

Committente:



AUTOCAMIONALE DELLA CISA S.P.A.

Via Camboara 26/A - Frazione Ponte Taro - 43015 NOCETO (PR)

Impresa Esecutrice:



**AUTOSTRADA DELLA CISA A15
RACCORDO AUTOSTRADALE A15/A22
CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENO-BRENNERO
RACCORDO AUTOSTRADALE FRA L' AUTOSTRADA DELLA CISA-FONTEVIVO (PR)
E L' AUTOSTRADA DEL BRENNERO-NOGAROLE ROCCA (VR). I LOTTO.**

C.U.P. G61B04000060008

C.I.G. 307068161E

PROGETTO ESECUTIVO

AUTOCAMIONALE DELLA CISA S.p.A.

Il Direttore TIBRE:

Il Responsabile del Procedimento:

Il Presidente:

IMPRESA PIZZAROTTI & C. S.p.A.

IMPRESA PIZZAROTTI & C. S.p.A.
Il Direttore Tecnico:

Il Responsabile di Progetto
Dot. Ing. Luca Bondanelli

Il Geologo:

Dott. Geol. Fiorenza Pennino

Ordine dei Geologi della Lombardia n. 2675



PROGETTAZIONE DI:



A.T.I.:



Il Progettista:

Coordinatore per la Sicurezza in fase di Progettazione:

Ing. Giovanni Maria Cepparotti

Ordine degli Ingegneri della Provincia di Viterbo n. 392

Consulenza specialistica a cura di:

Progettista Responsabile Indagini e Progettazione specialistica:

IMPRESA PIZZAROTTI & C. S.p.A.

Ing. Pietro Mazzoli

Ordine degli Ingegneri della Provincia di Parma n. 821

Dot. Ing. PIETRO MAZZOLI
ISCRITTO ORDINE
INGEGNERI PARMA n. 821

Titolo Elaborato:

**Generale
Generale
Generale - Indagini in situ
Relazione sulle indagini dirette**

Data Emissione Progetto:

18/03/2014

Scala:

Identif. Elaborato:

N.RO IDENTIFICATIVO	CODICE COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	AMBITO	CAT OPERA	N OPERA	PARTE OP	TIPO DOC	N PROGR. DOC.	REV.
	RAAA	1	E	R	GE	XX	01	S	RE	001	B

Rev.	Data	DESCRIZIONE REVISIONE	Redatto	Controllato	Approvato
B	10/10/2014	Istruttoria RINA prot. 730 del 08/09/2014 (I indica le parti modificate con l'ultima rev.)	BELLARDO	PENNINO	MAZZOLI
A	27/06/2014	RIEMMISSIONE PROGETTO ESECUTIVO	BELLARDO	PENNINO	MAZZOLI
Rev.	Data	DESCRIZIONE REVISIONE	Redatto	Controllato	Approvato

SOMMARIO

1	Introduzione	5
2	Normative di riferimento.....	6
3	Documenti di riferimento.....	7
3.1	Progetto Definitivo.....	7
3.2	Progetto Esecutivo.....	8
4	Inquadramento generale.....	11
5	Descrizione dell'opera	13
6	INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE.....	14
6.1	Geologia.....	14
6.1.1	Area Emiliana in destra Po.....	14
6.1.2	Litologia di superficie.....	14
6.1.3	Successione litostratigrafica	14
6.2	Geomorfologia	18
6.3	Idrogeologia	20
7	Inquadramento Sismico.....	24
7.1	Macro-zonazione sismica	24
7.1.1	OPCM 3274/2003	24
7.1.2	OPCM 3519/2006	24
7.1.3	Delibera dell'Assemblea legislativa (DAL) n°112 (Emilia Romagna).....	25
7.1.4	NTC 2008	25
7.2	Micro-zonazione sismica	26
7.2.1	Categoria del suolo di fondazione	26
7.2.2	Condizioni topografiche.....	28
8	CAMPAGNE DI INDAGINI PREGRESSE	29
8.1	Campagna geognostica di Progetto Definitivo (2003 – 2005).....	30
8.1.1	Sondaggi a carotaggio continuo	30
8.1.2	Prove penetrometriche statiche.....	31
8.1.3	Pozzetti esplorativi	31
8.1.4	Analisi di laboratorio.....	31
9	Campagna geognostica integrativa (Progetto Esecutivo 2013-2014).....	33
9.1	FINALITA' DI CARATTERE GENERALE	33
9.2	FINALITA' DI CARATTERE SPECIFICO	33
9.2.1	VIADOTTO SUL TORRENTE RECCHIO	34
9.2.2	INTERCONNESSIONE A1-A15 – VIADOTTI RAMI DI SVINCOLO.....	35
9.2.3	INTERCONNESSIONE A1-A15 – GALLERIA ARTIFICIALE	35
9.2.4	PONTE SUL FIUME TARO	36

9.2.5	VIABILITA' ORDINARIA INTERFERITA – CAVALCAVIA ED OPERE DI SOSTEGNO.....	39
9.2.6	FONDAZIONE DEL CORPO STRADALE	39
9.3	Indagini geognostiche	39
9.3.1	Note generali	39
9.3.2	Sondaggi a carotaggio continuo (CC) e campionamento geotecnico nei sondaggi	39
9.3.3	Prelievo di campioni	40
9.3.4	Prove penetrometriche statiche CPTU (PU)	40
9.3.5	Prove di dissipazione	41
9.3.6	Prove penetrometriche statiche CPTU con preforo a distruzione di nucleo (PDP).....	41
9.3.7	Prove penetrometriche dinamiche (SPT)	42
9.3.8	Prove di permeabilità in foro tipo Lefranc	42
9.3.9	Piezometri.....	43
9.3.10	Pozzetti esplorativi	43
9.3.11	Prove di carico su piastra.....	44
9.4	Prove di laboratorio.....	45
9.5	STABILIZZAZIONE A CALCE/CEMENTO DEI TERRENI – STUDIO MISCELE SPERIMENTALI 47	
9.5.1	Indicazioni da Progetto Definitivo	47
9.5.2	Prove di laboratorio per lo studio delle miscele.....	47
9.5.3	Identificazione del terreno	49
9.5.4	Studio delle miscele sperimentali.....	49
9.5.5	Requisiti prestazionali delle miscele.....	50
9.6	AGGRESSIVITA' DEI TERRENI	51
10	Conclusioni	52
11	Allegato A - Quadro descrittivo indagini Geognostiche – Geofisiche.....	53
12	ALLEGATO B – SONDAGGI GEOGNOSTICI CC – DETTAGLIO PROVE IN FORO E STRUMENTAZIONE	57
13	ALLEGATO E – PROVE DI LABORATORIO SU CAMPIONI INDISTURBATI.....	60

1 Introduzione

Oggetto della presente relazione tecnica è la descrizione delle indagini geognostiche integrative condotte nel periodo settembre 2013 – febbraio 2014, finalizzate alla definizione del modello geologico, geotecnico ed idrogeologico di riferimento nell'ambito della progettazione esecutiva del 1° lotto del Raccordo autostradale A15/A22.

Dopo un inquadramento geologico, geomorfologico, idrogeologico e sismico generale dell'ambito di indagine ed una sintetica rassegna delle Campagne di Indagini pregresse, saranno illustrate le indagini geognostiche dirette svolte con particolare attenzione agli aspetti, sia di carattere generale che specifico, che sono stati affrontati negli approfondimenti progettuali condotti in sede di Progetto Esecutivo.

Sono presentate le principali specifiche operative delle indagini geognostiche dirette unitamente all'inquadramento dello studio sperimentale delle miscele terra-calce finalizzato alla progettazione esecutiva della stabilizzazione a calce dei piani di posa dei rilevati. E' data infine indicazione delle prove di caratterizzazione chimica da attuarsi ai fini della valutazione della aggressività dei terreni nei confronti delle strutture interrato.

La presente relazione, che fa parte integrante del Progetto Esecutivo, si rimanda ai seguenti documenti per una miglior comprensione dei temi trattati:

- RAAA1ERGEXX01SRE001A Relazione sulle indagini dirette
- RAAA1ERGEXX01SRE002A Relazione sulle indagini indirette
- RAAA1ERGEXX01SRE003A Risultati campagna geognostica integrativa 2013
- RAAA1ERGEXX01SRE004A Certificati delle prove di laboratorio CC01 – CC07
- RAAA1ERGEXX01SRE005A Certificati delle prove di laboratorio CC08 – CC13
- RAAA1ERGEXX01SRE006A Certificati delle prove di laboratorio CC14 – CC18
- RAAA1ERGEXX01SRE007A Certificati delle prove di laboratorio CC19 – CC23
- RAAA1ERGEXX01SRE008A Certificati delle prove di laboratorio CC24 – CC28
- RAAA1ERGEXX01SPL001A Planimetria con ubicazione indagini in sito - Tav. 1/4
- RAAA1ERGEXX01SPL002A Planimetria con ubicazione indagini in sito - Tav. 2/4
- RAAA1ERGEXX01SPL003A Planimetria con ubicazione indagini in sito - Tav. 3/4
- RAAA1ERGEXX01SPL004A Planimetria con ubicazione indagini in sito - Tav. 4/4

2 Normative di riferimento

Nel progetto si è fatto riferimento alle seguenti Normative ed Istruzioni.

- Decreto Ministeriale 14.01.2008 - Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC2008).
- Circolare n°617 del 02.02.09 - Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni (NTC2008).
- D.M. 11/03/88 - Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.
- Legge n. 109 del 11 febbraio 1994
- Circ. Min. 24/09/88 n.30483 - Norme tecniche per terreni e fondazioni: istruzioni applicative del D.M. 11/3/1988.
- RAAA-AMM-PDG1-03-01-01: Capitolato speciale d'appalto del Progetto Definitivo – Allegato D: specifiche prestazionali per la redazione del Progetto Esecutivo (Cap. 3 – Indagini geognostiche)

3 Documenti di riferimento

3.1 Progetto Definitivo

- RAAA.ATST.PDG1.02.01.01.01 - PLANIMETRIA CON UBICAZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE – SCALA 1:5.000 - TAV. 1/3
- RAAA.ATST.PDG1.02.01.01.02 - PLANIMETRIA CON UBICAZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE – SCALA 1:5.000 - TAV. 2/3
- RAAA.ATST.PDG1.02.01.01.03 - PLANIMETRIA CON UBICAZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE – SCALA 1:5.000 - TAV. 3/3
- RAAA/ATST/PDG1.02.01.02 - RISULTATI INDAGINE GEOGNOSTICA: PROVE PENETROMETRICHE A PUNTA MECCANICA CAMPAGNA INDAGINI 1986
- RAAA/ATST/PDG1.02.01.03 - RISULTATI INDAGINE GEOGNOSTICA: PROVE PENETROMETRICHE A PUNTA MECCANICA CAMPAGNA INDAGINI 1998
- RAAA/ATST/PDG1.02.01.04 - RISULTATI INDAGINE GEOGNOSTICA: PROVE PENETROMETRICHE A PUNTA ELETTRICA CAMPAGNA INDAGINI 2003
- RAAA/ATST/PDG1.02.01.05 - RISULTATI INDAGINE GEOGNOSTICA: PROVE PENETROMETRICHE A PUNTA ELETTRICA CAMPAGNA INDAGINI 2005
- RAAA/ATST/PDG1.02.01.06 - RISULTATI INDAGINE GEOGNOSTICA: STRATIGRAFIE SONDAGGI CAMPAGNA INDAGINI 1986
- RAAA/ATST/PDG1.02.01.07 - RISULTATI INDAGINE GEOGNOSTICA: STRATIGRAFIE SONDAGGI CAMPAGNA INDAGINI 2001
- RAAA/ATST/PDG1.02.01.08 - RISULTATI INDAGINE GEOGNOSTICA: STRATIGRAFIE SONDAGGI CAMPAGNA INDAGINI 2003
- RAAA/ATST/PDG1.02.01.09 - RISULTATI INDAGINE GEOGNOSTICA: STRATIGRAFIE SONDAGGI CAMPAGNA INDAGINI 2005
- RAAA/ATST/PDG1.02.01.10 - RISULTATI INDAGINE GEOGNOSTICA: POZZETTI ESPLORATIVI CAMPAGNA INDAGINI 2003
- RAAA/ATST/PDG1.02.01.11 - RISULTATI INDAGINE GEOGNOSTICA: POZZETTI ESPLORATIVI CAMPAGNA INDAGINI 2005
- RAAA/ATST/PDG1.02.01.13 - RISULTATI INDAGINE GEOGNOSTICA: INDAGINI SISMICHE CAMPAGNA INDAGINI 2005
- RAAA/ATST/PDG1.02.01.13.01 - RISULTATI INDAGINE GEOGNOSTICA: ANALISI DI LABORATORIO CAMPAGNA INDAGINI 2003 - 1/4
- RAAA/ATST/PDG1.02.01.13.02 - RISULTATI INDAGINE GEOGNOSTICA: ANALISI DI LABORATORIO CAMPAGNA INDAGINI 2003 - 2/4
- RAAA/ATST/PDG1.02.01.13.03 - RISULTATI INDAGINE GEOGNOSTICA: ANALISI DI LABORATORIO CAMPAGNA INDAGINI 2003 - 3/4
- RAAA/ATST/PDG1.02.01.13.04 - RISULTATI INDAGINE GEOGNOSTICA: ANALISI DI LABORATORIO CAMPAGNA INDAGINI 2003 - 4/4
- RAAA/ATST/PDG1.02.01.14.01 - RISULTATI INDAGINE GEOGNOSTICA: ANALISI DI LABORATORIO CAMPAGNA INDAGINI 2005 - 1/5
- RAAA/ATST/PDG1.02.01.14.02 - RISULTATI INDAGINE GEOGNOSTICA: ANALISI DI LABORATORIO CAMPAGNA INDAGINI 2005 - 2/5
- RAAA/ATST/PDG1.02.01.14.03 - RISULTATI INDAGINE GEOGNOSTICA: ANALISI DI LABORATORIO CAMPAGNA INDAGINI 2005 - 3/5
- RAAA/ATST/PDG1.02.01.14.04 - RISULTATI INDAGINE GEOGNOSTICA: ANALISI DI LABORATORIO CAMPAGNA INDAGINI 2005 - 4/5
- RAAA/ATST/PDG1.02.01.14.05 - RISULTATI INDAGINE GEOGNOSTICA: ANALISI DI LABORATORIO CAMPAGNA INDAGINI 2005 - 5/5

- RAAA.ATST.PDG1.03.01.02 - CARTA GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA – SCALA 1:100.000
- RAAA.ATST.PDG1.03.01.03 - CARTA IDROGEOLOGICA – SCALA 1:100.000
- RAAA.ATST.PDG1.03.01.04.01 - CARTA DELLA LITOLOGIA DI SUPERFICIE (TAV. 1/3)
- RAAA.ATST.PDG1.03.01.04.02 - CARTA DELLA LITOLOGIA DI SUPERFICIE (TAV. 2/3)
- RAAA.ATST.PDG1.03.01.04.03 - CARTA DELLA LITOLOGIA DI SUPERFICIE (TAV. 3/3)
- RAAA.ATST.PDG1.03.01.05.01 - PROFILO GEOLOGICO (TAV. 1/3)
- RAAA.ATST.PDG1.03.01.05.02- PROFILO GEOLOGICO (TAV. 2/3)
- RAAA.ATST.PDG1.03.01.05.03- PROFILO GEOLOGICO (TAV. 3/3)
- RAAA.ATST.PDG1.03.01.06.01 - CARTA GEOMORFOLOGICA (TAV. 1/3)
- RAAA.ATST.PDG1.03.01.06.02- CARTA GEOMORFOLOGICA (TAV. 2/3)
- RAAA.ATST.PDG1.03.01.06.03- CARTA GEOMORFOLOGICA (TAV. 3/3)
- RAAA.ATST.PDG1.03.01.07.01 - CARTA IDROGEOLOGICA (TAV. 1/3)
- RAAA.ATST.PDG1.03.01.07.02- CARTA IDROGEOLOGICA (TAV. 2/3)
- RAAA.ATST.PDG1.03.01.07.03- CARTA IDROGEOLOGICA (TAV. 3/3)
- RAAA.ATST.PDG1.03.01.08.01 – INNESTO A1 – CARTA DELLA LITOLOGIA DI SUPERFICIE
- RAAA.ATST.PDG1.03.01.08.02 – INNESTO A1 – PROFILO GEOLOGICO
- AAA.ATST.PDG1.03.01.09.01 – PONTE SUL TARO - CARTA DELLA LITOLOGIA DI SUPERFICIE
- RAAA.ATST.PDG1.03.01.09.02 – PONTE SUL TARO – PROFILO GEOLOGICO
- RAAA.ATST.PDG1.03.01.17 – VARIANTE SP10 ALL’ABITATO DI VIAROLO – PROFILO GEOLOGICO
- RAAA.ATST.PDG1.03.01.18 – RACCORDO AUTOSTAZIONE TRECASALI-TERRE VERDIANE - ROTATORIA SP 10 – PROFILO GEOLOGICO
- RAAA.ATST.PDG1.03.01.19 – COLLEGAMENTO S.P. PADANA OCCIDENTALE – STRADA NUOVA DEI PRATI, VIABILITÀ DI SERVIZIO N.C. – PROFILO GEOLOGICO

3.2 Progetto Esecutivo

- RAAA1ERGEXX01SRE001A Relazione sulle indagini dirette
- RAAA1ERGEXX01SRE002A Relazione sulle indagini indirette
- RAAA1ERGEXX01SRE003A Risultati campagna geognostica integrativa 2013
- RAAA1ERGEXX01SRE004A Certificati delle prove di laboratorio
- RAAA1ERGEXX01SPL001A Planimetria con ubicazione indagini in sito - Tav. 1/4
- RAAA1ERGEXX01SPL002A Planimetria con ubicazione indagini in sito - Tav. 2/4
- RAAA1ERGEXX01SPL003A Planimetria con ubicazione indagini in sito - Tav. 3/4
- RAAA1ERGEXX01SPL004A Planimetria con ubicazione indagini in sito - Tav. 4/4
- RAAA1ERGEXX01ORE001A Relazione Geologica
- RAAA1ERGEXX01ORE002A Relazione Idrogeologica
- RAAA1ERGEXX01OPL001A Carta Geologica - Litologica - Tav. 1/4
- RAAA1ERGEXX01OPL002A Carta Geologica - Litologica - Tav. 2/4
- RAAA1ERGEXX01OPL003A Carta Geologica - Litologica - Tav. 3/4
- RAAA1ERGEXX01OPL004A Carta Geologica - Litologica - Tav. 4/4
- RAAA1ERGEXX01OPL005A Carta Geomorfologica - Tav. 1/4
- RAAA1ERGEXX01OPL006A Carta Geomorfologica - Tav. 2/4
- RAAA1ERGEXX01OPL007A Carta Geomorfologica - Tav. 3/4

- RAAA1ERGEXX01OPL008A Carta Geomorfologica - Tav. 4/4
- RAAA1ERGEXX01OPL009A Carta Idrogeologica - Tav. 1/4
- RAAA1ERGEXX01OPL010A Carta Idrogeologica - Tav. 2/4
- RAAA1ERGEXX01OPL011A Carta Idrogeologica - Tav. 3/4
- RAAA1ERGEXX01OPL012A Carta Idrogeologica - Tav. 4/4
- RAAA1ERGEXX01OPG001A Profilo Geologico - Asse principale - Tav. 1/8
- RAAA1ERGEXX01OPG002A Profilo Geologico - Asse principale - Tav. 2/8
- RAAA1ERGEXX01OPG003A Profilo Geologico - Asse principale - Tav. 3/8
- RAAA1ERGEXX01OPG004A Profilo Geologico - Asse principale - Tav. 4/8
- RAAA1ERGEXX01OPG005A Profilo Geologico - Asse principale - Tav. 5/8
- RAAA1ERGEXX01OPG006A Profilo Geologico - Asse principale - Tav. 6/8
- RAAA1ERGEXX01OPG007A Profilo Geologico - Asse principale - Tav. 7/8
- RAAA1ERGEXX01OPG008A Profilo Geologico - Asse principale - Tav. 8/8
- RAAA1ERGEXX01OPG009A Profilo Geologico - Interconnessione ramo A
- RAAA1ERGEXX01OPG010A Profilo Geologico - Interconnessione ramo B
- RAAA1ERGEXX01OPG011A Profilo Geologico - Interconnessione ramo C1
- RAAA1ERGEXX01OPG012A Profilo Geologico - Interconnessione ramo C2
- RAAA1ERGEXX01OPG013A Profilo Geologico - Interconnessione ramo CF
- RAAA1ERGEXX01OPG014A Profilo Geologico - Interconnessione ramo D
- RAAA1ERGEXX01OPG015A Profilo Geologico - Interconnessione ramo E
- RAAA1ERGEXX01OPG016A Profilo Geologico - Interconnessione ramo F1
- RAAA1ERGEXX01OPG017A Profilo Geologico - Interconnessione ramo F2
- RAAA1ERGEXX01OPG018A Profilo Geologico - Interconnessione ramo G
- RAAA1ERGEXX01OPG019A Profilo Geologico - Interconnessione ramo H
- RAAA1ERGEXX01OSZ001A Sezioni geologiche interpretative - Tav. 1/5
- RAAA1ERGEXX01OSZ002A Sezioni geologiche interpretative - Tav. 2/5
- RAAA1ERGEXX01OSZ003A Sezioni geologiche interpretative - Tav. 3/5
- RAAA1ERGEXX01OSZ004A Sezioni geologiche interpretative - Tav. 4/5
- RAAA1ERGEXX01OSZ005A Sezioni geologiche interpretative - Tav. 5/5
- RAAA1ERAPGS01EPG001A Profilo Geologico - Carreggiata NORD - Tav. 1/2
- RAAA1ERAPGS01EPG002A Profilo Geologico - Carreggiata NORD - Tav. 2/2
- RAAA1ERAPGS01EPG003A Profilo Geologico - Carreggiata SUD - Tav. 1/2
- RAAA1ERAPGS01EPG004A Profilo Geologico - Carreggiata SUD - Tav. 2/2
- RAAA1ERAPGA01EPG001A Galleria artificiale e strutture di imbocco - Profilo geologico
- RAAA1ERAPPV01EPG001A Profilo geologico
- RAAA1ERAPPV02EPG001A Profilo geologico
- RAAA1ERAPPV03EPG001A Profilo geologico
- RAAA1ERAPPV04EPG001A Profilo geologico
- RAAA1ERAPCA01EPG001A Profilo geologico
- RAAA1ERAPCA02EPG001A Profilo geologico
- RAAA1ERAPCA03EPG001A Profilo geologico
- RAAA1ERAPCA04EPG001A Profilo geologico
- RAAA1ERAPCA05EPG001A Profilo geologico
- RAAA1ERAPCA06EPG001A Profilo geologico
- RAAA1ERAPCA07EPG001A Profilo geologico
- RAAA1ERAPCA08EPG001A Profilo geologico

- RAAA1ERAPCA09EPG001A Profilo geologico
- RAAA1ERGEXX01DRE001A Relazione sismica
- RAAA1ERGEXX01DPL001A Planimetria con classificazione sismica del territorio - Tav. 1/4
- RAAA1ERGEXX01DPL002A Planimetria con classificazione sismica del territorio - Tav. 2/4
- RAAA1ERGEXX01DPL003A Planimetria con classificazione sismica del territorio - Tav. 3/4
- RAAA1ERGEXX01DPL004A Planimetria con classificazione sismica del territorio - Tav. 4/4

4 Inquadramento generale

Il progetto del "Raccordo autostradale A15/A22 Corridoio plurimodale Tirreno-Brennero Raccordo autostradale tra l'Autostrada della Cisa – Fontevivo (PR) e l'Autostrada del Brennero – Nogarole Rocca (VR) – I Lotto" s'inserisce nell'ambito del Raccordo tra la A15 "Autostrada della Cisa" e la A22 "Autostrada del Brennero" della lunghezza complessiva di circa Km 85, con inizio nel Comune di Fontevivo (PR) e termine nel Comune di Nogarole Rocca (VR), e ne costituisce esattamente il primo tratto.

