



AGENZIA INTERREGIONALE PER IL FIUME PO
UFFICIO OPERATIVO DI CREMONA

area Po lombardo - sub area Lombardia orientale
opere idrauliche di 3^ categoria - fiume Adda
(D.P.C.S. 21 aprile 1947 n. 261)

(CR-E-814)

OPERE DI REGIMAZIONE IDRAULICA/REALIZZAZIONE ARGINE
IN SINISTRA ADDA, IN COMUNE DI RIVOLTA D'ADDA (CR)
CUP B43 B12 000 030 001

IMPORTO COMPLESSIVO DI PERIZIA: Euro=1.100.000,00=

PROGETTO ESECUTIVO

elab.n. (rif. CR-E-814)	titolo della tavola	data
1.3	RELAZIONE GEOLOGICA	scala

REV.	DATA	DESCRIZIONE MODIFICA
A		
B		
C		
D		

	COLLABORATORI PROGETTISTI
CAPO PROGETTO (dott. ing. Marco LA VEGLIA)	(dott. ing. Isabella BOTTA)
	(geom. Fernando ALTOBELLO)
RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO (dott. ing. Luigi MILLE)	(geom. Gianluigi SCARPINI)
	(arch. Giuliano BERNI)
RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO ESPROPRIATIVO (dott. arch. Lorella TOGLIANI)	(geom. Angelo ZERBINI)



Dr. Geol. Francesco SERRA

– STUDIO DI GEOLOGIA TECNICA e SERVIZI per l'AMBIENTE –

Via Dante Alighieri 6 – 26027 Rivolta d'Adda (Cr)

Tel.: 0363.79065; Fax: 0363.707620 ; E-mail : geoserra@serrafr.191.it

CF : SRRFNC59T27H357Z - PI : 00827350190

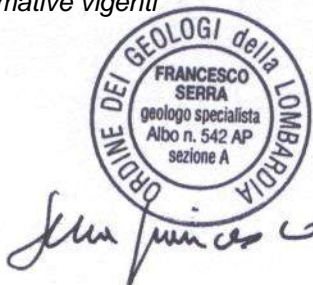
AIPO

Agenzia Interregionale per il fiume Po

**Opere di regimazione idraulica/realizzazione
argine in sinistra Adda, in Comune di Rivolta
D'Adda (CR)**


**Relazione geologica, geotecnica e idrogeologica
per progetto definitivo**

ai sensi delle normative vigenti



03 ottobre 2014

comm.1524

 Dr. Geol. Francesco Serra	AIPO - Agenzia Interregionale per il fiume Po – Opere di regimazione idraulica/realizzazione argine in sinistra Adda PROGETTO DEFINITIVO Rivolta D’Adda (CR)	Data	03/10/2014
		N. Commessa	1524
		C. Documento	1524_01
		Revisione	
Relazione geologica, geotecnica e idrogeologica		Nome file	

INDICE GENERALE

1. PREMESSA E INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

4

2. CARATTERISTICHE GENERALI DELL’OPERA DA REALIZZARE

6

3. INDAGINI ESEGUITE

7

4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

9

5. INQUADRAMENTO IDROLOGICO ED IDROGEOLOGICO

15

5.1Aspetti idrologici

15

5.2Aspetti idrogeologici

15

5.3Successione verticale delle unità idrogeologiche

17

6. INDAGINI ESEGUITE, ACQUISIZIONE DEI DATI E MODELLO GEOLOGICO

19

6.1Indagini eseguite - settembre 2014

19

6.2Indagini pregresse (sondaggi geognostici ed indagini sismiche tipo MASW)

24

7. MODELLO GEOLOGICO, IDROGEOLOGICO E GEOTECNICO

25

7.1Verifica delle caratteristiche geologiche litologiche e geomorfologiche sito-specifiche

25

7.2Verifica delle caratteristiche della falda sito-specifiche

26

7.3Verifica delle caratteristiche geologiche-tecniche e geotecniche sito-specifiche

28

7.4Modello geologico e geotecnico

30

7.4.1Caso A: terreni granulari

32

7.4.2Caso B: terreni granulari con primo livello limoso sabbioso

33

7.4.3Caso C: terreni granulari con primo livello argilloso

34

7.4.4Caso D: terreni granulari con primo livello argilloso nocciola e secondo livello torboso


36

7.5Indicazioni generali sulla base dei modelli geologici e geotecnici


37

8. ASPETTI SISMICI

42

 Dr. Geol. Francesco Serra	AIPO - Agenzia Interregionale per il fiume Po – Opere di regimazione idraulica/realizzazione argine in sinistra Adda PROGETTO DEFINITIVO Rivolta D’Adda (CR)	Data	03/10/2014
		N. Commessa	1524
		C. Documento	1524_01
		Revisione	
Relazione geologica, geotecnica e idrogeologica		Nome file	
<div><div>8.1</div><div>Modello sismico monodimensionale e calcolo delle Vs30</div><div>43</div></div> <div><div>9. DESCRIZIONE DEL TRACCIATO E PROBLEMATICHE DI COMPETENZA</div><div>46</div></div> <div><div>9.1</div><div>Descrizione del tracciato</div><div>46</div></div> <div><div>9.2</div><div>Elementi geotecnici principali</div><div>48</div></div> <div><div>9.2.1</div><div>Capacità portante e cedimenti</div><div>48</div></div> <div><div>9.2.2</div><div>Filtrazioni, sifonamenti e criticità relative</div><div>51</div></div> <div><div>10.</div><div>ASPETTI CONCLUSIVI</div><div>55</div></div>			
<u>ALLEGATI</u>			
ALLEGATO 1 – STRATIGRAFIA DEI POZZETTI E DEI SONDAGGI			
ALLEGATO 2 – MODELLI GEOLOGICI			
ALLEGATO 3 – DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA			
ALLEGATO 4 – PROVE DI INFILTRAZIONE			
ALLEGATO 5 – PROVE DI CARICO SU PIASTRA			
TAVOLA 1 – PROFILO GEO-LITOLOGICO ED IDROGEOLOGICO			

Pag. 3 di 110

 Dr. Geol. Francesco Serra	AIPO - Agenzia Interregionale per il fiume Po – Opere di regimazione idraulica/realizzazione argine in sinistra Adda PROGETTO DEFINITIVO Rivolta D’Adda (CR)	Data	03/10/2014
		N. Commessa	1524
		C. Documento	1524_01
		Relazione geologica, geotecnica e idrogeologica	
		Revisione	
		Nome file	


1. PREMESSA E INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Come incaricato dall'AIPO – Agenzia interregionale per il fiume Po – Uff. operativo di Cremona, lo scrivente ha redatto la presente relazione geologica, idrogeologica e geotecnica relativamente alla progettazione definitiva degli interventi di regimazione idraulica e di realizzazione di un argine in sinistra Adda nel Comune di Rivolta D'Adda.

Come si può osservare dalla figura 1, tratta dalla Carta Regionale Tecnica in scala 1:10.000 (Foglio C6A3), l'area d'interesse è situata nel territorio agricolo settentrionale del Comune di Rivolta d'Adda .

Si è quindi proceduto alla valutazione delle indagini geognostiche e sismiche pregresse disponibili, alla realizzazione di ulteriori indagini geognostiche integrative ed alla redazione di una apposita relazione geologica e geotecnica ai sensi della normativa vigente (D.M. 14.01.08 “Aggiornamento del DM 14.09.05 Norme tecniche per le costruzioni” e smi).

Nei capitoli seguenti si illustreranno, dopo un breve inquadramento geologico, geomorfologico ed idrogeologico, le indagini geognostiche realizzate e si procederà alla caratterizzazione geotecnica dei terreni in funzione delle interazioni terreno-strutture, sino a fornire indicazioni relative al modello geologico, idrogeologico, geotecnico e sismico ed a fornire le indicazioni di competenza da adottare nel livello di progettazione di riferimento.

 Dr. Geol. Francesco Serra	AIPO - Agenzia Interregionale per il fiume Po – Opere di regimazione idraulica/realizzazione argine in sinistra Adda PROGETTO DEFINITIVO Rivolta D’Adda (CR)	Data	03/10/2014
		N. Commessa	1524
		C. Documento	1524_01
		Relazione geologica, geotecnica e idrogeologica	
		Revisione	
		Nome file	

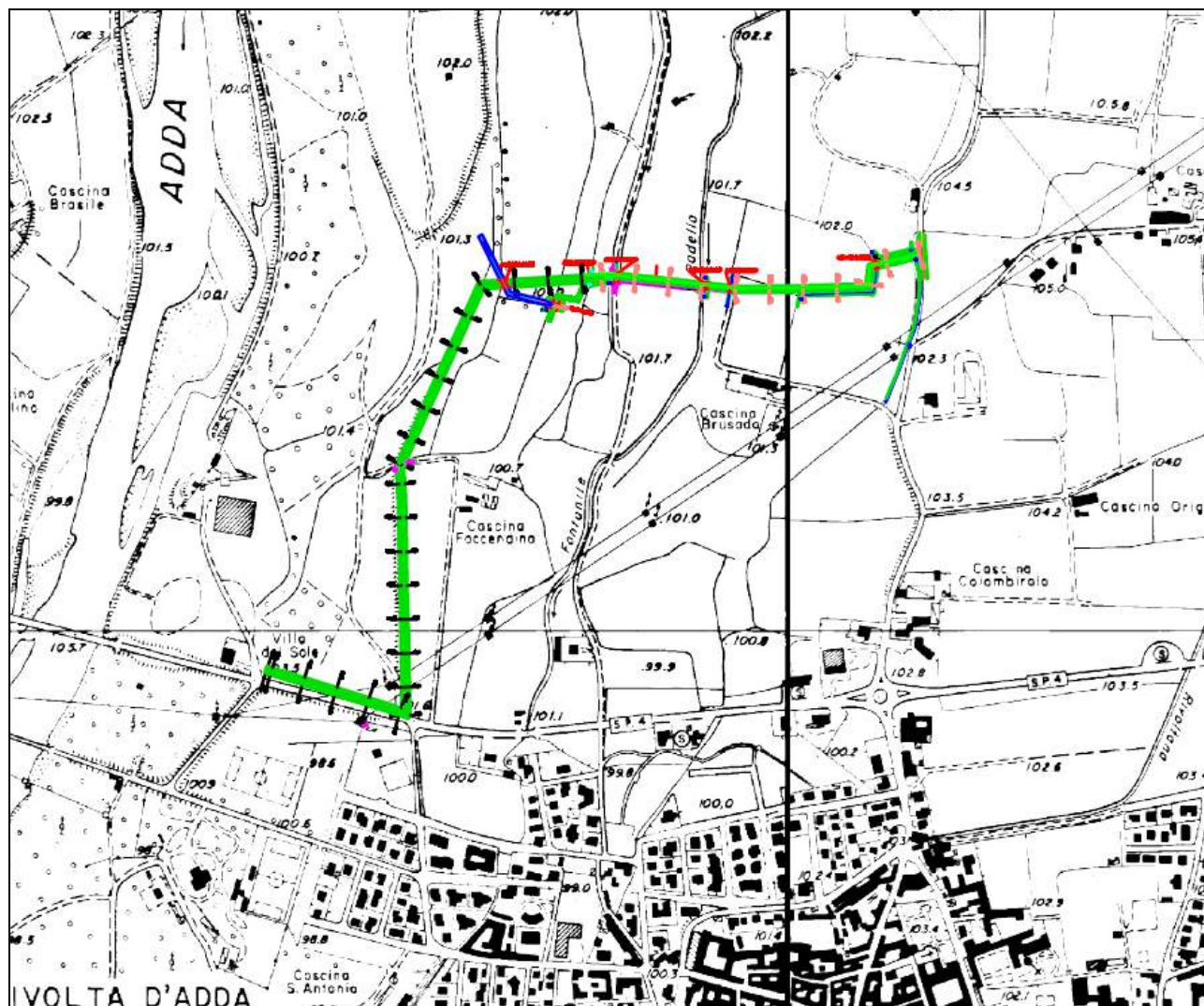



Figura 1: Corografia con ubicazione indicativa dell'opera da realizzare – CTR Foglio C6A3

 Dr. Geol. Francesco Serra	AIPO - Agenzia Interregionale per il fiume Po – Opere di regimazione idraulica/realizzazione argine in sinistra Adda PROGETTO DEFINITIVO Rivolta D’Adda (CR)	Data	03/10/2014
		N. Commessa	1524
		C. Documento	1524_01
		Relazione geologica, geotecnica e idrogeologica	
		Revisione	
		Nome file	

2. CARATTERISTICHE GENERALI DELL'OPERA DA REALIZZARE

L'opera di difesa idraulica in progetto è finalizzata alla protezione idraulica dell'abitato di Rivolta d'Adda e della S.P. "Rivoltana" e consiste nella realizzazione di un arginatura in sinistra Adda che, partendo dal rilevato stradale della strada comunale per Cassano d'Adda con un percorso dapprima da oriente verso occidente e poi all'incirca da nord verso sud si addosserà al rilevato della strada provinciale Rivoltana, con un percorso complessivo lungo all'incirca un chilometro e mezzo.


