c' [kPa]	ϕ' [°]	c' [kPa]
R	32	-	26.56	-
L1	23	3	18.75	2.4
L2	23	12	18.75	9.6
L3	23	17	18.75	13.6
S	31	-	25.67	-
r	38	-	32	-

Il coefficiente di sicurezza minimo per le verifiche di sicurezza di opere di materiali sciolti e fronti di scavo è pari ad 1.1 (γ_R) in condizioni SLU statiche, quindi il fattore di sicurezza alla stabilità da verificare è $FS \geq 1.1$. (§ 6.8.2 delle NTC 2018).

In condizioni sismiche le verifiche di sicurezza sono mirate a controllare che la resistenza del sistema sia maggiore delle azioni (condizione $Ed < Rd$ [6.2.1] delle NTC 2018) impiegando lo stesso approccio delle condizioni statiche SLU (§ 6.8.2 delle NTC 2018) Combinazione (A2+M2+R2), ponendo pari all'unità i coefficienti parziali sulle azioni e sui parametri geotecnici (§ 7.11.1 delle NTC 2018) e impiegando le resistenze di progetto calcolate con un coefficiente parziale pari a $\gamma_R = 1.2$.

La stratigrafia, la quota di falda e i parametri geotecnici caratteristici sono desunti dalla caratterizzazione geotecnica definita nella Relazione di Geotecnica Generale.

Per quanto concerne le sezioni in rilevato, i risultati sono riportati da Figura 4 a Figura 9.

Per quanto concerne le sezioni in trincea i risultati sono riportati da Figura 10 a Figura 12.

Nelle figure illustrate nei paragrafi 8.5 - 8.7 viene riportato la superficie di scorrimento avente fattore di sicurezza più basso fra tutte le superfici che coinvolgono un volume di terreno rilevante e che dalla piattaforma ferroviaria arrivano al piano campagna.

Infatti, i risultati escludono le superfici corticali, ovvero quelle interessate da meccanismi di rottura "superficiali", potenzialmente escluse dalla presenza di vegetazione sulla scarpata del rilevato.



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA
LINEA SALERNO – PONTECAGNANO AEROPORTO
COMPLETAMENTO METROPOLITANA DI SALERNO
TRATTA ARECCHI – PONTECAGNANO AEROPORTO

RILEVATI FERROVIARI
RELAZIONE DI STABILITÀ E CALCOLO CEDIMENTI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 78	RH GE0600 002	B	21 di 57

8.3 APPROCCIO NORMATIVO

Le valutazioni sulla stabilità delle scarpate sono state fatte sulla base delle prescrizioni della normativa di riferimento (NTC 2018) [N1], utilizzando quindi la Combinazione 2 dell'Approccio 1: A2+M2+R2.

8.3.1 Condizioni Statiche

I fattori parziali applicati al calcolo sono assunti pari:

- Sovrastruttura ferroviaria: amplificato moltiplicando per 1.3 il valore caratteristico;
- Carico treno: amplificato moltiplicando per 1.3 il valore caratteristico;
- Tangente dell'angolo di attrito di calcolo: ridotta dividendo per 1.25 il valore caratteristico;
- Coesione efficace di calcolo: ridotta dividendo per 1.25 il valore caratteristico;
- Coesione non drenata di calcolo: ridotta dividendo per 1.4 il valore caratteristico;
- Coefficiente sulle resistenze pari a 1.1.

Il coefficiente di sicurezza minimo per le verifiche di sicurezza di opere di materiali sciolti e fronti di scavo è pari ad 1.1 (γ_R) in condizioni SLU statiche, quindi il fattore di sicurezza alla stabilità da verificare è $FS \geq 1.1$.

8.3.2 Condizioni Sismiche

In condizioni sismiche le verifiche di sicurezza sono mirate a controllare che la resistenza del sistema sia maggiore delle azioni (condizione $E_d < R_d$ [6.2.1] delle NTC 2018) impiegando lo stesso approccio delle condizioni statiche SLU (§ 6.8.2 delle NTC 2018) Combinazione (A2+M2+R2), ponendo pari all'unità i coefficienti parziali sulle azioni e sui parametri geotecnici (§ 7.11.1 delle NTC 2018) e impiegando le resistenze di progetto calcolate con un coefficiente parziale pari $\alpha \gamma_R = 1.2$.

In generale, il metodo pseudo-statico modella l'azione sismica considerando in luogo delle azioni dinamiche azioni statiche equivalenti ovvero forze statiche orizzontali f_h e verticali f_v per unità di volume, d'intensità pari al prodotto fra il peso specifico del corpo γ sottoposto all'azione dinamica ed un coefficiente sismico:

$$f_h = \gamma \cdot k_h \quad \text{forza orizzontale per unità di volume}$$

$$f_v = \gamma \cdot k_v \quad \text{forza verticale per unità di volume}$$

dove:

$$\gamma = \text{peso specifico del volume considerato.}$$

In accordo alla normativa vigente per le analisi in esame, la componente orizzontale (a_h) dell'accelerazione può essere legata all'accelerazione massima attraverso la seguente relazione:



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA
 LINEA SALERNO – PONTECAGNANO AEROPORTO
 COMPLETAMENTO METROPOLITANA DI SALERNO
 TRATTA ARECCHI – PONTECAGNANO AEROPORTO

RILEVATI FERROVIARI
 RELAZIONE DI STABILITÀ E CALCOLO CEDIMENTI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 78	RH GE0600 002	B	22 di 57

$$kh = \beta_s \cdot a_{\max} / g$$

$$kv = \pm 0.5 \cdot kh$$

dove:

kh = coefficiente sismico in direzione orizzontale;

kv = coefficiente sismico in direzione verticale;

a_{max} = accelerazione massima attesa al sito; g = accelerazione di gravità;

β_s = coefficiente di riduzione dall'accelerazione massima attesa al sito.

Per le analisi di stabilità sismiche SLV di fronti di scavo e rilevati si sono quindi utilizzati i seguenti parametri.

- Sovrastruttura ferroviaria: non amplificato;
- Carico treno: coefficiente di combinazione pari a 0.2;
- Tangente dell'angolo di attrito di calcolo: pari al valore caratteristico;
- Coesione efficace di calcolo: pari al valore caratteristico;
- Coesione non drenata di calcolo: pari al valore caratteristico;
- Coefficiente sulle resistenze pari a 1.2.
- β_s = 0.38;

Il coefficiente di sicurezza minimo per le verifiche di sicurezza di opere di materiali sciolti e fronti di scavo è pari ad 1.2 (γ_R) in condizioni SLV sismiche, quindi il fattore di sicurezza alla stabilità da verificare è FS ≥ 1.2.

8.3.3 Parametri Sismici

I parametri sismici, in questo caso l'accelerazione massima di picco (comprensiva quindi di amplificazione topografica e stratigrafica), sono desunti dalla Relazione Geologica [4].

In particolare, per verifiche di tipo SLV, VR= 112.5 anni:

- Tratta 1 da pk 0+000 a pk 0+822: Categoria di sottosuolo C, a_{max} = 0.196g
- Tratta 2 da pk 0+822 a pk 4+722: Categoria di sottosuolo E, a_{max} = 0.212g.
- Tratta 3 da pk 4+722 a pk 8+811: Categoria di sottosuolo C, a_{max} = 0.196g.

In questo modo i parametri sismici adottati nelle diverse sezioni sono i seguenti:

	Tratta	a _{max}	β _s (SLV)	kh	kv(+)	kv(-)
Sez 24	2	0.212	0.38	0.081	0.040	-0.040
Sez 146	3	0.196	0.38	0.074	0.037	-0.037
Sez 158	3	0.196	0.38	0.074	0.037	-0.037

8.4 CARICHI APPLICATI

8.4.1 Determinazione del carico ferroviario – Condizioni statiche

Il peso della massicciata e dell'armamento è stato assunto, per linea in rettilineo, pari a 18 kN/m^3 per un'altezza media pari a 0,80 m secondo quanto riportato nelle specifiche per la progettazione. Risulta quindi un carico distribuito di 14,40 kPa applicato a partire da 2/3 della scarpata del ballast.

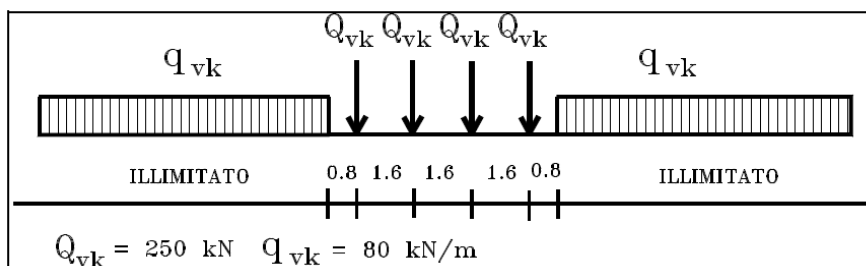
Il carico del treno di riferimento è il più gravoso tra LM71 e SW2.

3.5.2.3.4 Carichi variabili

I carichi variabili da traffico ferroviario sono definiti nel Manuale di Progettazione Ponti.

Con riferimento alle opere in terra e alle opere di sostegno, saranno da utilizzarsi i carichi verticali prodotti dal treno di carico LM 71 moltiplicato per il fattore alfa (α) pari a 1,1 e il treno di carico SW2 (pari a 150 kN/m), definito nella tabella 5.2.I delle NTC 2018. In particolare dovrà valutarsi, di volta in volta, la configurazione di carico che massimizza gli effetti su ciascuna tipologia di opera e/o di verifica.

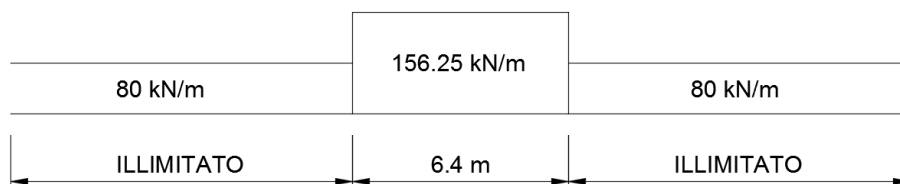
Il carico ferroviario equivalente per le opere in terra si ricava dalla ripartizione trasversale e longitudinale del treno di carico più gravoso (LM71 §5.2.2.3.1.1 del DM 2008) per effetto delle traverse e del ballast secondo quanto previsto dalla norma EN 1991 – 2:2003/AC2010, punto 6.3.2.



Il modello di carico LM71 definito dalle S.T.I. è definito al paragrafo 6.3.6.4. della norma EN 1991-2:2003.

Considerando i 4 carichi assiali da 250 kN e la relativa distribuzione longitudinale, il carico verticale equivalente a metro lineare agente alla quota della piattaforma ferroviaria (convenzionalmente a 70 cm dal piano del ferro) risulta pari a:

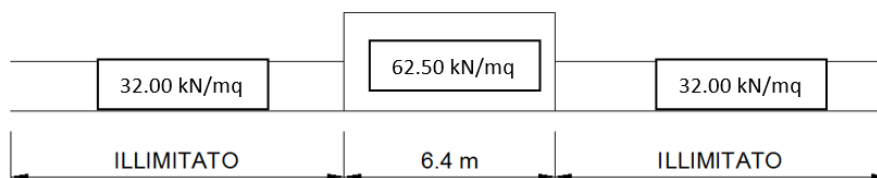
$$p = \frac{4 \times 250}{4 \times 1.60} = 156.25 \text{ kN/m}$$



Considerando la distribuzione trasversale dei carichi su una larghezza di:

$$B_t = 2.30 \text{ m} + 2 \times 0.40 \text{ m} \times 1/4 = 2.50 \text{ m}$$

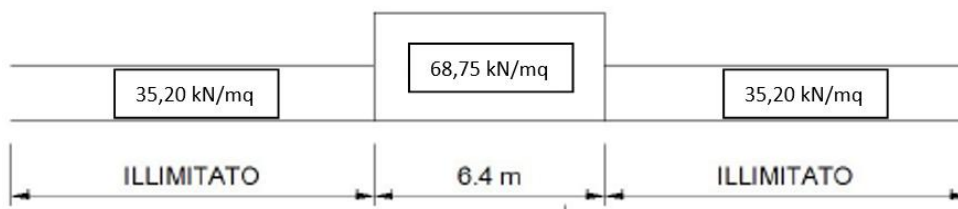
si ricava il carico equivalente unitario agente alla quota della piattaforma ferroviaria:



A tali carichi si deve applicare il coefficiente α secondo quanto dichiarato nel manuale di progettazione RFI

MODELLO DI CARICO	COEFFICIENTE " α "
LM71	1,10
SW/0	1,10
SW/2	1,00

Tab. 2.5.1.4.1-1 Coefficiente " α "



Il valore del carico del LM71, valutato secondo le indicazioni fornite dal manuale di progettazione RFI risulta maggiore di quello del SW2 che risulta pari a $150 \text{ kN/m} / 2.50 \text{ m} = 60 \text{ kN/mq}$.

In definitiva i carichi da considerare per le verifiche di stabilità dei rilevati saranno:

- Carico permanente uniformemente distribuito (ballast + armamento) 14.4 kN/m
- Carico variabile Treno (uniformemente distribuito su una striscia di 2.50 m) 68.75 kN/m

8.4.2 Determinazione del carico ferroviario – Condizioni sismiche

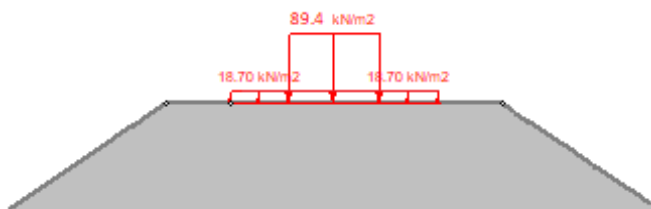
In condizioni sismiche, il sovraccarico ferroviario deve essere assunto pari al 20% del sovraccarico in condizione statica, secondo quanto previsto dall'Eurocodice 8 – Parte 2. Pertanto, si assume un sovraccarico ferroviario pari a 13,75 kPa.

8.4.3 Riepilogo carichi

Quindi in sintesi per le condizioni di carico esaminate si applicano i seguenti carichi:

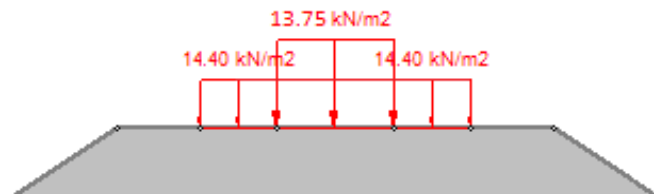
✓ Condizioni Statiche:

- Carico permanente: 18.70 kPa
- Carico accidentale: 89.40 kPa



✓ Condizioni Sismiche:

- Carico permanente: 14.4 kPa
- Carico accidentale: 13.75 kPa (coefficiente di combinazione pari a 0.2 come da § 5.2.2.8 della NTC2018).
- In condizioni sismiche i coefficienti parziali sulle azioni vanno posti pari ad 1.



Per quanto riguarda il nuovo rilevato, si considerano i seguenti parametri di calcolo M2:

- $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$ peso di volume naturale
- $\phi' = 32^\circ$ angolo di resistenza al taglio
- $c' = 0$ coesione drenata

I suddetti carichi sono stati implementati sia per la nuova linea che per le linee esistenti.

8.5 SEZIONE 24

Nelle seguenti figure sono mostrati i risultati delle verifiche di stabilità delle scarpate sia in condizioni statiche che sismiche SLU (con $\pm K_v$).