Con deliberazione n° 2 del 22 gennaio 2010 pubblicata sulla Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana in data 8/11/2010, il C.I.P.E. (Comitato Interministeriale per la Programmazione Economica) ha approvato con prescrizioni e raccomandazioni il Progetto Definitivo presentato da Autocamionale della Cisa S.p.A. del <<Raccordo Autostradale Autostrada A15 della Cisa – Autostrada A22 del Brennero Fontevivo (PR) – Nogarole Rocca (VR)>>: 1^ lotto funzionale <<Fontevivo-Trecasali/Terre Verdiane>>.

Successivamente, Autocamionale della Cisa S.p.A. ha aggiornato il Progetto (Raccordo Autostradale Autostrada della Cisa A15- Autostrada del Brennero A22 Fontevivo (PR) – Nogarole Rocca (VR). I Lotto: da Fontevivo (PR) all'autostazione "Trecasali-Terre Verdiane" ed opere accessorie; PDG1 agg. novembre 2010), recependo le prescrizioni C.I.P.E., e lo ha trasmesso al Concedente ANAS S.p.A. per la relativa approvazione.

Il Progetto così aggiornato, è stato approvato da ANAS S.p.A., con prescrizioni e raccomandazioni, con provvedimento Prot. CDG-0074756-P del 24/5/2011, avente ad oggetto il "Raccordo autostradale A15/A22. Corridoio plurimodale Tirreno-Brennero. Raccordo autostradale tra l'autostrada della Cisa – Fontevivo (PR) e l'Autostrada del Brennero – Nogarole Rocca (VR) – I Lotto. Progetto Definitivo".

I lavori oggetto del presente appalto riguardano le opere di cui al Progetto PDG1 agg. novembre 2010 approvato dalla Concedente ANAS S.p.A., escluse le seguenti opere (o tratti di opere) del Protocollo di Intesa stipulato da Autocamionale della Cisa S.p.A. con la Provincia di Parma in data 11/7/2005.

- PR03:Collegamento S.P. Trecasali/Torriale – S.P. Padana Occidentale;
- PR05:Collegamento S.P: Padana Occidentale – Strada Nuova dei Prati;
- PR01:Raccordo S.P. 10 – Autostazione Trecasali – Terre Verdiane, limitatamente ai tratti non in affiancamento al Raccordo autostradale.

I lavori oggetto del presente appalto consistono sinteticamente in:

- a) Tratta autostradale compresa tra l'Autostrada della Cisa A15 in Comune di Fontevivo (PR) e l'Autostazione Trecasali-Terre Verdiane in Comune di Trecasali (PR), della lunghezza complessiva di km 9,500 circa, di cui km 2,350 circa consistenti nel risezionamento dell'Autostrada della Cisa A15 esistente a sud dell'interconnessione con l'Autostrada del Sole A1, comprensiva degli svincoli di:

- Interconnessione con l'Autostrada del Sole A1;
- Svincolo di autostazione "Trecasali-Terre Verdiane";

La tratta attraversa i seguenti Comuni in Provincia di Parma: Fontevivo, Fontanellato, Parma, Trecasali.

b) Opere di viabilità ordinaria e locale accessorie alla tratta autostradale:

- Variante S.P. 10 all'abitato di Viarolo in Provincia di Parma-Comuni di Parma e Trecasali;
- Raccordo Autostazione Trecasali-Terre Verdiane e Rotatoria S.P. 10 in Provincia di Parma-Comune di Trecasali;
- Opera prevista nel Protocollo di Intesa con la Provincia di Parma siglato in data 11/7/2005: PR01-Raccordo S.P. 10 – Autostazione Trecasali-Terre Verdiane in Provincia di Parma-Comune di Trecasali, limitatamente al tratto in affiancamento al Raccordo Autostradale;
- Varianti alla viabilità ordinaria (strade provinciali, strade comunali, strade poderali) interferita dal Raccordo autostradale, più specificatamente:
 - Strada Comunale di Bianconese – Variante sull'Autostrada A1 ;
 - Viabilità d'accesso Synthesis S.p.A. – Variante alla progr. 0+248.77;
 - S.P. n° 10 di Cremona – Variante alla progr. 3+378.07 ;
 - Via Grande (Strada Roncocampocanneto) – Variante alla progr. 4+000.00;
 - S.C. Edugara dei Ronchi (Via Fienil Bruciato) – Variante alla progr. 5+760.53;
 - Asse Viario Cispadano: Tratto di collegamento dal casello di Trecasali-Terre Verdiane – Variante alla progr. 6+652,00;

- Viabilità della larghezza di 4,00 m (controstrade) previste a lato dell'autostrada, che svolgono funzioni di piste di cantiere durante l'esecuzione dei lavori e successivamente rimarranno a servizio dell'Autostrada stessa ovvero della viabilità locale privata o pubblica.

5 Descrizione dell'opera

Il progetto del collegamento tra l'Autostrada del Brennero e l'Autostrada della Cisa interessa una vasta area pianeggiante che si sviluppa dall'interconnessione con l'A1, in località Fontevivo (PR), a quella del casello Autostradale Trecasali-Terre Verdiane nel territorio comunale di Trecasali, in Emilia-Romagna.

Di seguito si elencano i comuni interessati dai differenti interventi di progetto, ovvero il Raccordo Autostradale e gli Interventi di Compensazione ambientale.

Nella seguente tabella si elencano i comuni interessati dal Raccordo Autostradale e viabilità di servizio e di cantiere:

Comune	Provincia	Regione
Parma	Parma	Emilia Romagna
Fontevivo		
Fontanellato		
Trecasali		
Sissa		

I comuni interessati dalle Opere Complementari sono i seguenti:

Opere Complementari	Comune	Provincia	Regione
Variante S.P.10 all'abitato di Viarolo	Parma	Parma	Emilia Romagna
	Trecasali		
Raccordo Autostazione Trecasali –Terre Verdiane Rotatoria S.P.10	Trecasali		

I comuni interessati dalle Opere di Compensazione Ambientale sono i seguenti:

Opera	Ambito di compensazione	Comune	Provincia	Regione
Tracciato autostradale	Ambito fluviale del Taro	Trecasali	Parma	Emilia Romagna

La nuova autostrada si sviluppa per una lunghezza complessiva di circa Km 9,5 di cui km 2+350 di adeguamento dell'attuale tracciato dell'autostrada A15, a sud dell'interconnessione con l'autostrada A1, e Km 7+150 di nuova realizzazione (tale valore è calcolato dall'asse d'intersezione con la A1); il raccordo autostradale ha inizio nel Comune di Fontevivo (PR), a sud dell'interconnessione con l'autostrada A1, e termina nel Comune di Trecasali (PR), includendo anche la viabilità di cantiere.

La sezione trasversale adottata è quella prevista per le Autostrade di categoria "A" dal Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 5 novembre 2001, la cui piattaforma comprende 2 corsie da m 3,75 e corsia di emergenza di m 3,00 per senso di marcia e margine interno di m 4,00. La geometria trasversale della sezione autostradale presenta una larghezza complessiva minima di 25 m ed è predisposta per un eventuale futuro ampliamento a 3+3 corsie di marcia. Ai lati dell'Autostrada sono previste, esternamente alle recinzioni che delimitano le fasce di pertinenza dell'Autostrada stessa, due strade di servizio di 4 m ciascuna, con funzione di piste di cantiere, nella fase di costruzione dell'infrastruttura e successivamente oggetto di potenziale riconversione funzionale a viabilità di servizio dell'Autostrada ovvero della rete interpodereale locale.

6 INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE

6.1 Geologia

L'area interessata dal tracciato è compresa nel settore centrale della Pianura Padana, un esteso bacino subsidente che iniziò a delinearsi quando emersero prima la catena Alpina poi quella Appenninica, di cui la Pianura rappresenta le rispettive avanfosse. Strutturalmente il basamento di tale bacino presenta due situazioni differenti a N e a S del Po. Il settore meridionale è caratterizzato dal fronte Appenninico esterno che si esplica in tre grandi archi (Monferrato, Emiliano, Ferrarese). La parte settentrionale è rappresentata da un'ampia monoclinale che si approfondisce dal margine Alpino fino ai 7500 m del depocentro, posto poco a Nord di Reggio Emilia.

6.1.1 Area Emiliana in destra Po

Lo schema strutturale della pianura emiliana ed in particolare dell'area della bassa Parmense, è caratterizzato da due distinti fasci di thrusts a vergenza appenninica: il Fronte di accavallamento esterno (E.T.F.) definisce il limite della catena sepolta; il Fronte di accavallamento appenninico (P.T.F.) definisce il limite della catena affiorante. Nella porzione di pianura Parmense considerata rientra la struttura anticlinale individuata dall'allineamento Monticelli Terme – Stradella – Fontevivo, struttura intersecata trasversalmente dalla linea tettonica del Taro che determina in pianta un'inarcamento delle linee dei thrusts.

L'evoluzione della pianura Parmense risulta controllata sia dall'attività geodinamica che dalle variazioni climatiche del Pleistocene, tanto che la configurazione attuale dell'intera successione alluvionale deriva dalla deformazione di quella intercorsa durante la sedimentazione. Le più chiare testimonianze di questi processi, a cui è riconducibile la morfologia del margine appenninico in generale, sono costituite dalle geometrie terrazzate dei depositi continentali affioranti nella fascia pedecollinare. Nell'area in studio i terreni direttamente interessati dalle opere in progetto appartengono alle Alluvioni antiche e recenti del post glaciale (Olocene), i depositi del substrato marino sono rilevabili a profondità variabili tra 350 e 500 m.

6.1.2 Litologia di superficie

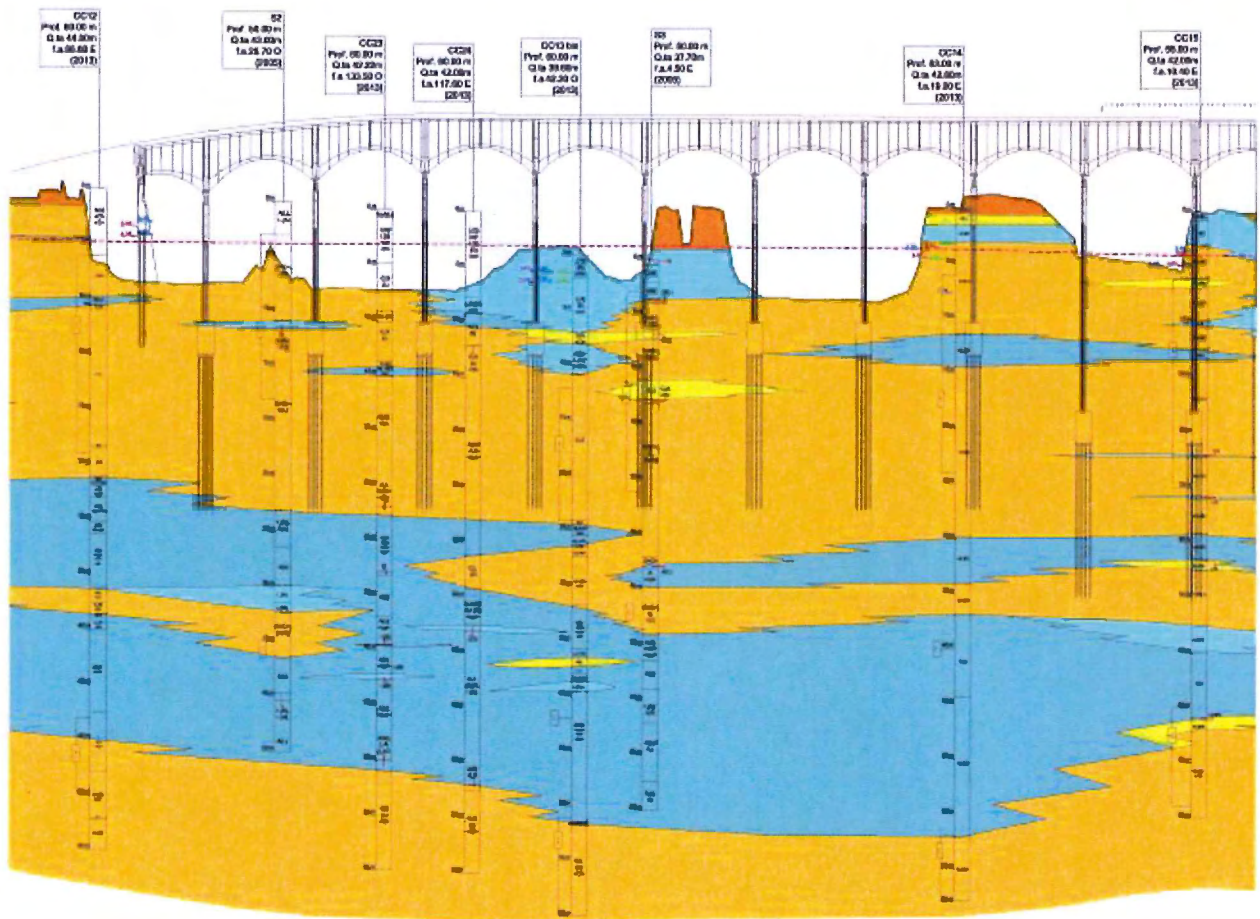
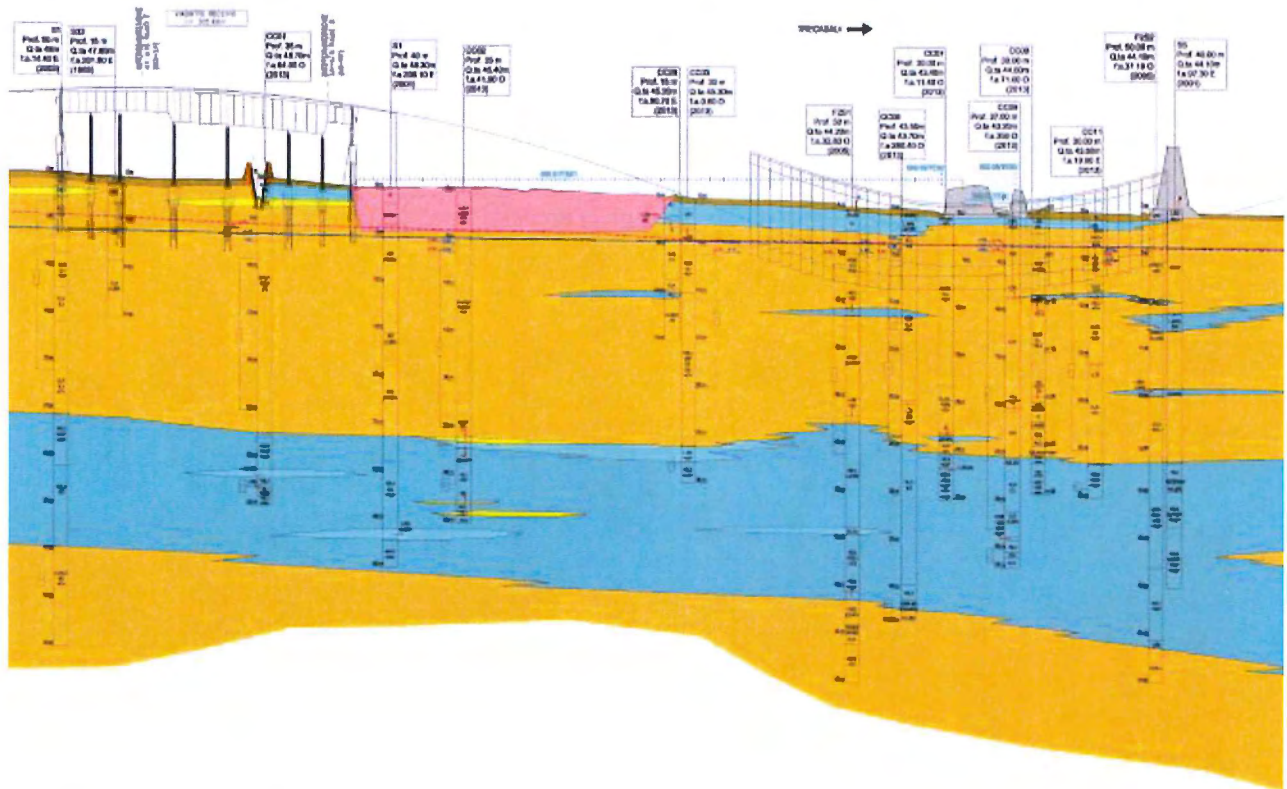
Il terreno superficiale interessato dal tracciato in progetto è caratterizzato da una notevole variabilità litologica, legata alla diversa competenza della corrente dei fiumi che hanno originato i depositi.

La zona distale della conoide del Taro è caratterizzata da depositi ghiaioso-sabbiosi, che successivamente divengono via via più fini verso Nord, tanto che da Viarolo (PR) fino al Po prevalgono i depositi argilloso-limosi; in questa zona in effetti si ha una sovrapposizione degli effetti deposizionali dal F. Taro e del F. Po.

6.1.3 Successione litostratigrafica

Nel tratto iniziale in sponda sinistra del Fiume Taro (si vedano gli stralci del profilo Geologico del Progetto Esecutivo, riportato nel seguito), al di sotto del suolo agrario e di eventuali livelli limosi spessi massimo 2.00m, si ha una netta prevalenza di depositi ghiaiosi 20-25 metri, al di sotto del quale si rinviene un livello prevalentemente argilloso di spessore variabile tra 13 e 20m, che separa il livello ghiaioso superficiale dal livello ghiaioso profondo, connesso ai paleoalvei del Fiume Taro. La base del livello ghiaioso profondo non è stata raggiunta da alcun sondaggio geognostico

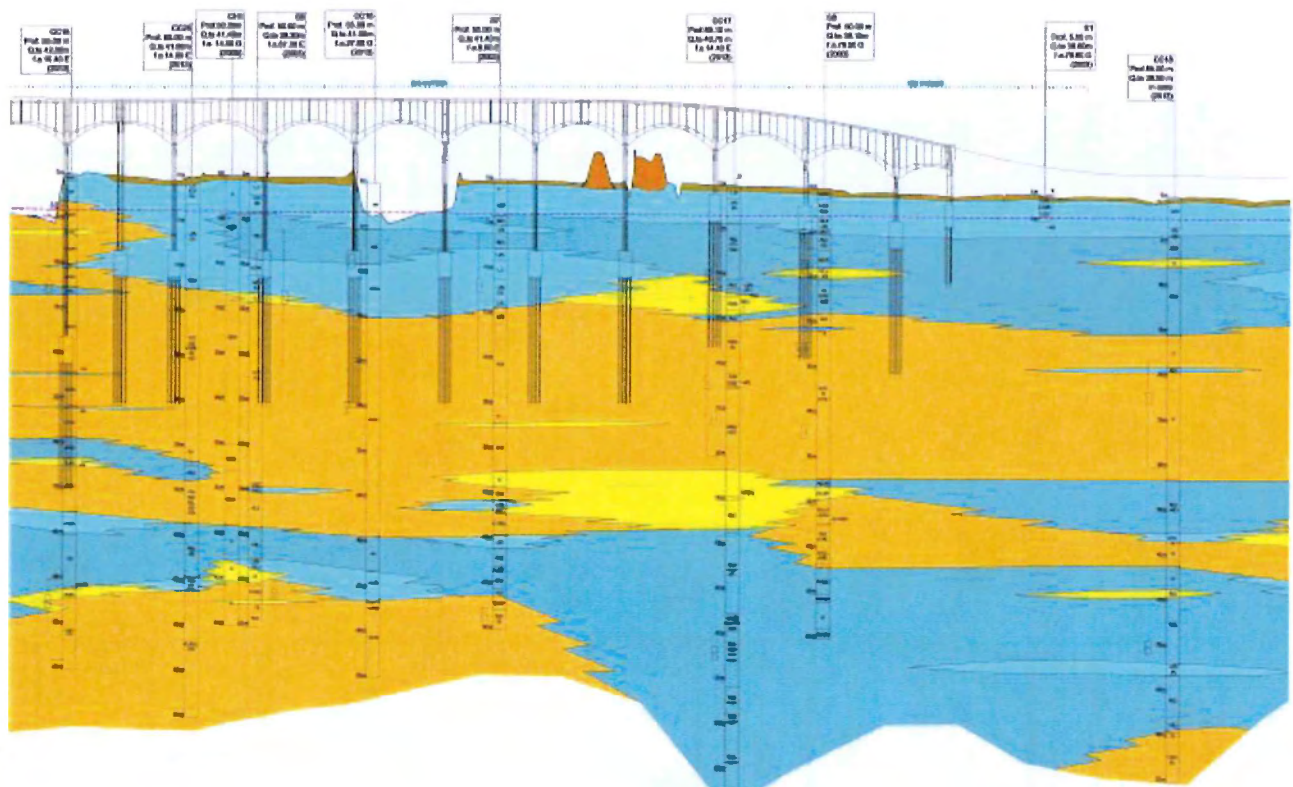
LEGENDA GEOLITOLOGICA TERRENO DI NATURA ANTROPICA		TERRENI ALLUVIONALI POSTGLACIALI (OLOCENE)	
	Suolo agrario		Ghiala prevalente, in matrice sabbioso e/o limosa, talora con sabbia
	Argini e/o rilevati in terra		Sabbia prevalente, limosa talora con ghiaia
	Riepimenti e/o cumuli di cava		Limo prevalente, argilloso - debolmente sabbioso
	Rilevati stradali		Argilla prevalente, limoso o debolmente limoso, talora con inclusi torbosi
			Torbe

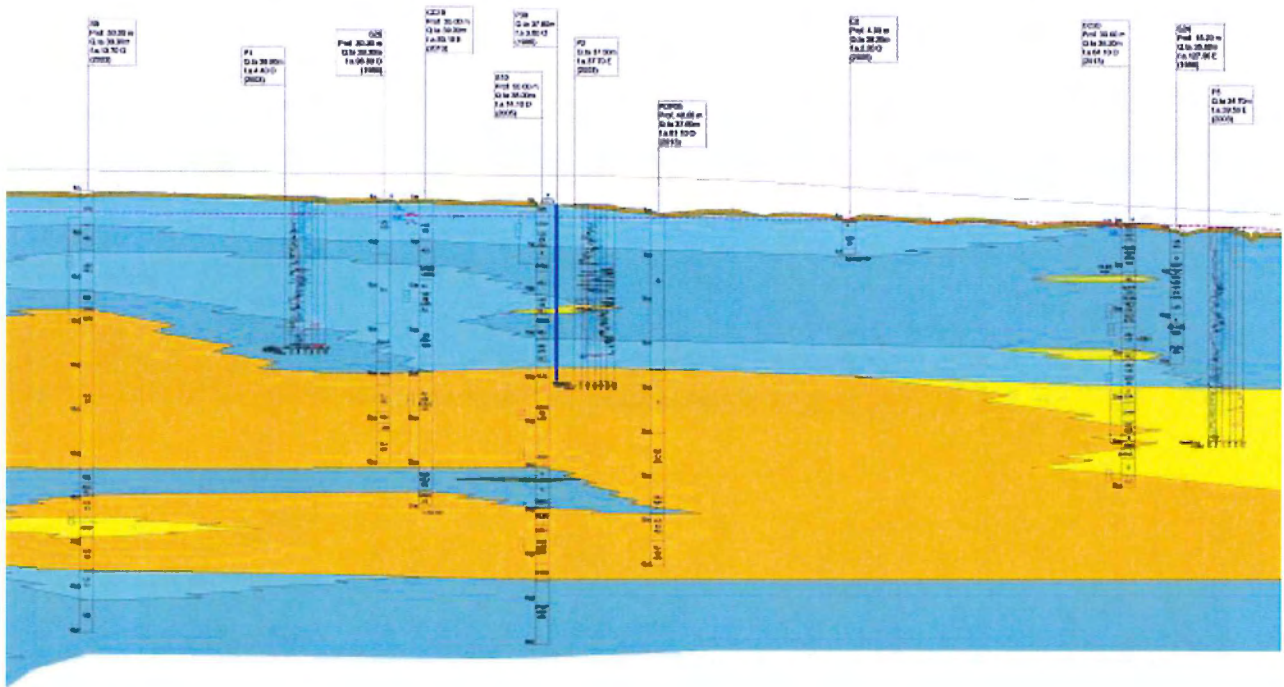


Passando dalla sponda sinistra alla sponda destra del Taro, proseguendo verso Nord, il livello delle ghiaie superficiali si approfondisce e nel contempo si assottiglia. Questa configurazione è legata al progressivo approfondimento della Conoide del Taro, che in quest'area è in prossimità del margine distale.