L'arginatura in progetto è alta mediamente intorno ai 2,00 m o poco più sul piano campagna, con quota di sommità definita a circa 102,80 m s.l.m.; l'andamento planimetrico del tracciato cercherà di seguire i limiti di proprietà evitando la divisione di mappali.

L'opera di contenimento in progetto sarà realizzata con la soluzione tecnica rappresentata dai rilevati in terra la cui sommità avrà una larghezza di almeno 3,50 m ed ospiterà una pista di servizio che, oltre a consentire la sorveglianza in caso di piena ed il transito dei mezzi per la manutenzione ordinaria, potrà adibirsi a percorso ciclo-pedonale pubblico.

Si prevede che il rilevato sarà costituito da terreni adeguati e rivestito da un cotico erboso da mantenersi a prato stabile in ossequio ai dettami della buona norme idraulica e di quanto stabilito dal Capo VII del R.D. 25/7/1904, n. 523.

I manufatti che costituiscono le chiaviche, necessari per il corretto passaggio e controllo dei canali e delle rogge intersecanti il progetto saranno realizzati in calcestruzzo armato gettato in opera, ed avranno canne di sezione quadrata di larghezza generalmente variabile da 1,00 a 2,00 m in dipendenza delle dimensioni del colo intercettato.

Per i dettagli progettuali si rimanda alle relazioni ed alle tavole del progetto definitivo di cui questo studio costituisce parte integrante.


 Dr. Geol. Francesco Serra	AIPO - Agenzia Interregionale per il fiume Po – Opere di regimazione idraulica/realizzazione argine in sinistra Adda PROGETTO DEFINITIVO Rivolta D’Adda (CR)	Data	03/10/2014
		N. Commessa	1524
		C. Documento	1524_01
		Relazione geologica, geotecnica e idrogeologica	
		Revisione	
		Nome file	


3. INDAGINI ESEGUITE

Innanzitutto sono state presi in considerazione tutti gli elementi utili derivanti da una campagna di indagine realizzata in precedenza da S.in.ge.a srl. Si tratta di una serie di indagini geognostiche (sondaggi con prove in foro quali SPT e prove di permeabilità, MASW, analisi di laboratorio) riportate nell'elaborato progettuale "Indagine geognostica e geofisica - Relazione fotografica" dell' aprile 2014.

Questi dati sono stati integrati con tutte le ulteriori informazioni potenzialmente utili disponibili o raccolte appositamente ed in particolare sulla base di:

- uno studio bibliografico critico con la raccolta di tutti i dati disponibili riferiti al sito ed ad un suo ragionevole intorno non ancora considerati, tenendo conto di tutto il materiale esistente in letteratura od a disposizione negli archivi societari.
- la valutazione delle indagini pregresse con elaborazione originali dei dati disponibili dalle indagini geognostiche per fornire un adeguato modello geologico e geotecnico ai sensi delle normative vigenti; per il modello sismico si ritiene sufficiente riconsiderare le indagini già svolte alla luce delle nuove normative ed in particolare al nuovo DGR regionale dell' 11 luglio 2014 che riclassifica il territorio comunale di Rivolta d'Adda in classe sismica 3, come tutto il resto del territorio provinciale.
- l'integrazione delle indagini pregresse con una campagna di indagine appositamente pensata, progettata e realizzata il 17 e 18 settembre 2014 per reperire i dati necessari ad una corretta caratterizzazione geologica, idrogeologica e geotecnica del territorio e delle litologie interessata dalla realizzazione dell'opera in progetto. Tale campagna, come meglio descritto nel corso della relazione è consistita nella realizzazione in sito di ulteriori prove sito-specifiche aventi i seguenti obiettivi :
 - Definizione della condizioni litostratigrafiche puntuali delle aree dove verranno effettivamente realizzate le opere in oggetto, con particolare attenzione al piano di posa fondazionale, allo spessore del livello pedogenizzato, alle caratteristiche granulometriche e tecniche del livello di fondazione mediante l'esecuzione di pozzetti esplorativi
 - Realizzazione di almeno una prova di carico su piastra da 300 mm per ognuno dei principali litotipi presenti alla quota di fondazione per l'ottenimento dei moduli del sottofondo.

 Dr. Geol. Francesco Serra	AIPO - Agenzia Interregionale per il fiume Po – Opere di regimazione idraulica/realizzazione argine in sinistra Adda PROGETTO DEFINITIVO Rivolta D’Adda (CR)	Data	03/10/2014
		N. Commessa	1524
		C. Documento	1524_01
		Relazione geologica, geotecnica e idrogeologica	
		Revisione	
		Nome file	
<div><ul style="list-style-type: none">○ Definizione dei livelli di falda attuali mediante la loro misurazione diretta○ Realizzazione di prove di permeabilità/infiltrazione eseguite su volumi noti all'interno dei pozzetti eseguiti per valutare le condizioni idrodinamiche locali, per validare i valori dei coefficienti di permeabilità da utilizzare nel dimensionamento della opere e nei modelli di filtrazione (almeno una per litotipo riconosciuto alla quota fondazionale)<p>È stato quindi possibile procedere alla caratterizzazione geologica e geotecnica dei terreni che costituiscono l'area fino alla profondità raggiunta dalle indagini, con una valutazione delle interazioni terreno-strutture e le relative indicazioni progettuali afferenti al progetto in oggetto adeguate alla fase progettuale in corso (progetto definitivo).</p></div>			
<div>Pag. 8 di 110</div>			


 Dr. Geol. Francesco Serra	AIPO - Agenzia Interregionale per il fiume Po – Opere di regimazione idraulica/realizzazione argine in sinistra Adda PROGETTO DEFINITIVO Rivolta D’Adda (CR)	Data	03/10/2014
		N. Commessa	1524
		C. Documento	1524_01
		Relazione geologica, geotecnica e idrogeologica	
		Revisione	
		Nome file	

4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

Il territorio di Rivolta d'Adda è situato nel cuore della Pianura Padana e si sviluppa prevalentemente sulla sinistra orografica del fiume Adda; geologicamente appartiene alla “medio-alta Pianura Padana” ed è caratterizzato dalla presenza di formazioni sedimentarie medio-grossolane (ghiaie e sabbie in diversa percentuale) di origine fluviale prodotte da alluvioni attuali, recenti e antiche. Nel complesso la situazione geologica del territorio risulta fortemente legata alla presenza e all'azione del fiume Adda: infatti i depositi alluvionali tendono a disporsi lungo direzioni prevalenti nord-sud e sono articolati secondo l'assetto tipico dei terrazzi fluviali, ovvero a forma di ripiani sovrapposti, di altezza limitata (a volte obliterati dall'intervento antropico), dovuti ad una successione spazio-temporale di episodi di alterna erosione e sedimentazione del fiume Adda.

Come mostrato in figura 2, si possono identificare tre diversi ambiti geologico-idrografici che caratterizzano il territorio di Rivolta d'Adda:

- **AMBITO DELLE ALLUVIONI ATTUALI (AA):** è la zona di fondo valle interessata dalle alluvioni attuali del fiume Adda; costituiscono aree adiacenti al corso d'acqua, inondabili durante gli eventi di piena ordinaria e costituite da depositi ghiaioso-sabbiosi più o meno limosi. Dal punto di vista idrogeologico formano un ambito omogeneo, direttamente collegato al corso d'acqua.
- **AMBITO DELLE ALLUVIONI RECENTI (AR):** costituiscono aree subpianeggianti, comprese tra i terrazzi intermedi (più rilevati) e le fasce maggiormente inondabili limitrofe ai corsi d'acqua, da cui generalmente, sono separate da gradini morfologici. Sono aree attualmente stabili, solo eccezionalmente inondabili con evidenze di rimaneggiamento fluviale, caratterizzate dalla presenza di depositi ghiaioso-sabbiosi più o meno limosi e/o ciottolosi.
- **AMBITO DEI TERRAZZI INTERMEDI (AI):** si tratta di zone separate dalle precedenti da un gradino morfologico di alcuni metri, interessate da depositi alluvionali più antichi dei precedenti, a composizione prevalentemente ghiaioso-sabbiosa e ciottolosa, con suoli poco sviluppati. Dal punto di vista idrogeologico si ha una situazione separata rispetto a quella dell'ambito precedente.

 Dr. Geol. Francesco Serra	AIPO - Agenzia Interregionale per il fiume Po – Opere di regimazione idraulica/realizzazione argine in sinistra Adda PROGETTO DEFINITIVO Rivolta D’Adda (CR)	Data	03/10/2014
		N. Commessa	1524
		C. Documento	1524_01
		Relazione geologica, geotecnica e idrogeologica	
		Revisione	
		Nome file	