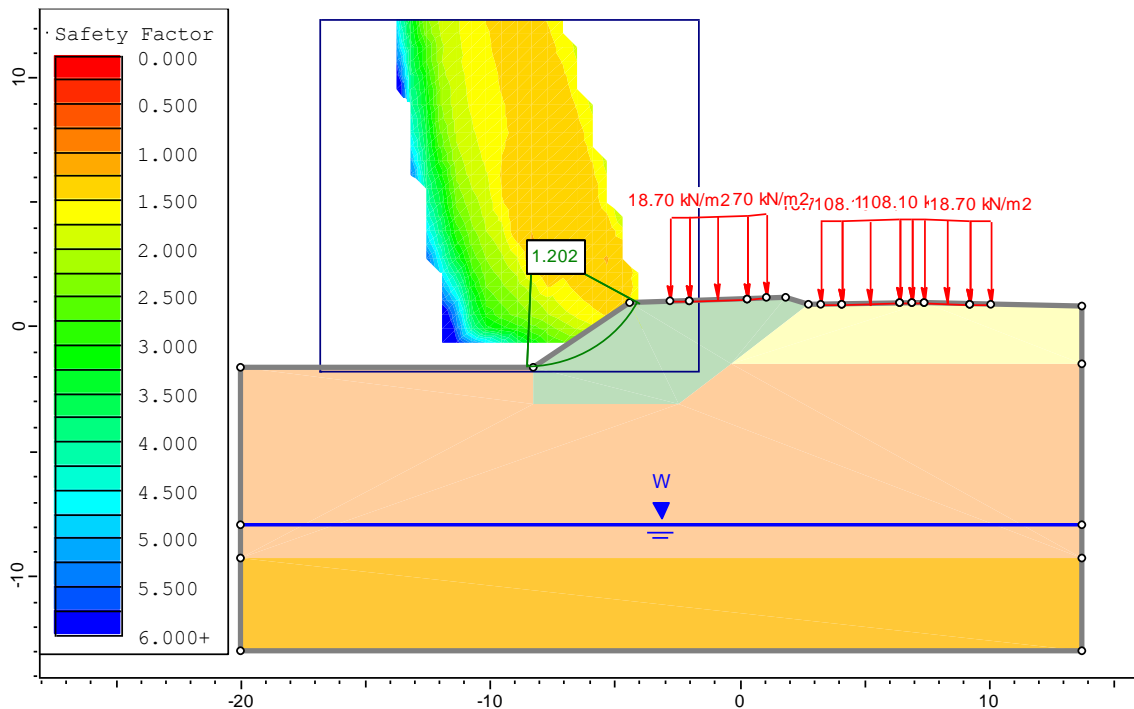


Figura 4 – Analisi di stabilità statica $H=2.60\text{ m}$ - Sezione 24

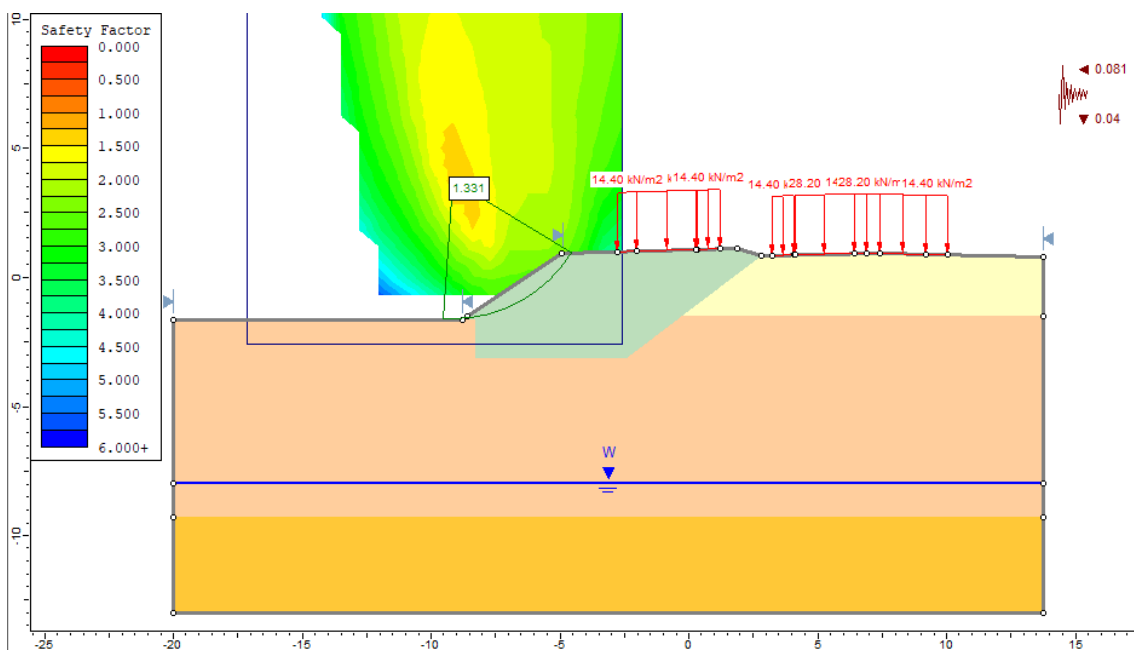


Figura 5 – Analisi di stabilità sismica $H=2.60\text{ m}$ - Sezione 24 (k_v+)

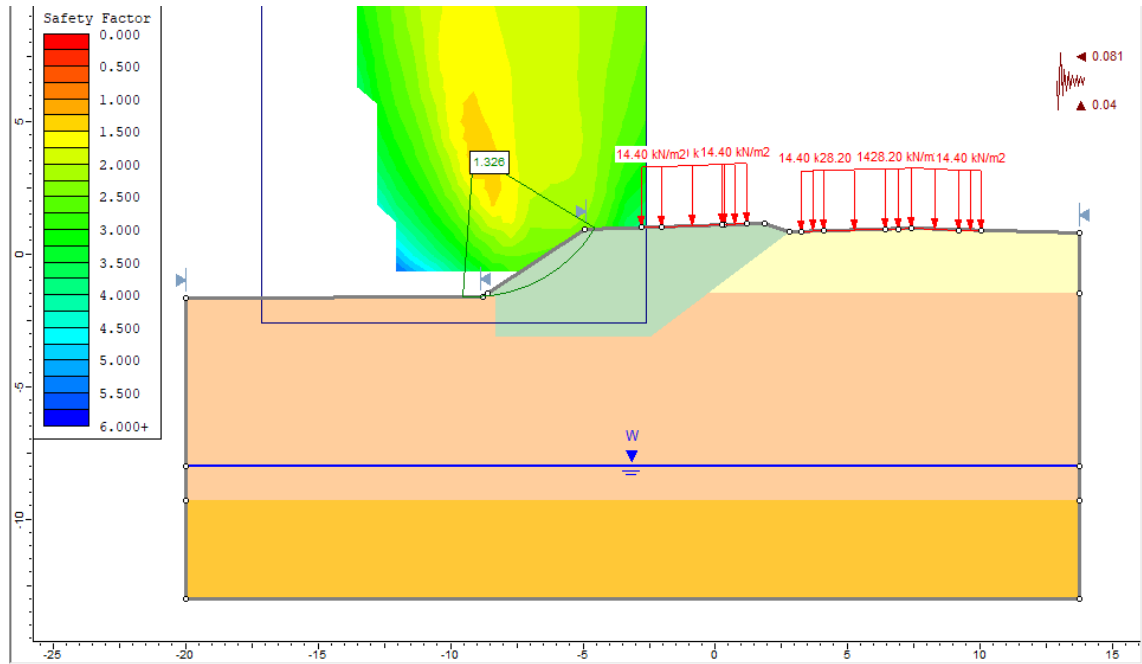


Figura 6– Analisi di stabilità sismica $H=2.60$ m - Sezione 24 (kv-)

8.6 SEZIONE 146

Nelle seguenti figure sono mostrati i risultati delle verifiche di stabilità delle scarpate sia in condizioni statiche che sismiche SLU (con $\pm K_v$).

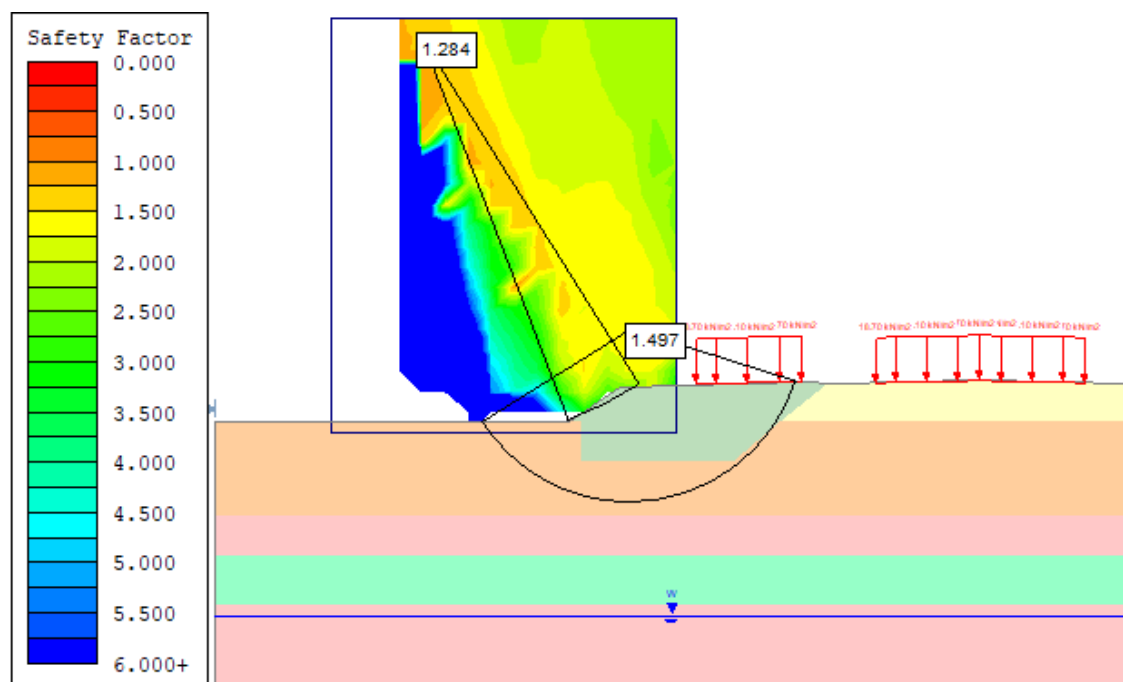


Figura 7– Analisi di stabilità statica $H = 1.30\text{ m}$ - Sezione 146

Nell'immagine precedente sono rappresentati i due di fattori di sicurezza minimi:

- $F_s=1.284$ rappresenta la superficie di rottura più critica che partendo dal piano della piattaforma raggiunge il piano campagna;
- $F_s= 1.497$ pur potendo essere considerato superficiale, interessa però parte della superficie del rilevato interessata dal carico ferroviario.

Entrambi risultano comunque verificati.

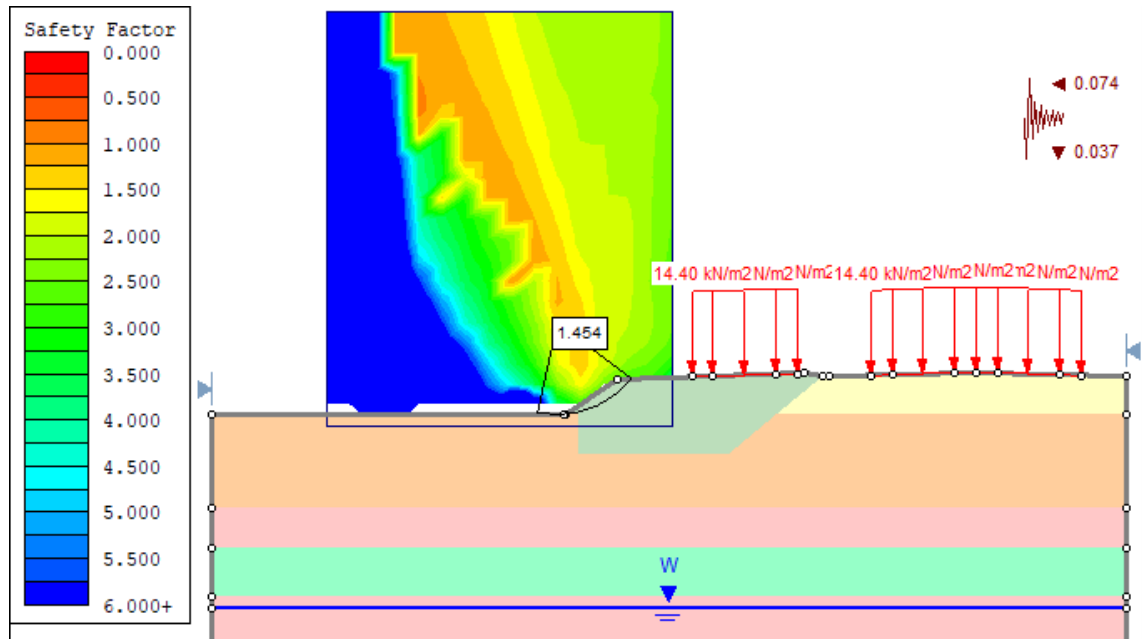


Figura 8– Analisi di stabilità sismica $H = 1.30\text{ m}$ - Sezione 146 (kv+)

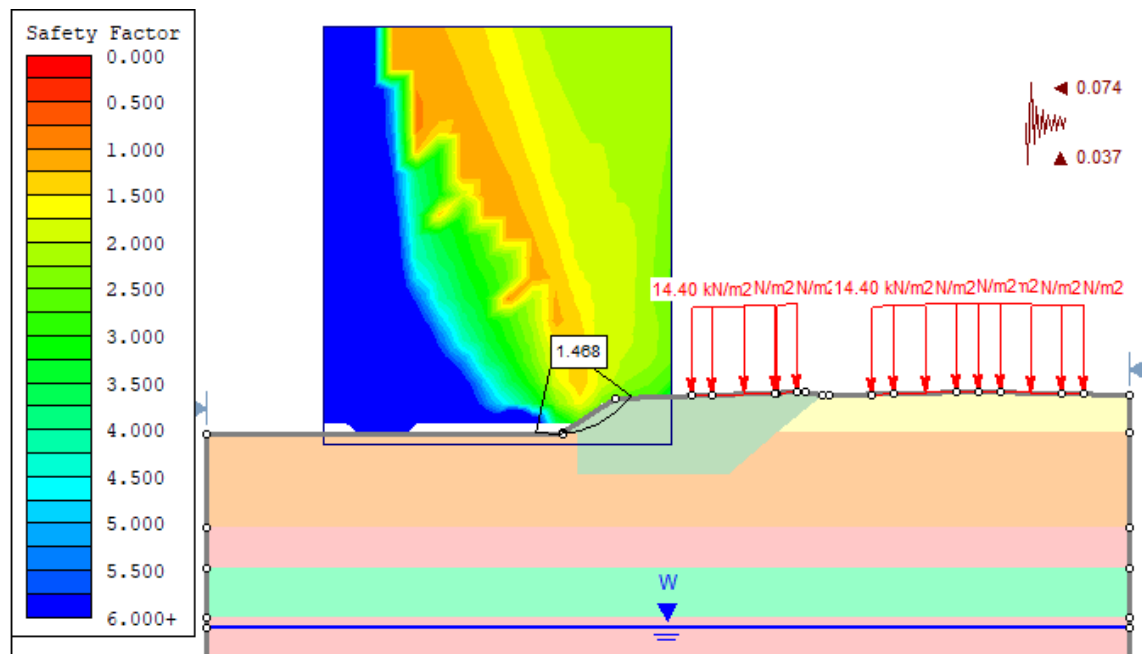


Figura 9– Analisi di stabilità sismica $H = 1.30\text{ m}$ - Sezione 146 (k-)

8.7 SEZIONE 158

Nelle seguenti figure sono mostrati i risultati delle verifiche di stabilità delle scarpate sia in condizioni statiche che sismiche SLU (con $\pm K_v$).

La verifica della sezione è stata effettuata specchiando la sezione, in quanto il programma di calcolo Slide effettua la computazione solo con superfici di rottura orientate a destra.