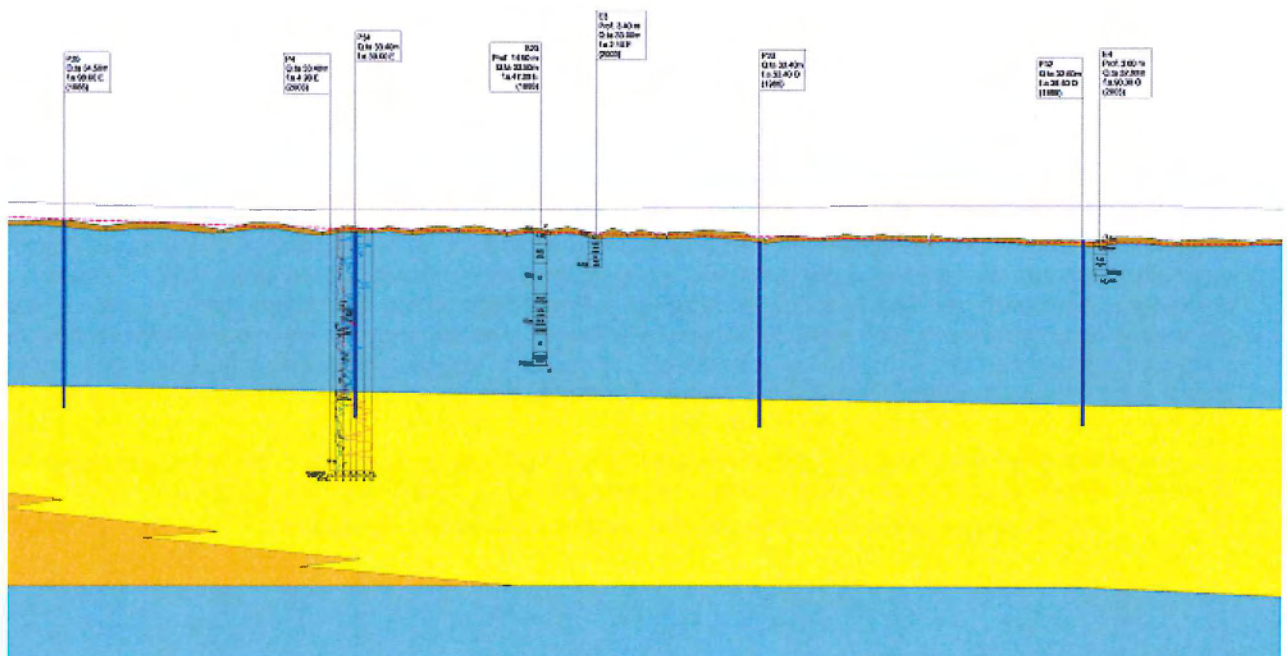
In questa tratta di fatto, la successione litologica prevede dall'alto verso il basso (vedi stralcio del Profilo Geologico di Progetto Esecutivo riportato di seguito):

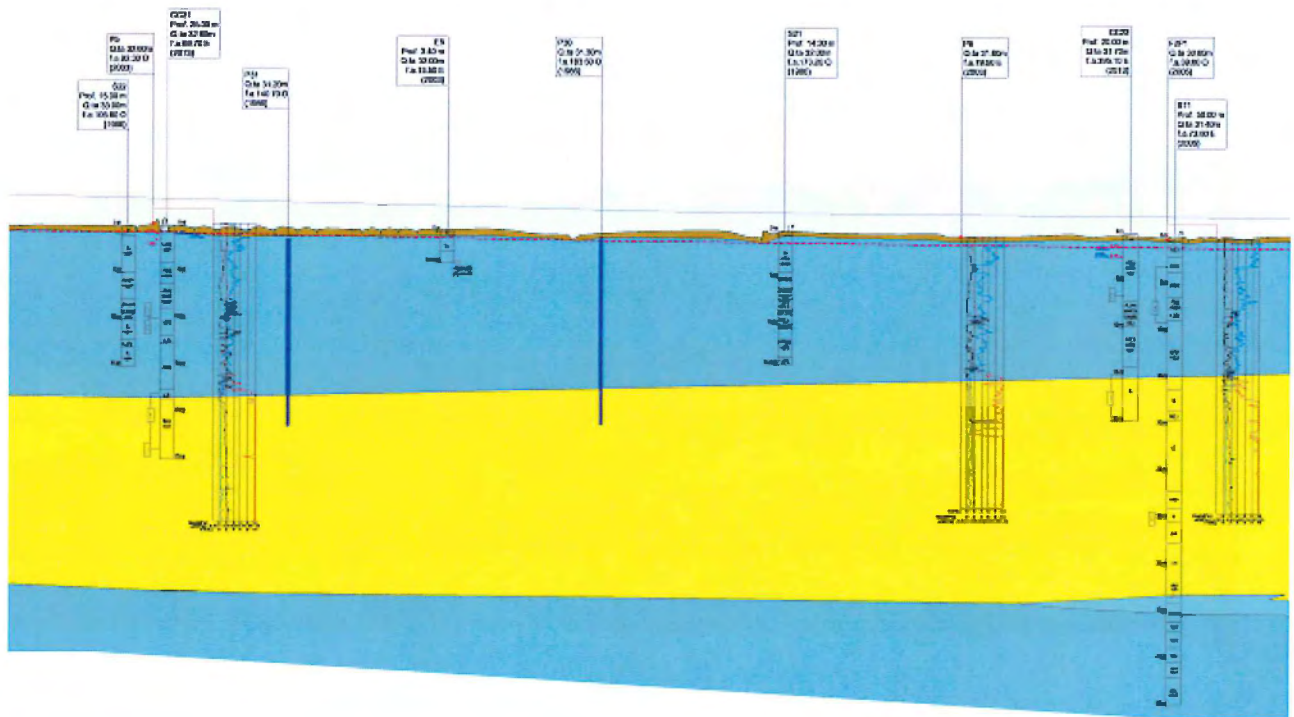
- un livello superficiale di limo ed argilla in alternanza di spessore medio compreso tra 13 e 17 metri;
- uno strato ghiaioso intermedio con lenti di argilla e limo, di spessore compreso tra 20 e 24 metri;
- un livello argilloso profondo





A partire dalla Pk 4+000 circa, si assiste anche ad una progressiva diminuzione della granulometria dei depositi, tanto che le ghiaie vengono progressivamente sostituite lateralmente (eteropia) dalle sabbie. Risulta tuttavia difficile, senza un'attenta dettagliata analisi petrografica distinguere le sabbie di origine appenninica da quelle del Po, anche se queste sembrano, prevalenti sulle prime. Tale livello sabbioso risulta compreso tra due livelli argillosi (vedi stralcio del Profilo Geologico di Progetto Esecutivo riportato di seguito).





6.2 Geomorfologia

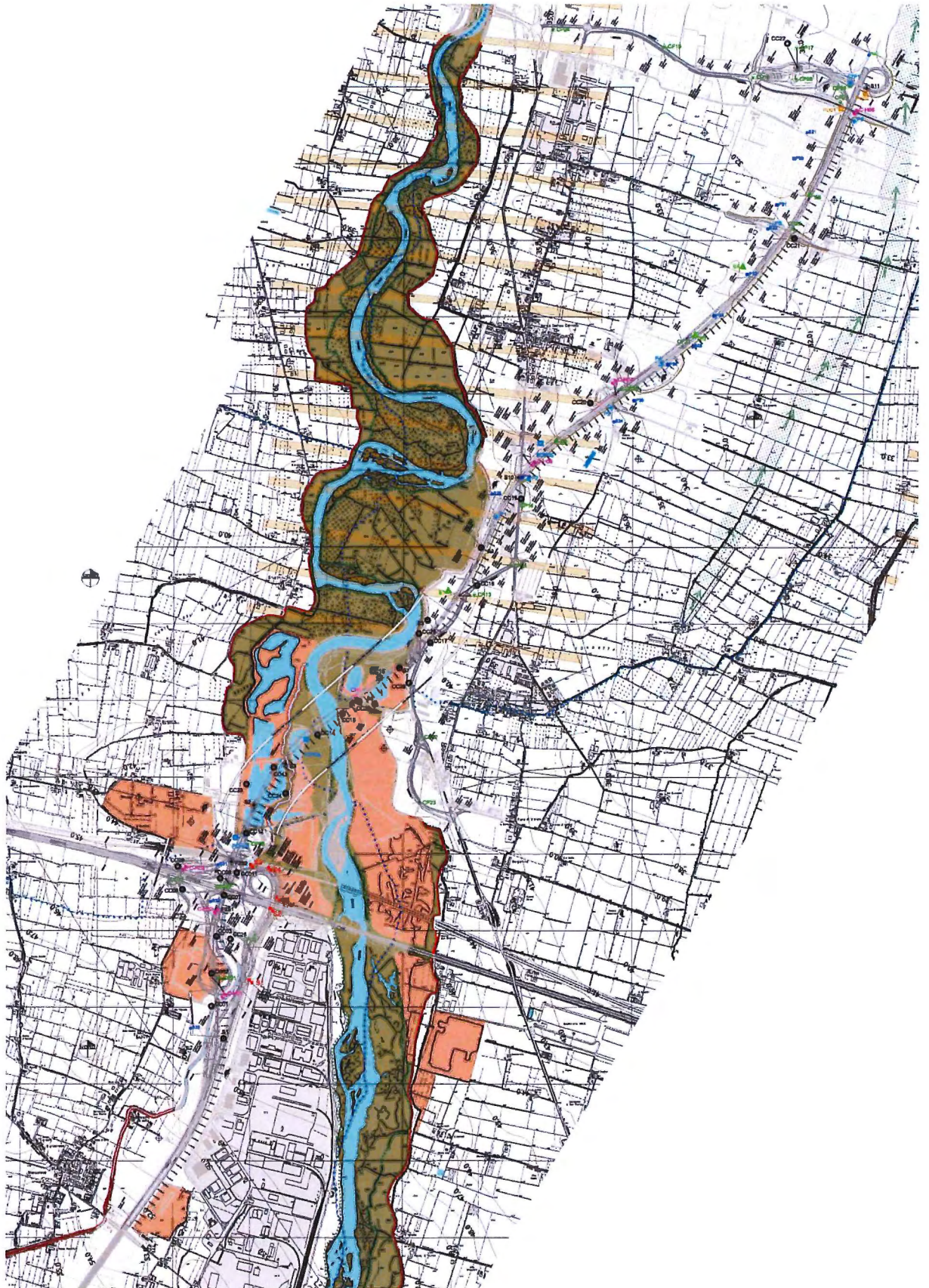
La dinamica fluviale è la principale responsabile della formazione di questo settore della Pianura Padana formatasi ad opera dei sedimenti trasportati dai corsi d'acqua ivi confluenti, pur con i significativi condizionamenti connessi con la neotettonica in ragione dei movimenti delle strutture sepolte. I depositi affioranti nell'area interessata dal Raccordo autostradale in progetto sono riconducibili prevalentemente alla deposizione fluviale del Fiume Taro, e marginalmente, nel settore terminale del tracciato, con il sistema del Fiume Po.

Il tracciato autostradale in progetto interessa esclusivamente la medio-bassa pianura parmense. Le principali forme rilevabili sono legate a processi dovuti all'azione delle acque superficiali ovvero all'azione di erosione, deposito e trasporto dei corsi d'acqua del Po e Taro.

In destra Po il colmamento della pianura si è avuto ad opera dei fiumi e torrenti appenninici che, allo sbocco dalle valli hanno depositato notevoli quantitativi di sedimenti, dando origine ad estese conoidi alluvionali interdipendenti tra loro. Una conoide è un corpo alluvionale composto in cui si osserva una graduale diminuzione della granulometria dei depositi e del gradiente topografico procedendo da monte verso valle. Tuttavia a seguito del regime incostante dei corsi d'acqua appenninici si sono determinate, per alternanze successive, depositi a granulometria grossolana e fine i quali costituiscono livelli che si anastomizzano sia in senso laterale che verticale. L'antica paleoconoide del Taro è caratterizzata da un dosso a leggera convessità trasversale che sottolinea la sopraelevazione della golenza rispetto alla pianura circostante, con un andamento altimetrico orientato in direzione S-N con una correlata diminuzione del gradiente.

Sostanzialmente, dal punto di vista puramente morfologico, l'area di interesse è pianeggiante, sono presenti solo piccole scarpate in corrispondenza del letto del Fiume Taro, e delle aree di cava.

Nella figura seguente si riporta uno stralcio della planimetria geomorfologica.



6.3 Idrogeologia

Il settore interessato dalle opere in progetto, fino all'altezza di Trecasali (PR), è ricompreso nell'unità idrogeologica della conoide del F. Taro. Le falde hanno sede nei depositi ghiaiosi e sabbiosi della paleoconoide appenninica del F. Taro. Caratteristica dell'ambiente di conoide è la successione verticale delle granulometrie, variabili dalle argille alle ghiaie, data dalla presenza di numerose lenti alluvionali discontinue, originatesi in seguito al naturale divagare dei torrenti. L'area in studio rappresenta la parte terminale della conoide, dove prevalgono i depositi impermeabili e quindi le falde risiedono nelle intercalazioni sabbiose e ghiaioso sabbiose che rappresentano la prosecuzione verso Nord degli orizzonti grossolani posti più a monte, dai quali sono alimentati tramite deflussi sotterranei. Si tratta quindi di un acquifero di tipo freatico nel tratto iniziale del tracciato (sponda sinistra del F. Taro), a partire dalla sponda destra del F. Taro, la presenza di un banco superficiale potente mediamente 20m di depositi a granulometria fine, limo e argilla, fa acquisire alla falda contenuta nel livello intermedio ghiaioso sabbioso il carattere di falda confinata in pressione. Sono stati installati numerosi piezometri, del tipo a tubo aperto nei depositi grossolani, e del tipo Casagrande anche nei livelli fini impermeabili, potendo rilevare la presenza di pressioni neutre per lo più con lo stesso livello piezometrico della falda contenuta nel livello ghiaioso sabbioso.

L'alveo del F. Taro nel regime di morbida risulta prevalentemente drenante, nel tratto in questione, nei confronti della prima falda sulla sponda sinistra, mentre in sponda destra risulta alimentante la falda. Tuttavia nel regime di piena il F. Taro risulta disperdente anche sulla sponda sinistra, acquisendo una quota maggiore rispetto al livello della falda circostante.

La soggiacenza presenta un valore massimo nel tratto iniziale del tracciato, nella zona di monte, con valori medi di 5-7 metri da p.c.

Nella parte terminale del tracciato, l'acquifero come detto è di tipo confinato, con sede nei depositi dapprima ghiaiosi che diventano con eteropia laterale sabbiosi confinati da una copertura fine. La soggiacenza è mediamente tra i 3 e i 4 m nell'area golenale, mentre risale fino a quasi la quota del piano campagna nella pianura extra golenale.

Nel corso delle indagini geognostiche integrative del Progetto Esecutivo sono stati installati piezometri per il controllo della falda freatica e della prima falda confinata ed in corrispondenza dei sondaggi più profondi anche della terza falda.

Negli acquiferi grossolani sono stati installati piezometri a tubo aperto, costituiti da tubi in PVC, microfessurati, rivestiti con una calza in geotessuto con la funzione di filtro. I tubi sono stati cementati in superficie per il primo metro, per evitare interferenze con le acque di scorrimento superficiale.

Nei livelli a granulometria fine è stata installata una cella di Casagrande. Come accennato precedentemente, per evitare problemi legati all'isolamento delle falde sovrapposte, piuttosto che installare più piezometri nello stesso foro di sondaggio, sono stati eseguiti ulteriori fori a distruzione realizzati appositamente per ospitare i piezometri. Dalle letture piezometriche si è potuto osservare che tutte le falde rilevate possiedono prevalentemente lo stesso potenziale piezometrico, solo nel tratto iniziale del tracciato si osserva una differenza tra la prima falda freatica e la seconda in pressione di circa 1.00m.

La campagna piezometrica si è svolta per un periodo piuttosto limitato, dicembre 2013 e gennaio 2014, senza pertanto ricoprire un'intera stagione. Tuttavia le ultime misure disponibili risultano significative poiché rappresentano il livello piezometrico massimo dell'area, maggiore di circa 2 metri rispetto al livello definito nel Progetto Definitivo, a causa della stagione invernale particolarmente mite e ricca di precipitazioni.

Il dato relativo alla soggiacenza delle falde, prima e seconda falda, è stato riportato anche su tutti i profili geologici e geotecnici dell'asse principale, dei rami di svincolo, delle opere accessorie e delle sezioni geologiche interpretative.

Nella seguente tabella si riportano le letture piezometriche svolte.

Sondaggio	PZ	quota [m s.l.m.]	filtri/cella [m da pc]	04/12/13		19/12/13		20/12/13		07/01/14		23/01/14	
				z _w [m da pc]	qta ass [m slm]	z _w [m da pc]	qta ass [m slm]	z _w [m da pc]	qta ass [m slm]	z _w [m da pc]	qta ass [m slm]	z _w [m da pc]	qta ass [m slm]
PzA		42,50		4,65	37,85	4,73	37,77			4,28	38,22	4,98	37,52
SB		42,00		4,23	37,77	4,38	37,62			2,90	39,10	3,14	38,86
S2	T	43,00	3 ÷ 18	4,54	38,46	4,55	38,45			4,18	38,82	3,92	39,08
S2	C	43,00	40,00	4,52	38,48	4,60	38,40			4,12	38,88	3,78	39,22

Sondaggio	PZ	quota [m s.l.m.]	filtri/cella [m da pc]	04/12/13		19/12/13		20/12/13		07/01/14		23/01/14	
				z _w [m da pc]	qta ass [m slm]	z _w [m da pc]	qta ass [m slm]	z _w [m da pc]	qta ass [m slm]	z _w [m da pc]	qta ass [m slm]	z _w [m da pc]	qta ass [m slm]
MSOT0001	T	41,60	12,5 ÷ 20	4,59	37,01			4,77	36,83	3,77	37,83	3,55	38,05
MSOT0004	T	41,40	13,5 ÷ 20	4,52	36,88			4,68	36,72	3,83	37,57	3,59	37,81
MIDR0001	T	44,30	6 ÷ 21	4,50	39,80			4,40	39,90	4,05	40,25	3,54	40,76
MIDR0002	T	44,50	7 ÷ 22	6,15	38,35	6,28	38,22			5,48	39,02	5,12	39,38
MIDR0003	T	38,00	6 ÷ 25	2,10	35,90			2,15	35,85	1,72	36,28	1,33	36,67
MIDR0004	T	37,80	6 ÷ 24	2,95	34,85			3,01	34,79	2,40	35,40	2,19	35,61
F2S1	T	44,20	6 ÷ 26	4,80	39,40			4,70	39,50	4,30	39,90	3,75	40,45
F2S1bis		44,20						4,95	39,25	4,28	39,92	3,71	40,49
CC01	C	48,70	33,00	5,38	43,32			5,57	43,13	5,73	42,97	5,85	42,85
CC01bis	T	48,70	9 ÷ 25	7,11	41,59			7,27	41,43	6,87	41,83	6,45	42,25
CC02	C	45,40	31,00	6,08	39,32			6,36	39,04	5,93	39,47	5,45	39,95
CC02bis	T	45,40	6 ÷ 25	6,16	39,24			6,52	38,88	5,90	39,50	5,63	39,77
CC03	C	45,30	28,00	5,53	39,77			5,70	39,60	5,25	40,05	4,76	40,54
CC03bis	T	45,30	6 ÷ 20	5,59	39,71			5,71	39,59	5,30	40,00	4,83	40,47
CC06	C	43,70	42,00					4,45	39,25	4,06	39,64	3,65	40,05
CC06bis	T	43,70	6 ÷ 24					4,16	39,54	4,01	39,69	3,25	40,45
CC09	C	43,20	36,25			3,70	39,50			3,18	40,02	2,75	40,45
CC09bis	T	43,20	6 ÷ 33			3,65	39,55			3,23	39,97	2,65	40,55
CC11	C	43,80	29,00	4,93	38,87	5,03	38,77			4,55	39,25	4,02	39,78
CC11bis	T	43,80	6 ÷ 25	4,88	38,92	4,97	38,83			4,55	39,25	4,00	39,80
CC12	T	44,02	48 ÷ 55	3,95	40,07	4,38	39,64			3,43	40,59	3,40	40,62
CC12bis	T	44,02	6 ÷ 24	4,20	39,82	4,02	40,00			3,78	40,24	3,00	41,02
CC13bis	T	39,60	51 ÷ 60	2,35	37,25	2,45	37,15			1,95	37,65	1,63	37,97
CC13ter	T	39,60	12 ÷ 24	2,38	37,22	2,28	37,32			1,53	38,07	1,45	38,15
CC13quater	C	39,60	42,00	2,37	37,23	2,50	37,10			1,78	37,82	1,43	38,17
CC14	T	42,60	57 ÷ 63	4,70	37,90	4,72	37,88			3,65	38,95	3,35	39,25
CC14bis	C	42,60	40,00	4,55	38,05	4,50	38,10			3,95	38,65	3,64	38,96
CC14ter	T	42,60	6 ÷ 24	4,65	37,95	7,76	34,84			3,88	38,72	3,73	38,87
CC15	T	42,00	45 ÷ 54	4,72	37,28	4,85	37,15			4,20	37,80	3,96	38,04
CC15bis	T	42,00	6 ÷ 25	4,72	37,28	4,92	37,08			3,48	38,52	3,49	38,51
CC19	T	38,60	20 ÷ 30	2,60	36,00	2,75	35,85			2,22	36,38	1,90	36,70
CC19bis	C	38,60	11,00	2,12	36,48	2,28	36,32			1,80	36,80	1,20	37,40
CC20	T	35,20	15 ÷ 25	0,55	34,65	0,55	34,65			0,00	35,20	0,00	35,20
CC20bis	C	35,20	11,50	1,40	33,80	1,35	33,85			1,00	34,20	0,05	35,15
CC21	T	32,60	18 ÷ 24	1,65	30,95	1,44	31,16			1,15	31,45	0,90	31,70
CC21bis	C	32,60	10,00	1,30	31,30	1,23	31,37			1,13	31,47	1,00	31,60
CC22	T	31,70	15 ÷ 20	2,55	29,15	2,48	29,22			1,80	29,90	1,50	30,20
CC22bis	C	31,70	6,50	2,40	29,30	2,32	29,38			2,16	29,54	1,72	29,98

Per analizzare l'oscillazione del livello di falda nel tempo si riportano nel seguito i grafici delle misure piezometriche del progetto Definitivo che ricoprono il periodo compreso tra luglio 2003 e giugno 2005, ed i grafici delle misure piezometriche storiche, a partire dal 1977, ottenute dal servizio ambiente della Regione Emilia Romagna, relative ai punti del sistema di monitoraggio della Regione, ubicati nelle vicinanze del tracciato.