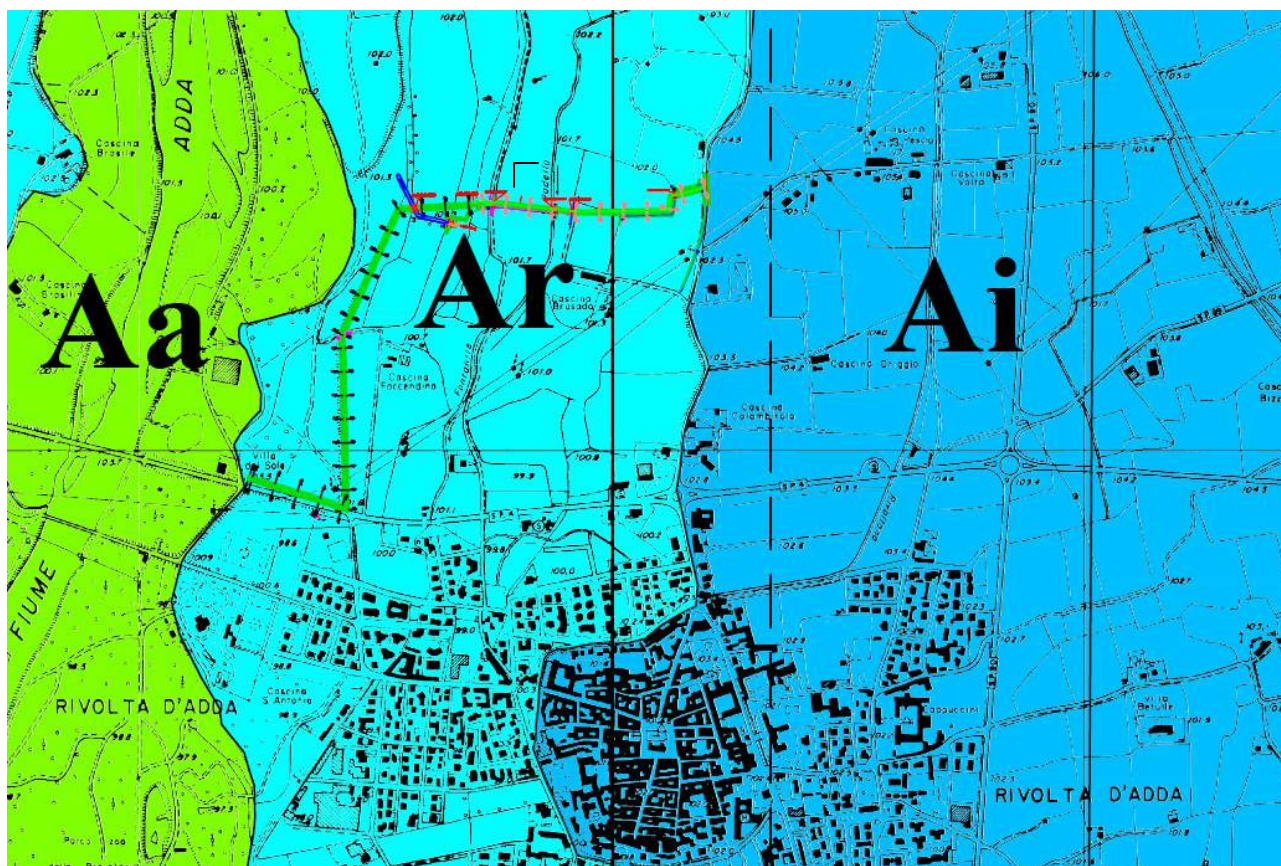



Figura 2: Inquadramento geologico del territorio di Rivolta d'Adda con ubicazione del tracciato dell'argine oggetto della presente relazione. Legenda: **Aa** = alluvioni attuali; **Ar** = alluvioni recenti; **Ai** = alluvioni intermedie.

Come visualizzabile dalla precedente figura, l'argine in progetto rappresenta un'opera lineare che attraversa interamente l'unità contraddistinta come "alluvioni recenti" (caratterizzate dalla presenza di depositi prevalentemente ghiaioso-sabbiosi più o meno limosi e/o ciottolosi) attraversando dei campi agricoli posti a quote leggermente differenti, via via crescendo andando da sud verso nord e da ovest verso est e passando da una quota di circa 99.6 m s.l.m. ad una quota di circa 101.80 m s.l.m..

Le aree immediatamente limitrofe alle aree in oggetto non risultano interessate da particolari processi e strutture geomorfologiche: le uniche strutture presenti, ma ad una scala maggiore di quella della nostra indagine, sono i terrazzi morfologici che separano i diversi ambiti geologico-idrografici, peraltro di altezza limitata e spesso obliterati dall'azione dell'uomo

 Dr. Geol. Francesco Serra	AIPO - Agenzia Interregionale per il fiume Po – Opere di regimazione idraulica/realizzazione argine in sinistra Adda PROGETTO DEFINITIVO Rivolta D’Adda (CR)	Data	03/10/2014
		N. Commessa	1524
		C. Documento	1524_01
Relazione geologica, geotecnica e idrogeologica		Revisione	
		Nome file	

(sistemazione dei fondi agricoli, utilizzo edificatorio del terreno, rive di fossi ed piccoli rilevati arginali pregressi).

Va anche fatto notare che soprattutto nel livello più superficiale dei terreni le litologie presenti sono spesso state modificate anche profondamente nel corso dei secoli dall'azione dell'uomo; pertanto è sempre possibile riscontrare eterogeneità con situazioni litostratigrafiche particolari e non afferenti alle naturali facies de posizionali degli ambiti alluvionali come quelli in esame.

In seguito ai sopralluoghi effettuati per la redazione della presente relazione, relativi all’area in esame e ad un suo ragionevole contorno, non si evidenziano processi geomorfologici attivi in grado di interagire negativamente con le opere in progetto.

Dal punta di vista geomorfologico risulta interessante osservare anche che in una ‘valle fluviale’ come quella in oggetto, proprio in una situazione di passaggio fra alta e media pianura, dove il fiume Adda non scorre più incassato come a monte, sono frequenti e continue le modificazioni geomorfologiche e paesaggistiche afferenti alle molteplici variazioni dei rami intrecciati del fiume, alle modificazioni ambientali e climatiche, ai numerosi ed inevitabili interventi antropici.

Qualsiasi intervento in un contesto così dinamico deve avere ben presente la continua ed inevitabile evoluzione di questi territori, non sempre facilmente prevedibili a priori e deve contestualizzare anche in questo senso ogni intervento.

A titolo esemplificativo si riportano nelle seguenti figure 3, 4 e 5, rispettivamente la topografia dell’area negli anni 1889, 1931 e 1956; è facile osservare come il fiume ed i territori circostanti abbiano subito diversi e significativi cambiamenti.

Questa dinamica, fra l’altro, spiega la possibilità di riscontrare repentini cambiamenti ed eteropie di facies laterali e verticali della stratigrafia, passando da zone con litologie prevalentemente grossolane ed incoerenti (tipica di ambienti fluviali ad alta energia) a zone con litologie prevalentemente coerenti sino alla presenza di litologie con presenza di litologie torbiditiche (ambienti a bassa energia, stagni, lanche e paludi). Questo elemento infatti aiuta a definire e comprendere il quadro stratigrafico e geologico dei settori di territorio interessati dall’opera e che sono stati oggetto di indagine approfondita.

Pag. 11 di 110



Rivolta D'Adda (CR)

C. Documento	1524_01
--------------	---------

Nome file	
-----------	--

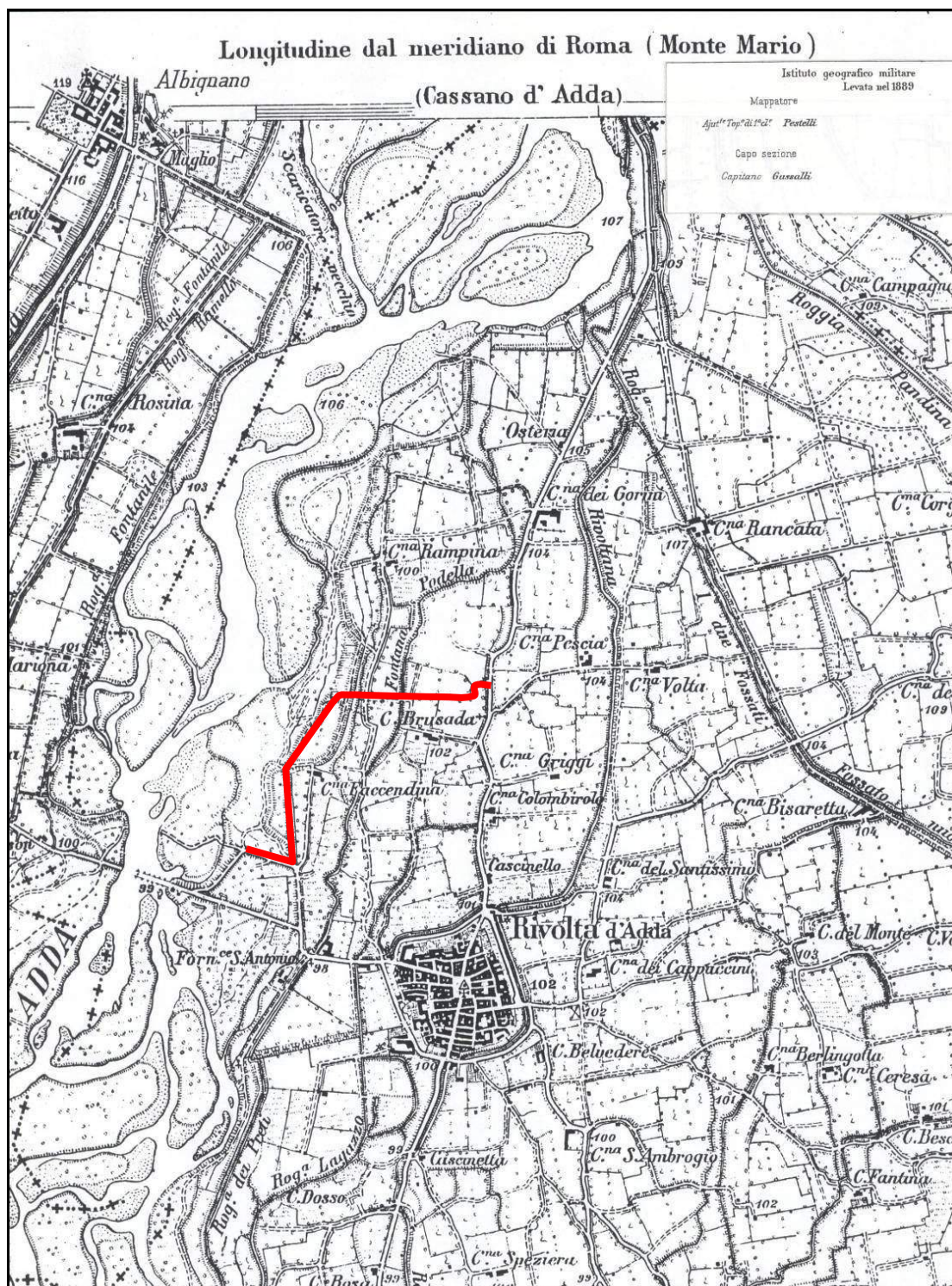


Figura 3: Rilievo IGM del 1889



Dr. Geol. Francesco Serra

AIPO - Agenzia Interregionale per il fiume Po –
Opere di regimazione idraulica/realizzazione
argine in sinistra Adda

PROGETTO DEFINITIVO

Rivolta D'Adda (CR)