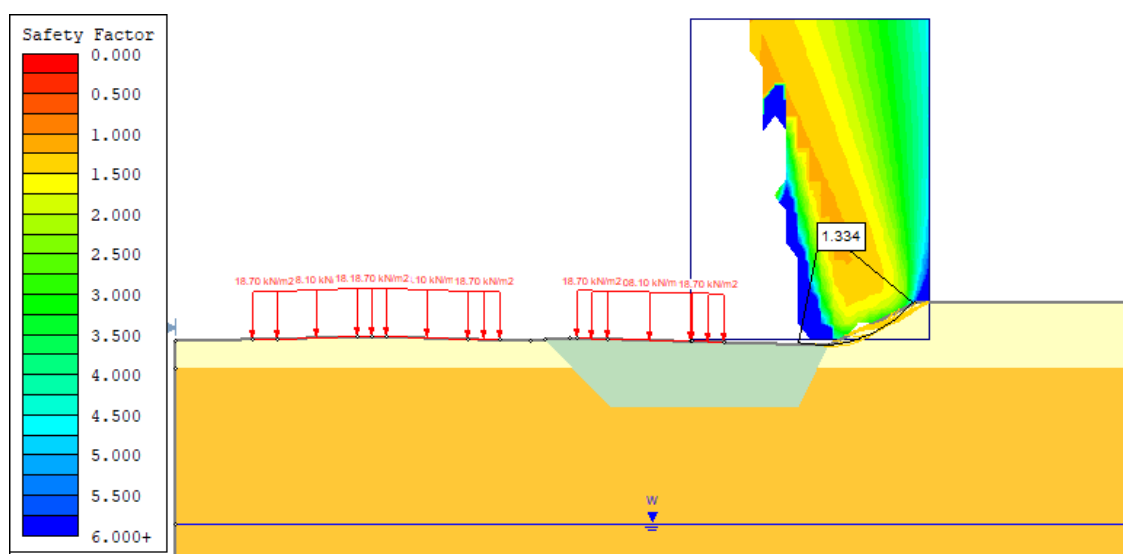


Figura 10– Analisi di stabilità statica - Sezione 158

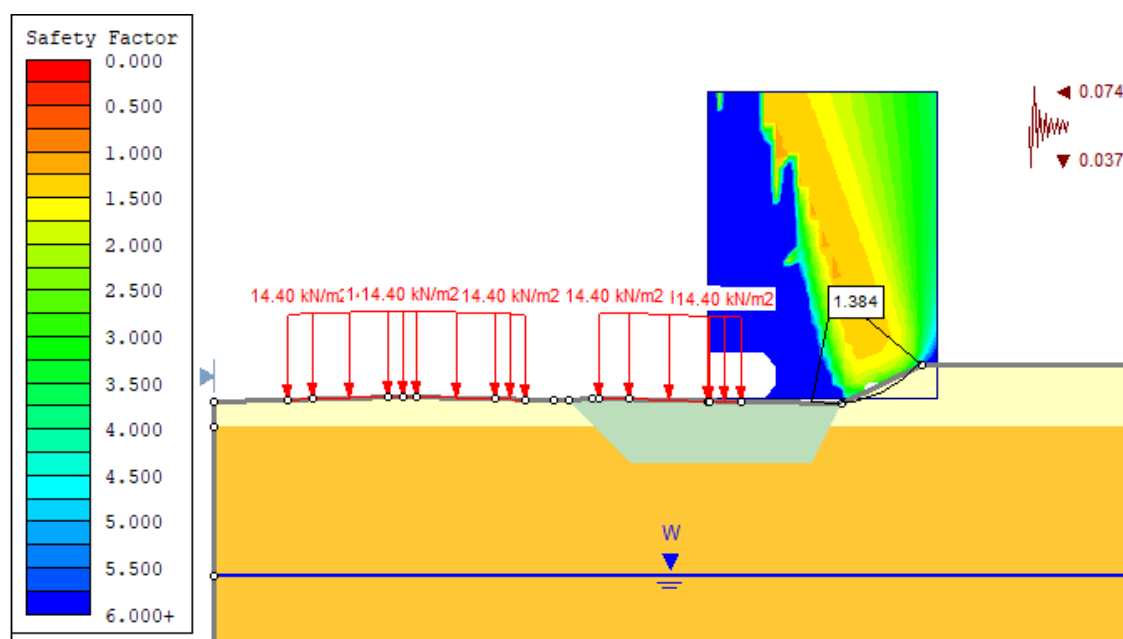


Figura 11– Analisi di stabilità sismica - Sezione 158 (kv+)

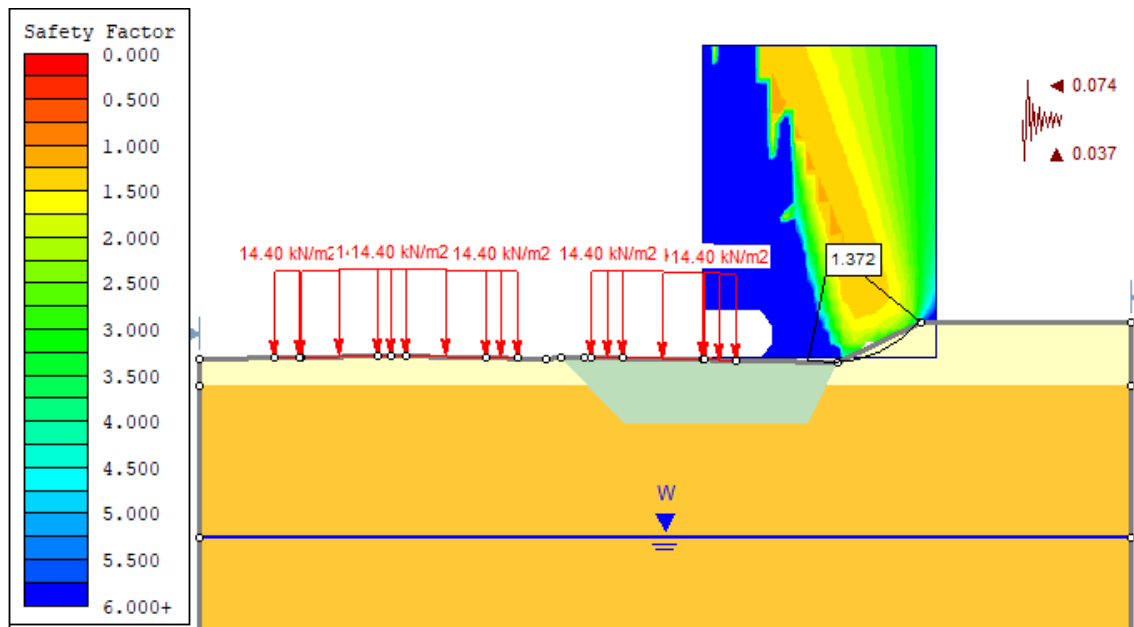


Figura 12– Analisi di stabilità sismica - Sezione 158 (kv-)

8.8 RIEPILOGO RISULTATI STABILITÀ

Nella seguenti tabelle sono sintetizzati i risultati ottenuti:

Tabella 1 – Riepilogo risultati Stabilità

SEZIONE	Hril [m]	FS SLU	FS SLV (kv+)	FS SLV (kv-)
Sezione 24 Pk 1 + 150	2.60	1.20	1.33	1.33
Sezione 146 Pk 7 + 100	1.30	1.28	1.45	1.47
Sezione 158 Pk 7 + 700	Trincea 1.30	1.33	1.38	1.37

I fattori di sicurezza minimi ottenuti dalle verifiche sono sempre maggiori di quanto prescritto dalla normativa ($FS \geq 1.1$ per le analisi statiche SLU e $FS \geq 1.2$ per le analisi sismiche SLV), quindi le verifiche di stabilità sono sempre soddisfatte.



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA
LINEA SALERNO – PONTECAGNANO AEROPORTO
COMPLETAMENTO METROPOLITANA DI SALERNO
TRATTA ARECCHI – PONTECAGNANO AEROPORTO

RILEVATI FERROVIARI
RELAZIONE DI STABILITÀ E CALCOLO CEDIMENTI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 78	RH GE0600 002	B	33 di 57

8.9 RISULTATI STABILITÀ IN CONDIZIONI POST-SISMA

Le analisi di stabilità in condizioni post sisma sono finalizzate esclusivamente a valutare l'eventuale impatto della potenziale liquefazione sulla stabilità dei rilevati (ovvero in condizioni post-sismiche).

Nelle analisi sono state considerate le seguenti situazioni rappresentative:

- Condizioni post-sismiche, ipotizzando che nel terreno potenzialmente liquefacibile i terreni siano effettivamente liquefatti e sia disponibile la sola resistenza residua; adoperando la relazione tra q_{c1Ncs} e resistenza residua S_r proposta da Idriss e Boulanger (2008) e considerando, valori di q_{c1Ncs} tipicamente compresi tra 75 e 100, si ipotizza che a seguito della liquefazione i terreni in esame siano caratterizzati da valori di $S_r = 0.15 \sigma'v$.

L'esame delle condizioni di stabilità è stato condotto utilizzando gli usuali metodi dell'equilibrio limite. Per la valutazione dei fattori di sicurezza alla stabilità globale si è impiegato un codice di calcolo denominato Slide v.6.0 in cui la ricerca delle superfici critiche viene svolta attraverso la generazione automatica di un elevato numero di superfici di potenziale scivolamento. Sono state cautelativamente considerate ipotesi di deformazione piana. In particolare, in questa sede si fa riferimento al metodo di Bishop modificato che prevede l'utilizzo di superfici di scorrimento circolari.

Nelle analisi sono state ovviamente trascurate le superfici più corticali in quanto poco significative e per le quali non risulta idonea una analisi convenzionale all'equilibrio limite.

Le analisi sono state svolte per tutte le sezioni analizzate, e hanno tutte riportato coefficienti di sicurezza superiori ai limiti di normativa in quanto:

- ✓ Le zone liquefacibili si possono trovare solo sotto falda
- ✓ La falda è sotto i 6 m da pc
- ✓ Le superfici di scorrimento critiche sono superficiali

Si riporta come esempio la verifica della Sezione 146, considerata rappresentativa.

In via cautelativa tutto lo strato di sabbia, anche se non completamente sotto falda, è stato ipotizzato liquefacibile.

Si riporta il fattore di sicurezza minimo e anche le superfici di scivolamento che vanno ad interessare gli strati profondi: come si vede le superfici che interessano strati al di sotto della superficie freatica presentano Fattori di Sicurezza molto elevati (>3.0).

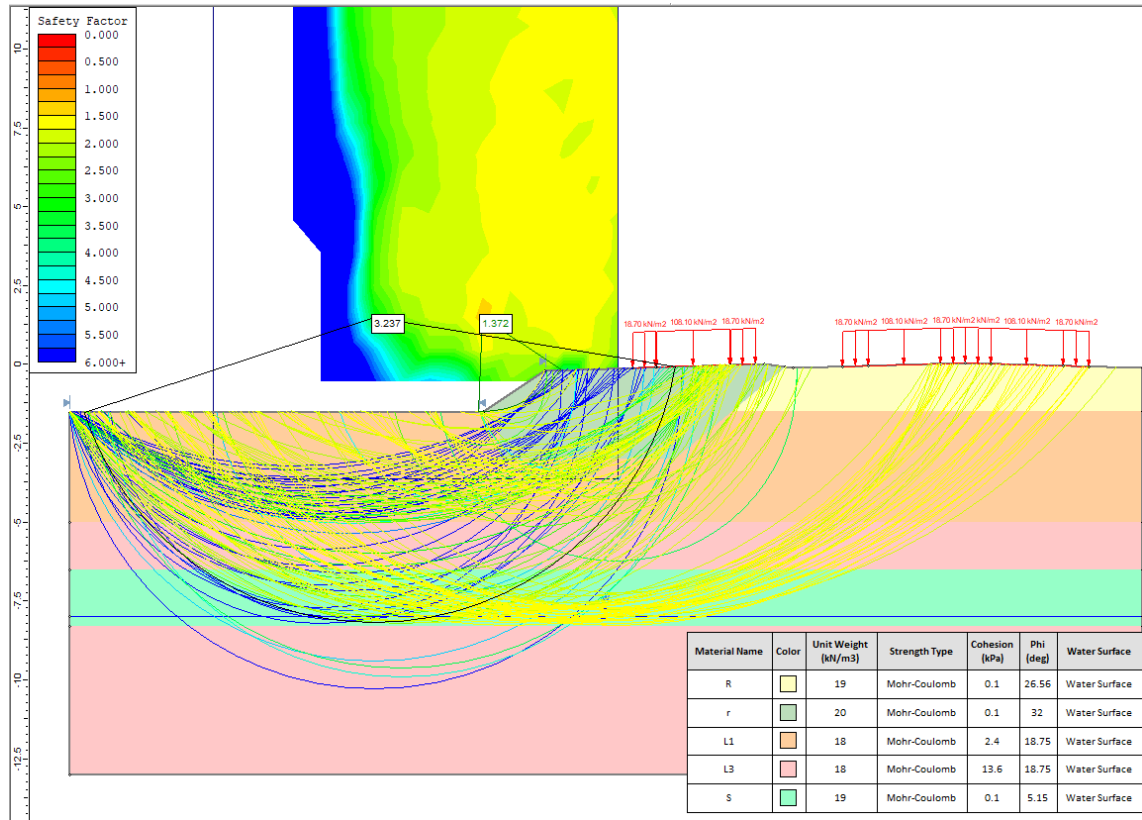


Figura 13 – Verifica stabilità post-sisma – Sezione 146



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA
LINEA SALERNO – PONTECAGNANO AEROPORTO
COMPLETAMENTO METROPOLITANA DI SALERNO
TRATTA ARECCHI – PONTECAGNANO AEROPORTO

RILEVATI FERROVIARI
RELAZIONE DI STABILITÀ E CALCOLO CEDIMENTI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 78	RH GE0600 002	B	35 di 57

9 ANALISI DEI CEDIMENTI

9.1 PREMESSA

Di seguito si riporta la valutazione dei cedimenti dei rilevati ferroviari per la tratta in esame.

La presenza di materiali a grana fine al di sotto dei rilevati, anche di notevole spessore, richiede necessario valutare l'andamento nel tempo dei cedimenti con una analisi agli elementi finiti.

I calcoli sono stati condotti mediante il software Plaxis 2D.

Per le sezioni in esame (le stesse su cui si è effettuata la valutazione della stabilità), si è fatto riferimento all'assetto stratigrafico descritto nel profilo geotecnico e ai valori dei parametri meccanici definiti nella Relazione Geotecnica e riportati nel Capitolo 6.

Il livello della falda è stato anch'esso ottenuto facendo riferimento al profilo geotecnico.

I parametri geotecnici sono gli stessi utilizzati per l'analisi di stabilità e indicati Capitolo 6. Nelle successive analisi, i parametri geotecnici non sono stati minorati attraverso coefficienti correttivi.

Le Unità a grana grossa, ovvero "R" e "S", ai fini idraulici, sono state considerate drenanti, ovvero con consolidazione immediata e cedimenti che non si sviluppano nel tempo.

Le Unità a grana fine, ovvero "SL" e "L", ai fini idraulici, sono state considerate non-drenanti, ovvero materiali soggetti a consolidazione e cedimenti che si sviluppano nel tempo.

Per il limi si è adottata una permeabilità di $5.60E^{-08}$ m/s, ovvero quella ottenuta dalle prove edometriche.

Data la configurazione di affiancamento del rilevato nuovo con quello esistente, in questa sede si è assunto che il rilevato esistente sia stabile ai sensi della normativa vigente ed abbia completato i cedimenti attesi.



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA
LINEA SALERNO – PONTECAGNANO AEROPORTO
COMPLETAMENTO METROPOLITANA DI SALERNO
TRATTA ARECCHI – PONTECAGNANO AEROPORTO

RILEVATI FERROVIARI
RELAZIONE DI STABILITÀ E CALCOLO CEDIMENTI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 78	RH GE0600 002	B	36 di 57

9.2 APPROCCIO NORMATIVO

Con riferimento a Manuale di Progettazione è necessario garantire il rispetto dei seguenti criteri di ammissibilità:

- cedimento residuo (differenza tra cedimento di lungo termine e cedimento a fine costruzione rilevato) inferiore a 5 cm;
- cedimento residuo inferiore al 10% del cedimento di lungo termine;
- inoltre, poiché il nuovo rilevato della metropolitana è costruito in stretto affiancamento alla linea esistente Salerno - Battipaglia devono essere valutati i cedimenti indotti sulla sede in esercizio, ai fini della verifica di stabilità del binario. In particolare, deve essere valutato il cedimento differenziale fra le rotaie del binario più vicino della linea Salerno Battipaglia e, come definito nel documento Standard di qualità geometrica del binario con velocità fino a 300 km/h (Cod. RFI TCAR ST AR 01 001 D) e suoi allegati, deve essere verificato che XL, cioè il cedimento differenziale tra le due rotaie su una stessa sezione verticale, sia inferiore a 10mm.

Per definire l'andamento dei cedimenti nel tempo viene omissa nell'analisi il sovraccarico da traffico ferroviario in accordo a quanto specificato in Doc. Rif. RFI DTC SI MA IFS 001 D Manuale di Progettazione RFI – Dicembre 2019.

Per la determinazione dei cedimenti di lungo termine (riferiti sia al rilevato esistente che a quello di nuova realizzazione) si è fatto riferimento ad un periodo di durata pari a 10 anni (periodo di tempo inferiore alla vita utile di 75 anni), in considerazione del fatto che, a tale data, le sovrappressioni interstiziali sono talmente basse da poter essere considerate trascurabili e di conseguenza anche gli ulteriori cedimenti collegati ad esse.



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA
LINEA SALERNO – PONTECAGNANO AEROPORTO
COMPLETAMENTO METROPOLITANA DI SALERNO
TRATTA ARECCHI – PONTECAGNANO AEROPORTO

RILEVATI FERROVIARI
RELAZIONE DI STABILITÀ E CALCOLO CEDIMENTI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 78	RH GE0600 002	B	37 di 57

9.3 FASI COMPUTAZIONALI

L'analisi dei cedimenti ha seguito le seguenti fasi computazionali, valide per tutte le sezioni.