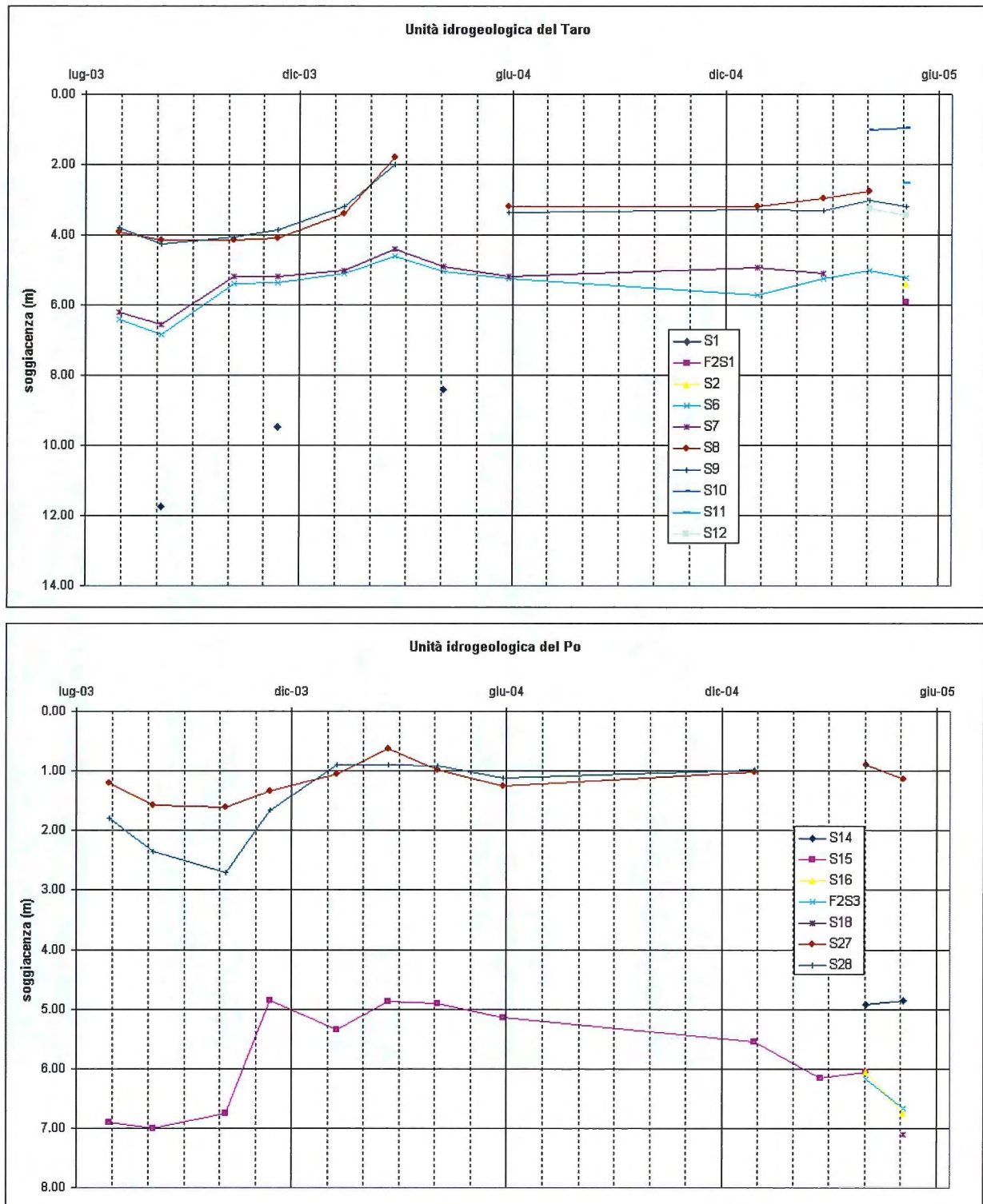


GRAFICO 1 - ANDAMENTO DELLA SOGGIACENZA NEI PIEZOMETRI DEL PROGETTO DEFINITIVO.

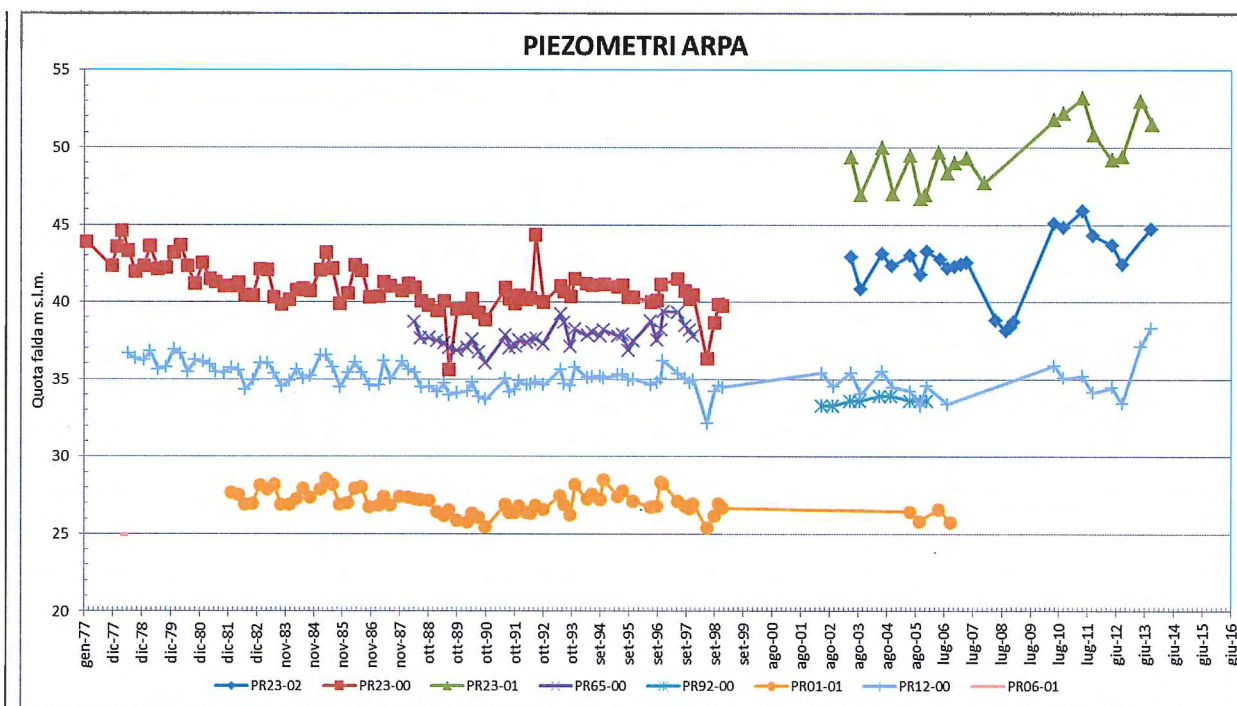


GRAFICO 2 - ANDAMENTO DEL LIVELLO PIEZOMETRICO DEI PUNTI DI MONITORAGGIO DELLA REGIONE EMILIA ROMAGNA – SERIE STORICA.

Dai grafici sopra esposti, si può notare come il livello piezometrico sia sostanzialmente stabile nel lungo periodo; dalla serie storica non si evince alcun gradiente significativo, ma solo alcuni picchi dovuti o al mal funzionamento del sistema di monitoraggio, o a situazioni naturali a carattere eccezionale.

In sponda sinistra del Taro (tratto iniziale del tracciato) la falda segue l'andamento del piano campagna, ovvero il livello statico diminuisce verso nord con livelli che variano da 46 m s.l.m. fino a 39 m s.l.m. Complessivamente il deflusso sotterraneo segue la direzione S-N e il ruolo del Taro in sponda sinistra è prevalentemente drenante ad eccezione dei periodi di piena, durante i quali risulta disperdente (ricarica la falda).

Quest'ultimo comportamento è legato alla presenza di uno spartiacque sotterraneo che risulta ubicato leggermente ad Est dell'asse del fiume..

Il territorio situato in destra idrografica del Taro è soggetto a numerosi fenomeni di risorgiva (fontanili). Tale fenomeno, si manifesta quando la trasmissività dell'acquifero diminuisce significativamente verso valle e la falda diviene sub-affiorante.

Complessivamente la direzione del deflusso sotterraneo nella porzione della Conoide del Taro è preferenzialmente orientata in direzione SE-NO dall'innesto A1-A15 fino all'altezza del centro urbano di Trecasali in accordo con la cadente topografica; da qui fino alla sponda destra del Po, l'influenza drenante che svolge a sua volta quest'ultimo, fa sì che le isopieze si dispongano via via sempre più ortogonalmente rispetto all'asse del Po.

Da monte a valle, in sponda destra del F. Taro fino ad est di Trecasali, il livello statico della falda presenta valori di 39 metri s.l.m. a monte fino a 29 m s.l.m. a valle in corrispondenza della futuro svincolo di Trecasali.

7 Inquadramento Sismico

In questo capitolo si riporta una sintesi della caratterizzazione sismica affrontata in modo approfondito nella relazione sismica di Progetto Esecutivo (elaborato RAAA1ERGEXX01DRE0010), alla quale si rimanda per maggiori dettagli.

7.1 Macro-zonazione sismica

7.1.1 OPCM 3274/2003

Di seguito si riporta la lista dei comuni interessati dalle opere in progetto, con la relativa attribuzione della macro zonazione sismica ai sensi del OPCM 3274/2003:

Comune	Zona sismica (OPCM 3274/2003)
Fontevivo	3
Fontanellato	3
S. Secondo Parmense	3
Trecasali	3
Parma	3
Sissa	3

Come è evidente tutti i comuni interessati sono stati attribuiti alla zona sismica 3.

7.1.2 OPCM 3519/2006

Di seguito si riporta, e la tabella con i punti ricadenti nell'area in esame.

id	lon (dd.dddd°)	lat (dd.dddd°)	ag (50perc)	ag (16perc)	ag (84perc)
92123	10,2123	44,9034	0,1251	0,0949	0,1404
92124	10,2407	44,9041	0,1195	0,0917	0,1344
92125	10,2690	44,9049	0,1142	0,0884	0,1280
92677	10,2135	44,8833	0,1328	0,0992	0,1481
92678	10,2418	44,8840	0,1273	0,0964	0,1425
92679	10,2701	44,8848	0,1216	0,0934	0,1365
93231	10,2146	44,8632	0,1390	0,1031	0,1545
93232	10,2429	44,8639	0,1346	0,1006	0,1499
93233	10,2712	44,8647	0,1294	0,0980	0,1445
93787	10,2722	44,8446	0,1364	0,1021	0,1516

TAB. 1: VALORI DI A_g DEFINITI DAL OPCM 3519/2006 DEI PUNTI RICADENTI NELL'AREA INI ESAME

L'area in esame ricade in una zona a medio basso rischio sismico, in particolare dalla tabella si evincono accelerazioni massime del suolo comprese tra **0.1142g** e **0.1390g**.

7.1.3 Delibera dell'Assemblea legislativa (DAL) n°112 (Emilia Romagna)

La Regione Emilia Romagna, con

Nella tabella seguente sono riportati i valori di a_g , cioè i valori massimi di accelerazione sismica attesa per ciascun comune interessato dall'asse autostradale definiti nella Delibera dell'Assemblea legislativa n°112 (oggetto n°3121 del 2 maggio 2007. Come si può constatare, tali valori risultano leggermente superiori a quelli definiti nel OPCM 3519/2006

COMUNE	a_g
Fontevivo	0.145
Fontanellato	0.140
Parma	0.139
Trecasali	0.108
Sissa	0.097

TAB. 2: VALORI DI a_g DEFINITI DALLA DAL N°112 DEI COMUNI INTERESSATI DALLE OPERE IN PROGETTO

7.1.4 NTC 2008

Nella seguente tabella si riportano i punti ricadenti nell'area in esame con i parametri proposti nell'allegato A del Decreto Ministeriale 2008

- a_g : Accelerazione orizzontale massima al sito
- F_0 : Valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale
- T_c : periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale

	ID	14716	14717	14718	14938	14939	14940	15160	15161	15162
	LON	10,173	10,243	10,314	10,175	10,246	10,316	10,178	10,248	10,319
	LAT	44,939	44,941	44,943	44,889	44,891	44,893	44,839	44,841	44,843
TR=30	a_g	0,0387	0,0378	0,0368	0,0419	0,0404	0,0391	0,0454	0,044	0,0423
	F_0	2,54	2,55	2,56	2,51	2,54	2,55	2,46	2,49	2,52
	T_c^*	0,22	0,23	0,22	0,23	0,23	0,23	0,23	0,24	0,24
TR=50	a_g	0,0491	0,0469	0,0449	0,0537	0,0514	0,0489	0,0576	0,0557	0,0533
	F_0	2,5	2,52	2,54	2,48	2,5	2,52	2,48	2,49	2,51
	T_c^*	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
TR=72	a_g	0,0568	0,054	0,0514	0,0627	0,0591	0,0561	0,0682	0,0652	0,0614
	F_0	2,52	2,54	2,56	2,49	2,52	2,54	2,46	2,48	2,52
	T_c^*	0,26	0,26	0,26	0,26	0,27	0,27	0,26	0,26	0,27
TR=101	a_g	0,0654	0,0609	0,0575	0,073	0,0684	0,0636	0,0788	0,0754	0,071
	F_0	2,51	2,56	2,58	2,47	2,5	2,55	2,46	2,47	2,5
	T_c^*	0,27	0,28	0,28	0,27	0,27	0,28	0,27	0,27	0,27
TR=140	a_g	0,0746	0,0692	0,0643	0,0836	0,0777	0,0721	0,0912	0,0866	0,0804
	F_0	2,5	2,54	2,58	2,47	2,51	2,54	2,44	2,47	2,51
	T_c^*	0,28	0,28	0,29	0,27	0,28	0,28	0,27	0,27	0,28

	ID	14716	14717	14718	14938	14939	14940	15160	15161	15162
	LON	10,173	10,243	10,314	10,175	10,246	10,316	10,178	10,248	10,319
	LAT	44,939	44,941	44,943	44,889	44,891	44,893	44,839	44,841	44,843
TR=201	ag	0,0859	0,0785	0,0727	0,0973	0,0897	0,0817	0,106	0,1003	0,0932
	Fo	2,5	2,55	2,59	2,46	2,49	2,55	2,45	2,46	2,49
	TC *	0,28	0,29	0,29	0,28	0,28	0,29	0,27	0,28	0,28
TR=475	ag	0,1183	0,1058	0,0953	0,1367	0,1238	0,1105	0,1483	0,1406	0,1294
	Fo	2,51	2,55	2,63	2,46	2,5	2,54	2,45	2,46	2,49
	TC *	0,29	0,3	0,31	0,28	0,29	0,3	0,28	0,28	0,29
TR=975	ag	0,1535	0,1337	0,118	0,176	0,1604	0,1408	0,1889	0,1802	0,167
	Fo	2,5	2,58	2,66	2,47	2,5	2,56	2,46	2,47	2,48
	TC *	0,29	0,31	0,32	0,29	0,29	0,31	0,28	0,29	0,29
TR=2475	ag	0,2064	0,1798	0,1533	0,2334	0,2146	0,1898	0,248	0,2381	0,2221
	Fo	2,51	2,6	2,7	2,49	2,51	2,57	2,5	2,49	2,5
	TC *	0,3	0,32	0,33	0,3	0,31	0,32	0,3	0,3	0,31

7.2 Micro-zonazione sismica

7.2.1 Categoria del suolo di fondazione

La definizione della categoria di suolo è stata condotta analizzando i numerosi dati delle campagne geognostiche svolte, in particolare elaborando le risultanze delle prove cross-hole. Nelle tabelle seguenti si riportano le categorie di suolo individuate per ogni opera d'arte compresa nel lotto per differenti quote di imposta della fondazione diretta e/o testa pali.

VIADOTTO RECCHIO - VIADOTTI E PONTI ZONA INTERCONNESSIONE - CAVALCAVIA						
Opera	WBS	Quota imposta fondazioni/testa pali da p.c. (m)				
		0	1	2	4	6
Viadotto T. Recchio carreggiata Sud	PV01 A	C	B	B	B	B
Viadotto T. Recchio carreggiata Nord	PV01 B	C	B	B	B	B
Svincolo A1-A15 viadotto Ramo C su T. Recchio e Ramo E	PV02	C	C	B	B	B
Ponte svincolo A1 su T. Recchio (Ramo E)	PV03	C	C	B	B	B
Ponte svincolo A1 su T. Recchio (Ramo D)	PV04	C	B	B	B	B
Ponte svincolo A1 su T. Recchio (Ramo H)	PV05	C	C	B	B	B
Svincolo A1-A15 Viadotto Ramo C su A1	CA01 A	C	C	B	B	B
Svincolo A1-A15 Viadotto Ramo F su A1	CA01 B	C	C	B	B	B
Svincolo A1-A15 Viadotto Ramo H su A1	CA02	C	C	B	B	B
Svincolo A1-A15 Viadotto S.C. Bianconese su A1	CA03	C	C	B	B	B
Svincolo A1-A15 Cavalcavia strada Synthesis	CA04	C	C	B	B	B
Cavalcavia SP10	CA05	C	C	C	C	C
Cavalcavia Via Grande	CA06	C	C	C	C	C
Cavalcavia S.C. Edugara	CA07	C	C	C	C	C
Cavalcavia Cispadana	CA08	C	C	C	C	C
Cavalcavia Autostazione Treccasali - T. Verdiane SX	CA09 A	C	C	C	C	C
Cavalcavia Autostazione Treccasali - T. Verdiane DX	CA09 B	C	C	C	C	C

OPERE DI LINEA - TOMBINI SCATOLARI - POZZETTI - MURI					
Opera	Quota imposta fondazioni/testa pali da p.c. (m)				
	0	1	2	4	6
01 - Prolungamento sottopasso scatolare esistente IC A1-A15 (ramo D) – dim. 450x400	C	C	B	B	B
02 - Sottovia ramo D ai rami C ed F (interconnessione autostrada A1)	C	C	B	B	B
03 - Sottovia A T.A.V. ramo H - adeguamento	C	C	B	B	B
04 - Sottovia B T.A.V. - adeguamento	C	C	B	B	B
05 - Sottovia C T.A.V. ramo E - adeguamento	C	C	B	B	B
06 - Sottovia ramo D per il deflusso della piena e transito mezzi di servizio (IC A1-A15)	C	B	B	B	B
01 - Tombino scatolare ATST-BP-02 - 300x250 cm - progr. 3+340,45	C	C	C	C	C
02 - Tombino scatolare P-06 - 150x150 cm - progr. 4+169,54					
03 - Tombino scatolare P-08 - 150x100 cm - progr. 4+297,91					
04 - Tombino scatolare ATST-BP-03 - 300x250 cm - progr. 5+208,08					
05 - Tombino scatolare ATST-BP-04 - 300x250 cm - progr. 5+713,83					
06 - Tombino scatolare P-13 - 150x150 cm - progr. 6+372,62					
07 - Tombino scatolare ATST-BP-05 - 300x220 cm - progr. 7+046,22					
08 - Tombino scatolare P2-BP-2 - 300x200 cm - cavalcavia P2-SP 10 di Cremona					
09 - Tombino scatolare P2-BP-4 - 300x220 cm - cavalcavia P2-SP 10 di Cremona					
10 - Tombino scatolare P2-BP-6-aperto 200x150 cm - cavalcavia P2-SP 10 di Cremona					
11 - Tombino scatolare P2-BP-8-aperto 200x150 cm - cavalcavia P2-SP 10 di Cremona					
12 - Tombino scatolare P2-BP-9 - 200x200 cm - cavalcavia P2-SP 10 di Cremona					
13 - Tombino scatolare P2-BP-11 - 200x200 cm - cavalcavia P2-SP 10 di Cremona					
14 - Tombino scatolare P3-1 - 150x150 cm - cavalcavia P3 - Via Grande					
15 - Tombino scatolare P3-5 - 150x150 cm - cavalcavia P3 - Via Grande					
16 - Tombino scatolare P4-BP-1 - 300x250 cm - cavalcavia P4 - Via Fienil Bruciato					
01 - Muro di sostegno - corpo autostradale - da prog. -1+042,00 a prog. -0+968,00	C	B	B	B	B
02- Muro di sostegno - corpo autostradale - da prog. +2+668,56 a prog. 2+942,00	C	C	C	C	C
03 - Muro di sostegno - corpo autostradale - da prog. +3+118,00 a prog. 3+233,00	C	C	C	C	C
04 - Muro di sostegno - corpo autostradale - da prog. +4+005,40 a prog. +4+500,00	C	C	C	C	C
05 - Muro di sostegno - corpo autostradale - da prog. 5+481,00 a prog. 5+753,00	C	C	C	C	C

OPERE DI LINEA - TOMBINI SCATOLARI - POZZETTI - MURI					
Opera	Quota imposta fondazioni/testa pali da p.c. (m)				
	0	1	2	4	6
06 - Muro di sostegno - cavalcavia P2 rampa sx lato PR	C	C	C	C	C
07 - Muro di sostegno - cavalcavia P2 rampa sx lato MN	C	C	C	C	C
08 - Muro di sostegno - cavalcavia P2 rampa dx lato PR	C	C	C	C	C
09 - Muro di sostegno - cavalcavia P2 rampa dx lato MN	C	C	C	C	C
10 - Muro di sostegno - cavalcavia P4 - rampa dx lato PR	C	C	C	C	C
11 - Muro di sostegno - interconnessione A1-A15 - rami C	C	C	B	B	B
12 - Muro di sostegno - interconnessione A1-A15 - rami F da sez. 1F-2 a sez. 1F-3	C	B	B	B	B
13 - Muro di sostegno - interconnessione A1-A15 - rami F da sez. 1F-17 a sez. 1F-23	C	B	B	B	B
21 - Tombino scatolare PV-3 - 200x200 cm – viabilità S.P.10 VIAROLO - progr. 0+234,87	C	C	C	C	C
22 - Tombino scatolare PV-4 - 200x200 cm – viabilità S.P.10 VIAROLO - progr. 0+657,10					
23 - Tombino scatolare PV-BP-10 - 200x200 cm – viabilità S.P.10 VIAROLO - progr. 2+106,49					
24 - Tombino scatolare PC-BP-2 - 400x200 cm - raccordo S.P.10 Cispadana - progr. 0+102,09					
25 - Tombino scatolare PC-BP-11 - 300x220 cm - raccordo S.P.10 Cispadana - progr. 1+478,67					

7.2.2 Condizioni topografiche

Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale.