Data 03/10/2014

N. Commessa 1524

C. Documento 1524_01

Relazione geologica, geotecnica e idrogeologica

Revisione

Nome file

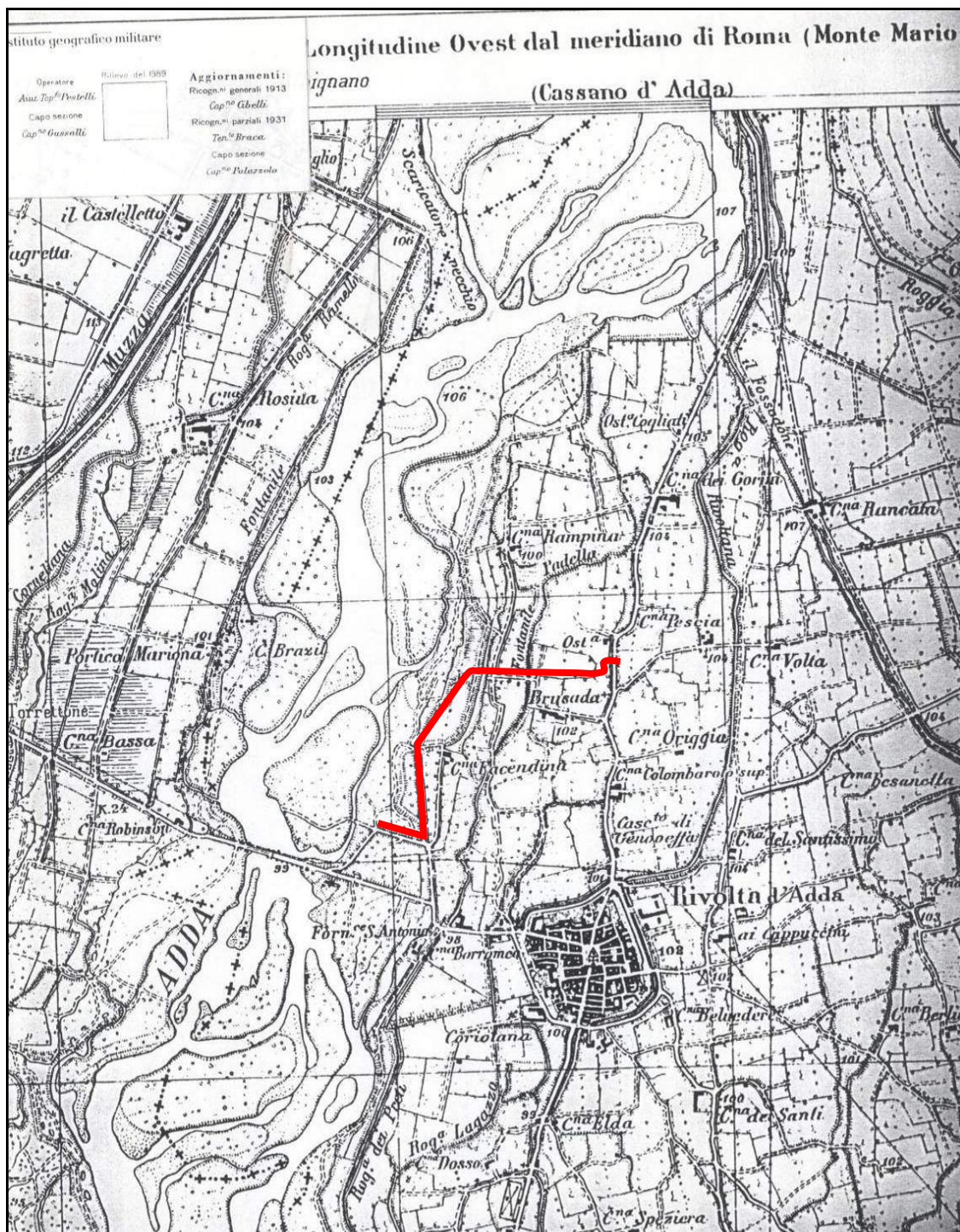


Figura 4: Rilievo IGM del 1913 + agg.1931



Rivolta D'Adda (CR)

C. Documento	1524_01
--------------	---------

Nome file	Dimensione	Tipologia	Contenuto
...

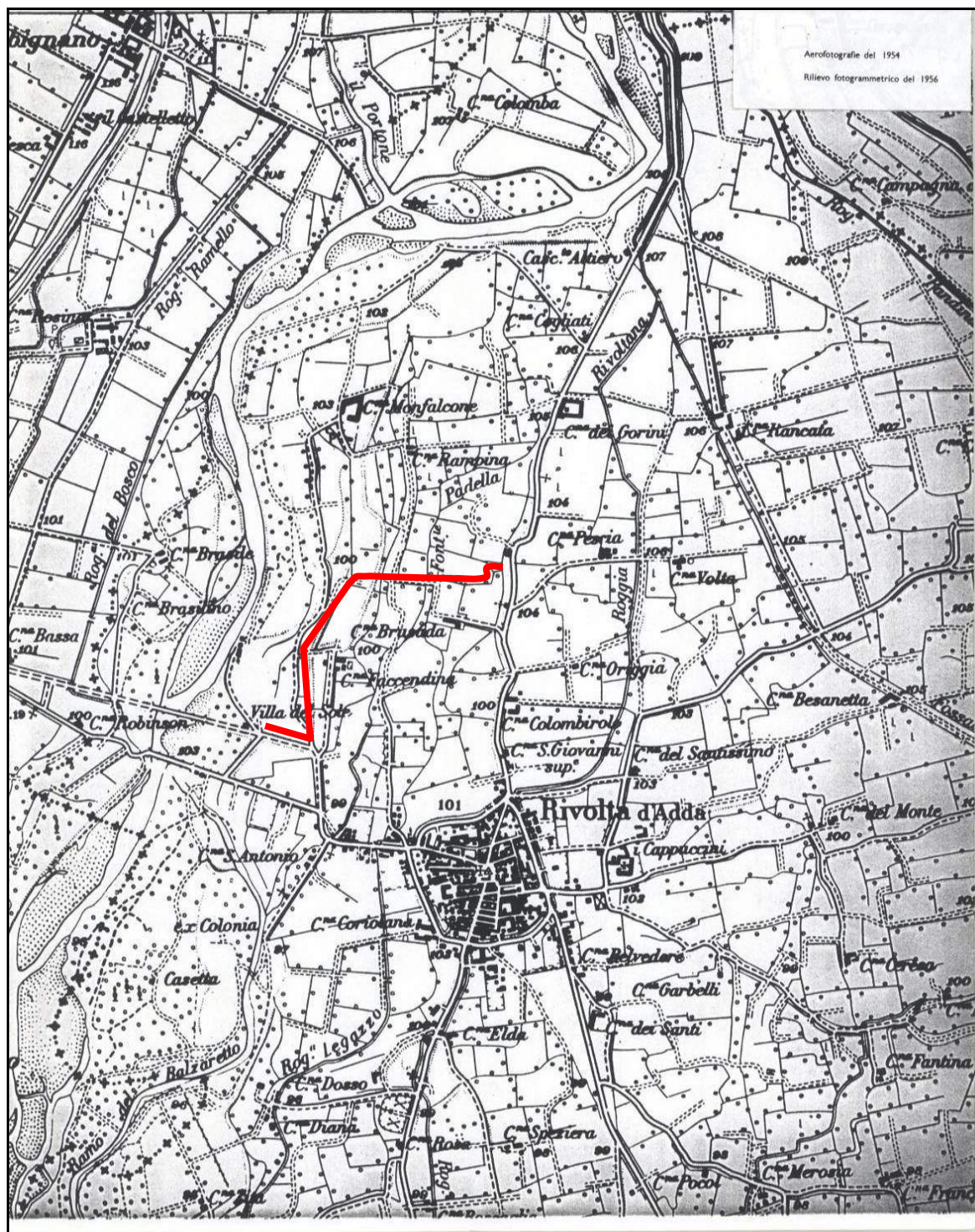



Figura 5: Rilievo IGM del 1954 /1956

 Dr. Geol. Francesco Serra	AIPO - Agenzia Interregionale per il fiume Po – Opere di regimazione idraulica/realizzazione argine in sinistra Adda PROGETTO DEFINITIVO Rivolta D’Adda (CR)	Data	03/10/2014
		N. Commessa	1524
		C. Documento	1524_01
		Relazione geologica, geotecnica e idrogeologica	
		Revisione	
		Nome file	

5. INQUADRAMENTO IDROLOGICO ED IDROGEOLOGICO

5.1 *Aspetti idrologici*

Il contesto idrografico ed idrogeologico di riferimento è caratterizzato dalla presenza dell'Adda, fiume che attraversa da nord a sud tutto il territorio comunale di Rivolta d'Adda e che condiziona, con il suo regime, tutti i corsi d'acqua circostanti e la falda.

Il percorso del fiume, più incassato nella pianura circostante a nord di Cassano d'Adda, si sviluppa successivamente con un più ampio alveo e con un tipico andamento meandriforme, con la presenza di alcuni piccoli tratti anastomizzati od abbandonati ed in parte rioccupati da rogge e canali.

Il territorio in oggetto è caratterizzato da una fitta rete di canali e rogge di vario ordine, che affiancano corsi d'acqua naturali e che, seguendo direzioni legate prevalentemente alle necessità di irrigazione, interessando tutta l'area. Spesso queste rogge e canali si impostano su vecchi rami e tratti abbandonati dal fiume stesso.


Altra caratteristica di questo settore della Pianura Padana è la presenza dei fontanili, tipiche emergenze della falda acquifera superficiale (facilitata dall'uomo con la creazione di rudimentali captazioni) e quindi legate totalmente al suo regime idrico; nel corso del tempo, per cause naturali e/o antropiche si possono ridurre, prosciugare, oppure si possono avere nuovi punti di emersione.

L'area in esame non risulta interessata direttamente da questo fenomeno.

Tutto il sistema idrografico è quindi complesso e legato a molteplici fattori i cui effetti non sono sempre distinguibili ed attribuibili unilateralmente.

5.2 *Aspetti idrogeologici*

Nella figura 6, si riporta schematicamente, sulla base di tutti i dati esistenti, l'andamento della superficie piezometrica della falda superficiale, nel territorio in esame.

 Dr. Geol. Francesco Serra	AIPO - Agenzia Interregionale per il fiume Po – Opere di regimazione idraulica/realizzazione argine in sinistra Adda PROGETTO DEFINITIVO Rivolta D’Adda (CR)	Data	03/10/2014
		N. Commessa	1524
		C. Documento	1524_01
		Relazione geologica, geotecnica e idrogeologica	
		Revisione	
		Nome file	

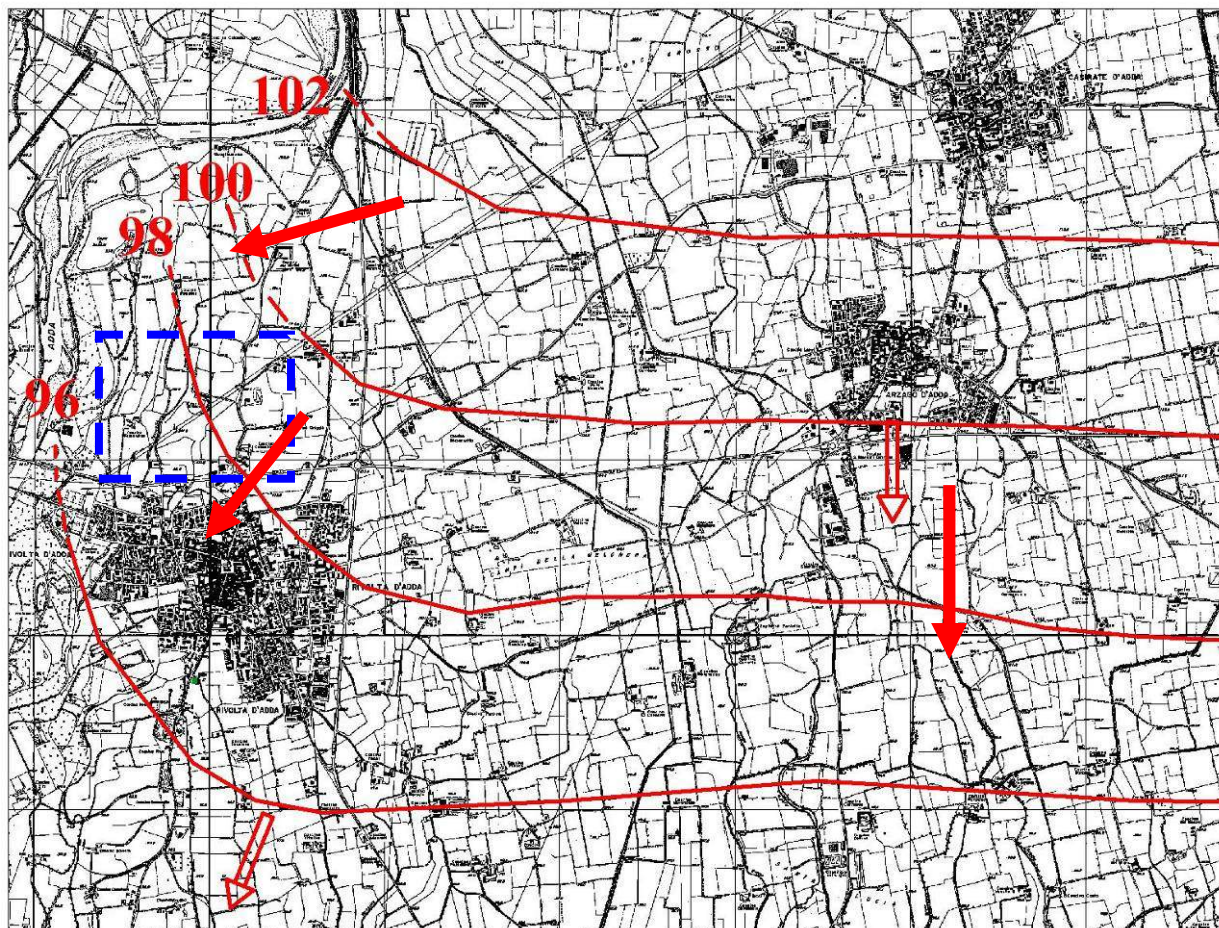



Figura 6: Curve isopiezometriche della falda superficiale in metri sul livello del mare e direzioni di flusso approssimative


Sulla base di questa cartina schematizzata, si può preliminarmente affermare che la soggiacenza media della falda superficiale (freatica) nell'area in oggetto oscilla mediamente intorno ai 2.0 -3.0 metri; in particolari periodi dell'anno (ad esempio nel periodo della irrigazione dei campi) è possibile che la falda aumenti di livello fino addirittura a sfiorare il piano campagna, evento non infrequente nel territorio in esame. Come vedremo nei successivi capitoli le indagini geognostiche hanno permesso di definire meglio il modello idrogeologico locale.