- Generazione dello stato tensionale iniziale geostatico
- F0 = Costruzione del rilevato esistente per una durata di 6 mesi
- F1 = Costruzione dell'armamento ferroviario (14.4 kPa) sul rilevato esistente per una durata di 30 giorni
- F2 = Consolidazione della linea esistente per una durata di 50 anni
- F3 = Scotico e bonifica (lato Metropolitana di Salerno)
- F4 = costruzione rilevato metro Salerno (6 mesi)
- F5 = costruzione dell'armamento ferroviario (14.4 kPa) sul rilevato di progetto per una durata di 30 giorni
- F6 = 11 mesi fino alla messa in opera (tale periodo comprende tutti i lavori di attrezzaggio tecnologico a valle dell'armamento ed il tempo per prove, verifiche tecniche, agenzia etc.)
- F7 = Consolidazione del terreno di fondazione nel corso dell'esercizio della linea ferroviaria per una durata di 6 mesi
- F8 = Consolidazione del terreno di fondazione nel corso dell'esercizio della linea ferroviaria per una durata di 1 anno
- F9 = Consolidazione del terreno di fondazione nel corso dell'esercizio della linea ferroviaria per una durata di 3 anni
- F10 = Consolidazione del terreno di fondazione nel corso dell'esercizio della linea ferroviaria per una durata di 10 anni.

Il calcolo verrà eseguito in due configurazioni diverse: la prima per valutare i cedimenti indotti durante la costruzione del nuovo rilevato, e una per valutare i cedimenti durante la fase di esercizio dell'opera.

Nel caso dei cedimenti in fase di costruzione, è stata analizzata la Sezione 24, in quanto considerata rappresentativa per un duplice motivo: presenta l'altezza massima riscontrabile tra i rilevati in progetto ed rappresentativa dei possibili litotipi.

Per quanto riguarda i cedimenti in fase di esercizio sono stati valutati i cedimenti relativi al nuovo rilevato e quelli indotti sulla linea esistente, per tutte le sezioni analizzate in precedenza.

9.4 CEDIMENTI IN FASE DI COSTRUZIONE

Per la valutazione di questi cedimenti è stato effettuato un reset displacement dopo la generazione dello stato tensionale iniziale (con il rilevato esistente consolidato, in corrispondenza di F2).

Nel seguente paragrafo verranno riportati:

- la distribuzione degli sforzi verticali efficaci prima della costruzione del rilevato nuovo (condizione geostatica con rilevato esistente a consolidazione completa)
- la distribuzione degli spostamenti a fine costruzione
- la distribuzione delle sovrappressioni interstiziali a fine costruzione
- cedimento del binario sx della linea storica (differenziale ed in asse)

9.4.1 Sezione 24

Di seguito vengono riportati i risultati per la sezione analizzata.

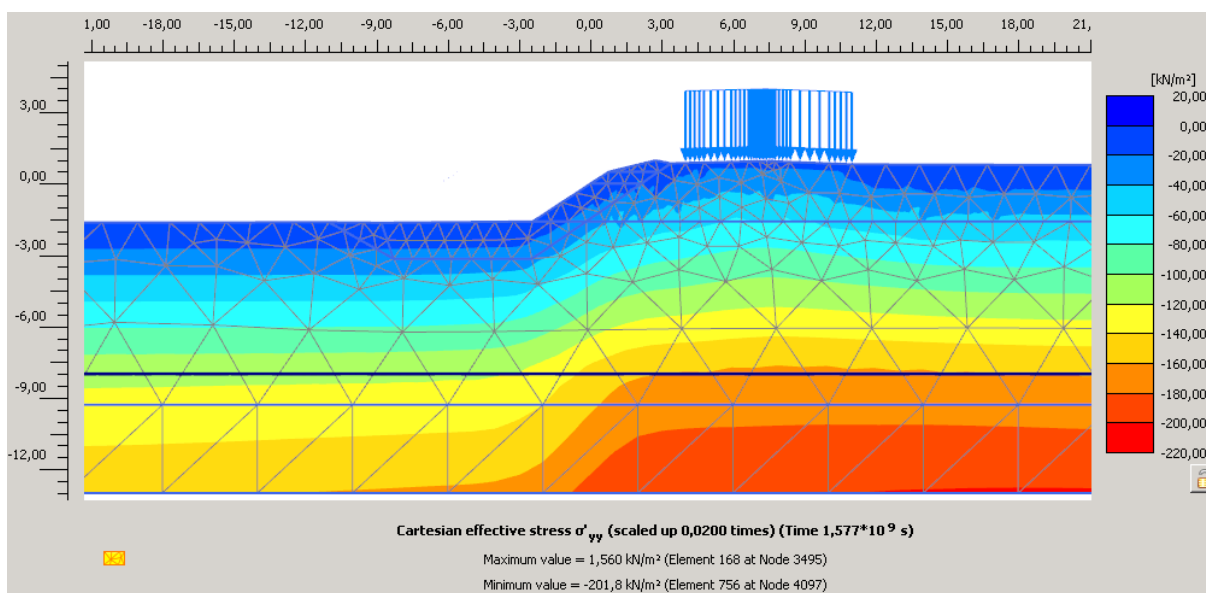


Figura 14 – Condizione geostatica (profilo sforzo verticale prima della costruzione del rilevato nuovo)

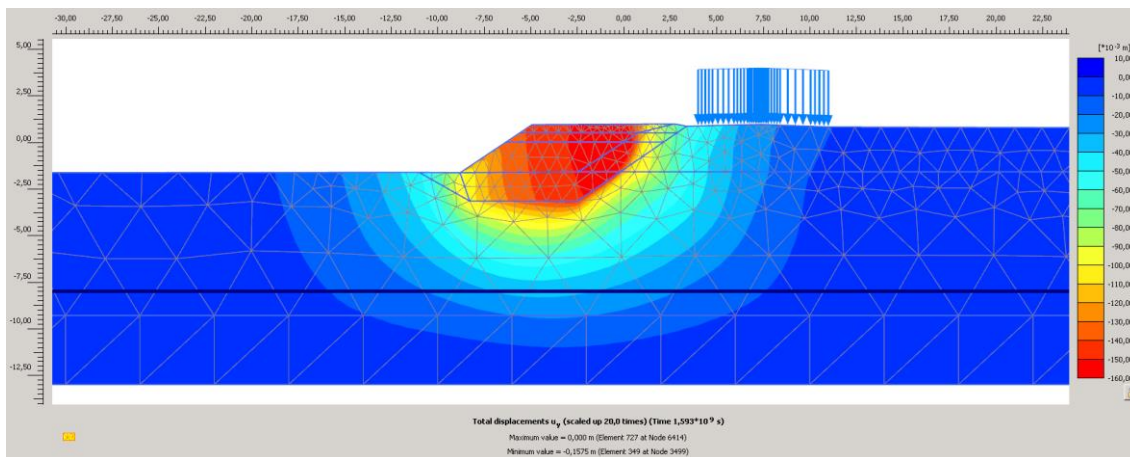


Figura 15 – Spostamenti a fine costruzione del nuovo rilevato (Max = 15.75 cm)

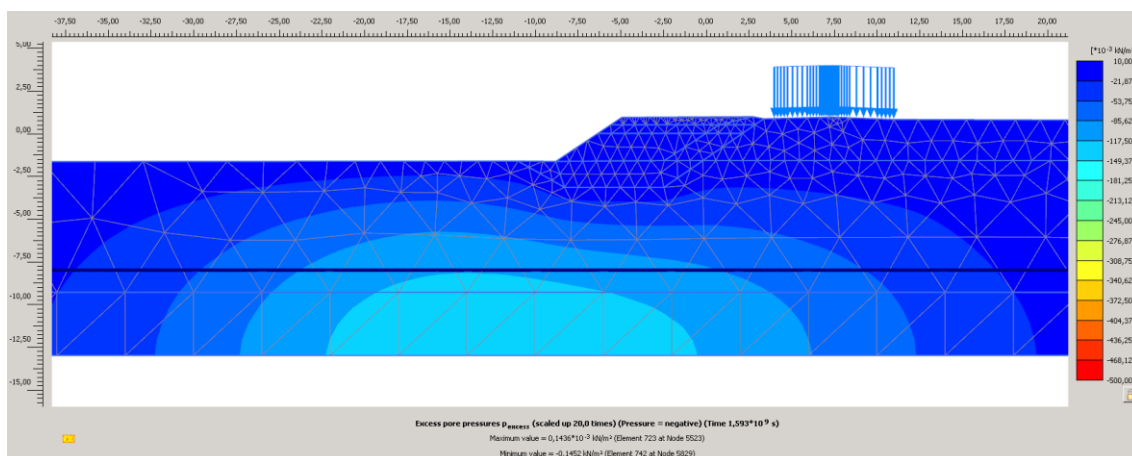


Figura 16 – Pressioni interstiziali a fine costruzione del nuovo rilevato

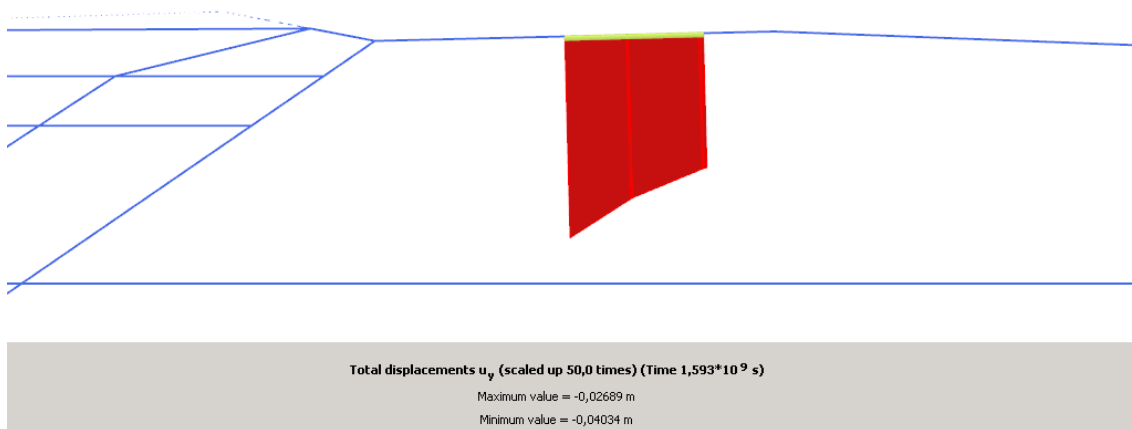


Figura 17 – Cedimenti in corrispondenza delle rotaie di sx della linea esistente Salerno-Battipaglia a fine della costruzione del nuovo rilevato ($\Delta = 13.4$ mm)

Dalla figura precedente si evince che il cedimento differenziale massimo in corrispondenza del binario esistente di sx della Salerno-Battipaglia a fine costruzione è pari a 13.5 mm. In asse il cedimento massimo è pari a 32.5 mm.

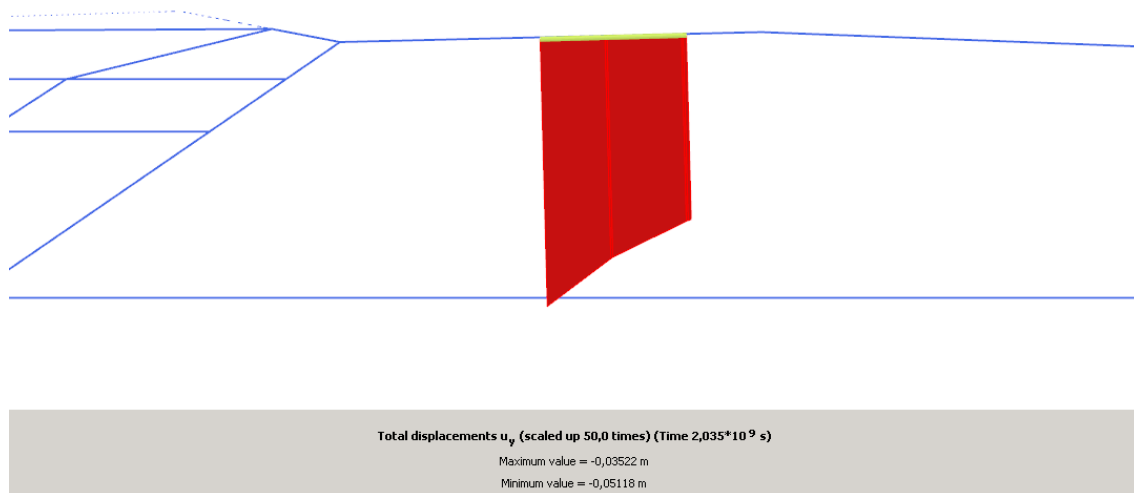


Figura 18 – Cedimenti in corrispondenza delle rotaie di sx della linea esistente Salerno-Battipaglia a 10 anni ($\Delta = 15.9$ mm)

Dalla figura precedente si evince che il cedimento differenziale massimo in corrispondenza del binario esistente di sx della Salerno-Battipaglia a 10 anni da fine costruzione è pari a 15.9 mm. In asse il cedimento massimo è pari a 43.2 mm.

9.4.2 Considerazioni

Da queste analisi è emerso quanto segue:

- Il valore del cedimento del rilevato di Metro Salerno è relativo alla sola fase di costruzione (non vi sono cedimenti di consolidazione). Tale cedimento verrà recuperato nelle fasi di costruzione del corpo del rilevato.
- Il valore del cedimento riferito all'asse del binario più vicino della Salerno-Battipaglia, per la sezione 24 (quella più rappresentativa) è pari a 32.5 mm a fine costruzione e 42.0 mm a 10 anni, entrambi < 50 mm.
- Il valore del cedimento differenziale tra le due rotaie è pari a 13.4 mm a fine costruzione e 15.9 mm a 10 anni, entrambi < 17.4 mm corrispondente al 2° livello di qualità.

Durante le fasi di costruzione del rilevato della Metro di Salerno viene prescritto un monitoraggio esistente del binario in esercizio effettuato almeno con cadenza settimanale, il tutto per valutare il rispetto della normativa “Standard di qualità geometrica del binario con velocità ≤ 300 km/h” - RFI TCAR ST AR 01 001 D.



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA
LINEA SALERNO – PONTECAGNANO AEROPORTO
COMPLETAMENTO METROPOLITANA DI SALERNO
TRATTA ARECCHI – PONTECAGNANO AEROPORTO

RILEVATI FERROVIARI
RELAZIONE DI STABILITÀ E CALCOLO CEDIMENTI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 78	RH GE0600 002	B	41 di 57

9.5 CEDIMENTI IN FASE DI ESERCIZIO

Per la valutazione dei cedimenti in fase di esercizio è stato effettuato un reset displacement dopo il completamento del nuovo rilevato (in corrispondenza di F5).

Nei seguenti paragrafi 9.5.1-9.5.3, per ogni sezione analizzata, vengono rappresentati:

- la distribuzione degli sforzi verticali efficaci prima della costruzione del rilevato nuovo (condizione geostatica con rilevato esistente a consolidazione completa)
- la distribuzione degli spostamenti a 12 mesi e 10 anni
- la distribuzione delle sovrappressioni interstiziali a 12 mesi e 10 anni
- i grafici dei cedimenti in asse alla nuova linea in progetto e in asse al binario esistente di sx
- i cedimenti alla base del rilevato finale

9.5.1 Sezione 24

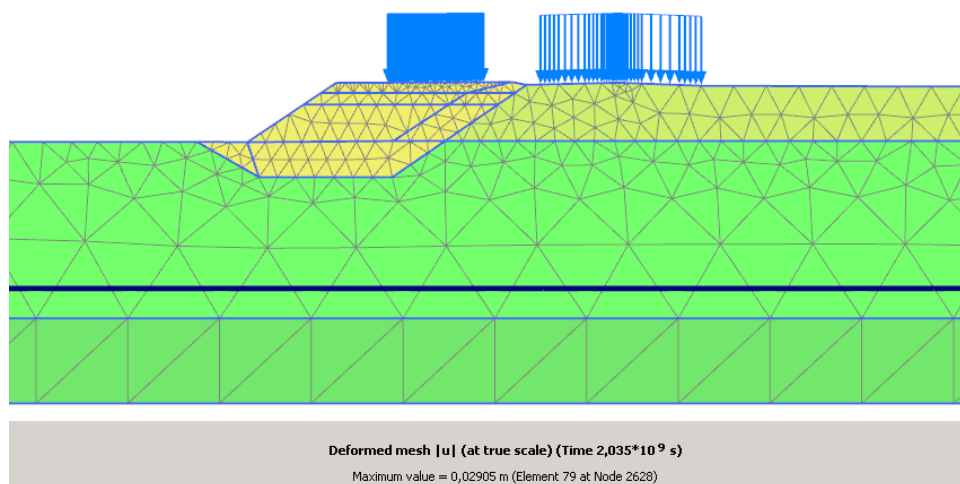


Figura 19 – Modello di calcolo

Dall'analisi ad elementi finiti con il software Plaxis risulta che dopo 12 mesi dall'inizio della messa in opera del rilevato (fase F8) il cedimento è pari a 29 mm, e il cedimento dopo 10 anni si mantengono costante (29 mm). Ne consegue che i cedimenti residui sono pari a 0 mm, ovvero il cedimento avviene completamente prima dei periodi considerati, presumibilmente durante la costruzione stessa del rilevato (viene rispettata la prescrizione del valore limite di 5 cm e inferiori al 10% dei cedimenti teorici di lungo termine).