L'area interessata dalle opere in progetto risulta in un contesto morfologico semplice sostanzialmente pianeggiante, pertanto ricade nella **categoria T1**.

8 CAMPAGNE DI INDAGINI PREGRESSE

Nel corso dell'iter progettuale del Raccordo autostradale A15/A22 tra l'Autostrada della Cisa – Fontevivo (PR) e l'Autostrada del Brennero – Nogarole Rocca (VR) – I Lotto, l'area compresa fra l'interconnessione A15/A1 e la futura Autostazione Treccasali-Terre Verdiane è stata oggetto delle seguenti campagne geognostiche:

- Campagna 1986
- Campagna 1998
- Campagna 2001
- Campagna 2003
- Campagna 2005

Nello specifico, come descritto nella Relazione Geotecnica emessa in sede di Progetto Definitivo – agg. Giugno 2011, le campagne di indagini 2003 e 2005 sono state condotte dalle imprese INTERGEO GROUP S.r.l. di Modena (MO) e VICENZETTO S.r.l. di Villa Estense (PD). Le prove di laboratorio sui campioni prelevati nell'ambito delle campagne 2003 e del 2005 sono state eseguite dai laboratori geotecnici SINECO S.p.a. di Rivalta Scrivia (AL) e CGG S.r.l. di Pontecchio Marconi (BO).

Obiettivi principali delle Campagne 1986-2005 sono stati la ricostruzione della stratigrafia dei terreni presenti nell'area, la determinazione delle caratteristiche meccaniche degli stessi anche mediante il prelievo di campioni destinati ai laboratori di analisi, il monitoraggio del livello di falda sia in corso di indagine sia su intervalli temporali prolungati mediante l'installazione di piezometri. Nel seguito si riportano numero e tipologia di indagini condotte con riferimento alle singole campagne:

- Campagna 1986: 14 prove penetrometriche statiche CPT
13 sondaggi a carotaggio continuo
- Campagna 1998: 13 prove penetrometriche statiche CPT
- Campagna 2001 28 prove penetrometriche statiche CPT
5 sondaggi a carotaggio continuo
- Campagna 2003 23 prove penetrometriche statiche CPTU
31 sondaggi a carotaggio continuo
22 pozzetti esplorativi con prove di carico su piastra
- Campagna 2005 44 prove penetrometriche statiche CPTU
31 sondaggi a carotaggio continuo
6 gruppi di 3 sondaggi a distruzione di nucleo (per prove cross-hole)
27 pozzetti esplorativi con prove di carico su piastra

In sede di Progettazione Definitiva, la caratterizzazione geotecnica dei terreni è stata prevalentemente condotta sulla scorta dei dati emersi dalle campagne più complete in termini di verticali oggetto di indagine, ovvero le Campagne del 2003 e del 2005. Si è fatto ricorso alle informazioni desumibili dalle Campagne precedenti sia in presenza di aree significativamente estese non coperte dalle indagini più recenti, sia con funzione di verifica di queste ultime.

L'esito della caratterizzazione geotecnica, sviluppata in seguito all'elaborazione dei dati provenienti dalle indagini geognostiche e dalle prove di laboratorio, comprende la classificazione dei terreni presenti lungo il tracciato in progetto in categorie a comportamento meccanico uniforme. All'analisi incrociata dei dati di laboratorio, SPT, CPTU, descrizione litologica, pocket penetrometer, vane test ecc ha fatto dunque seguito l'individuazione delle suddette aree litologicamente omogenee, unitamente alla parametrizzazione meccanica dei terreni interessati.

Le differenti aree individuate nel dettaglio nei profili geologici-geotecnici emessi in sede di Progetto Definitivo, sono ascrivibili in linea generale alle seguenti categorie litologiche, frutto di un lavoro di sintesi delle

molteplici tipologie intermedie rinvenute:

- terreni coesivi (inclusi i limi sabbiosi);
- terreni granulari;
- terreni torbosi;
- alternanze di limi sabbiosi e argillosi con lenti torbose;
- depositi torbosi includenti sacche di gas;
- terre di origine antropica (rilevati stradali e ferroviari, argini fluviali, materiale di cava e riempimento delle cave esaurite).

Per completezza di rappresentazione, l'ubicazione delle indagini geognostiche pregresse è indicata negli elaborati grafici di progetto Esecutivo, precisamente nelle planimetrie (Ubicazione indagini, geologica, idrogeologica e sismica) e nei profili geologici e geotecnici di planimetria.

Nel seguente paragrafo son elencate e descritte le indagini svolte per il Progetto Definitivo negli anni 2003 - 2005

8.1 Campagna geognostica di Progetto Definitivo (2003 – 2005)

Per il Progetto Definitivo è stata svolta negli anni 2003 – 2005 una campagna geognostica, costituita dalle indagini riassunte nei paragrafi seguenti.

- Campagna 2003 23 prove penetrometriche statiche CPTU
31 sondaggi a carotaggio continuo
22 pozzetti esplorativi con prove di carico su piastra
- Campagna 2005 44 prove penetrometriche statiche CPTU
31 sondaggi a carotaggio continuo
6 gruppi di 3 sondaggi a distruzione di nucleo (per prove cross-hole)
27 pozzetti esplorativi con prove di carico su piastra

8.1.1 Sondaggi a carotaggio continuo

Prova	Progr. (km)	Quota (m s.l.m.)	Prof. (m)	Data	Tipologia di perforazione	Comune	Provincia
S1	-0+984	48.7	50	2003	Car. continuo	Fontevivo	PR
F2S1	-0+141	44.5	50	2005	Car. continuo	Fontevivo	PR
F2S2	0+180	43.5	50	2005	Car. continuo	Fontevivo	PR
S2	0+577	42.3	50	2005	Car. continuo	Fontevivo	PR
S3	0+916	42.2	50	2005	Car. continuo	Fontevivo	PR
CH1	1+550	41.4	50	2005	Distruzione	Trecasali	PR
S6	1+613	41.8	50	2003	Car. continuo	Trecasali	PR
S7	1+889	41.5	50	2003	Car. continuo	Trecasali	PR
S8	2+245	40.7	50	2003	Car. continuo	Trecasali	PR
S9	2+845	39.4	50	2003	Car. continuo	Trecasali	PR
S10	3+361	37.8	50	2005	Car. continuo	Trecasali	PR
S11	6+618	31.3	50	2005	Car. continuo	Trecasali	PR
S12	Opere connesse	29.8	50	2005	Car. continuo	Trecasali	PR
S13		28.8	50	2005	Car. continuo	Sissa	PR
S14		28.5	50	2005	Car. continuo	Sissa	PR

8.1.2 Prove penetrometriche statiche

Prova	Progressiva (km)	Quota (m s.l.m.)	Data	Comune	Provincia
P1	3+069	39.0	2005	Trecasali	PR
P2	3+400	37.5	2003	Trecasali	PR
P3	4+117	34.8	2005	Trecasali	PR
P4	4+556	33.7	2005	Trecasali	PR
P5	5+724	32.5	2005	Trecasali	PR
P6	6+590	31.4	2005	Trecasali	PR
F2P1	6+810	31.5	2005	Trecasali	PR
P7	Opere connesse	30.8	2005	Trecasali	PR
P8		29.6	2005	Trecasali	PR
P9		29.5	2005	Trecasali	PR
P10		29.2	2003	Trecasali	PR
F2P2		28.8	2005	Sissa	PR
P11		29.0	2005	Sissa	PR
P12		28.6	2005	Sissa	PR
F2P3		28.8	2005	Sissa	PR

La profondità di progetto per le prove penetrometriche statiche era prevista pari a 35 m da p.c., alcune indagini sono state interrotte a profondità inferiori per la presenza di strati ghiaiosi o di strati sabbiosi molto addensati.

Durante l'avanzamento delle perforazioni sono state eseguite prove di dissipazione per misurare la permeabilità dei terreni attraversati

8.1.3 Pozzetti esplorativi

Sono stati eseguiti pozzetti con escavatore spinti fino alla profondità massima di 4 m da p.c. con prelievo di campioni rimaneggiati e con esecuzione di prova di carico su piastra alla profondità media di 0.5 m da p.c. sotto al terreno di coltivo.

Prova	Progressiva (km)	Quota (m s.l.m.)	Data	Comune	Provincia
E1	2+486	40.0	2003	Trecasali	PR
E2	3+707	36.4	2005	Trecasali	PR
E3	4+845	33.2	2003	Trecasali	PR
E4	5+389	32.7	2003	Trecasali	PR
E5	6+036	32.2	2005	Trecasali	PR
E6	Opere connesse	30.3	2005	Trecasali	PR
E7		30.0	2005	Trecasali	PR
E8		28.9	2005	Sissa	PR
E9		28.8	2005	Sissa	PR
E10		28.7	2005	Sissa	PR

8.1.4 Analisi di laboratorio

Nel corso delle perforazioni, nelle campagne geognostiche del 2003 e 2005, sono stati prelevati campioni indisturbati negli strati argillosi e limosi e campioni rimaneggiati. Sui campioni indisturbati sono state eseguite prove

di laboratorio che hanno consentito di ottenere informazioni circa:

- natura e caratteristiche fisiche dei terreni;
- resistenza al taglio non drenata (c_u);
- parametri di resistenza al taglio drenata (Φ' e c');
- parametri di deformabilità e di consolidazione (modulo edometrico, E_{ed} ; indici di compressione; coefficienti di consolidazione primaria, c_v , e secondaria, c_a);
- parametri di permeabilità (coefficiente di permeabilità, k).

Sui campioni rimaneggiati sono state eseguite analisi granulometriche e la determinazione dei limiti di Atterberg per classificare i terreni

9 Campagna geognostica integrativa (Progetto Esecutivo 2013-2014)

In fase di pianificazione delle attività finalizzate alla redazione del Progetto Esecutivo, anche alla luce delle verifiche condotta nei riguardi delle specifiche problematiche di progettazione geotecnica contemplate dal Progetto Definitivo, si è ritenuto necessario programmare un'indagine geognostica integrativa avente come obiettivi sia elementi conoscitivi di carattere generale sia aspetti progettuali specificatamente associabili alle singole opere d'arte previste.

9.1 FINALITA' DI CARATTERE GENERALE

- **Affinamento della ricostruzione stratigrafica**, specie con riferimento alle quote di passaggio tra diverse formazioni, nei settori non sufficientemente coperti dalle verticali di indagini già eseguite.
- **Definizione del livello medio della quota di falda e le fluttuazioni stagionali** dello stesso, in corrispondenza delle opere d'arte comprese nell'infrastruttura.
- **Definizione delle proprietà sismiche dei terreni** di sedime delle opere d'arte e dei principali rilevati (definizione Vs30), funzionale all'attribuzione della categoria di sottosuolo per la determinazione dell'azione sismica di progetto.
- **Affinamento della conoscenza dei parametri di deformabilità** degli strati superficiali che costituiranno le fondazioni dei rilevati, in relazione alla progettazione esecutiva degli interventi di bonifica già preventivati in sede di Progetto Definitivo. Contestuale **caratterizzazione dei terreni** in situ in funzione di un possibile intervento di **stabilizzazione a calce/cemento** degli stessi onde limitare il ricorso a materiale da cave di prestito.
- **Affinamento della conoscenza della permeabilità dei terreni** in direzione verticale e orizzontale, in relazione alla necessità di predisporre dreni verticali a nastro, come indicato nel Progetto Definitivo, in corrispondenza dei rilevati il cui decorso dei cedimenti di consolidazione è apparso critico.

9.2 FINALITA' DI CARATTERE SPECIFICO

La definizione dei sondaggi e/o delle prove eseguite in corrispondenza delle opere d'arte in progetto, deriva dall'attività di analisi condotta sugli elaborati tecnici del Progetto Definitivo aventi come oggetto principalmente la progettazione geotecnica delle opere fondazionali di ponti, viadotti, rilevati etc...

Si indicano nel seguito i contesti e/o le condizioni progettuali per le quali è stato necessario un approfondimento del livello conoscitivo (per mezzo di un'integrazione delle campagne geognostiche pregresse), al fine di confermare le soluzioni ingegneristiche del progetto definitivo e procedere ad un'eventuale revisione delle scelte progettuali anche nell'ottica di una possibile ottimizzazione delle opere.

Si evidenzia che, in linea generale, l'integrazione delle verticali di indagine attualmente disponibili è stata dettata dall'esigenza di ottenere una più approfondita conoscenza della stratigrafia in corrispondenza della quota di base dei gruppi di pali costituenti la tipologia fondazionale adottata per tutte le opere di scavalco poste sia sull'asse principale che sui rami di svincolo e sulle viabilità interferite.

Sono pertanto stati eseguiti nuovi sondaggi e/o prove penetrometriche in corrispondenza di sottostrutture non interessate da indagini pregresse o con profondità di indagine superiori a quelle già raggiunte alla medesima posizione planimetrica nelle campagne passate.

Si riportano nel seguito, per ogni opera d'arte o area di intervento, gli elementi conoscitivi essenziali che rendono necessarie le indagini integrative, corredati da stralci del profilo geologico di progetto Esecutivo

LEGENDA GEOLITOGICA
TERRENO DI NATURA ANTROPICA

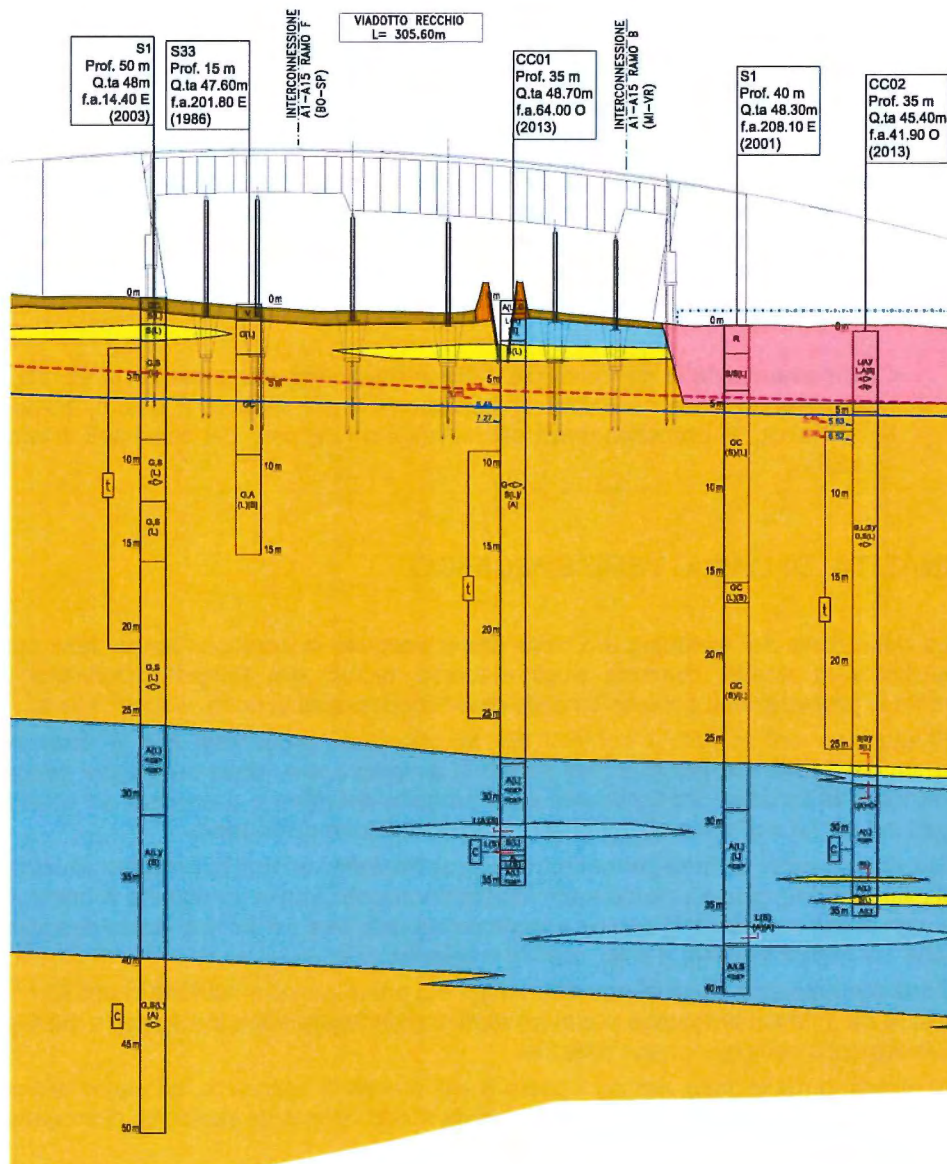
	Suolo agrario
	Argini e/o rilevati in terra
	Riepimenti e/o cumuli di cava
	Rilevati stradali

TERRENI ALLUVIONALI
POSTGLACIALI (OLOCENE)

	Ghialia prevalente, in matrice sabbioso e/o limosa, talora con sabbia
	Sabbia prevalente, limosa talora con ghialia
	Limo prevalente, argilloso - debolmente sabbioso
	Argilla prevalente, limoso o debolmente limoso, talora con inclusi torbosi
	Torbe

9.2.1 VIADOTTO SUL TORRENTE RECCHIO

FINALITA': verificare progressivo approfondimento in direzione Nord della quota della testa dello strato argilloso-limoso posto indicativamente a 25-35 m dal p.c.



9.2.2 INTERCONNESSIONE A1-A15 – VIADOTTI RAMI DI SVINCOLO

WBS07 - CA01 CA02 CA03

FINALITA': Accertamento della quota del tetto dello strato limoso-argilloso, in funzione della tipologia fondazione costituita da pali in gruppo portanti essenzialmente alla punta con intestazione in strato ghiaioso.

WBS06 - PV02

FINALITA': Accertamento della quota del tetto dello strato limoso- argilloso, in funzione della tipologia fondazione costituita da pali in gruppo portanti essenzialmente alla punta con intestazione nello strato ghiaioso.

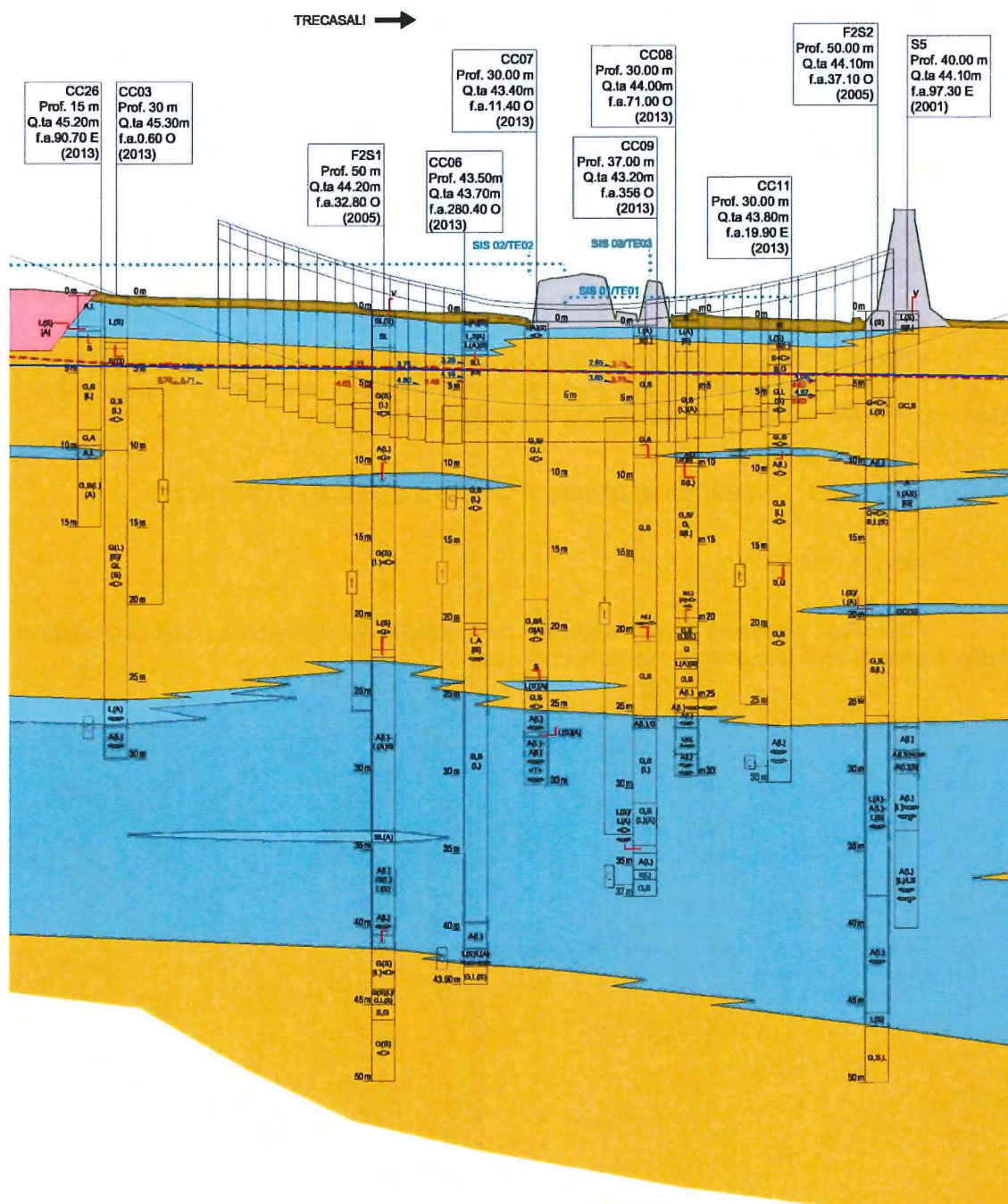
WBS06 - PV03 PV04 PV05

FINALITA': Accertamento della quota del tetto dello strato ghiaioso in matrice sabbiosa posto circa a 10 m da p.c. e della potenza del sottostante strato limoso- argilloso (tipologia fondazione: pali in gruppo portanti essenzialmente alla punta con intestazione in strato ghiaioso).