 Dr. Geol. Francesco Serra	AIPO - Agenzia Interregionale per il fiume Po – Opere di regimazione idraulica/realizzazione argine in sinistra Adda PROGETTO DEFINITIVO Rivolta D’Adda (CR)	Data	03/10/2014
		N. Commessa	1524
		C. Documento	1524_01
		Relazione geologica, geotecnica e idrogeologica	
		Revisione	
		Nome file	

5.3 Successione verticale delle unità idrogeologiche

Per la ricostruzione del modello idrogeologico è importante valutare la successione verticale delle unità. Tale ricostruzione è stata fatta basandosi sui dati presenti nella pubblicazione “*Studio idrogeologico della Provincia di Cremona*”, ed. Pitagora a cura del Politecnico di Milano (Francani ed al, 1992). Si riportano in figura 7 due sezioni idrogeologiche sempre tratte dallo stesso studio che mettono bene in evidenza la successione litostratigrafica verticale delle unità idrogeologiche prima esposte e che può essere così schematizzata:

- I. Acquifero superficiale : presente nelle alluvioni recenti del fiume Adda, formata da depositi ghiaioso-sabbiosi, con trasmissività da media ad elevata (10^{-2} m²/s), coefficiente di infiltrazione alto (0.2). Più potente in vicinanza dell'alveo e nella fascia di 3-4 km all'intorno, dove raggiunge gli 80 metri nei settori più a nord (Arzago d'Adda e Rivolta), si stabilizza sui 30 metri circa nel territorio di Spino d'Adda.
- II. Acquifero transizionale : alternanza di bancate molto spesse e continue di limi ed argille con acquiferi sabbiosi, con trasmissività dell'ordine dei 10^{-3} m²/s, coefficiente di infiltrazione medio (0.1). Questa unità raggiunge mediamente i 120 metri da p.c. nel settore in esame.
- III. Acquifero profondo : costituita da potenti bancate argilloso-limose con sporadiche lenti di sabbia (Villafranchiano) passante, al di sotto dei 150 metri a depositi sabbiosi pleistocenici. La trasmissività dei livelli villafranchiani è dell'ordine dei 10^{-4} m²/s.

 Dr. Geol. Francesco Serra	AIPO - Agenzia Interregionale per il fiume Po – Opere di regimazione idraulica/realizzazione argine in sinistra Adda PROGETTO DEFINITIVO Rivolta D’Adda (CR)	Data	03/10/2014
		N. Commessa	1524
		C. Documento	1524_01
		Relazione geologica, geotecnica e idrogeologica	
		Revisione	
		Nome file	

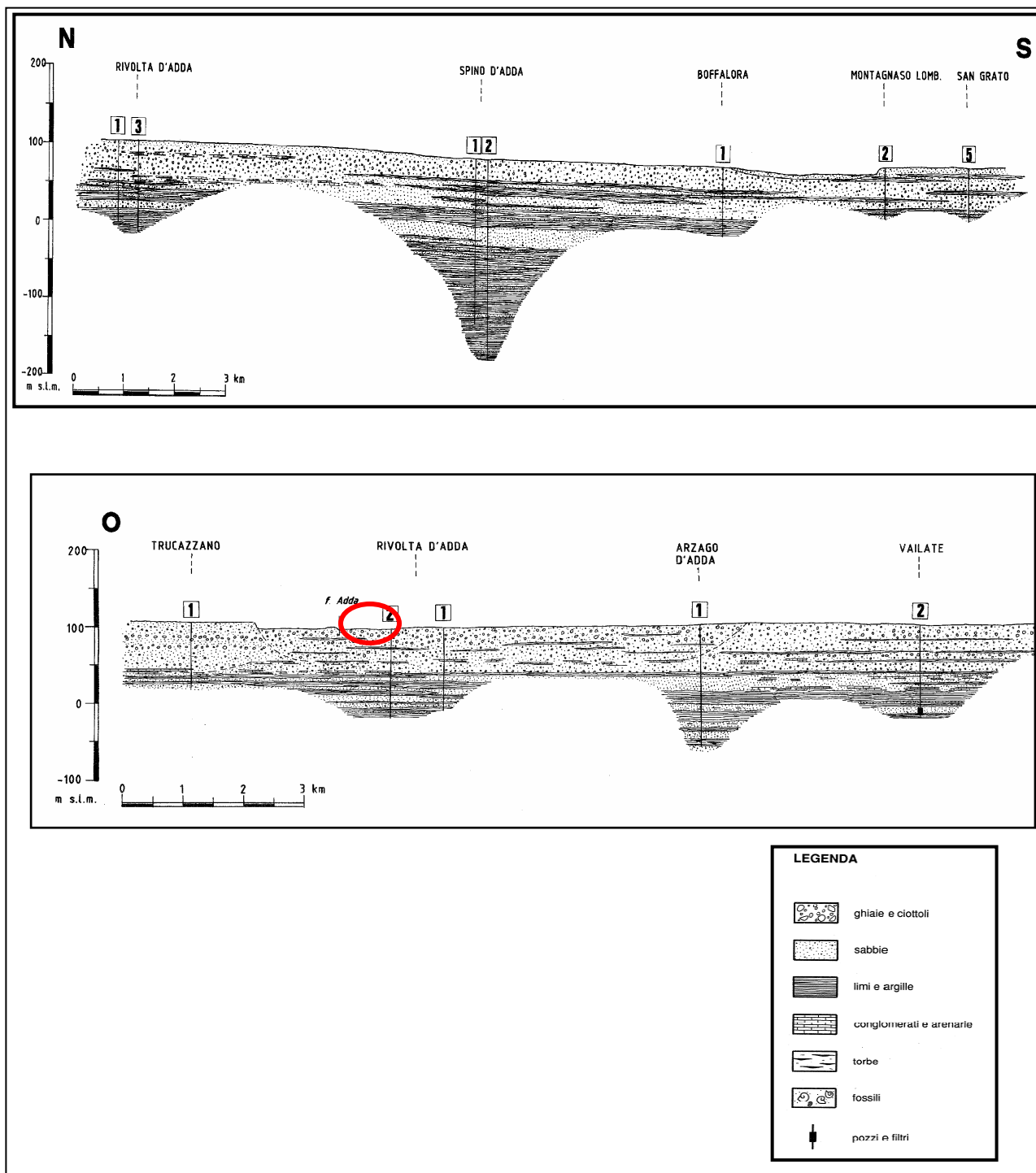



Figura 7: sezione idrogeologica N-S (in alto), sezione O – E (in basso) - tratte dallo “*Studio idrogeologico della Provincia di Cremona*”.

 Dr. Geol. Francesco Serra	AIPO - Agenzia Interregionale per il fiume Po – Opere di regimazione idraulica/realizzazione argine in sinistra Adda PROGETTO DEFINITIVO Rivolta D’Adda (CR)	Data	03/10/2014
		N. Commessa	1524
		C. Documento	1524_01
		Relazione geologica, geotecnica e idrogeologica	
		Revisione	
		Nome file	

6. INDAGINI ESEGUITE, ACQUISIZIONE DEI DATI E MODELLO GEOLOGICO


6.1 Indagini eseguite - settembre 2014

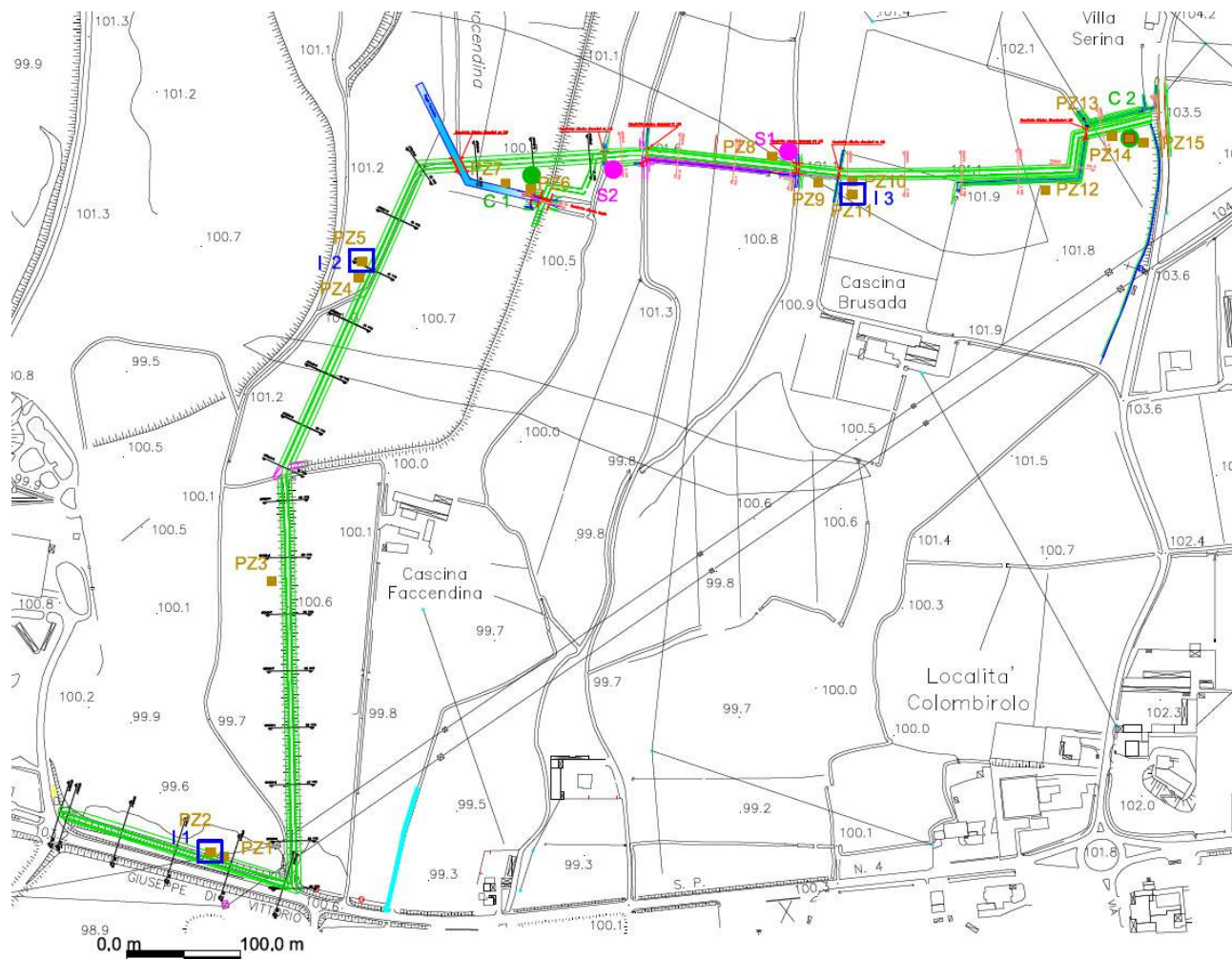
Per la realizzazione dell'opera in progetto sono state realizzate delle indagini geognostiche adeguatamente dimensionate a completamento delle indagini geotecniche e sismiche eseguite in precedenza da SINGEA e Geodrill (in particolare i sondaggi S1 ed S2 di Sigea).