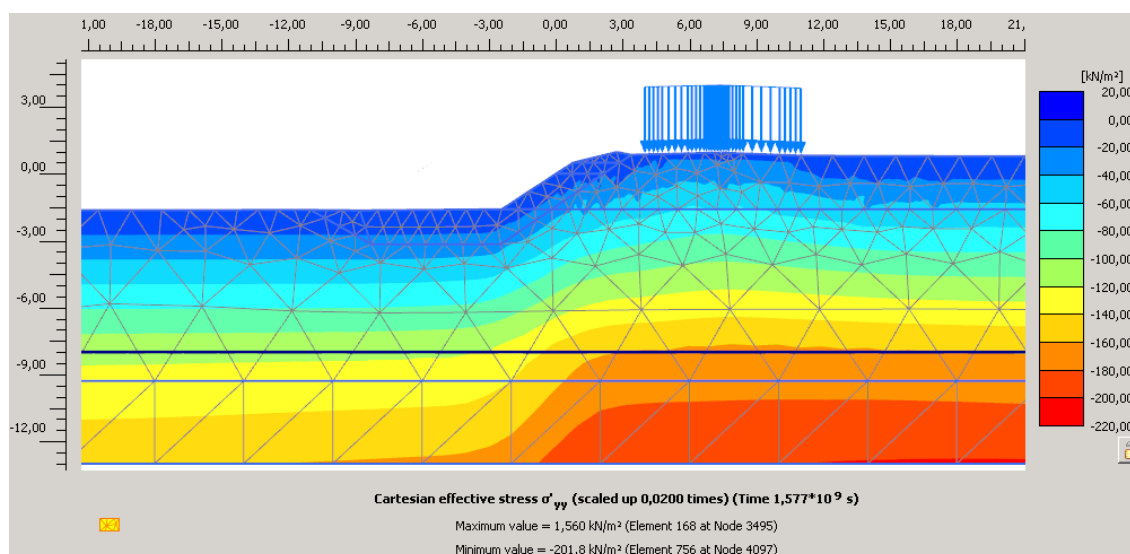


Figura 20 – Condizione geostatica (profilo di sforzo verticale prima della costruzione del rilevato nuovo)

Di seguito è rappresentata la distribuzione degli spostamenti e delle sovrappressioni interstiziali con riferimento ai periodi di cui sopra.

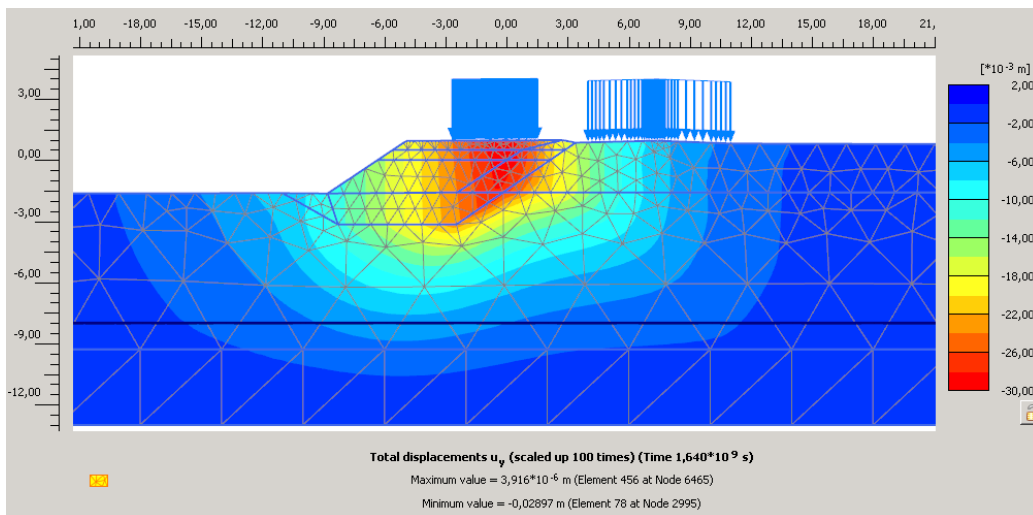


Figura 21 – Cedimenti [t=6 mesi]

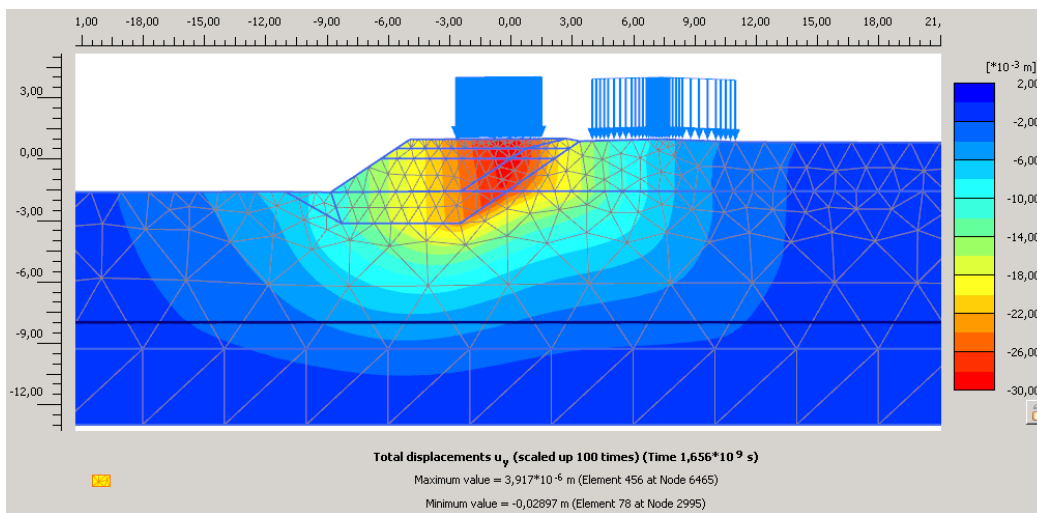


Figura 22 – Cedimenti [t=12 mesi]

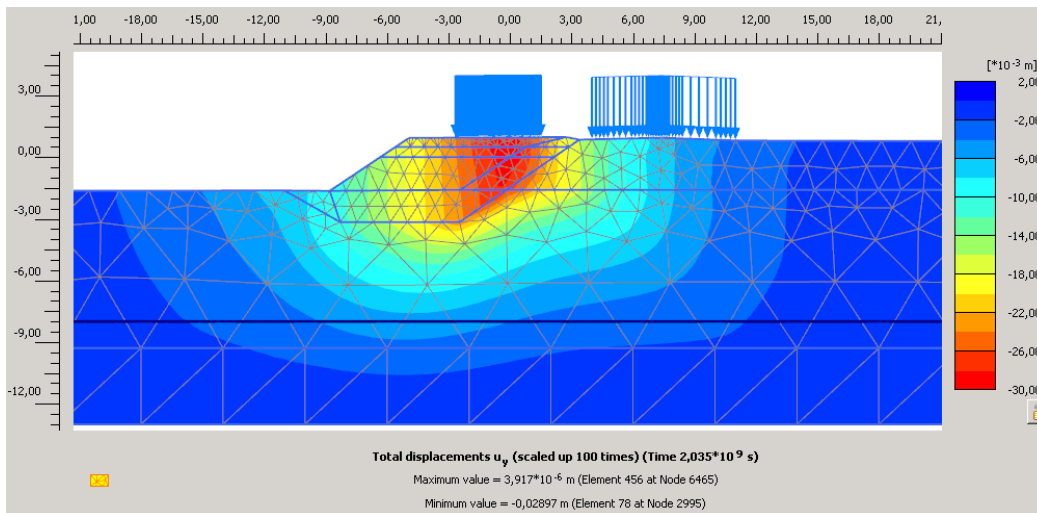


Figura 23 – Cedimenti [t=10 anni]

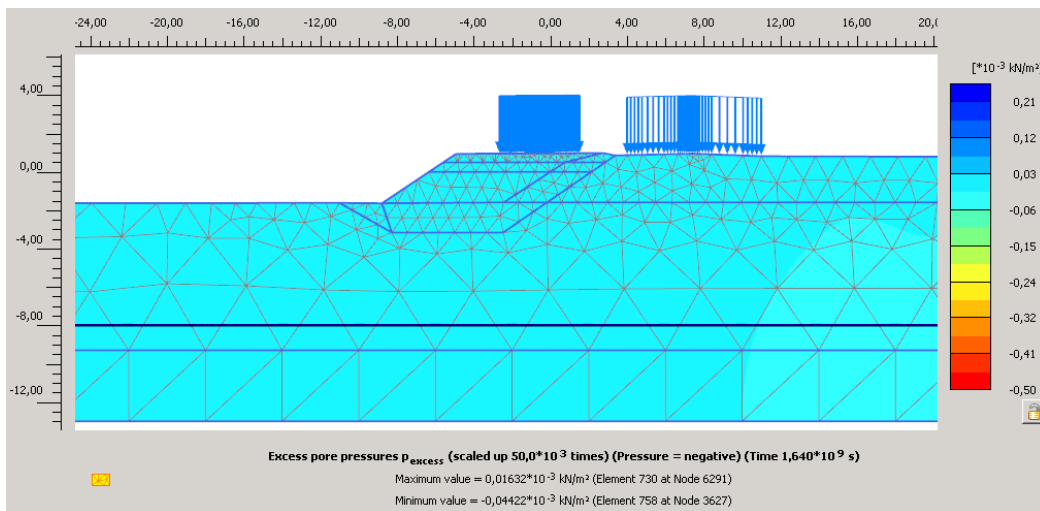


Figura 24 – Sovrappressioni interstiziali [t= 6 mesi]

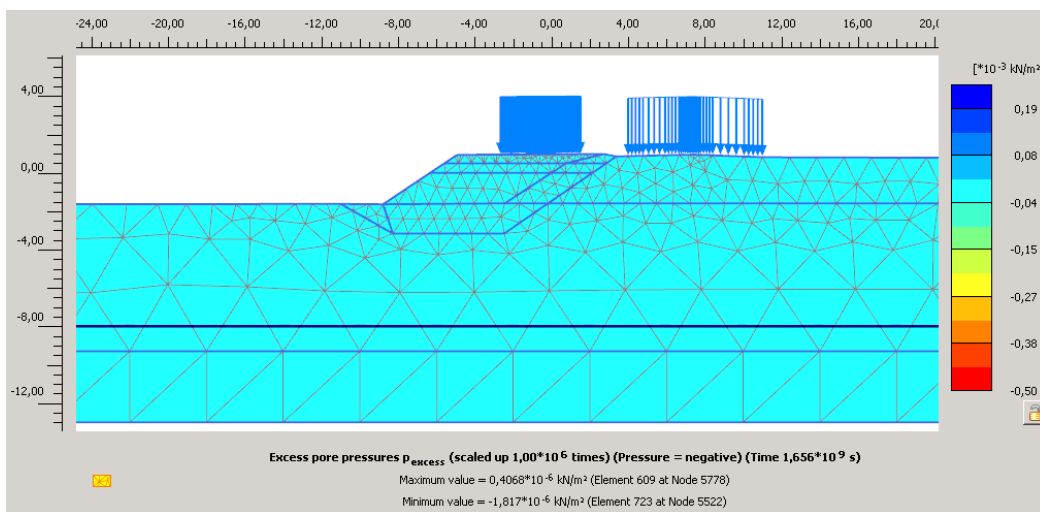


Figura 25 – Sovrappressioni interstiziali [t=12 mesi]

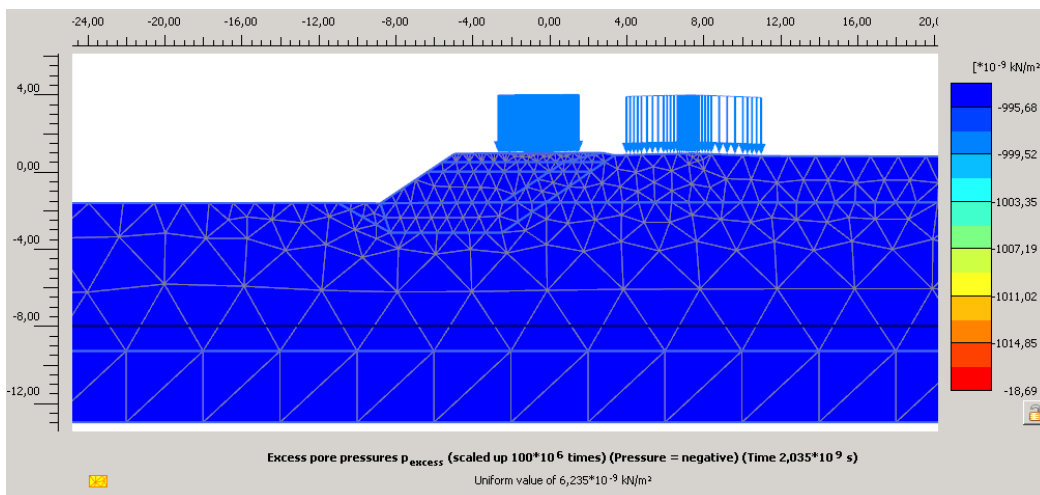


Figura 26 – Sovrappressioni interstiziali [t=10 anni]

Nel grafico seguente viene riportato il cedimento verticale in asse indotto dalla costruzione della Metropolitana di Salerno sulla linea storica (binario di sx) ed il cedimento della linea in progetto in asse a 6 mesi – 10 anni dalla messa in servizio del nuovo rilevato.

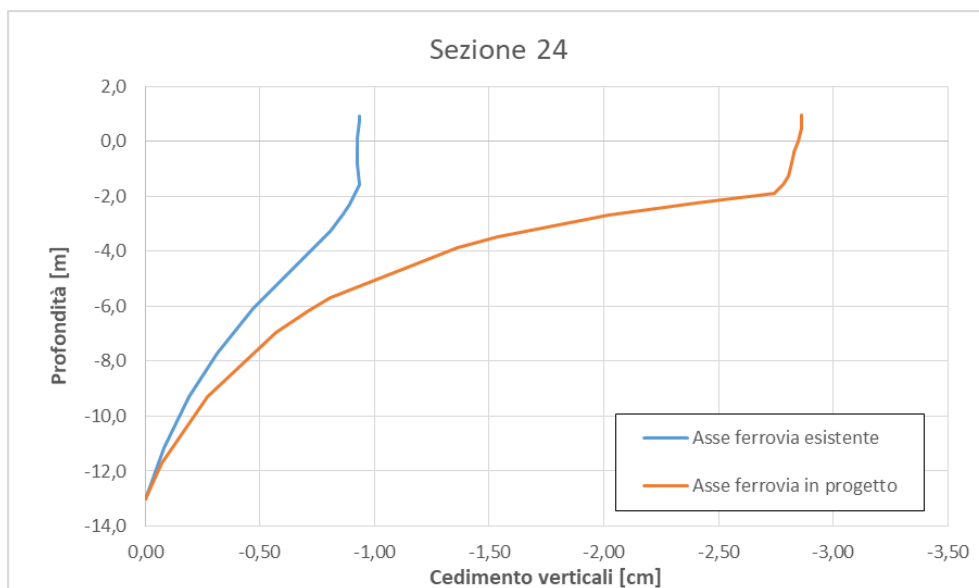


Figura 27 – Cedimento verticale

Nel grafico seguente viene invece riportato il cedimento verticale alla base del rilevato in relazione alla distanza dall'asse ferroviario.