9.2.3 INTERCONNESSIONE A1-A15 – GALLERIA ARTIFICIALE

WBS05 - GA 01

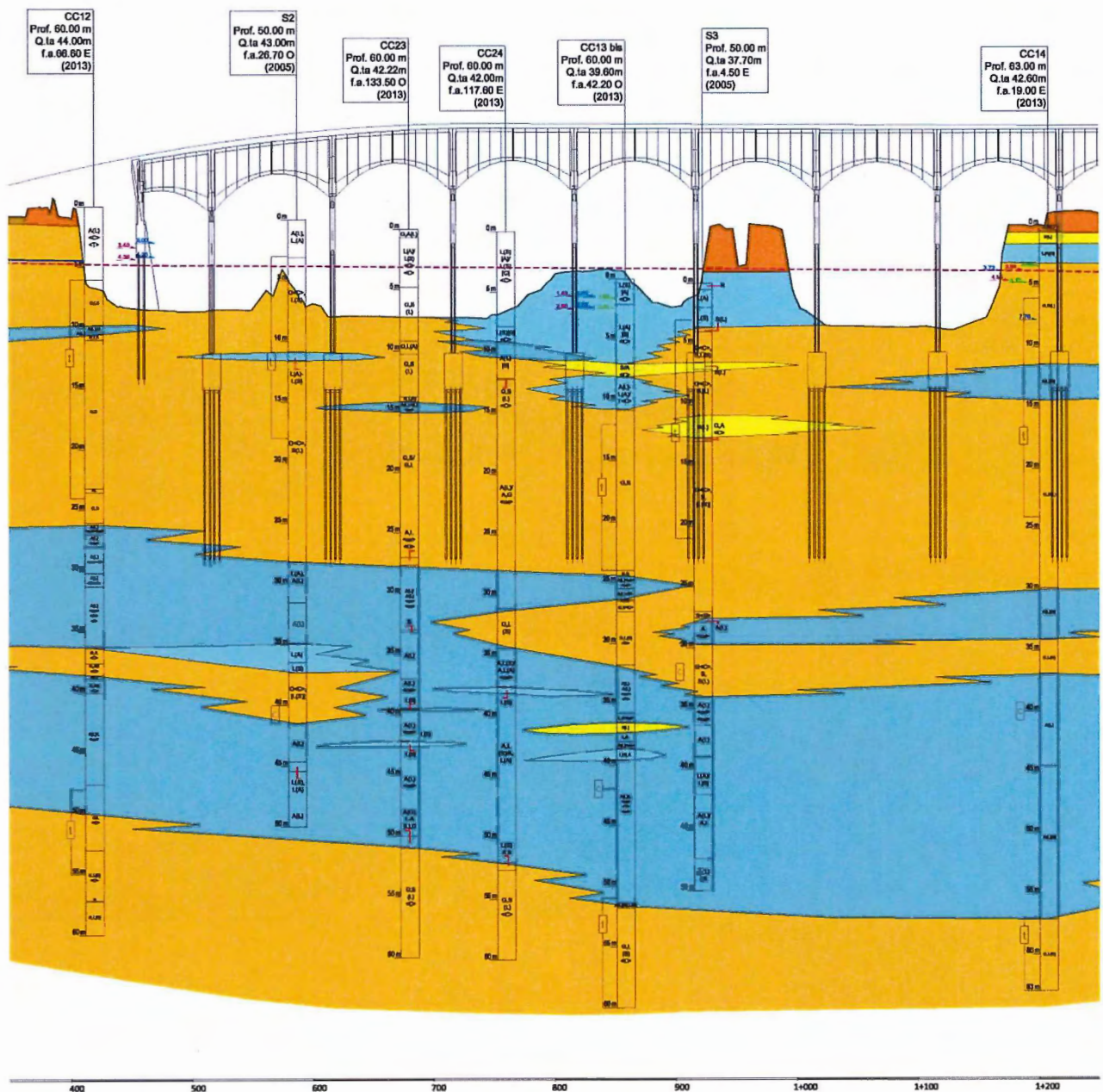
FINALITA': Adeguato livello conoscitivo dei parametri di deformabilità propri degli strati di fondazione per il tratto di galleria artificiale costituito da conci scatolari.



9.2.4 PONTE SUL FIUME TARO

AREA INDAGINE: da Spalla A a Pila P7

FINALITA': verificare l'esatta profondità dello strato ghiaioso (con tetto posto oltre i 50 m da p.c., massima profondità raggiunta nelle campagne precedenti) sul quale si intestano i pali delle sottostrutture da SPA a P7 (con incremento profondità indagata - da 50 a 60 m - dal sondaggio S3 già eseguito in corrispondenza della pila P5).



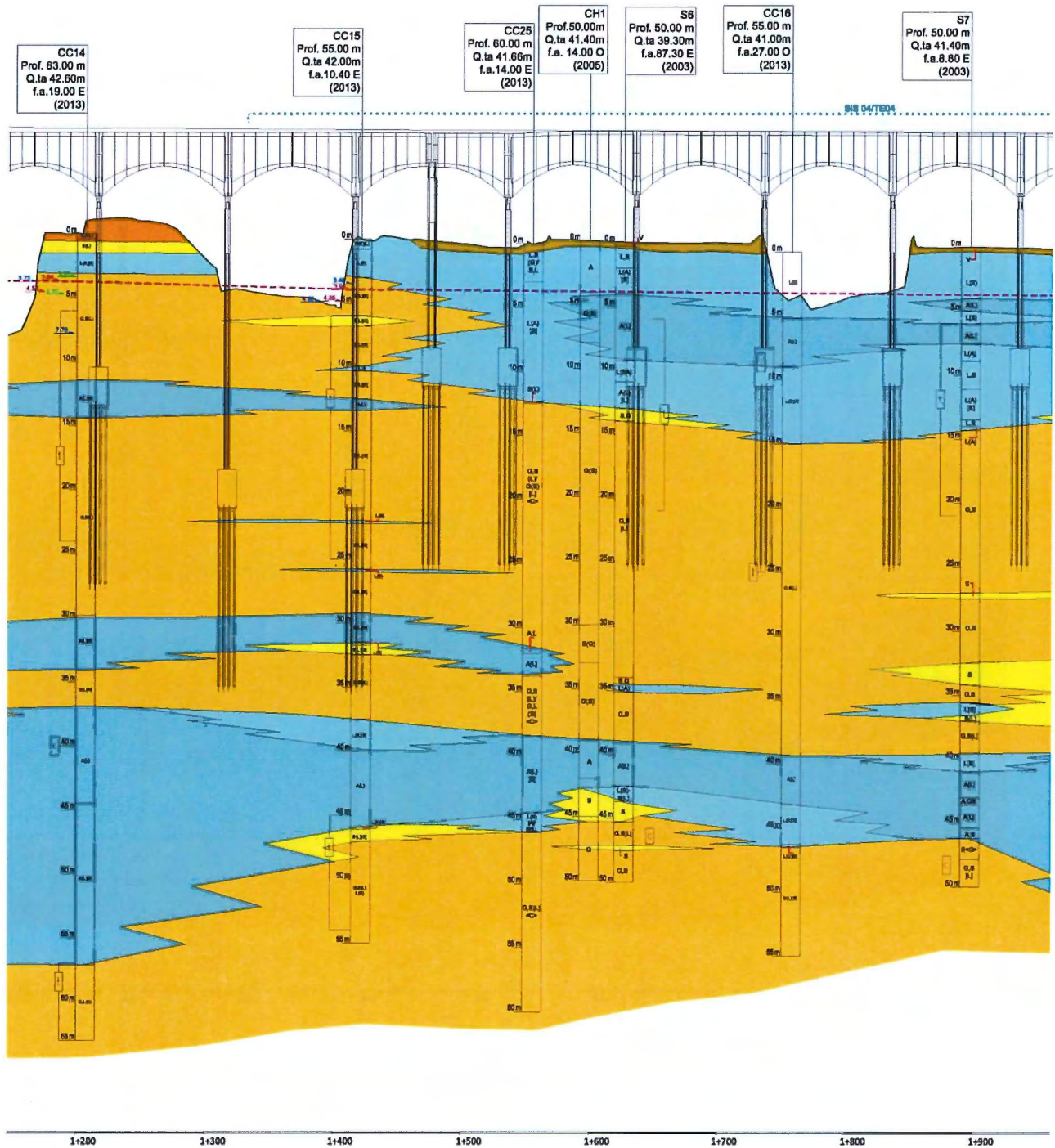
AREA INDAGINE: da Pila P8 a Pila P10

FINALITA': verificare la progressiva diminuzione dello spessore dello strato limoso-argilloso intermedio e la diminuzione della profondità della testa dello strato ghiaioso di base (entrambe le condizioni sono legate alla diminuzione della lunghezza dei pali ricadenti nella zona di riferimento, rispetto alla lunghezza media dei pali afferenti alle sottostrutture da Spalla A a Pila P7).

AREA INDAGINE: da Pila P11 a Pila P16

FINALITA': verificare la profondità della testa dello strato ghiaioso per garantire un'adeguata intestazione della punta dei pali.

L'esecuzione dei sondaggi a carotaggio continuo e prove penetrometriche statiche CPTU, unitamente a pozzetti esplorativi sino a 5 m di profondità, in destra Taro (Pile P10-P13) è inoltre funzionale all'individuazione di eventuali lenti limose/argillose, entro i 20-25 m di profondità.



AREA INDAGINE: da Pila P17 a SPB

FINALITA': verificare la profondità della testa dello strato argilloso-limoso (accertamento che tale quota non sia inferiore rispetto a quanto stimato nel Progetto Definitivo in relazione alla dipendenza delle caratteristiche di portanza di punta dei pali della spalla B.

9.2.5 VIABILITA' ORDINARIA INTERFERITA – CAVALCAVIA ED OPERE DI SOSTEGNO

WBS07 CA 04 - CA 05 - CA 06 - CA 07 - CA 08 - CA 09

FINALITA': in relazione alla comune tipologia fondazionale delle pile e/o spalle, costituita da pali in gruppo intestati in strati di natura ghiaiosa e portanti essenzialmente alla punta, le indagini integrative mirano alla individuazione dei passaggi stratigrafici fra gli strati portanti incoerenti e gli adiacenti strati con basse caratteristiche di portanza, onde verificare, con adeguato margine di sicurezza, che i pali siano sufficientemente intestati nella formazione cui è affidata la resistenza alla punta.

9.2.6 FONDAZIONE DEL CORPO STRADALE

PIANI DI POSA DEI RILEVATI

FINALITA': l'esecuzione di pozzetti esplorativi addizionali è funzionale alla determinazione dei parametri di deformabilità dei terreni in situ costituenti gli strati di fondazione dei futuri rilevati stradali. In particolare si rende necessario approfondire la conoscenza dei parametri di consolidazione (Cv) in corrispondenza delle opere sensibili al problema dei cedimenti differiti nel tempo, individuate dal PD.

9.3 Indagini geognostiche

9.3.1 Note generali

Si forniscono le principali indicazioni relative alle modalità di esecuzione delle indagini e delle prove in situ eseguite.

La definizione delle procedure operative di dettaglio è demandata alle "Norme tecniche per l'esecuzione delle indagini geotecniche e geofisiche" contenute nell' Allegato D - *Specifiche prestazionali per la redazione del progetto esecutivo* - del *Capitolato Speciale d'Appalto – Norme Generali*. Per ogni tipologia di indagine in situ e prova di laboratorio, sono fornite pertanto le indicazioni puntuali circa i paragrafi di riferimento del citato *Capitolato*.

9.3.2 Sondaggi a carotaggio continuo (CC) e campionamento geotecnico nei sondaggi

I sondaggi, classificati con codice **CC01÷CC28** (cfr. Tabelle in **Allegato A** ed elaborati grafici di riferimento con posizionamento planimetrico dei sondaggi stessi), sono stati condotti a carotaggio continuo.

La **stratigrafia** relativa ai singoli sondaggi contiene le seguenti informazioni:

1. denominazione del sondaggio;
2. ubicazione del sondaggio;
3. data di esecuzione;
4. quote superiori e inferiori degli strati attraversati e relative profondità dal p.c.;
5. informazioni sull'eventuale presenza di gas;
6. informazioni sull'eventuale presenza di acqua;
7. esito di eventuali prove eseguite all'interno del foro di sondaggio;
8. profondità di eventuali prelievi di campioni, modalità di estrazione e esito di eventuali prove eseguite sugli stessi;
9. dettagliata descrizione degli strati attraversati, con indicazioni sul colore, odore e consistenza.

La documentazione correlata ai sondaggi è stata redatta in conformità al contenuto informativo previsto

dal citato Capitolato Speciale d'Appalto – Norme Generali – Allegato D – paragrafo 3.1.2. Le procedure operative dovranno altresì rispondere a quanto contenuto al paragrafo 3.4.1.1 Sondaggio geotecnico delle "Norme tecniche per l'esecuzione delle indagini geotecniche e geofisiche".

Nel corso delle indagini sono sempre state effettuate **prove SPT** in corrispondenza di terreni prevalentemente incoerenti (strati ghiaioso-sabbiosi) e, dove indicato, in corrispondenza degli strati limoso-sabbiosi. La frequenza prova è stata mediamente ogni 1.50 m nei primi 15 m da p.c., quindi max ogni 3.00 m.

Il n° delle prove per ogni sondaggio è stato stimato sulla base delle risultanze ottenute dai sondaggi pregressi limitrofi, in termini di potenza degli strati potenzialmente interessati dalla prova (ghiaie-sabbie).

Durante le perforazioni sono state eseguite prove di **permeabilità in foro tipo Lefranc** - sia a carico costante (CC) che variabile (CV). Le indicazioni in merito alle specifiche operative riferite alle citate prove sono riportate ai paragrafi seguenti.

Sulle carote estratte, con particolare riferimento agli strati di terreno a carattere coesivo, sono state condotte **sistematicamente prove mediante Pocket Penetrometer e scissometro tascabile** (in numero non inferiore a tre determinazioni ogni 50 cm di carota estratta).

9.3.3 Prelievo di campioni

Nell'ambito delle perforazioni dei sondaggi geognostici sono stati prelevati campioni di terreno delle seguenti tipologie:

- **Campioni rimaneggiati** (terreni prevalentemente incoerenti), provenienti dalle cassette catalogatrici e/o dai campionatori tipo Raymond (utilizzati per le prove SPT a punta aperta), secondo le indicazioni e/o nel numero riportati in **Allegato B**, per ogni verticale indagata.

Il campionamento rimaneggiato finalizzato alla **caratterizzazione fisico-meccanica delle terre** è stato eseguito con frequenza media di campionamento di 5 m. Il n° delle campionamenti rimaneggiati per ogni sondaggio è stato stimato sulla base delle risultanze ottenute dai sondaggi pregressi limitrofi, in termini di potenza degli strati interessati (ghiaie-sabbie) ed è pertanto suscettibile di locali variazioni in relazione all'effettiva litostratigrafia rinvenuta sul campo, da visione delle carote estratte.

Ai fini della **caratterizzazione chimica dei terreni** si considera un campione rimaneggiato prelevato ogni 10 m di banco incoerente. I campioni rimaneggiati, entro i banchi coesivi, sono stati prelevati mediamente a 3 m dalla testa del banco e a 3 metri dalla base dello stesso. In presenza di banchi inferiori agli 8 m è stato effettuato un unico campionamento. Numero ed eventuale profondità dei campionamenti rimaneggiati sono stimati sulla base delle risultanze ottenute dai sondaggi pregressi limitrofi, in termini di potenza degli strati interessati e pertanto soggetti a conferma sul campo, previa visione delle carote estratte.

- **Campioni indisturbati** ottenuti per mezzo di campionatori tipo Osterberg, secondo le indicazioni e/o nel numero riportati in **Allegato B**, per ogni verticale indagata.

Il campionamento indisturbato è associato ai terreni di carattere coesivo (limi sabbiosi - limi argillosi - sabbie limose - argille limose), con frequenza di prelievo pari a 5 m. Le profondità indicate per l'esecuzione del prelievo sono definite a partire dal profilo geologico di Progetto Definitivo. Il posizionamento in corso d'opera del campionatore è stato subordinato all'individuazione, tramite visione delle carote estratte dal sondaggio stesso, dello strato di terreno presupposto per l'esecuzione del prelievo indisturbato in sede di pianificazione dell'indagine.

Ulteriori indicazioni di riferimento circa le modalità di campionamento, trasporto e conservazione dei campioni sono contenute al paragrafo 3.4.1.3 Campionamento geotecnico nei sondaggi delle "Norme tecniche per l'esecuzione delle indagini geotecniche e geofisiche".

9.3.4 Prove penetrometriche statiche CPTU (PU)

Posizione e profondità indagata delle verticali di indagine in corrispondenza delle quali sono state eseguite le prove penetrometriche statiche a punta elettrica con piezocono, individuate dai codici **PU01-PU02**, sono contenute in **Allegato A-C**.

L'esecuzione delle prove è stata condotta in osservanza alle specifiche tecniche strumentali e alle procedure operative contenute ai paragrafi seguenti delle "Norme tecniche per l'esecuzione delle indagini geotecniche e geofisiche":

- par.3.4.1.7 Prove penetrometriche statiche di tipo elettrico

- par. 3.4.1.8 Prove penetrometriche statiche con piezocono

9.3.5 Prove di dissipazione

Durante l'esecuzione della prova, l'infissione della punta produce una variazione della pressione neutrale (U) inversamente proporzionale alla permeabilità. Tale rilievo in fase di avanzamento permette di ottenere una classificazione del terreno estremamente accurata. Interrompendo l'infissione in strati argillosi e graficando l'andamento della sovrappressione in funzione del tempo si ottiene la cosiddetta "**curva di dissipazione**" della pressione, il cui esame dà utili indicazioni sui parametri di compressibilità e di permeabilità dei terreni coesivi (argille, limi).

Alle quote indicate, per ogni prova, in **Allegato C**, sono state condotte pertanto le suddette **prove di dissipazione**, secondo le modalità riportate al 3.4.1.8 delle "Norme tecniche per l'esecuzione delle indagini geotecniche e geofisiche".

Come esplicitato in **Allegato C**, le prove di dissipazione sono state eseguite nelle seguenti condizioni stratigrafiche:

- in corrispondenza di eventuali lenti argillose, rilevate dall'esame in tempo reale delle misurazioni fornite dalla strumentazione, con interruzione dell'infissione ed esecuzione della prova.
- in corrispondenza degli strati ad elevata conducibilità idraulica (sabbie), come mezzo di paragone per le analoghe misurazioni sugli strati idraulicamente impervi.

Le quote indicate in allegato sono quelle fornite come indicative, stimate sulla base della litostratigrafia di Progetto Definitivo. La quota reale di esecuzione è riportata negli elaborati di restituzione delle prove.

9.3.6 Prove penetrometriche statiche CPTU con preforo a distruzione di nucleo (PDP)

Posizione e profondità indagata delle verticali di indagine in corrispondenza delle quali verranno eseguite le prove penetrometriche statiche con preforo a distruzione di nucleo, individuate dai codici PDP01-PDP05, sono contenute in Allegato A-C.

Lo schema operativo alla base delle verticali di indagine classificate come PDP prevede, a partire dal p.c., l'esecuzione di un preforo con tecnica a distruzione di nucleo sino ad una quota sufficientemente distante rispetto al tetto del banco coesivo sottostante la formazione incoerente (si considera una distanza dal tetto presunto pari a 8 m). Il livello del tetto coesivo è derivato, nella fattispecie, dal profilo geologico emesso nel Progetto Definitivo. In tale tratto sono state condotte prove SPT ogni 1.5 m di perforazione (intervallo estendibile sino a 3.00 m per profondità superiori a 15 m dal p.c.).

La perforazione proseguirà quindi per un breve tratto a carotaggio continuo, così da individuare chiaramente il contatto fra i due litotipi e procederà per 1-2 m oltre il contatto stesso.

Raggiunto l'avanzamento di 1-2 m entro il banco coesivo, l'indagine è avanzata con l'esecuzione della prova CPTU, per tutta la potenza dello strato, sino al raggiungimento del tetto del banco ghiaioso sottostante, individuato dalla repentina variazione dei parametri di resistenza e pressione interstiziale misurati dal piezocono.

Conclusa la prova CPTU, si è provveduto a perforare con tecnica a distruzione di nucleo il banco coesivo appena attraversato con la prova penetrometrica statica, arrestando l'avanzamento 1-2 m prima del contatto individuato. La perforazione è proseguita quindi a carotaggio continuo sino al contatto e per almeno 5 m entro il banco incoerente. In tale tratto verranno condotte prove SPT ogni 1.5 m di perforazione.

Le quote singolari (contatti livelli incoerenti-coesivi), per ogni verticale di indagine, sono indicate in Allegato C.

Con esclusivo riferimento alla verticale di indagine PDP05, è stata adottata la procedura operativa seguente, differente dalla sequenza di prova standard sopra descritta:

- Esecuzione da p.c. della prova penetrometrica CPTU entro lo strato coesivo superficiale, sino al raggiungimento del tetto del banco ghiaioso sottostante, individuato dalla repentina variazione dei parametri di resistenza e pressione interstiziale misurati dal piezocono.
- Conclusa la prova CPTU, perforazione con tecnica a distruzione di nucleo del banco coesivo appena attraversato con la prova penetrometrica statica e del successivo livello ghiaioso, sino alla profondità di 25 m da p.c. In tale tratto sono state condotte prove SPT ogni 1.5 m di perforazione.

- prosecuzione della perforazione con tecnica a carotaggio continuo sino a **40 m** dal p.c., con effettuazione di prove **SPT** ogni 1.5 m di perforazione e prelievo di campione indisturbato a 32-33 m ca da piano campagna, entro il livello torboso.

9.3.7 Prove penetrometriche dinamiche (SPT)

Nell'ambito dei sondaggi a carotaggio continuo (CC) ed all'interno dei fori a distruzione realizzati per l'esecuzione delle verticali PDP, sono state condotte prove di penetrazione dinamica (SPT).

L'esecuzione della prova ha risposto alle prescrizioni di cui al paragrafo 3.4.1.4 *Prove di penetrazione dinamica SPT* delle "Norme tecniche per l'esecuzione delle indagini geotecniche e geofisiche". Le indicazioni in merito alle singole verticali di indagini cui è associata l'esecuzione delle suddette prove ed il numero delle stesse sono contenute in Allegato B.

Si specifica che il numero delle prove per ogni sondaggio, indicato in Allegato B, è stimato a partire dalla potenza degli strati potenzialmente interessati dalla prova (ghiaie-sabbie), il numero e le profondità reali di esecuzione delle prove sono riportate nelle monografie dei sondaggi e nelle tabelle di elaborazione riportate nella relazione di caratterizzazione geotecnica dei terreni di Progetto Esecutivo.