In particolare il 17 e 18 settembre 2014 è stata effettuata una campagna geognostica consistente nell'esecuzione di:

- **n. 15 pozzetti esplorativi** (PZ1 ÷ PZ15) eseguiti con escavatore meccanico. I pozzetti esplorativi sono stati realizzati con mezzo meccanico e spinti sino alla profondità massima di circa 3.00 m. In ognuno di essi si è rilevata la successione litostratigrafica, una speditiva analisi granulometrica, semplici prove di identificazione (pocket penetrometro e vane test sui materiali fini) ed una approfondita documentazione fotografica, in parte riportata in allegato ed a disposizione negli archivi societari
- **n. 2 prove di carico su piastra** (C1 e C2) eseguiti secondo gli standard CNR e rappresentativi delle due principali litologie riscontrate al previsto livello di sottofondazione del rilevato
- **n. 3 prove di infiltrazione** (I1÷I3) all'interno dei pozzetti esplorativo in diverse condizioni litostratigrafiche

Le ubicazioni delle indagini sono riportate nella seguente figura 8.


 Dr. Geol. Francesco Serra	AIPO - Agenzia Interregionale per il fiume Po – Opere di regimazione idraulica/realizzazione argine in sinistra Adda PROGETTO DEFINITIVO Rivolta D’Adda (CR)	Data	03/10/2014
		N. Commessa	1524
		C. Documento	1524_01
Relazione geologica, geotecnica e idrogeologica		Revisione	
		Nome file	



LEGENDA

- PZ5 ■ Pozzetto esplorativo
- I2 ■ Prova infiltrometrica
- C1 ● Prova di carico su piastra
- S1 ● Sondaggio

Figura 8: Ubicazione delle indagini

 Dr. Geol. Francesco Serra	AIPO - Agenzia Interregionale per il fiume Po – Opere di regimazione idraulica/realizzazione argine in sinistra Adda PROGETTO DEFINITIVO Rivolta D'Adda (CR)	Data	03/10/2014
		N. Commessa	1524
		C. Documento	1524_01
Relazione geologica, geotecnica e idrogeologica		Revisione	
		Nome file	

Pozzetti esplorativi

I pozzetti esplorativi denominati PZ1-PZ15 sono stati realizzati con apposito mezzo meccanico e sono stati utili per la raccolta delle informazioni relativamente alla successione stratigrafica ed alle caratteristiche geotecniche dei terreni attraversati.

Si sono anche registrate le attuali quote della falda e si sono cercate ed individuate le evidenze per identificare le massime quote a cui la falda può arrivare in ogni punto.

All'interno dei pozzetti sono stati inoltre rilevati alcuni dati speditivi e rappresentativi delle litologie coerenti (argille, argille limose, ecc), attraverso l'ausilio di *Penetrometro tascabile* P1000 per la misura della coesione e dello *Scissometro tascabile (Geonor H60)* per la misura di resistenza al taglio. Le stratigrafie dei pozzetti e la relativa documentazione fotografica sono riportate nell'allegato 1.

Prove di carico su piastra

Nel corso della campagna d'indagine in corrispondenza dei pozzetti PZ6 e PZ14, sono state eseguite delle prove di carico su piastra, la prima sui terreni grossolani sabbioso ghiaiosi, la seconda sui livelli fini limoso argillosi.


Il programma, le modalità e l'apparecchiatura utilizzata per l'esecuzione delle prove di carico su piastra risultano conformi delle prove di carico su piastra da 300 mm, spessore 20 mm secondo quanto previsto dalle norme tecniche del CNR n.146 "*Determinazione dei moduli di deformazione M_d e M_d' mediante prova di carico a doppio ciclo con piastra circolare*".

Tali norme fissano le modalità di esecuzione e di interpretazione della prova di carico su piastra e risultano essere la più usate.

In particolare l'attrezzatura utilizzata è così costituita:

- Piastra circolare in acciaio rigida, con spessore di 20 mm e diametro pari a 300 mm;
- Comparatore centesimale per la lettura dei cedimenti e sensibilità di 0.01 mm ed escursione dell'astina (corsa utile) pari a 25 mm;
- Trave di riferimento porta comparatore di lunghezza pari a 2.5 m;
- Martinetto di carico da 100 KN;
- Manometro avente una scala da 0-100 KN, con valore di ogni divisione di 0,5 KN;
- Cella di carico, raccordi e prolunghe per raggiungere la struttura di contrasto.

Pag. 21 di 110

 Dr. Geol. Francesco Serra	AIPO - Agenzia Interregionale per il fiume Po – Opere di regimazione idraulica/realizzazione argine in sinistra Adda PROGETTO DEFINITIVO Rivolta D'Adda (CR)	Data	03/10/2014
		N. Commessa	1524
		C. Documento	1524_01
Relazione geologica, geotecnica e idrogeologica		Revisione	
		Nome file	

La prova viene eseguita con carichi successivi applicati ad una piastra circolare appoggiata sul terreno in prova. Con la prova si determina un modulo di compressibilità o coefficiente M_d , definito dalla seguente espressione:

$$M_d = \frac{\Delta p}{\Delta s} \cdot D$$

dove

Δp = variazione di carico pari a 100 kPa;

Δs = cedimento della superficie caricata espresso in mm relativo all'intervallo di carico Δp .

D = diametro della piastra espresso in mm (pari a 300 mm).

Come contrasto è stato utilizzato un escavatore di adeguate dimensioni e peso, con caratteristiche tali da fornire un ottimo mezzo di contrasto (si veda il dossier fotografico Allegato 3).

Per ogni prova eseguita si riportano, nell'apposito certificato (Allegato 5), una tabella con:

- i dati acquisiti in campagna;
- i grafici carico-deformazione e deformazione-tempo;
- l'interpretazione delle misure in cui si determina il modulo di deformazione M_d per diversi intervalli di carico

Per quanto riguarda il programma della prova, come indicato per i rilevati del tipo in progetto, si è scelto di indagare l'interazione terreno infrastruttura con gradini di carico di 50 KN/m² da 50 a 250 KN/m².


Il calcolo del modulo di compressibilità M_e è stato calcolato per

- per il terreno e l'infrastruttura tra 50 e 150 KN/m²
- per la fondazione tra 150 e 250 KN/m²

Prove infiltrometriche

Per meglio definire le caratteristiche idrogeologiche ed in particolare i valori di permeabilità delle litologie interagenti con l'opera da realizzare, sono state effettuate in sito n. 3 prove di infiltrazione.

Pag. 22 di 110

 Dr. Geol. Francesco Serra	AIPO - Agenzia Interregionale per il fiume Po – Opere di regimazione idraulica/realizzazione argine in sinistra Adda PROGETTO DEFINITIVO Rivolta D’Adda (CR)	Data	03/10/2014
		N. Commessa	1524
		C. Documento	1524_01
		Relazione geologica, geotecnica e idrogeologica	
		Revisione	
		Nome file	

Tali prove sono state denominate I1, I2 ed I3 e sono state ubicate come riportato nella precedente figura all'interno di pozzetti esplorativi rispettivamente denominati PZ2, PZ5 e PZ11.

Denominazione	Pozzetto di riferimento	Tratto di prova m dal p.c.	Litologia interessata
I1	PZ2	1.25÷1.55	Ciottoli ghiaia e sabbia
I2	PZ5	1.70 ÷2.00	Sabbia ghiaia con ciottoli
I3	PZ11	1.22 ÷1.52	Argilla plastica grigio azzurra

Tabella 1: prove di infiltrazione

La prova è stata realizzata a partire dalle profondità sopra indicate e, dopo aver saturato il terreno mediante l'immissione dell'acqua nel pozzetto si è proceduto a misurare gli abbassamenti dell'acqua in funzione del tempo una volta interrotto il flusso.

Queste prove in generale forniscono un'indicazione abbastanza precisa sulla permeabilità reale dei depositi in oggetto, tenendo presente che la falda è assente alle profondità di prova, e che quindi le permeabilità sono soggette alle modalità di saturazione.

Per quanto riguarda le prove di infiltrazione ci si è basati su quanto previsto dalle indicazioni AGI 1977 e nelle raccomandazioni e specifiche FAO (simple methods training series) Viste le caratteristiche granulometriche del sito e le condizioni al contorno si è optato per prove a carico variabile (condizioni a destra della figura 9 seguente), previa saturazione dell'areato.

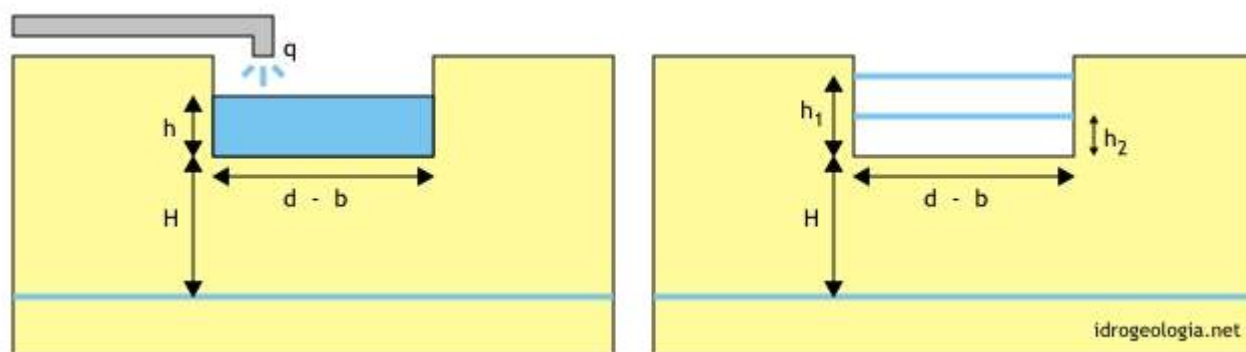



Figura 9: prove di permeabilità AGI '77 in pozzetto a carico costante (sinistra) e variabile (destra)

 Dr. Geol. Francesco Serra	AIPO - Agenzia Interregionale per il fiume Po – Opere di regimazione idraulica/realizzazione argine in sinistra Adda PROGETTO DEFINITIVO Rivolta D’Adda (CR)	Data	03/10/2014
		N. Commessa	1524
		C. Documento	1524_01
Relazione geologica, geotecnica e idrogeologica		Revisione	
		Nome file	

Il parametro del coefficiente di permeabilità K che si ottiene viene calcolato secondo la seguente formula:

$$K = h_1 - h_2/t_2 - t_1*1+(2h_m/b)/27*(h_m/b)+3$$

Dall’interpretazione delle prove di infiltrazione a carico variabile ed in vera grandezza effettuate nel sito si ottengo i seguenti valori del coefficiente di infiltrazione K :

- o Prova I1 = 4.453* 10⁻⁵ m/s
- o Prova I2 = 4.621 * 10⁻⁵ m/s
- o Prova I3 = 8,33 * 10⁻⁶ m/s

mentre nell’allegato 4 sono riportate le elaborazioni.

6.2 Indagini pregresse (sondaggi geognostici ed indagini sismiche tipo MASW)


Come già accennato delle prove pregresse eseguite si è fatto particolare riferimento ai sondaggi denominati S1 e S2 con le relative prove SPT in foro.

Le stratigrafie dei sondaggi S1 e S2 sono riportati nell’allegato 1.

Come espressamente previsto dalla normativa vigente, ci si è basati anche sui dati originali raccolti per opere circostanti di maggiore importanza, in particolare quanto è emerso in alcuni sondaggi e prove penetrometriche eseguiti nell’arco di circa un chilometro, in analogo contesto geologico ed idrogeologico, sia a disposizione negli archivi dello scrivente sia relativi alla campagna Geodrill,e seguita sempre per AIPO e relativa all’alveo attuale del fiume.