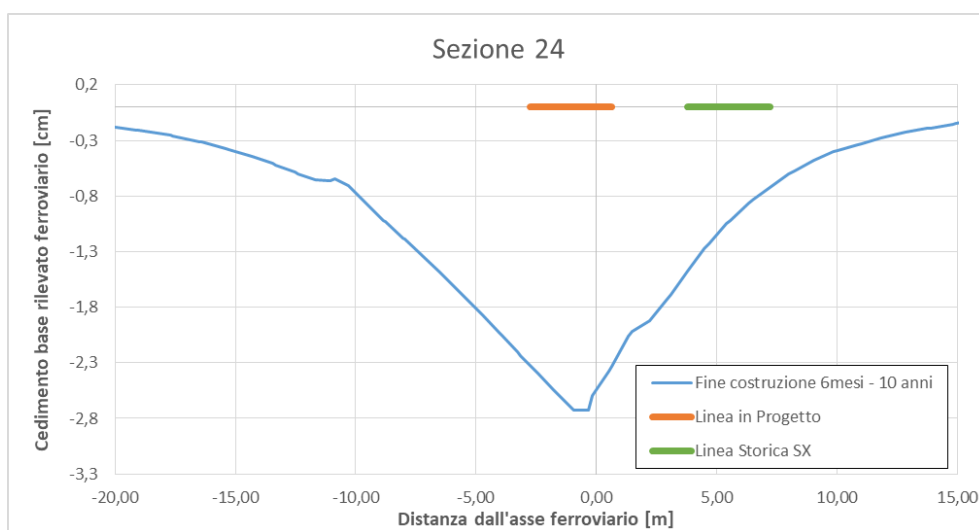


Figura 28 – Cedimento verticale alla base del rilevato

Relativamente alla determinazione del cedimento differenziale tra le due rotaie si osserva che il cedimento differenziale massimo (ovvero il livello trasversale XL) è pari a 2.7 mm (Figura 29), compatibile con l'esercizio della linea. Tale valore è come detto il valore massimo del cedimento differenziale ed è riferito alla data corrispondente a 10 anni da fine costruzione: per periodi di durata inferiore il valore è necessariamente minore.

Risulta pertanto che i cedimenti indotti dalla realizzazione del nuovo rilevato sul binario dispari della linea Salerno Battipaglia è contenuto nei limiti prescritti e potrà essere gestito con le ordinarie operazioni di manutenzione del binario.

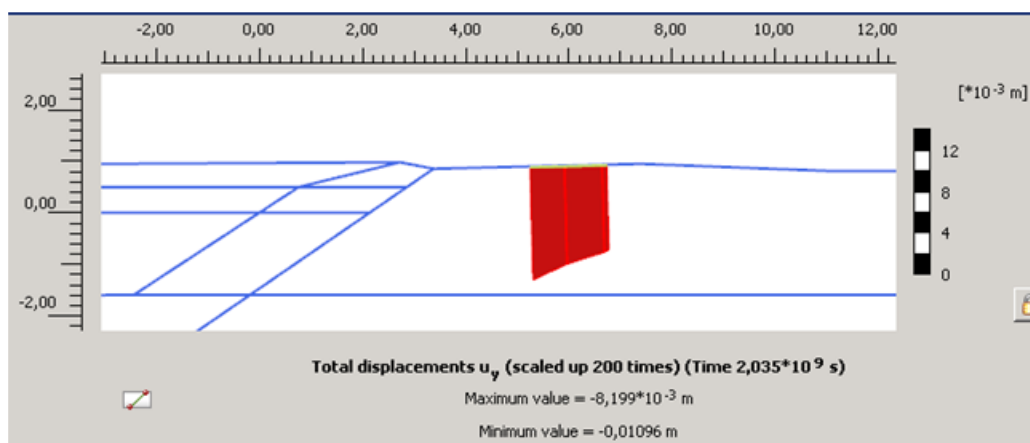


Figura 29 Cedimenti differenziali rotaie binario in affiancamento linea esistente Salerno-Battipaglia [t=10 anni]

9.5.2 Sezione 146

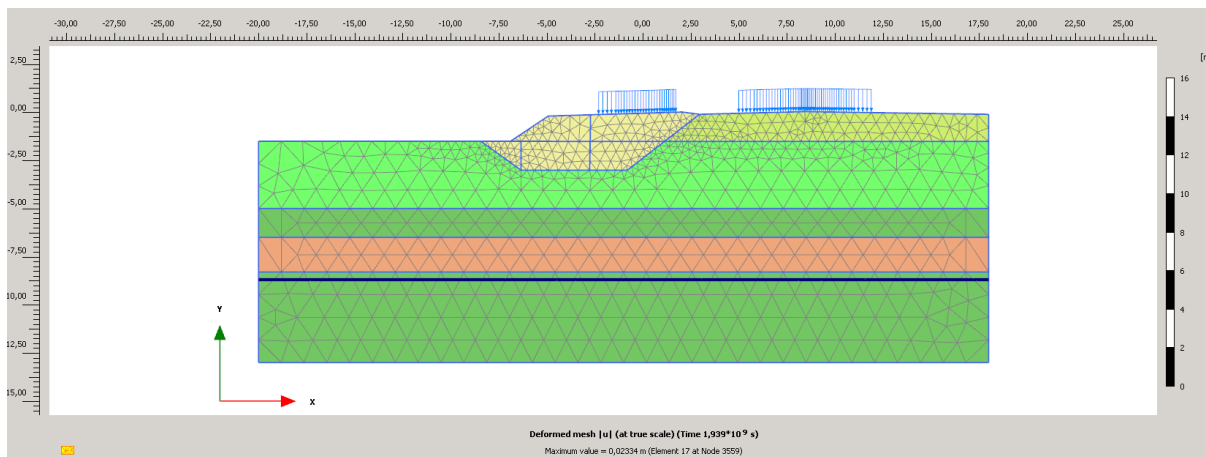


Figura 30 – Modello di calcolo

Dall'analisi ad elementi finiti con il software Plaxis risulta che dopo 12 mesi dall'inizio della messa in opera del rilevato (fase F8) il cedimento è pari a 23.3 mm e si mantiene costante dopo 10 anni (23.3 mm). Ne consegue che i cedimenti residui sono pari a 0 mm, ovvero il cedimento avviene completamente prima dei periodi considerati, presubimilmente durante la costruzione stessa del rilevato (viene rispettata la prescrizione del valore limite di 5 cm e inferiori al 10% dei cedimenti teorici di lungo termine).

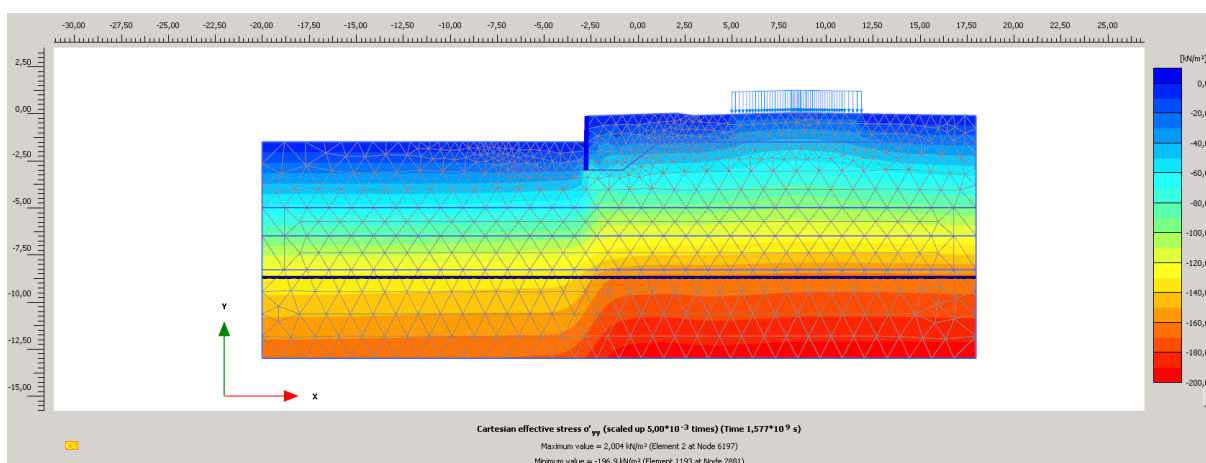


Figura 31 – Condizione geostatica (profilo di sforzo verticale prima della costruzione del rilevato nuovo)

Di seguito è rappresentata la distribuzione degli spostamenti e delle sovrappressioni interstiziali con riferimento ai periodi di cui sopra.

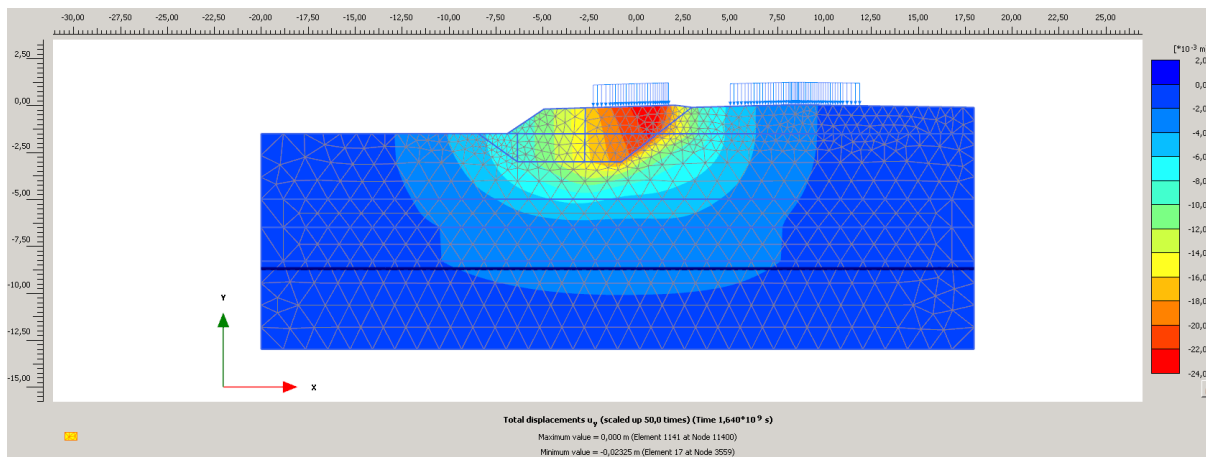


Figura 32 – Cedimenti [t=6 mesi]

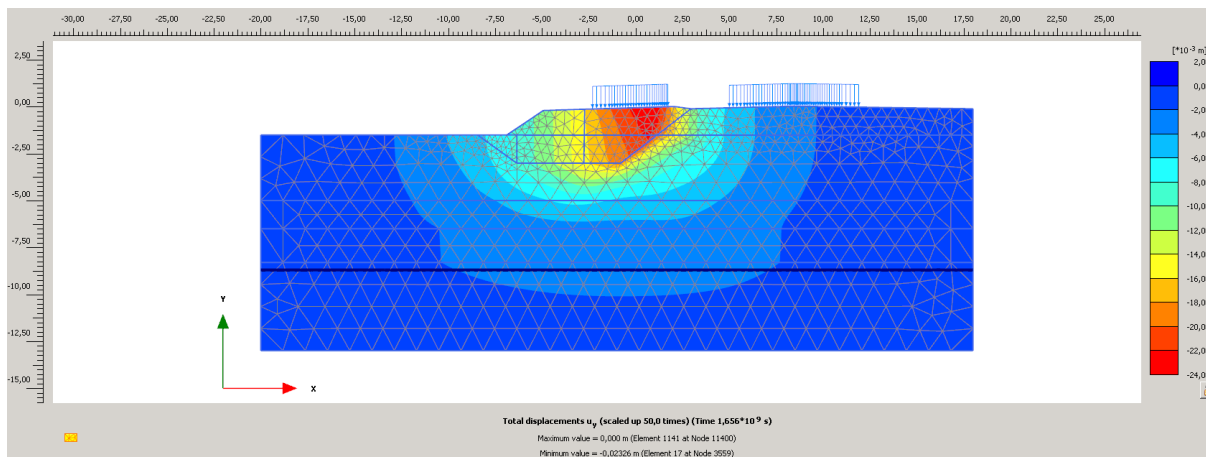


Figura 33 – Cedimenti [t=12 mesi]

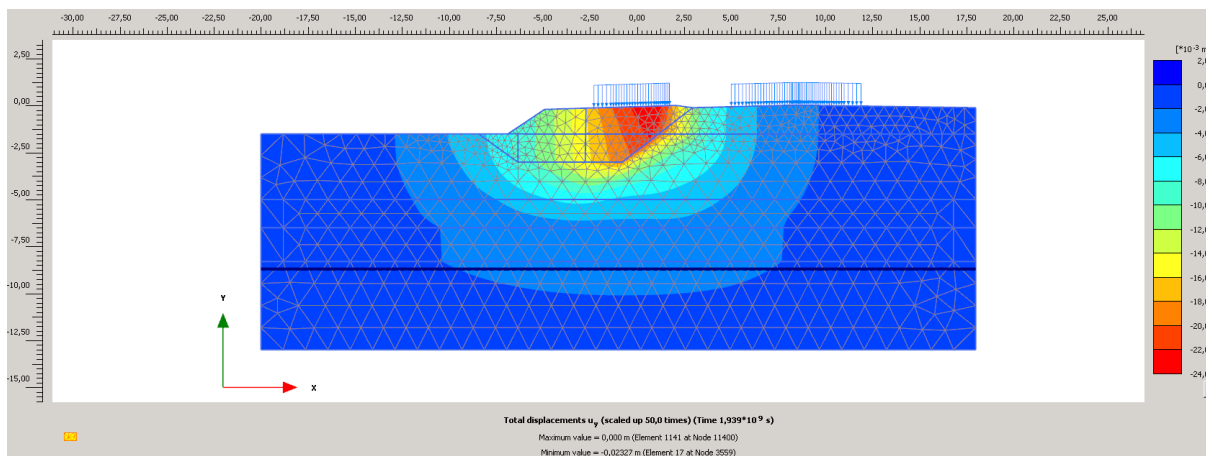


Figura 34 – Cedimenti [t=10 anni]

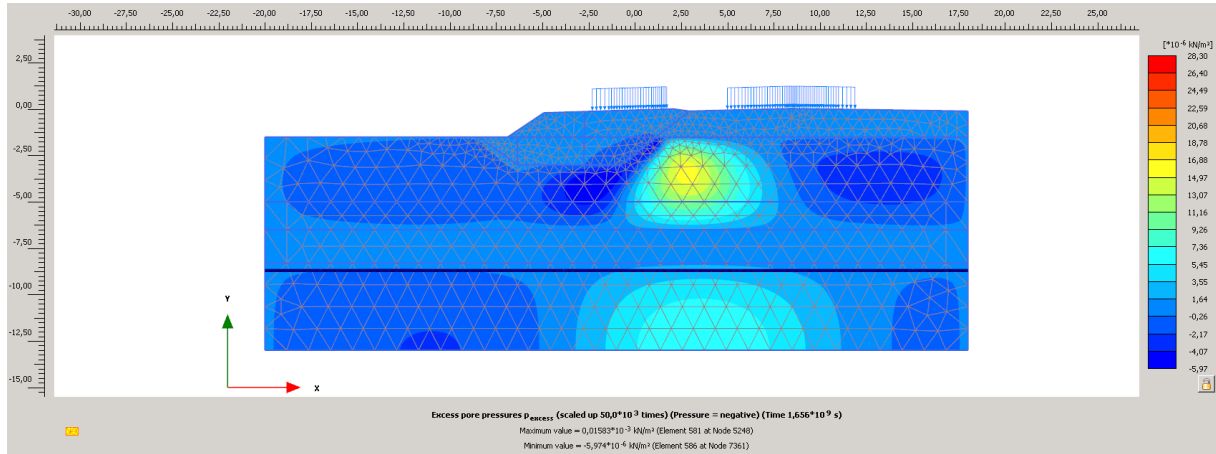


Figura 35 – Sovrappressioni interstiziali [t= 6 mesi]

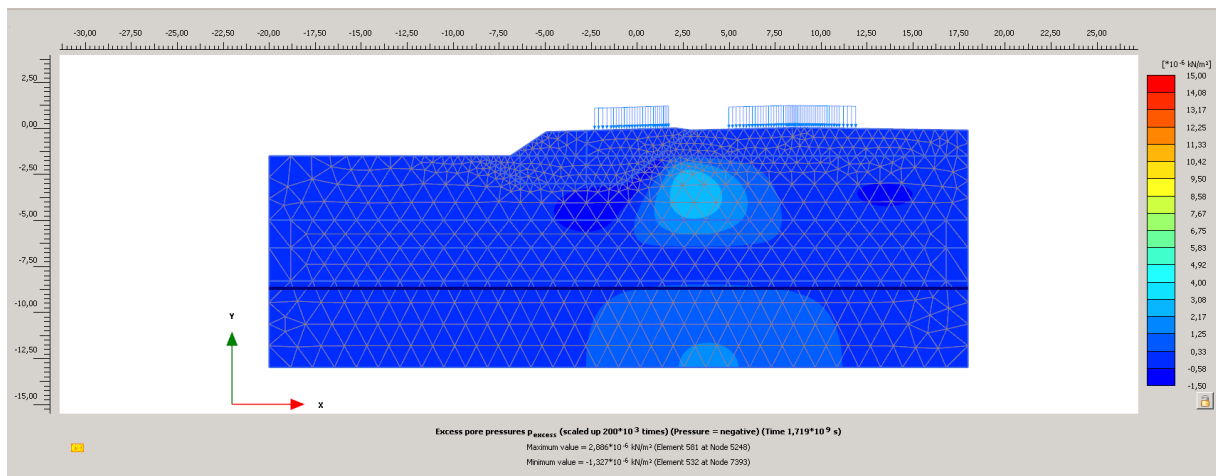


Figura 36 – Sovrappressioni interstiziali [t=12 mesi]

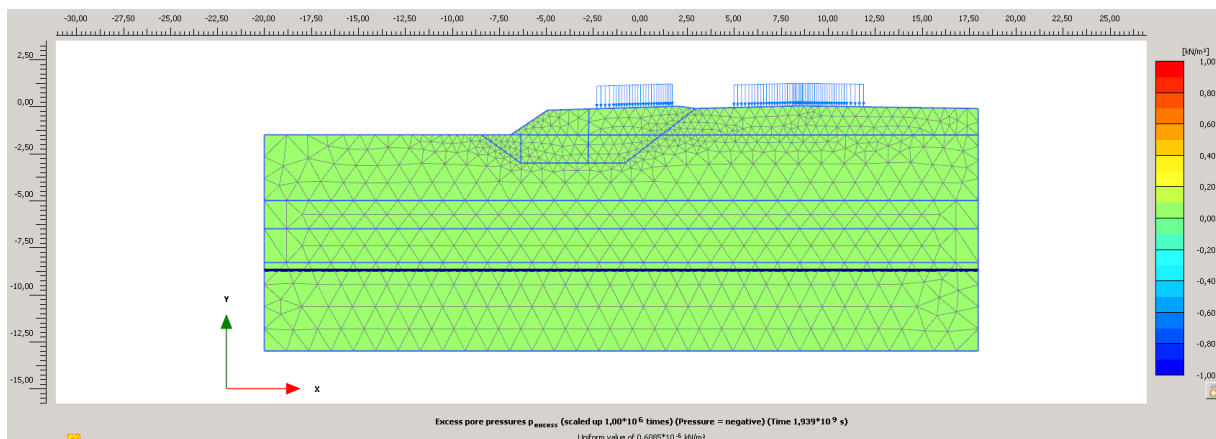


Figura 37 – Sovrappressioni interstiziali [t=10 anni]

Nel grafico seguente viene riportato il cedimento verticale in asse indotto dalla costruzione della Metropolitana di Salerno sulla linea storica (binario di sx) ed il cedimento della linea in progetto in asse a 6 mesi – 10 anni dalla messa in servizio del nuovo rilevato.