9.3.8 Prove di permeabilità in foro tipo Lefranc

La prova ha come obiettivo la misurazione della conducibilità idraulica orizzontale del terreno ed è basata sulla filtrazione dell'acqua attraverso un predeterminato tratto di perforazione associata alla misurazione dell'assorbimento della stessa da parte del terreno.

La prova è stata eseguita a carico idraulico variabile (CV) in presenza di terreni a modesta permeabilità ed a carico idraulico costante (CC) in suoli a permeabilità elevata.

Le modalità esecutive sono state conformi a quanto riportato al paragrafo 3.4.1.10 *Prove di permeabilità in sondaggio tipo Lefranc* delle "Norme tecniche per l'esecuzione delle indagini geotecniche e geofisiche".

In Allegato B è data indicazione del numero, tipologia profondità di esecuzione delle prove di permeabilità per ogni sondaggio a carotaggio continuo.

9.3.9 Piezometri

Per la determinazione del modello idrogeologico di riferimento, nonché per la ricostruzione dei livelli piezometrici delle falde presenti, i fori di sondaggio sono stati attrezzati con piezometri del tipo a tubo aperto o Casagrande in relazione alle caratteristiche di permeabilità dei suoli attraversati.

In Allegato B è data indicazione dei seguenti elementi essenziali:

- Piezometri a tubo aperto: collocazione (codice sondaggio CC) e range profondità dal p.c. del tratto finestrato.
- Piezometri tipo Casagrande: collocazione (codice sondaggio CC) e profondità dal p.c. della cella filtrante.

Le specifiche tecniche di riferimento per i dispositivi di misurazione in oggetto, unitamente a tempistica e modalità delle rilevazioni dei livelli di falda, sono indicate al paragrafo 3.4.1.11 *Piezometri tipo Casagrande* delle "Norme tecniche per l'esecuzione delle indagini geotecniche e geofisiche".

Si evidenzia inoltre che il posizionamento del tratto finestrato o della cella filtrante è stato subordinato all'individuazione, tramite visione delle carote estratte dal sondaggio stesso, dello strato di terreno presupposto per l'installazione del tratto finestrato in sede di pianificazione dell'indagine.

Qualora sia stata richiesta la predisposizione di ulteriori punti di misura, in corrispondenza della medesima verticale, sono stati realizzati altri fori a distruzione di nucleo nelle immediate vicinanze del sondaggio stesso, spinto fino alla profondità richiesta per la collocazione degli ulteriori punti di misura.

Prima di procedere alle misure di livello, con la frequenza stabilita, per ogni dispositivo installato, è stata eseguita la pulizia dell'interno del piezometro in corrispondenza degli strati filtranti (il cosiddetto "sviluppo" o spurgo).

9.3.10 Pozzetti esplorativi

Nell'ambito del presente Piano di Indagini sono stati realizzati dei pozzetti esplorativi individuati dai codici CP01-CP28.

Lo scavo di un pozzetto esplorativo consente di verificare in dettaglio la stratigrafia degli strati più superficiali, il livello della falda freatica, lo spessore del terreno vegetale.

Sono stati altresì prelevati campioni rimaneggiati di terreno e, in presenza di terreni coesivi, di campioni indisturbati cubici di ottima qualità per l'esecuzione di prove di laboratorio.

La profondità massima di scavo è limitata a quella raggiungibile con gli escavatori normalmente in uso, cioè 4 ÷ 5 m; in presenza di falda, per esigenze di sicurezza del personale incaricato all'esecuzione dell'indagine, si provvederà a profilare adeguatamente le pareti di scavo per garantire la stabilità delle stesse.

La quota di fondo scavo è stata posta, nella maggior parte dei casi, alla luce degli spessori di bonifica definiti in sede di PD, pari a 50 cm dal p.c., con riferimento ai pozzetti collocati in corrispondenza dei futuri rilevati autostradali.

Sul fondo degli scavi sono state eseguite prove di carico su piastra e prelevati campioni di terreno (sia indisturbati che rimaneggiati), secondo le quantità specificate nelle tabelle contenute in Allegato C, in funzione delle prove di laboratorio indicate al medesimo Allegato.

Lo scavo è stato eseguito con dimensioni minime di 2 x 2 m, in pianta, ed ha raggiunto le profondità indicate in Allegato C.

Il materiale scavato dovrà essere ammassato a distanza di 2 ÷ 3 m dal ciglio dello scavo mantenendo separati, per quanto possibile, i diversi strati presenti.

In ogni caso le pareti dello scavo dovranno essere profilate con una pendenza tale da garantire la stabilità dello scavo e la sicurezza dell'operatore che procede alla ispezione.

In presenza di terreni coesivi, la descrizione dei terreni è stata integrata da misure sistematiche della resistenza al taglio in sito (ad intervalli di profondità di 10 ÷ 20 cm), utilizzando il penetrometro e lo scissometro tascabili.

La documentazione di ciascun pozzetto comprende:

- informazioni generali (sito, ubicazione, data, nominativo dell'operatore);
- quota assoluta di piano campagna;
- livello piezometrico della falda freatica
- stratigrafia del terreno, incluse misure di resistenza speditive negli strati coesivi (penetrometro e scissometro tascabili);

- indicazioni relative al prelievo di campioni e alla esecuzione di eventuali prove (prove di carico su piastra, prove di densità in sito, ecc.).

Gli elementi informativi forniti sono conformi a quanto espresso al paragrafo 3.1.2 *Indagini dirette del Capitolato Speciale d'Appalto – Norme Generali – Allegato D.*

Sono stati prelevati campioni rimaneggiati, cioè rappresentativi della sola composizione granulometrica dei terreni, una volta prelevati sono stati sigillati in sacchetti di polietilene doppi.

La quantità necessaria per le prove di laboratorio è di circa 1 kg per i terreni fini e di circa 5 + 10 kg per i terreni grossolani.

Per le prove di costipamento tipo Proctor o prove CBR le quantità prelevate sono state, rispettivamente, 50 e 100 kg.

I campioni indisturbati sono stati prelevati per mezzo di campionatori tipo Osterberg, secondo le indicazioni e/o nel numero riportati in Allegato C, per ogni pozzetto esplorativo.

Ulteriori indicazioni di riferimento circa le modalità di campionamento sono contenute al paragrafo 3.4.1.3 *Campionamento geotecnico nei sondaggi* delle "Norme tecniche per l'esecuzione delle indagini geotecniche e geofisiche".

9.3.11 Prove di carico su piastra

La prova consiste nel caricare per gradini successivi una piastra rigida circolare, ben appoggiata sulla superficie del terreno in prova, e misurare i cedimenti corrispondenti ai diversi gradini di carico.

I riferimenti normativi per le prove di carico su piastra sono i seguenti:

- Capitolato Speciale d'Appalto – Norme Generali – Allegato D – paragrafo 3.4.1.12
- Norma svizzera SNV 670 317a - Prova di carico su piastra ME (per quanto non previsto nella documentazione di cui al punto precedente).

La prova di carico su piastra è stata eseguita su due cicli di carico/scarico secondo le seguenti modalità:

- applicazione di un carico preliminare di 20 kPa (incluso il peso dell'attrezzatura), in modo da assicurare un appoggio uniforme della piastra al terreno;
- lettura sul comparatore del valore iniziale di cedimento;
- applicazione di un primo gradino di carico di 50 kPa e lettura del relativo cedimento dopo 2' dal momento dell'applicazione del carico;
- applicazione dei successivi gradini di carico, secondo quanto disposto dal progetto delle indagini, con lettura dei relativi cedimenti, sempre dopo 2' dal momento dell'applicazione di ogni carico.
- applicazione dei gradini di scarico, secondo quanto disposto dal progetto delle indagini, con lettura dei relativi spostamenti, sempre dopo 2' dal momento dell'applicazione di ogni scarico.

Ulteriori indicazioni circa tempi di attesa per procedere agli incrementi di carico, ripetizione delle letture e tolleranze adottate per la stabilizzazione del cedimento, sono contenute al punto 3.4.1.12 del *Capitolato Speciale d'Appalto – Norme Generali – Allegato D.*

Nella tabella che segue sono riportate le sequenze di carico (in kPa) utilizzate durante la prova, per ogni ciclo di carico previsto, con i relativi intervalli di carico in corrispondenza dei quali rilevare il cedimento per il calcolo del modulo di compressibilità M_E :

PROVA DI CARICO SU PIASTRA - SEQUENZE DI CARICO/SCARICO

Fase di prova	Step tensionali sulla piastra [kPa]	intervallo di carico per il calcolo di M_E [kPa]
Carico	20 - 50 - 100 - 150 - 200 - 250	50 - 150 (150 - 250)
Scarico	200 - 100 - 50 - 20	---

Il modulo di compressibilità M_E [kPa] è stato calcolato al primo e al secondo ciclo di carico con la seguente equazione:

$$M_E = \Delta p_i / \Delta s_i \cdot D$$

dove:

- Δp_i [kPa] = intervallo di carico prescelto
- D [mm] = diametro della piastra
- Δs_i [mm] = cedimento corrispondente all'intervallo di carico prescelto.

Una volta iniziata la messa in carico, non si dovrà apportare alcuna modifica al dispositivo di prova.

Il contrasto non dovrà subire alcuna vibrazione o scossa.

Dopo la prova, l'omogeneità del terreno di prova dovrà essere verificata fino ad una profondità pari a 0.5 m.

La documentazione di prova comprende:

- informazioni generali (commessa, cantiere, ubicazione, data, nominativo dell'operatore);
- diametro della piastra;
- copia dei certificati di taratura del comparatore e del manometro non anteriori di 3 mesi alla data della prova;
- tabelle con le letture del micrometro effettuate in cantiere per ciascun gradino di carico;
- diagramma carichi-cedimenti;
- calcolo del modulo di compressibilità M_E ;
- incremento di carico specifico (kN/m²);
- cedimento corrispondente all'incremento di carico (mm).

9.4 Prove di laboratorio

La tipologia e numero delle prove di laboratorio eseguite sui campioni, sia indisturbati sia rimaneggiati, prelevati dai sondaggi a carotaggio continuo o confezionati dal materiale raccolto durante le operazioni di scavo dei pozzetti esplorativi, sono dettagliati in Allegato E.

E inoltre riportato il set completo di prove svolte sui campioni indisturbati e rimaneggiati, con riferimento alle verticali di indagine e/o pozzetti esplorativi di provenienza dei campioni.

In particolare, per ogni campione indisturbato è stata condotta una tipologia di prova di laboratorio ricavando dal medesimo campione un set costituito da 3 provini ad eccezione per le combinazioni di prova Edometrica e di Taglio diretto, condotta su provini ricavati dal medesimo campione indisturbato.

In presenza di più campioni indisturbati estratti dalla medesima verticale di sondaggio o pozzetto esplorativo, l'attribuzione del singolo campione alla specifica tipologia di prova è stata definita sul campo dal tecnico di laboratorio e/o dal progettista presenziante il campionamento, in relazione alla qualità del campione indisturbato stesso.

Di seguito si riportano i riferimenti normativi per ciascuna delle prove di laboratorio svolte:

- Campioni indisturbati

- Descrizione dei campioni (ASTM D 2484, AGI 1994)
- Peso unità di volume (ASTM D2216-98)
- Peso specifico dei grani (CNR UNI 10013, ASTM D854)
- Contenuto d'acqua (ASTM D2216)
- Limiti di Atterberg (CNR UNI 10014, ASTM D 4318)
- Granulometria per setacciatura e per sedimentazione (AGI 1994, ASTM D422-63)
- Classificazione dei terreni (CNR UNI 10006)
- Consumo iniziale a calce (AASHTO M 261-841)
- Contenuto in carbonati (ASTM D 4373)
- Contenuto di solforati e solfuri: (UNI 8520 parte 11)
- Acidità dei terreni (DIN 40302)
- Contenuto in nitrati
- Contenuto in sostanza organica (ASTM D 2974-00)
- Caratteristiche di costipamento mediante prova di costipamento PROCTOR Standard o Modificata (in relazione alle caratteristiche granulometriche dei terreni) – (UNI EN 13286-2)
- Indice CBR (UNI EN 13286-47)
- Indice CBR immediato -IPI (UNI EN 13286-47)

- Campioni rimaneggiati
 - Descrizione dei campioni (ASTM D 2484, AGI 1994)
 - Peso specifico dei grani (CNR UNI 10013, ASTM D854)
 - Contenuto d'acqua (ASTM D2216)
 - Limiti di Atterberg (CNR UNI 10014, ASTM D 4318)
 - Granulometria per setacciatura e per sedimentazione (AGI 1994, ASTM D422-63)
 - Classificazione dei terreni (CNR UNI 10006)
 - Consumo iniziale a calce (AASHTO M 261-841)
 - Contenuto in carbonati (ASTM D 4373)
 - Contenuto di solforati e solfuri: (UNI 8520 parte 11)
 - Acidità dei terreni (DIN 40302)
 - Contenuto in nitrati
 - Contenuto in sostanza organica (ASTM D 2974-00)
 - Caratteristiche di costipamento mediante prova di costipamento PROCTOR Standard o Modificata (in relazione alle caratteristiche granulometriche dei terreni) – (UNI EN 13286-2)
 - Indice CBR (UNI EN 13286-47)
 - Indice CBR immediato -IPI (UNI EN 13286-47)

- Parametri di resistenza al taglio drenata
 - Prova triassiale consolidata-non drenata TX-CIU (ASTM D4767-02, AGI 1994)
 - Prova di taglio diretto TD (ASTM D 3080-03, AGI 1994)
- Parametri di resistenza al taglio non drenata
 - Prova triassiale non consolidata-non drenata "TX-UU" (ASTM D 4767-02, AGI 1994).
- Parametri di deformabilità e consolidazione
 - Prova Edometrica ad incrementi di carico (ASTM D2435-02, AGI 1994)

9.5 STABILIZZAZIONE A CALCE/CEMENTO DEI TERRENI – STUDIO MISCELE SPERIMENTALI

9.5.1 Indicazioni da Progetto Definitivo

Nell'ambito della progettazione definitiva, in tutto il tratto interessato dall'opera sono stati eseguiti pozzetti esplorativi per investigare direttamente il terreno più superficiale e prelevando campioni rimaneggiati destinati alle prove di classificazione in laboratorio.

Contestualmente sono state condotte delle prove di carico su piastra a circa 0.50 m da p.c. per caratterizzare la deformabilità del terreno sotto la coltre vegetale. Le prove di carico su piastra sono state eseguite con un ciclo di carico fino a 200 kPa per step di carico pari a 50 kPa, di scarico e di ricarico fino a 150 kPa sempre per step di carico pari a 50 kPa.

Sul campione più superficiale (ovvero sul terreno rimosso nello scavo del pozzetto esplorativo), è stata eseguita anche la determinazione del consumo iniziale di calce (CIC) in modo da avere indicazioni per un eventuale trattamento a calce del terreno in situ, da adottarsi quale soluzione per la bonifica dello strato di fondazione del rilevato autostradale, in alternativa alla sostituzione integrale con materiale idoneo (conferito da altro sito).

La determinazione degli spessori di bonifica, lungo l'intero sviluppo dell'opera, è stata eseguita, nell'ambito del PD, assumendo quale requisito prestazionale per il piano di posa dei rilevati il soddisfacimento di determinati requisiti di portanza (densità secca non inferiore al 90% della densità massima AASHTO modificata a rullatura eseguita e modulo di deformazione non inferiore a 15 MPa determinato con prova di carico su piastra da 30 cm di diametro nel primo ciclo di carico nell'intervallo di pressione compreso tra 50 e 150 kPa) e, noti i moduli su piastra del terreno in situ (misurati in pozzetto, a profondità 50 cm da p.c.), applicando il criterio del bistrato formulato da D. M. Burmister (1943).

E' stato calcolato quindi uno spessore di bonifica, uniforme su tutta la tratta di interesse, pari a **50 cm**, costituiti da 20 cm di scotico e 30 cm di locale trattamento dei terreni a calce/cemento, in sostituzione dell'apporto di materiale idoneo da cava.

Contestualmente alla definizione dell'entità degli interventi di bonifica, la Relazione Geotecnica del PD fornisce indicazioni operative circa la tipologia e la percentuale di calce da prevedersi, pur individuando la necessità di approntare, in corso d'opera, le indagini in laboratorio finalizzate allo studio delle miscele sperimentali.

Finalità della stabilizzazione	Calce viva	Calce idrata	Calce idraulica
Miglioramento dei movimenti di terra per realizzazione di rilevati	2÷3%	2%	-
Strati di sottofondo e di fondazione	6÷7%	7÷10%	10%

Sempre la Relazione Geotecnica di PD suggerisce, per miscelazione con terreni prevalentemente argillosi, l'utilizzo di calci di defecazione citando quale riferimento tecnico lo "Studio sperimentale per la correzione di terreno di sottofondo", redatto per conto della Provincia di Parma a cura del Prof. A. Montepara del Dipartimento di Ingegneria Civile dell'Università di Parma.

9.5.2 Prove di laboratorio per lo studio delle miscele

La campagna di laboratorio finalizzata allo studio delle miscele è stata condotta secondo le seguenti fase operative:

- esecuzione dei pozzetti esplorativi nella zona ricadente sull'area di impronta dei futuri rilevati autostradali (si vedano Planimetrie con posizionamento pozzetti);
- prelievo di campioni rimaneggiati nel numero indicato in Allegato C;
- identificazione dei terreni ed accettazione degli stessi sulla base dei criteri di accettabilità ai fini di un trattamento a calce/calce-cemento degli stessi;
- studio delle miscele sperimentali.

Nei paragrafi che seguono è data indicazione delle procedure operative svolte nell'ambito delle prove di accettazione dei terreni e della fase di studio delle miscele. Si adotta quale riferimento specialistico, il paragrafo 6.4.1 *Terra Stabilizzata a Calce* del "Capitolato Speciale d'Appalto – Norme Tecniche – Opere Civili". I contenuti del citato riferimento, funzionali all'approntamento della campagna di laboratorio in oggetto, sono proposti ai paragrafi che seguono.

Requisiti di accettazione delle Terre

Il trattamento a mezzo di calce è previsto per i terreni limosi e/o argillosi, altrimenti non utilizzabili, che dovranno avere le seguenti caratteristiche:

- Granulometria (vedi fuso granulometrico riportato nella norma CNR B.U. n.36)
- Indice di plasticità > 10
- Sostanze organiche < 2% ⁽¹⁾ ⁽²⁾
- Solfati totali (solfati e solfuri) < 0.25% ⁽³⁾
- Nitrati < 0.1%
- Contenuto d'acqua $W_n \leq 1.3 W_{opt}$ (standard)

Sono ammesse granulometrie diverse da quelle interamente comprese nel fuso e un valore minore della plasticità a condizione che si dimostri l'idoneità della terra ad essere trattata, attraverso lo studio delle miscele di laboratorio e un campo prova. In ogni caso l'indice di plasticità dovrà essere $Ip > 5$.

La terra da stabilizzare dovrà essere libera di vegetazione e di qualsiasi altro materiale estraneo.

Possono essere stabilizzate a calce anche le terre dei gruppi A 2-6, A2-7 qualora presentino una frazione di passante al setaccio 0.4 UNI non inferiore al 35% e la cui granulometria rientri nel fuso B.U. n° 36.

Requisiti di accettazione della calce

I tipi di calce da impiegare sono:

- calce aerea idrata in polvere sfusa o in sacchi;
- calce aerea viva macinata sfusa o in sacchi.

L'impiego della calce viva macinata, per il suo effetto essiccante, è preferibile nei casi in cui i valori di umidità sono sensibilmente più elevati del valore ottimo per il costipamento.

La calce idrata e/o viva confezionata in sacchi non potrà essere utilizzata.

Entrambi i tipi dovranno rispondere ai requisiti di accettazione indicati nella Norma UNI EN 459-1 ed inoltre dovranno avere le caratteristiche riportate al 6.4.1.6.2 del "Capitolato Speciale d'Appalto – Norme Tecniche – Opere Civili"

I tipi di calce comunemente impiegabili nella stabilizzazione dei terreni sono le calce da costruzione :

- CL 90
- CL 80

I requisiti fisici, granulometrici e chimici sono indicati nella norma UNI EN 459-1

Si riportano, a titolo di esempio, le caratteristiche chimiche della Calce viva CL 90:

- CO₂ <4%

¹ Questo valore può essere superato fino al valore del 4% nel caso di impiego del trattamento per il piano di posa del rilevato, purché sia dimostrato il raggiungimento dei requisiti di resistenza, deformabilità e durabilità richiesti

² Sono consentite prove colorimetriche, per la valutazione preliminare delle sostanze organiche, ai sensi della norma UNI 1744-1. Nel caso di esito positivo della suddetta prova, si procederà alla verifica in laboratorio chimico secondo la norma NF P 94-055. Al fine di ottenere una correlazione fra la scala dei colori della prova colorimetrica ed i risultati analitici della prova AFNOR, dovranno essere eseguiti dei confronti sui campioni del medesimo terreno da trattare

³ I terreni con contenuto di solfati totali >1% non sono idonei al trattamento a calce; le terre con un contenuto di solfati totali compreso tra 1% e 0.25 % potrebbero, in casi eccezionali essere accettati, e comunque dopo uno specifico studio di laboratorio

- CaO +MgO >90 %
- MgO < 5%
- SO₃ <2%
- Reattività all'acqua > 60° entro 25'

Requisiti di accettazione dell'acqua

L'acqua utilizzata non dovrà contenere apprezzabili quantità di sostanze organiche e/o inorganiche che possano inibire le reazioni chimiche del trattamento (es. acque salmastre, con contenuto di oli, solfati, cloruri, etc).

9.5.3 Identificazione del terreno

Sono stati determinati i seguenti parametri:

- Composizione granulometrica mediante setacciatura a umido, con la determinazione del diametro massimo, della percentuale del passante ai setacci di maglia 2 mm, 0.4 mm e 0.075 mm.
- Limiti di consistenza e Indice di plasticità (Ip).

Sulla base delle prove suddette è stata stabilita l'idoneità dei materiali prelevati dai pozzetti esplorativi e successivamente identificati eventuali gruppi omogenei dei terreni oggetto dello studio.

Per ogni campione rappresentativo di ciascun gruppo omogeneo sono stati determinati:

- Curva granulometrica cumulativa
- Indici di consistenza (Ic) e di plasticità (Ip)
- Contenuto naturale d'acqua (W_n)
- Spettro diffrattografico
- Contenuto in solfati e solfuri
- Contenuto in sostanza organica
- Contenuto in nitrati
- Caratteristiche di costipamento mediante prova di costipamento Proctor Standard, con determinazione di umidità ottima (W_{opt}).
- Indice CBR
- Indice CBR immediato (IPI)

9.5.4 Studio delle miscele sperimentali

Scopo dello studio delle miscele sperimentali è quello di determinare il quantitativo minimo di calce necessario ad ottenere il miglioramento prefissato delle caratteristiche del terreno tale da assicurare nel tempo i requisiti richiesti.