Per quanto riguarda le indagini sismiche, come verrà meglio specificato in seguito ci si è basati sulle prove MASW eseguite in precedenza, che sono state ritenute in numero e quantità sufficienti per una completa caratterizzazione dal punto di vista sismico dell’area ai fini progettuali.

Pag. 24 di 110

 Dr. Geol. Francesco Serra	AIPO - Agenzia Interregionale per il fiume Po – Opere di regimazione idraulica/realizzazione argine in sinistra Adda PROGETTO DEFINITIVO Rivolta D’Adda (CR)	Data	03/10/2014
		N. Commessa	1524
		C. Documento	1524_01
		Relazione geologica, geotecnica e idrogeologica	
		Revisione	
		Nome file	

7. MODELLO GEOLOGICO, IDROGEOLOGICO E GEOTECNICO

Le indagini eseguite confrontate con quelle pregresse hanno permesso di ricostruire adeguatamente le condizioni geologiche, idrogeologiche e geotecniche, sito-specifiche ed hanno permesso di ricostruire un modello geologico ed un modello geotecnico locale indispensabili e propedeutici alla corretta progettazione definitiva degli interventi.


- Dal punto di vista geologico le stratigrafie dei pozzetti esplorativi hanno consentito di evidenziare una certa eterogeneità di litotipi presenti nel livello più superficiale dei terreni; al di sotto del coltivo (sempre relativamente sottile) si è volte riscontrata la presenza di depositi fini limoso ed argillosi (talvolta anche torbosi) prima di raggiungere il livello ghiaioso sabbioso incoerente di base
- Dal punto di vista idrogeologico le misure effettuate nei pozzetti hanno permesso di ricostruire l'andamento della falda (gradiente e direzione di flusso) la soggiacenza attuale e quella massima prevedibili, confermando il quadro generale idrogeologico di questo settore dove il flusso della falda freatica è diretto verso la valle del fiume Adda (da NE a SW)
- Dal punto di vista geotecnico, si sono individuate le caratteristiche geotecniche dei diversi litotipi e si è potuto identificare alcune 'situazioni tipo' utili come indicazioni per un corretto dimensionamento progettuale delle opere


7.1 **Verifica delle caratteristiche geologiche litologiche e geomorfologiche sito-specifiche**

I pozzetti eseguiti hanno permesso di evidenziare che esistono diverse successioni litostratigrafiche nell'area, condizionate da vari fattori, in particolare la lontananza dal fiume, la presenza di antichi paleoalvei o lanche, l'opera dell'uomo e quindi la diversità di coltivazioni, rilevati, ecc...

Pertanto al di sotto del suolo si sono evidenziate diverse situazioni così tipo, così schematizzabili :

- Aree in cui al di sotto del suolo è subito presente il livello di ciottoli, ghiaie e sabbie di base

 Dr. Geol. Francesco Serra	AIPO - Agenzia Interregionale per il fiume Po – Opere di regimazione idraulica/realizzazione argine in sinistra Adda PROGETTO DEFINITIVO Rivolta D’Adda (CR)	Data	03/10/2014
		N. Commessa	1524
		C. Documento	1524_01
		Relazione geologica, geotecnica e idrogeologica	
		Revisione	
		Nome file	
<ul style="list-style-type: none">▪ Aree in cui al di sotto del suolo è presente un primo livello a caratteristiche sabbioso limose prevalenti a cui succede il livello di base grossolano▪ Aree in cui al di sotto del suolo è presente un primo livello a caratteristiche argillose prevalenti a cui succede il livello di base grossolano▪ Aree in cui è segnalato oltre che un livello argilloso di spessore significativo anche la presenza di argille organiche e torbe, prima di raggiungere il livello di ciottoli, ghiaie e sabbie di base <p>È evidente che anche il comportamento geotecnico dei terreni è legato a queste diverse situazioni.</p> <p>Poiché il passaggio da una condizione all'altra non è sempre prevedibili a priori ma verrà riscontrato solo in sede esecutiva si è ritenuto utile identificare quattro modelli geologici e geotecnici da cui ricavare le necessarie indicazioni progettuali di competenza. Sono anche state in vai preliminare e sulla base dei pozzetti eseguiti quale di questi modelli è quello più probabilmente da considerare in ogni punto del tracciato, anche se, soprattutto laddove non è stato possibile indagare direttamente, solo in fase esecutiva sarà possibile verificarne la rispondenza.</p> <p>7.2 Verifica delle caratteristiche della falda sito-specifiche</p> <p>I pozzetti eseguiti hanno permesso di evidenziare anche la quota e la morfologia della falda alla data delle indagini (metà settembre 2014),</p> <p>Nella successiva figura 10 si riporta questo andamento, del tutto conforme a quello medio previsto (si veda precedente figura 6).</p> <p>Si ricorda che, in particolari periodi dell'anno, ad esempio nella stagione irrigua (giugno-agosto) od in quella più piovosa (autunno inverno) il livello della falda in questi territorio diventa molto superficiale e quasi sub affiorante; di questo è necessario tenere debito conto sia in sede progettuale e di programmazione che in sede esecutiva e di esercizio.</p>			
Pag. 26 di 110			

 Dr. Geol. Francesco Serra	AIPO - Agenzia Interregionale per il fiume Po – Opere di regimazione idraulica/realizzazione argine in sinistra Adda PROGETTO DEFINITIVO Rivolta D’Adda (CR)	Data	03/10/2014
		N. Commessa	1524
		C. Documento	1524_01
		Relazione geologica, geotecnica e idrogeologica	
		Revisione	
		Nome file	

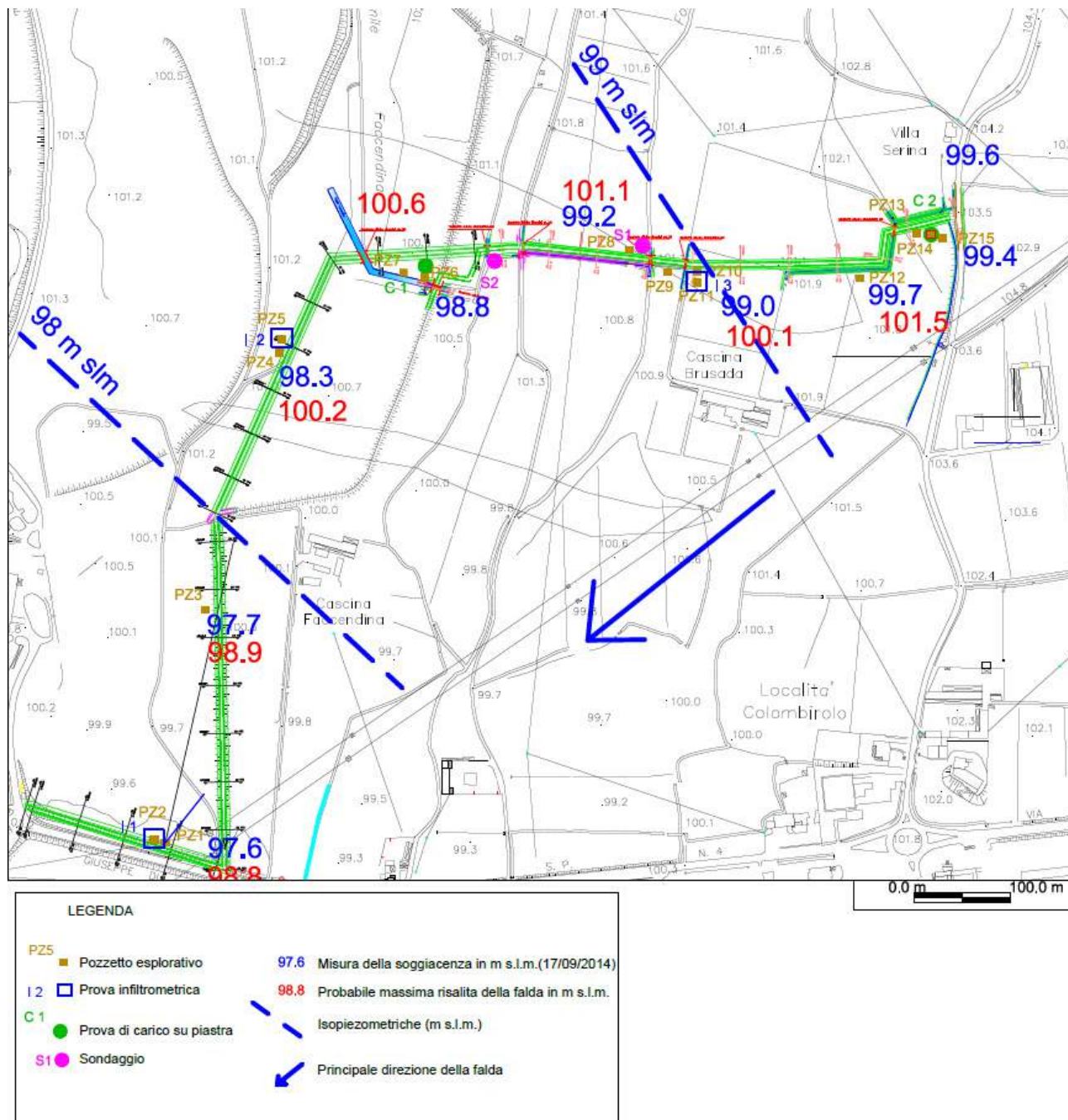



Figura 10: Carta delle isopieze locali (falda freatica). Sono indicati in blu i valori di soggiacenza misurati il 17/9/2014, ed in rosso i valori di massima risalita della falda presunta.

 Dr. Geol. Francesco Serra	AIPO - Agenzia Interregionale per il fiume Po – Opere di regimazione idraulica/realizzazione argine in sinistra Adda PROGETTO DEFINITIVO Rivolta D’Adda (CR)	Data	03/10/2014
		N. Commessa	1524
		C. Documento	1524_01
		Relazione geologica, geotecnica e idrogeologica	
		Revisione	
		Nome file	

7.3 Verifica delle caratteristiche geologiche-tecniche e geotecniche sito-specifiche

Utilizzando tutte le informazioni ricavate dalle indagini e prove geotecniche realizzate ed inoltre utilizzando valori di letteratura in funzione della litologia effettuate in aree limitrofe (sondaggi e prove penetrometriche dinamiche DPSH), è stato possibile ricostruire accanto al modello geologico idrogeologico il conseguente modello geotecnico, base di partenza per le elaborazioni successive.

Per la caratterizzazione geologico tecnica dei terreni si sono usati i seguenti criteri

- descrizione litologico-tecnica secondo le norme di classificazione della Associazione Geotecnica Italiana A.G.I., 1977 (figura11);

0.002	0.06	2	60	(Φ , mm)
ARGILLA	LIMO	SABBIA	GHIAIA	CIOTTOLI E BLOCCHI

Per classificare un terreno dal punto di vista della granulometria sono necessarie analisi granulometriche di laboratorio.


Note alla classifica granulometrica

Per l'identificazione di terreni composti da più frazioni si segue il criterio :
 siano A, B, C , i nomi degli intervalli principali (argilla, limo); siano p_1, p_2, p_3 le percentuali di A, B, C , presenti nella terra in esame; se, per esempio $p_1 > p_2 > p_3$ il terreno viene denominato col nome della frazione A , seguito dai nomi delle frazioni B e C preceduti dalla congiunzione "con", se il corrispondente p è compreso tra il 50 e il 250/o, seguiti dal suffisso "oso" se p è tra il 25 e il 100/o; o infine seguiti dal suffisso "oso" e preceduti da "debolmente" se p è compreso tra il 10 e il 50/o. Si definisce terreno di granulometria uniforme se $D_{60}/D_{10} < 2$ dove D_{60} e D_{10} sono i diametri corrispondenti al 60 ed al 100/o di passante rilevati dall'analisi granulometrica.