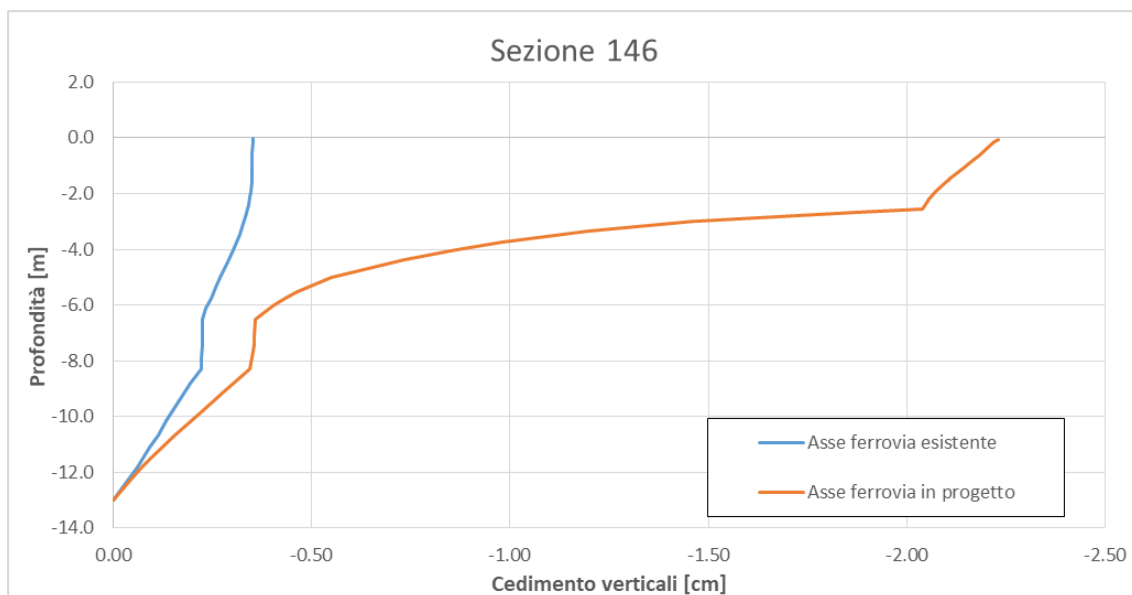


Figura 38 – Cedimento verticale

Nel grafico seguente viene invece riportato il cedimento verticale alla base del rilevato in relazione alla distanza dall'asse ferroviario.

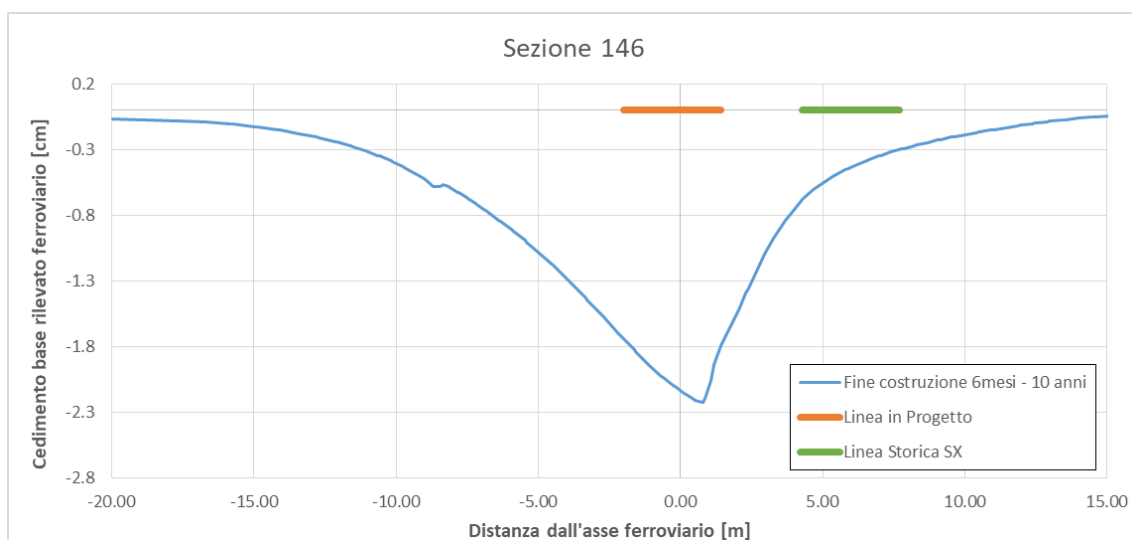


Figura 39 – Cedimento verticale alla base del rilevato

Relativamente alla determinazione del cedimento differenziale tra le due rotaie si osserva che il cedimento differenziale massimo (ovvero il livello trasversale XL) è pari a 3.3 mm, compatibile con l’esercizio della linea, (Figura 40). Tale valore è come detto il valore massimo del cedimento differenziale ed è riferito alla data corrispondente a 10 anni da fine costruzione: per periodi di durata inferiore il valore è necessariamente minore.

Risulta pertanto che i cedimenti indotti dalla realizzazione del nuovo rilevato sul binario dispari della linea Salerno Battipaglia è contenuto nei limiti prescritti e potrà essere gestito con le ordinarie operazioni di manutenzione del binario.

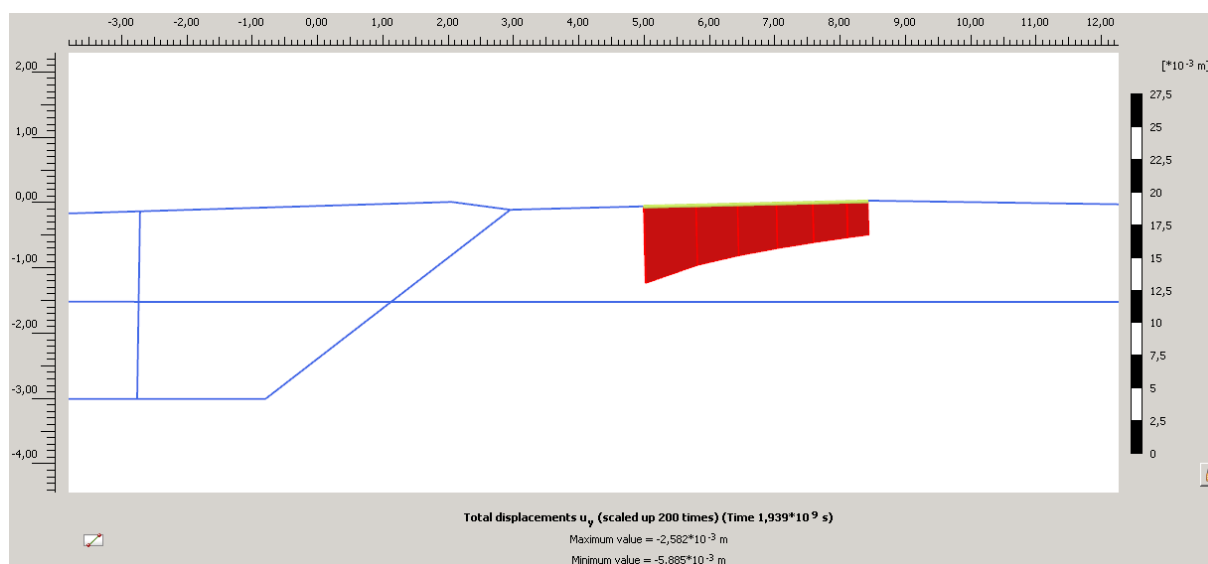


Figura 40 - Cedimenti differenziali rotaie binario in affiancamento linea esistente Salerno-Battipaglia [t=10 anni]

9.5.3 Sezione 158

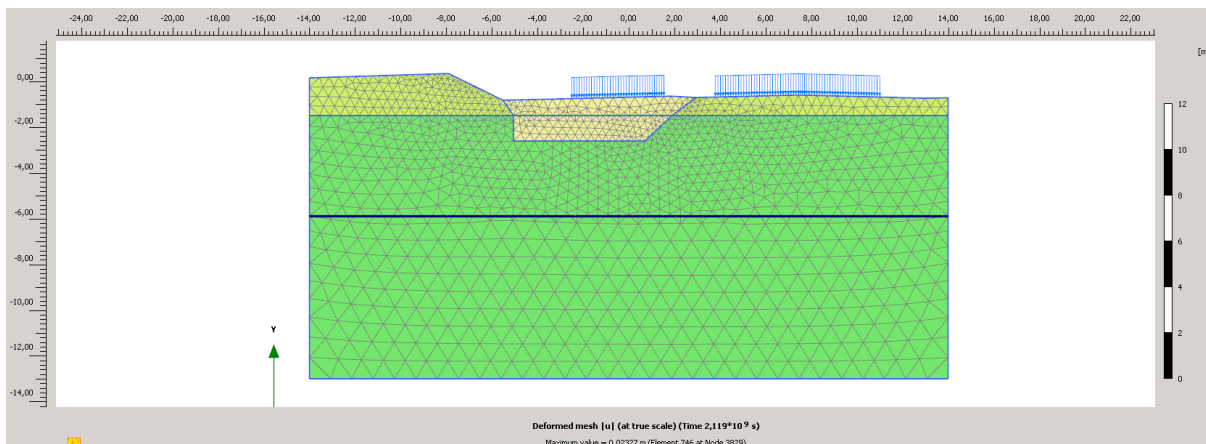


Figura 41 – Modello di calcolo

Dall'analisi ad elementi finiti con il software Plaxis risulta che dopo 12 mesi dall'inizio della messa in opera del rilevato (fase F8) il cedimento è pari a 8.2 mm, mentre il cedimento dopo 10 anni è pari a 8.2 mm. Ne consegue che i cedimenti residui sono pari a 0 mm, ovvero il cedimento avviene completamente prima dei periodi considerati, presumibilmente durante la costruzione stessa del rilevato (viene rispettata la prescrizione del valore limite di 5 cm e inferiori al 10% dei cedimenti teorici di lungo termine).

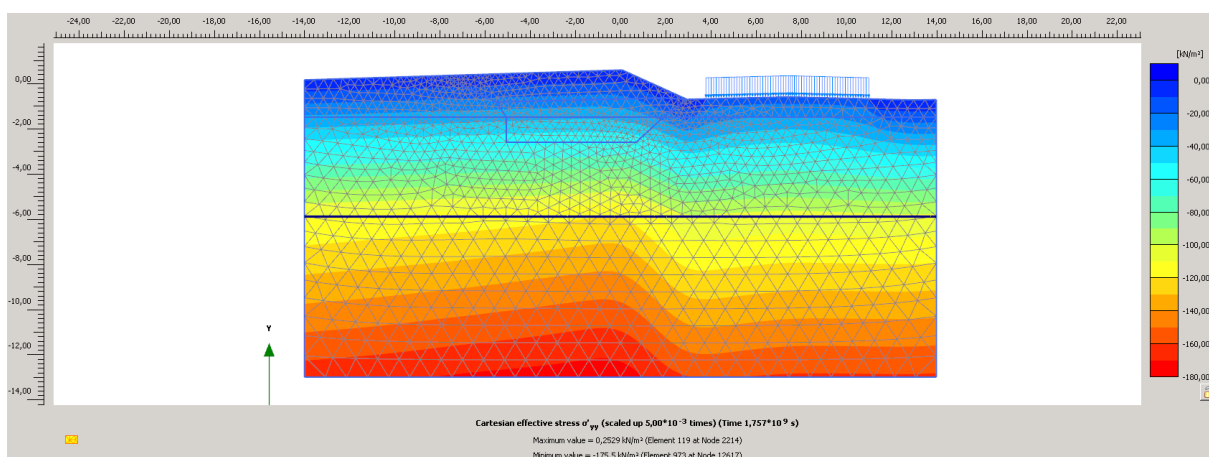


Figura 42 – Condizione geostatica (profilo di sforzo verticale prima della costruzione del rilevato nuovo)

Di seguito è rappresentata la distribuzione degli spostamenti e delle sovrappressioni interstiziali con riferimento ai periodi di cui sopra.