Nello specifico, le prove di laboratorio su un terreno proposto per il trattamento si prefiggono i seguenti obiettivi:

- individuazione delle regole che forniscono il dosaggio in calce del trattamento in funzione dell'IPI e del contenuto d'acqua previsto al momento della messa in opera. I risultati sono stati forniti sotto forma di diagrammi ed abachi, con particolare riferimento a:
 - Variazione dell'IPI in funzione del contenuto di calce, per differenti valori del contenuto d'acqua naturale (curve a contenuto d'acqua naturale costante);
 - Dosaggio di calce, in funzione del contenuto naturale d'acqua, in corrispondenza di un valore di IPI prefissato (curve ad IPI costante, ad es. 5-10-15)

- valutazione della compatibilità del trattamento in relazione ai requisiti prestazionali previsti per gli strati di fondazione dei rilevati o gli strati costituenti il corpo dei rilevati.

Per quanto si riferisce al primo punto, la procedura comprende la sperimentazione su più miscele necessarie alla formulazione di diagrammi di interesse progettuale, a partire da campioni della frazione granulometrica del materiale < 20 mm, con riferimento ai corrispondenti valori dell'IPI.

Lo studio delle miscele è stato condotto secondo la procedura operativa seguente:

- determinazione del consumo iniziale di calce (di seguito indicato con CIC) ovvero la quantità di calce necessaria per soddisfare le reazioni immediate terra-calce, in relazione alla capacità di scambio cationico dei materiali argillosi (% di calce minima in grado di elevare il Ph della miscela al valore di 12,4).
- preparazione di minimo 3 miscele terra-acqua-calce, a partire da una percentuale minima di calce pari al determinato valore del CIC, aumentando dello 0,5 % il contenuto di calce (es 2.0% - 2.5% - 3.0%). In ogni caso la percentuale iniziale di calce utilizzata nello studio non dovrà essere < 2% (riferito al peso del secco del terreno).
- esecuzione della seguente campagna di prove di laboratorio per le diverse miscele sperimentali:
 - Analisi granulometrica per via umida con setacci e con aerometro;
 - Indice di plasticità (Ip) e di consistenza (Ic)
 - Indice CBR imbibito (a 7 e 28 giorni) da prova CBR post-saturazione (7-28 gg di maturazione con imbibizione ultimi 4 gg)
 - Indice IPI. Si ricercherà la minima percentuale di calce che consenta di ottenere un IPI > 10
 - Prova Proctor Standard/Modificata
 - Prova di compressione semplice (a 24 ore, 7 e 28 giorni) - $d/h = 1/2$ su provini con diverso grado di W% : Wopt - Wopt+2% - Wopt-2%
 - Prova di rigonfiamento lineare e volumetrico delle miscele con IPI>10. Si dovrà verificare, per ciascun provino, un aumento di volume rispetto al provino appena compattato inferiore al 1%.
 - Prove di taglio diretto CD a 28 giorni di maturazione su campioni "tal quali" e dopo completa immersione per 7 giorni in acqua, costipati con energia AASHTO Standard e con diversi tenori di umidità (Wott, Wott+2%, Wott-2%).

9.5.5 Requisiti prestazionali delle miscele

La miscela ottimale scaturirà dalle analisi effettuate in laboratorio. Le risultanze della campagna di prove sperimentali saranno analizzate in relazione ai limiti di accettazione delle miscele terra-calce prestabiliti.

9.6 AGGRESSIVITA' DEI TERRENI

Tutte le strutture interrate (muri, platee e travi di fondazione, pali diaframmi) appartengono alla classe XC2. Dopo una semplice ed economica analisi del terreno o dell'acqua in esso contenuta, in base al prospetto 2 della norma UNI EN 206-1, in cui sono elencati i valori limite per ogni agente aggressivo contemplato dalla classe di esposizione XA, è possibile ricavare l'eventuale classe di aggressione chimica.

Gli ambienti chimicamente aggressivi, classificati nel prospetto proposto nel seguito, si riferiscono al suolo naturale con presenza d'acqua, temperature dell'acqua/terreno comprese tra 5° e 25°C ed una velocità dell'acqua sufficientemente bassa da poter essere approssimata a condizioni statiche.

La condizione più gravosa per ognuna delle condizioni chimiche determina la classe di esposizione.

Se due o più caratteristiche di aggressività appartengono alla stessa classe, l'esposizione sarà classificata nella classe più elevata successiva, salvo il caso che uno studio specifico provi che ciò non sia necessario.

Caratteristica chimica	Metodo di prova chimica di riferimento	XA1	XA2	XA3
Acqua nel terreno				
SO ₄ ²⁻ mg/l	EN 196-2	≥200 e ≤600	>600 e ≤3000	>3000 e ≤6000
pH	ISO 4316	≤6,5 e ≥5,5	<5,5 e ≥4,5	<4,5 e ≥4,0
CO ₂ mg/l aggressiva	prEN 13577:199-9	≥15 e ≤40	>40 e ≤100	>100 fino a saturazione
NH ₄ ⁺ mg/l	ISO 7150-1 oppure ISO 7150-2	≥15 e ≤30	>30 e ≤60	>60 e ≤100
Terreno				
SO ₄ ²⁻ mg/kg ^{a)} totale	EN 196-2 ^{b)}	≥2000 e ≤3000 ^{c)}	>3000 ^{d)} e ≤12000	>12000 e ≤24000
Acidità ml/kg	DIN 4030-2	>200 Baumann Gully	Non incontrato in pratica	

^{a)} I terreni argillosi con una permeabilità minore di 10⁻⁵ m/s possono essere classificati in una classe inferiore

^{b)} Il metodo di prova prescrive l'estrazione di SO₄²⁻ mediante acido cloridrico; in alternativa si può usare l'estrazione con acqua se nel luogo di impiego del calcestruzzo c'è questa pratica.

^{c)} Il limite di 3000 mg/kg, deve essere ridotto a 2000 mg/kg se esiste il rischio di accumulo di ioni solfato nel calcestruzzo causato da cicli di essiccazione/bagnatura oppure suzione capillare.

Le prove di laboratorio finalizzate alla valutazione dell'aggressività dei terreni sono state condotte sui campioni rimaneggiati prelevati in seno ai sondaggi a carotaggio continuo, secondo quanto indicato in Allegato B.

Nello specifico sono stati eseguiti mediamente un prelievo di un campione rimaneggiato ogni 10 m di banco incoerente, e comunque per ogni unità geologica distinta anche di potenza inferiore.

Con riferimento ai terreni di natura coesiva (banchi e lenti limoso argillose), il campionamento rimaneggiato è ritenuto idoneo per l'esecuzione delle prove di caratterizzazione chimica dei terreni.

I prelievi delle acque di falda almeno 2 litri per prelievo, sui quali effettuare le necessarie prove di caratterizzazione chimica, sono stati realizzati dai piezometri del tipo a tubo aperto. Prima di procedere al campionamento (anche con impiego di pompa sommersa) ed alle misure di livello è richiesta la pulizia dell'interno del piezometro in corrispondenza degli strati filtranti (il cosiddetto "sviluppo" o spurgo).

10 Conclusioni

In questa relazione dopo aver riassunto le caratteristiche geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche e sismiche dell'area interessata dall'esecuzione delle opere a progetto, sono state descritte tutte le attività svolte nell'ambito della campagna geognostica integrativa per il Progetto Esecutivo volta nel periodo settembre 2013 – febbraio 2014, specificando anche le motivazioni progettuali che hanno determinato la scelta della tipologia di indagine svolta. In particolare è stato fatto riferimento alle sole indagini di tipo diretto ed alle relative prove di laboratorio. Per le indagini indirette, geofisica e geoelettrica, si rimanda alla relativa relazione di Progetto Esecutivo (elaborato RAAA1ERGEXX01SRE002A).

11 Allegato A - Quadro descrittivo indagini Geognostiche – Geofisiche

GRANDISTRUTTURE - PONTE FIUME TARO E VIADOTTO RECCHIO

CAMPAGNE INDAGINI PROGRESSE (1986 - 1998 - 2001 - 2003 - 2005)		CAMPAGNA INDAGINI PROGETTO ESECUTIVO - 2013										
CPTU	Pozzetto esplorativo	Cross-Hole	ID Verticale Indagine	Ubicazione planimetrica	Profondità (m)	Tipologia Indagine				Tomografia elettrica	Finalità principale	
						CC + SPT + campionamento + Lefranc + piezometri	CPTU	Pozzetto esplorativo	Cross-Hole			Prosezione Sismica a Rifrazione (P, S)
F252 (2005 - 50 m) prossimità SP A		CH1 (2005) Pila 12	1	Spalla A	60	CC12	CP08					
S2 (2005 - 50 m) Pile 1,2			2	Allineamento P3-P4 (trasversale asse stradale)	60	CC13	CCP01					AREA INDAGINE: da Spalla A a Pila P7 FINALITÀ: verificare esatta profondità strato sabbioso (tetto posto oltre i 50 m da p.c., max profondità raggiunta nelle campagne precedenti) sul quale si innestano i pali delle sottostrutture da SPA a P7 (con incremento profondità indagata sondaggio S3 già eseguito in corrispondenza Pila P5 da 50 a 60 m)
			3				CCP02					
S3 (2005 - 50 m) Pila 5			4				CC13					
S6 (2003 - 50 m) prossimità Pila 13			5	Pila P5	60		PDP04					
			6	Pila P7	60		CCP03					
S7 (2003 - 50 m) prossimità Pila 16			7	Pila P8	60	CC14						AREA INDAGINE: da Pila P8 a Pila P10 FINALITÀ: verificare progressiva diminuzione dello spessore dello strato limoso-sabbioso intermedio e diminuzione profondità testa dello strato ghiaioso di base (entrambe le condizioni legate alle alla diminuzione lunghezza pali ricadenti nella zona di riferimento)
S8 (2003 - 50 m) prossimità Pila 19			8	Pila P9	55		CCP04					
			9	Pila P10	55	CC15	CP09					
			10	Pila P11	55		CCP05	CP10				
			11	Pila P12				CP11				
			12	Pila P13				CP12	SIS04	TE04		
			13	Pila P14	55		CC16					
			14	Pila P16	50		CC17					AREA INDAGINE: da Pila P17 a SPB FINALITÀ: verificare che profondità testa dello strato limoso non sia inferiore a quanto stimato nel profilo geotecnico (portanza punta dei pali della spalla B) Con rif. al sondaggio CC - necessario campion. indisturbato strato limoso per ottenere parametri analisi consolid, primaria.
			15	Spalla B	50	CC18	CP13	C-H05				
			1	Spalla B	35	CC02	CP01	C-H01				
			2	allineamento mezzetta campata 5 carreggiata sud (distanza asse stradale ca 15 m)	35	CC01						verificare progressivo approfondimento in direzione Nord quota testa strato limoso posta indicativamente a 25-35 m
			3	allineamento Pila 1 (distanza asse stradale ca 45 m)	50		PDP01					

Ponte fiume Taro - GS01

WBS04 - GS01

Viadotto Recchio

WBS 06 - PV01

OPERA		CAMPAGNA INDAGINI PREGRESSE (1988 - 1998 - 2001 - 2003 - 2005)										CAMPAGNA INDAGINI PROGETTO ESECUTIVO - 2013				
		Tipologia Indagine					ID Verticale Indagine	Ubicazione planimetrica	Profondità (m)	CC + SPT + campionamento + Lerranc + piezometri	CPTU	Pozzetto esplorativo	Cros- Hole	Prosezione Sismica a Rifrazione (P, S)	Tomografia elettrica	Finalità principale
		CC + SPT + campionamento + Lerranc + piezometri	CPTU	Pozzetto esplorativo	Cros- Hole	Prosezione Sismica a Rifrazione (P, S)										
WBS	WBS07 CA 04	F2S2 (2005 - 50 m) prossimità				1	—	60		PDP03					Accertamento presenza lenti limoso-sabbiose (tipologia forazione costituita da pali in gruppo portanti essenzialmente alla punta con intestazione strato ghiaioso)	
Cavalcavia P1 Synthesis	WBS07 CA 05	S10 (2003 - 50 m)				1	—	40		PDP05	C-H06			Integrazione indagini pregresse valutabile in relazione all'esigenza di ridurre i coefficienti di correlazione per la portanza dei pali in gruppo portanti essenzialmente alla punta con intestazione strato ghiaioso (altrito negativo considerato per palificate spalle passanti su rilevati appoggio al cavalcavia)		
Cavalcavia P2 SP10 Cremona	WBS07 CA 06	P3 (2005 - 24 m) a 100 m dir. VR				1	—	30	CC20					Con riferimento ai sondaggi CC - necessario campionamento indisturbato strato limoso - N° 3-4 campioni Ind. Osterberg al fine di ottenere parametri analisi cedimento consolidi, primaria. Tipologia forazione: pali in gruppo portanti essenzialmente alla punta con intestazione strato ghiaioso (altrito negativo considerato per palificate spalle passanti su rilevati appoggio al cavalcavia)		
Cavalcavia P3 Via Grande	WBS07 CA 07	P5 (2005 - 32 m)				1	—	25	CC21							
Cavalcavia P4 Fenili bruciato	WBS07 CA 08	P6 (2005 - 30 m)				1	—	20-25	PU01					Accertamento quota testa strato sabbioso tramite CPTU Tipologia forazione: pali in gruppo portanti essenzialmente alla punta con intestazione strato ghiaioso (altrito negativo considerato per palificate spalle passanti su rilevati appoggio al cavalcavia)		
Cavalcavia P5a Cispadana	WBS07 CA 09	S11 (2005 - 50 m)				1	—	20-25		PU02	C-H08			Integrazione indagini pregresse valutabile in relazione all'esigenza di ridurre i coefficienti di correlazione per la portanza dei pali in gruppo portanti essenzialmente alla punta con intestazione strato sabbioso (altrito negativo considerato per palificate spalle passanti su rilevati appoggio al cavalcavia)		

**12 ALLEGATO B – SONDAGGI GEOGNOSTICI CC – DETTAGLIO PROVE IN
FORO E STRUMENTAZIONE**

SONDAGGI A CAROTAGGIO CONTINUO	Perforazione (m)	Prove S.P.T. n°	Prove permeabilità Lefranc tipo (CC-CV) profondità - m	Prelievo Campioni		indisturbati (Osterberg) numero e profondità campionamento in m da boccaforno	Piezometri			Casigrande		
				rimaneggiati in sacchetto 5 Kg (terreni incoerenti)	rimaneggiati in sacchetto 500 g (terreni coesivi)		n° piezometri	Tubo aperto Piezometro in foro sondaggio - prof. p.c. tratto fenestrato (m)	Piezometro in foro distruzione - prof. p.c. tratto fenestrato (m)	n°	Piezometro in foro sondaggio prof. p.c. tratto fenestrato (m)	Piezometro in foro distruzione prof. p.c. tratto fenestrato (m)
CC01	35	20	3	11,75-22,25-34,5	9	1	31,8	1	9-25	1	33	
CC02	35	20	3	12,35-22,4-34	9	1	33,3	1	6-25	1	31	
CC03	30	15	2	9,5-9,5	8	1	27,3	1	6-20	1	28	
CC06	30	15	2	8,75-40,35	8	1	40,9	1	6-24	1	42	
CC07	30	15	2	3,25-13,25	8	1	26,25	-	-	-	-	
CC08	30	15	2	2,25-11,5	8	1	28,3	-	-	-	-	
CC09	30	15	2	8,75-17,75	8	1	35	1	6-33	1	36	
CC11	30	15	2	1,75-29	8	1	28,3	1	6-25	1	29	
CC12	60	29	2	11-24,5	10	1	26,5-29,9-33,3-41,9-47,3	2	48-55	1	-	
CC13	60	37	2	30,5-48,5	10	2	33,3-37,7-43-47,3-50,5	2	51-60	1	-	42
CC14	60	37	2	15,5-37,5	10	2	30,3-37,2-43,2-47,4-52,2	2	57-63	1	-	40
CC15	55	35	2	20,5-54,5	10	2	38,5-44,1-44,3	2	45-54	1	-	-
CC16	55	29	2	9,8-25,5	11	2	10,3-43,5	2	-	-	-	-
CC17	60	29	2	CV (10) - CC(25)	11	2	-	1	-	18-30	1	52
CC18	50	25	2	CV (10) - CC(25)	12	2	-	1	-	18-30	1	50
CC19	35	12	2	10,25-25,5	5	2	-	1	20-30	1	-	11
CC20	30	12	2	10,3-29,5	5	2	3,2-9,3-14,3-16,9	1	15-25	1	-	11,5
CC21	25	12	2	10,75-24,5	5	2	3,4-7,8-13,9-18,2	1	18-24	1	-	10
CC22	20	8	1	10	5	2	3,6-8,4-13,5-18,3	1	15-20	1	-	6,5
CC23	60	25	-	40	11	5	3,8	-	-	-	-	-
CC24	60	24	-	-	10	3	30,2-35,45-40,9-45,8	-	-	-	-	-
CC25	60	25	1	2-4,75-9,1	11	4	37,2-42,3-49,8	-	-	-	-	-
CC26	15	7	3	(40)	5	2	6,7-43,8	-	-	-	-	-
CC28	≈10	10	-	-	-	6	-	-	-	-	-	-
CC29	≈10	10	-	-	-	6	2-8	-	-	-	-	-
CC29	≈10	10	-	-	-	6	2-8	-	-	-	-	-

12

18

52

37

456

885

Tot

179

33

52

18

12

DETTAGLIO PROVE IN FORO E STRUMENTAZIONE INSTALLATA

PROVE PENETROMETRICHE STATICHE	Sond.	Lungh.	Intervallo preforo a distruzione	Intervallo preforo a carotaggio	Intervallo prova CPTU	Prova di dissipazione		Prova SPT
		m	m p.c.	m p.c.	m p.c.	n°	m	n°
	PDP03	60	0 - 28	0 - 28	28,00-36,50	1	32,00	15
	PDP04	60	0 - 29	31-41	29,00-31,00	1	30,40	4
	PDP05	40	18-25	25-40	0,00-18,00	-	9,56-10,84	15
PU	PU01	25	-	-	0-25	1	9	-
	PU02	25	-	-	0-25	1	12	-

POZZETTI ESPLORATIVI	Sond.	Profondità [m da p.c.]	Prova carico piastra [m da p.c.]	campioni ind. [m da p.c.]	campioni rim. [m da p.c.]
	CP01	2,7		0,5	1,0-1,9-1,4-2,4
	CP03	0,5	0,5		0,5-0,5
	CP05	0,5	0,5		0,5-0,5
	CP06	3,1		0,5	1,0-1,5-2,0-2,8
	CP08	0,5	0,5		0,5-0,5
	CP13	0,5	0,5	0,5	0,5-0,5
	CP14	1,0	1,0	0,5-1,0	0,5-1,0-1,0
	CP15	0,5	0,5	-	0,5-0,5-0,5
	CP16	0,5	0,5	-	0,5-0,5
	CP17	1,0	1,0	0,5-1,0	0,5-1,0
	CP18	0,5	0,5		0,5-0,5
	CP19	0,5	0,5	-	0,5-0,5
	CP20	0,5	0,5	-	0,5
	CP21	1,5	1,5	1,0	0,5-1,5
	CP22	0,5	0,5		0,5-0,5
	CP23	1,5	1,5	1,0	0,5-1,5
	CP24	1,5	1,5	1	0,5-1,5
	CP25	0,5	0,5		0,5-0,5
	CP26	0,5	0,5		0,5-0,5
CP27	0,5	0,5		0,5-0,5	
CP28	2,0	2,0	2,0	1,0-1,5	

13 ALLEGATO E – PROVE DI LABORATORIO SU CAMPIONI INDISTURBATI

Sondaggio	Lungh. m	Campioni indisturbati	Profondità campioni - m da boccaforo	proprietà indice				proprietà meccaniche di resistenza e deformabilità					Note
				γ	w	analisi	limiti	TX CIU	TX UU	Prova Compressione Edometrica		pr.taglio diretto	
						granul.	Atterberg			Edometria	determinazione Cv		
CC01	35	1	33	1	1	1	1		1				1) - 2)
CC02	35	1	33	1	1	1	1		1				1) - 2)
CC03	30	1	28	1	1	1	1		1				1) - 2)
CC06	30	1	28	1	1	1	1		1				1) - 2)
CC07	30	1	28	1	1	1	1		1				
CC08	30	1	28	1	1	1	1		1				
CC09	30	1	28	1	1	1	1		1				
CC11	30	1	28	1	1	1	1		1				1) - 2)
CC12	60	5	28 - 32 - 36 - 40 - 45	5	5	5	5	1	3	1	1	1	1) - 2)
CC13	60	5	30 - 35 - 42 - 46 - 50	5	5	5	5	1	3	1	1	1	1) - 2)
CC14	60	5	28 - 32 - 36 - 40 - 45	5	5	5	5	1	3	1	1	1	1) - 2)
CC15	55	3	38 - 41 - 44	3	3	3	3		2	1	1	1	1) - 2)
CC16	55	2	10 - 43	2	2	2	2		1	1	1	1	1) - 2)
CC17	60	2	10 - 45	2	2	2	2		1	1	1	1	1) - 2)
CC18	50	3	44 - 49	3	3	3	3		1	2	2	2	1) - 2)
CC19	35	4	3 - 8 - 13 - 16	4	4	4	4	1	2	1	1	1	1) - 2)
CC20	30	4	3 - 8 - 13 - 18	4	4	4	4	1	2	1	1	1	1) - 2)
CC21	25	4	3 - 8 - 13 - 18	4	4	4	4	1	2	1	1	1	1) - 2)
CC22	20	1	3	1	1	1	1		1				1) - 2)
CC23	60	4	30,2-35,45-40,9-45,8	4	4	4	4		4				
CC24	60	3	37,2-42,3-49,8	3	3	3	3	1	2				
CC25	60	2	6,7-43,8	2	2	2	2	1	1				
CC26	15	-	-										
CC28	=10	2	2 - 8	2	2	2	2		1	1	1	1	
CC29	=10	2	2 - 8	2	2	2	2	1	1				

Pozzetto esplorativo	prof. m	Campioni indisturbati	Profondità campioni	proprietà indice				proprietà meccaniche di resistenza e deformabilità					
				γ	w	analisi	limiti	TX CIU	TX UU	Prova Compressione Edometrica		pr.taglio diretto	
						granul.	Atterberg			Edometrica	determinazione Cv		
CP01	0,5	1		1	1	1	1			1	1	1	
CP03	0,5												
CP05	0,5												
CP06	> 3 (5)	1		1	1	1	1		1				
CP08	0,5												
CP13	0,5	1		1	1	1	1			1	1	1	
CP14	1	2		2	2	2	2	1	1	1	1	1	
CP15	0,5												
CP16	0,5												
CP17	1	2		2	2	2	2	1	1	1	1	1	
CP18	0,5												
CP19	0,5												
CP20	0,5												
CP21	1,5	1		1	1	1	1			1	1	1	
CP22	0,5												
CP23	1,5	1		1	1	1	1			1	1	1	
CP24	1,5	1		1	1	1	1			1	1	1	
CP25	0,5												
CP26	0,5												
CP27	0,5												
CP28	2	2		2	2	2	2	1	1	1	1	1	