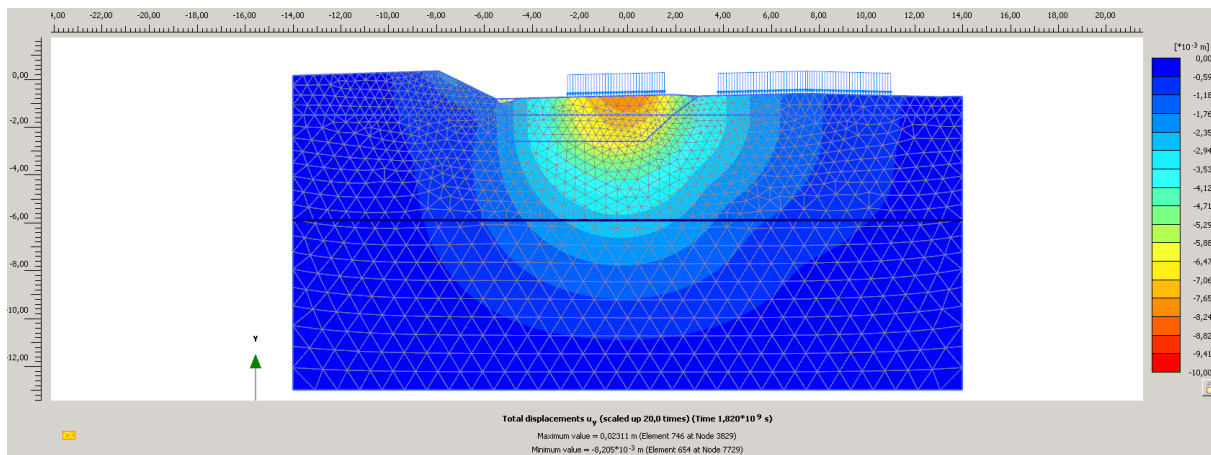


Figura 43 – Cedimenti [t=6 mesi]

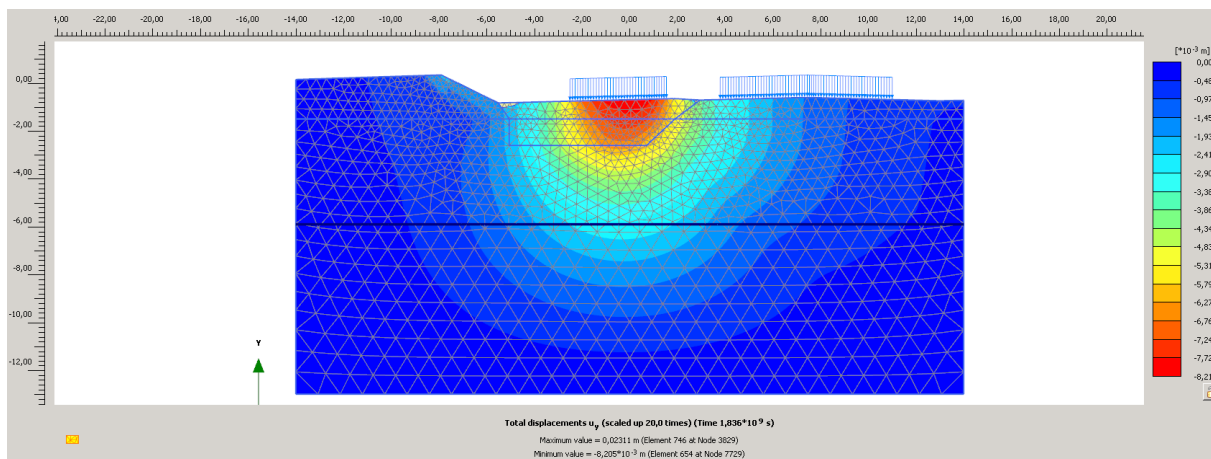


Figura 44 – Cedimenti [t=12 mesi]

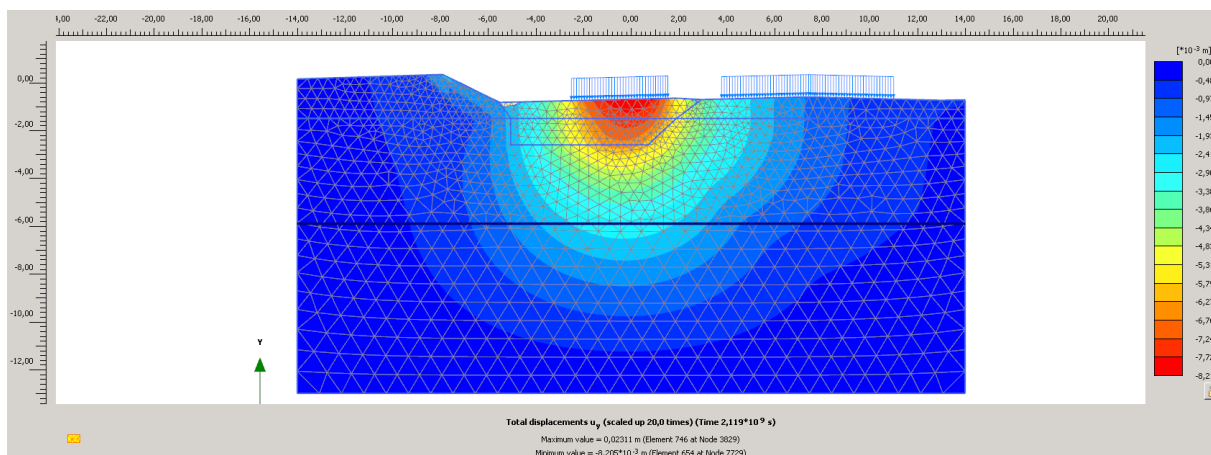


Figura 45 – Cedimenti [t=10 anni]

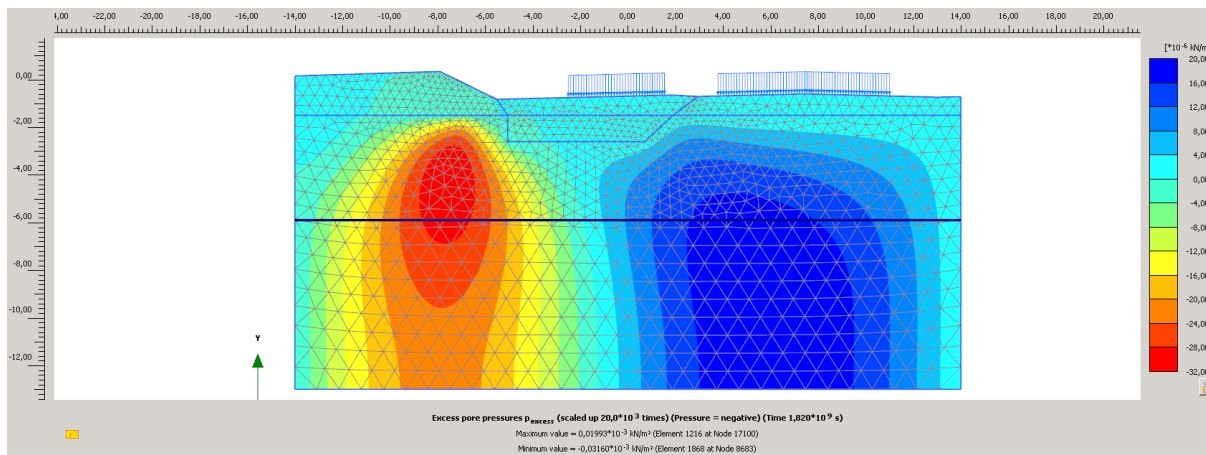


Figura 46 – Sovrappressioni interstiziali [t= 6 mesi]

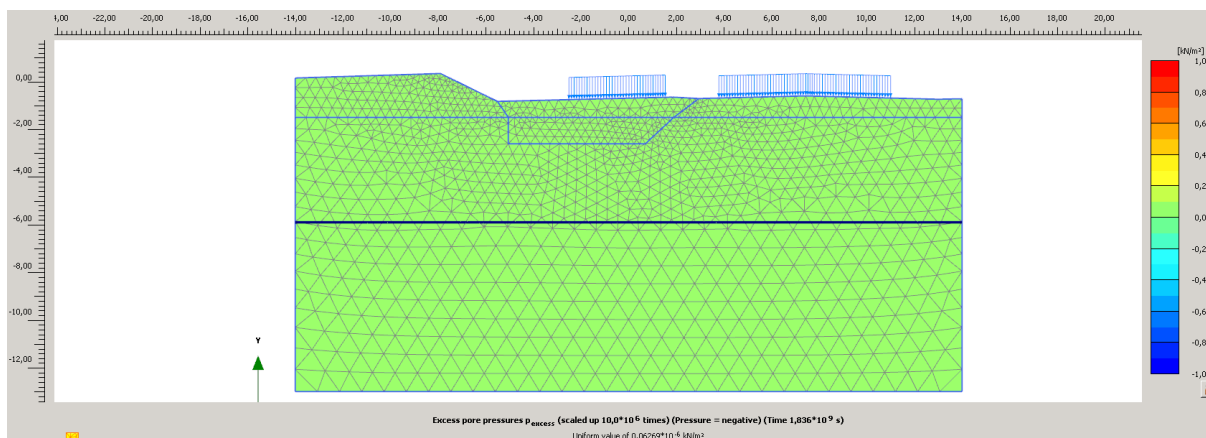


Figura 47 – Sovrappressioni interstiziali [t=12 mesi]

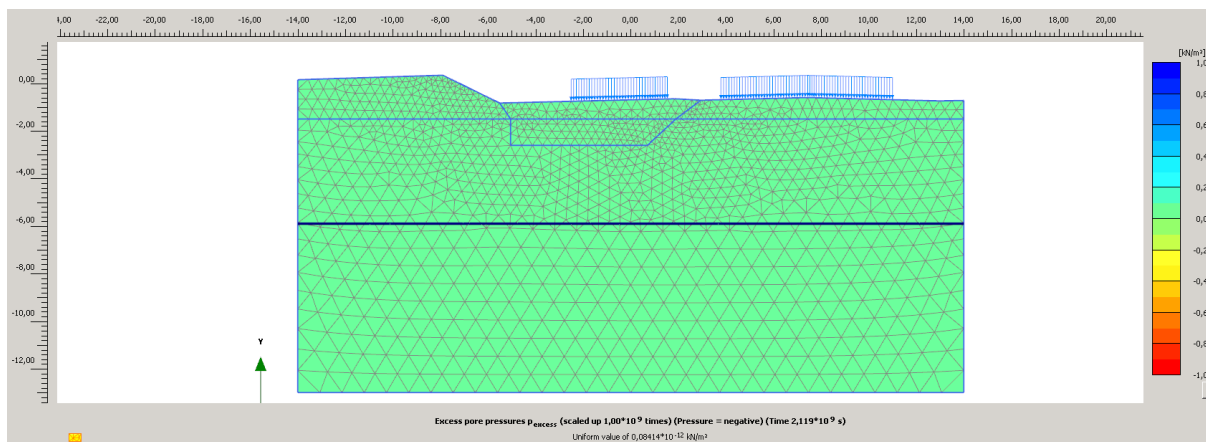


Figura 48 –Sovrappressioni interstiziali [t=10 anni]

Nel grafico seguente viene riportato il cedimento verticale in asse indotto dalla costruzione della Metropolitana di Salerno sulla linea storica (binario di sx) ed il cedimento della linea in progetto in asse a 6 mesi – 10 anni dalla messa in servizio del nuovo rilevato.

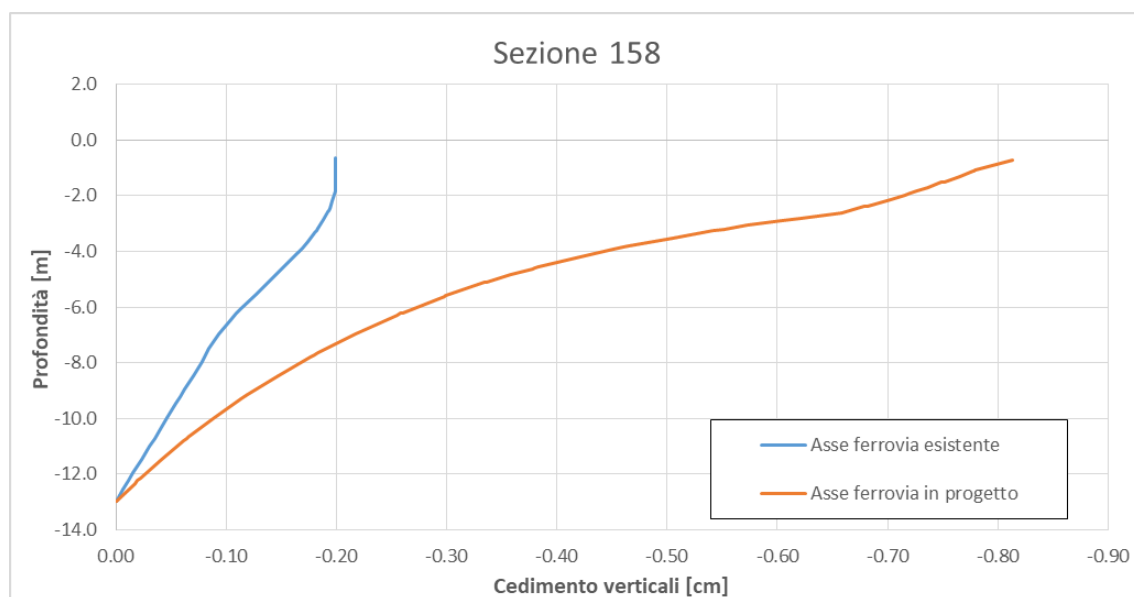


Figura 49 – Cedimento verticale

Nel grafico seguente viene invece riportato il cedimento verticale alla base del rilevato in relazione alla distanza dall'asse ferroviario.

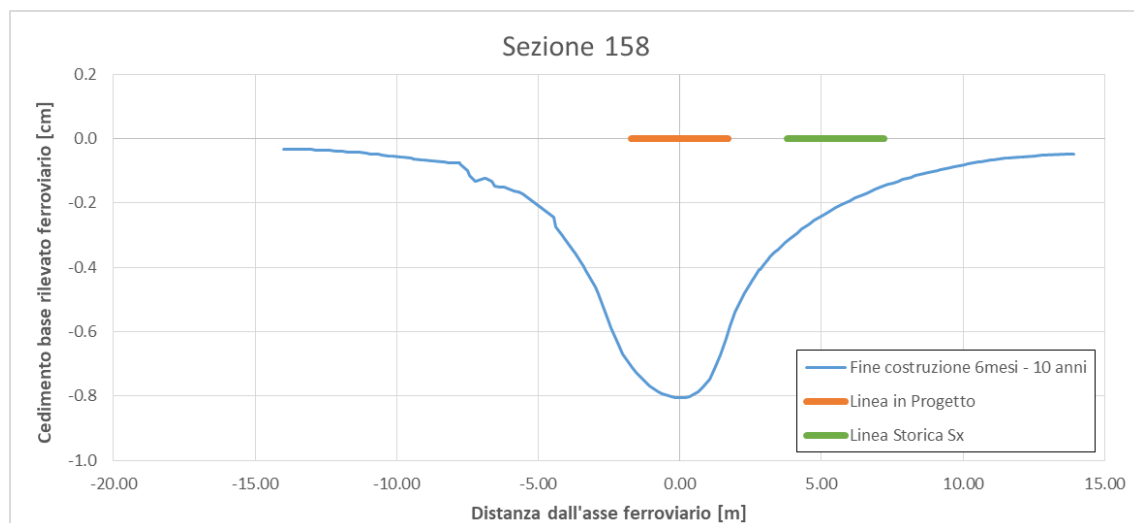


Figura 50 – Cedimento verticale alla base del rilevato

Relativamente alla determinazione del cedimento differenziale tra le due rotaie si osserva che il cedimento differenziale massimo (ovvero il livello trasversale XL) è pari a 1.2 mm, compatibile con l'esercizio della linea (Figura 51). Tale valore è come detto il valore massimo del cedimento differenziale ed è riferito alla data corrispondente a 10 anni da fine costruzione: per periodi di durata inferiore il valore è necessariamente inferiore.

Risulta pertanto che i cedimenti indotti dalla realizzazione del nuovo rilevato sul binario dispari della linea Salerno Battipaglia è contenuto nei limiti prescritti e potrà essere gestito con le ordinarie operazioni di manutenzione del binario.

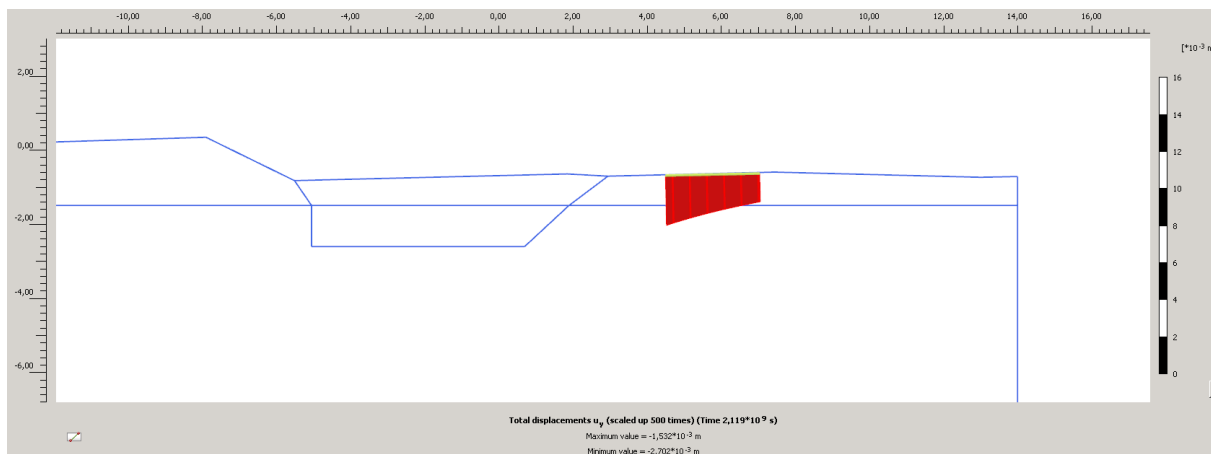


Figura 51 – Cedimenti differenziali rotaie binario in affiancamento linea esistente Salerno-Battipaglia [t=10 anni]



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NODO DI CATANIA
LINEA SALERNO – PONTECAGNANO AEROPORTO
COMPLETAMENTO METROPOLITANA DI SALERNO
TRATTA ARECCHI – PONTECAGNANO AEROPORTO

RILEVATI FERROVIARI
RELAZIONE DI STABILITÀ E CALCOLO CEDIMENTI

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D 78	RH GE0600 002	B	57 di 57

10 MONITORAGGIO

In fase di costruzione del rilevato della Metro Salerno e delle opere lungo linea dovrà essere predisposto un accurato monitoraggio del binario in esercizio finalizzato al controllo delle geometrie dello stesso, almeno con una programmazione settimanale.