Si ricorda che esistono numerosi sistemi di classifica granulometrica, tra loro differenti per i limiti delle classi; (per un confronto vedi : Geotecnica, 1963)

Figura 11: Classificazione dei terreni secondo AGI, 1977.

- classificazione granulometrica secondo le norme tecniche del Sistema Unificato USCS (Unified Soil Classification System) adottato dal Corps of Engineers dal Bureau of Reclamation degli U.S.A., basate sostanzialmente sulle norme ASTM (D2487-75, ecc..) che permettono di dare una precisa definizione tecnica dei terreni. Nella tabella in figura 12 si riportano i criteri utilizzati in questa classificazione (una delle più diffuse in campo geotecnico) con il significato delle varie sigle;

 Dr. Geol. Francesco Serra	AIPO - Agenzia Interregionale per il fiume Po – Opere di regimazione idraulica/realizzazione argine in sinistra Adda PROGETTO DEFINITIVO Rivolta D’Adda (CR)	Data	03/10/2014
		N. Commessa	1524
		C. Documento	1524_01
		Relazione geologica, geotecnica e idrogeologica	
		Revisione	
		Nome file	

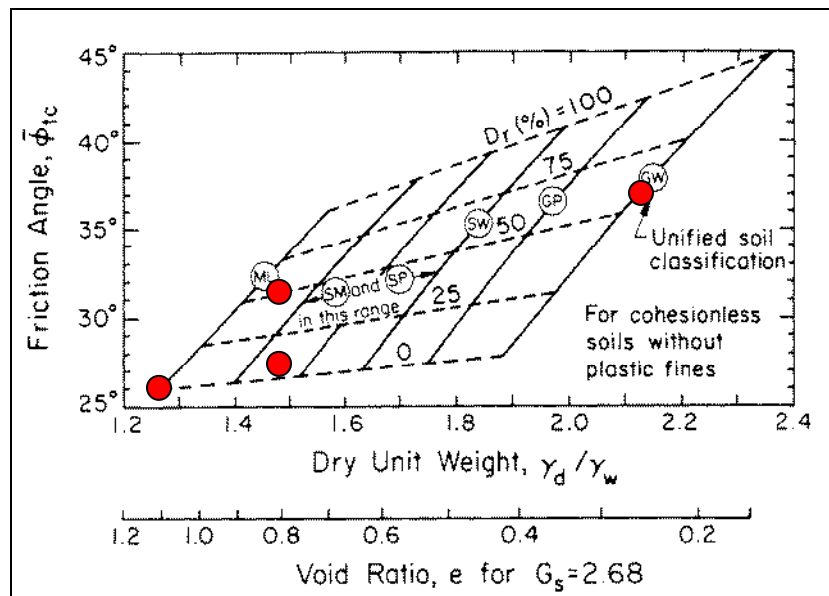



Figura 12: Diagramma per il calcolo dell'angolo di resistenza al taglio

- indicazioni generali sullo stato di consistenza (per i terreni fini, argilloso – limosi a comportamento coesivo) o di addensamento (per i terreni grossolani, sabbioso ghiaiosi, a prevalente comportamento incoerente): ci si è basati sulle raccomandazioni A.G.I., riportate in figura 13, nonché delle misure effettuate in campo attraverso il penetrometro tascabile e lo scissometro tascabile.
- Il coefficiente di permeabilità è stato ricavato dalle prove di infiltrazione realizzate in campo (Allegato 4).
- Il modulo Md (coefficiente di compressibilità) è stato ricavato dalle prove di carico su piastra realizzate in campo (Allegato 5).

 Dr. Geol. Francesco Serra	AIPO - Agenzia Interregionale per il fiume Po – Opere di regimazione idraulica/realizzazione argine in sinistra Adda PROGETTO DEFINITIVO Rivolta D’Adda (CR)	Data	03/10/2014
		N. Commessa	1524
		C. Documento	1524_01
		Relazione geologica, geotecnica e idrogeologica	
		Revisione	
		Nome file	

PRINCIPALI SUDDIVISIONI	SIMBOLO LETTERA	DENOMINAZIONE
TERRE A GRANA GROSSA	GW	Ghiaie a granulometria ben assortita o miscela di ghiaia e sabbia, con frazione fine scarsa o assente
	GP	Ghiaie a granulometria poco assortita o miscela di ghiaia e sabbia, con frazione fine scarsa o assente
	GM	Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo
	GC	Ghiaie argillose, miscela di ghiaia, sabbia e argilla
	SW	Sabbie a granulometria ben assortita o sabbie ghiaiose con frazione fine scarsa o assente
	SP	Sabbie a granulometria poco assortita o sabbie ghiaiose con frazione fine scarsa o assente
	SM	Sabbie limose, miscela di sabbia e limo
	SC	Sabbie argillose, miscela di sabbia e argilla
TERRE A GRANA FINE	ML	Limi inorganici e sabbie molto fini, sabbie fini limose o argillose o limi argillosi leggermente plastici
	CL	Argille inorganiche con plasticità da bassa a media, argille ghiaiose, argille sabbiose, argille limose
	OL	Limi organici e argille limose organiche a bassa plasticità
	MH	Limi organici, terreni limosi o finemente sabbiosi, miscela o diatomacei, limi
	CH	Argille inorganiche di alta plasticità
	OH	Argille organiche di media o alta plasticità o limi organici
TERRE FORTEMENTE ORGANICHE	Pt	Torba ed altre terre altamente organiche

Figura 13: Classificazione dei terreni secondo USCS-ASTM.


7.4 Modello geologico e geotecnico

Dalle indagini eseguite confrontate con i dati disponibili pregressi si è messo a punto il modello geologico e geotecnico di riferimento.

In particolare, dal quadro geologico, idrogeologico e geotecnico generale, facendo riferimento al tracciato dell'argine, sono stati estrapolati e sintetizzati quattro casi che descrivono la variabilità delle caratteristiche del sottosuolo in corrispondenza del tracciato.

Per la rappresentazione del modello sono stati realizzati in particolare delle figure schematiche dei 4 casi rappresentativi di seguito descritte.

Tenendo presente quanto detto nel precedente paragrafo 7.1 in merito alla difficoltà di prevedere puntualmente in ogni punto del tracciato quale di queste situazioni identificate si verrà realmente a trovare in sede esecutiva, si è comunque predisposto sulla base delle indagini eseguite e di una ragionevole interpolazione dei dati la successiva planimetria che rappresenta la probabile distribuzione dei 4 casi precedenti lungo il tracciato.

 Dr. Geol. Francesco Serra	AIPO - Agenzia Interregionale per il fiume Po – Opere di regimazione idraulica/realizzazione argine in sinistra Adda PROGETTO DEFINITIVO Rivolta D’Adda (CR)	Data	03/10/2014
		N. Commessa	1524
		C. Documento	1524_01
		Relazione geologica, geotecnica e idrogeologica	
		Revisione	
		Nome file	

In un successivo capitolo si analizzerà tutto il tracciato e le sue problematiche a riguardo anche grazie al profilo geologico allegato alla presente relazione (**Tavola 1 - Profilo geolitologico ed idrogeologico**).

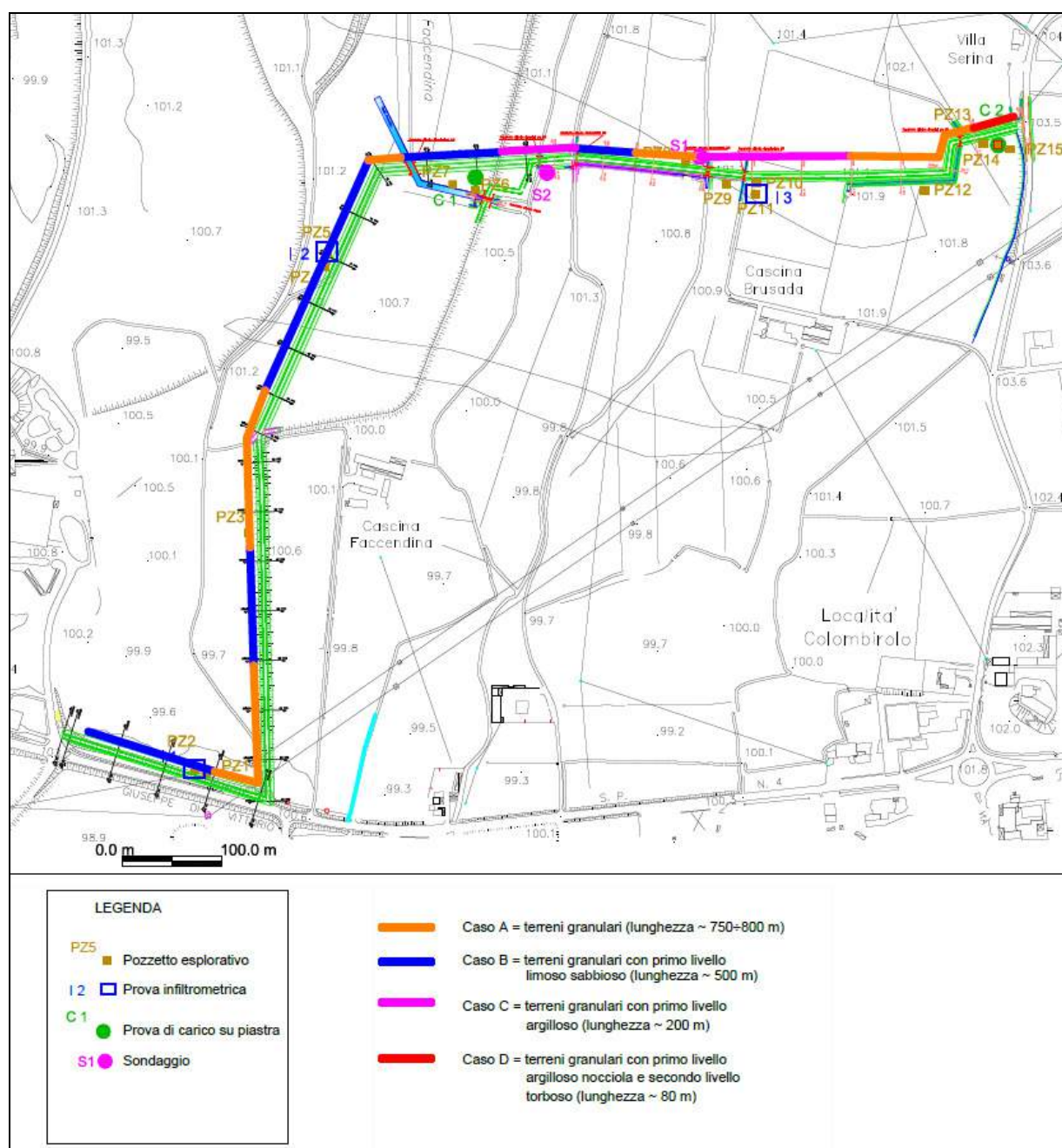



Figura 14 : Distribuzione probabile lungo il tracciato dei diversi casi di modello geologico e geotecnico individuati

 Dr. Geol. Francesco Serra	AIPO - Agenzia Interregionale per il fiume Po – Opere di regimazione idraulica/realizzazione argine in sinistra Adda PROGETTO DEFINITIVO Rivolta D’Adda (CR)	Data	03/10/2014
		N. Commessa	1524
		C. Documento	1524_01
		Relazione geologica, geotecnica e idrogeologica	
		Revisione	
		Nome file	

Di seguito si analizzeranno i casi che rappresentano il sottosuolo nei 4 settori tipo, rimandando senz'altro agli schemi in allegato due per i dettagli.

7.4.1 **Caso A: terreni granulari**

Dagli elementi raccolti si è potuto osservare che, in linea generale è frequente che al di sotto di un livello di suolo di spessore medio 30 ÷ 40 centimetri massimo si passi direttamente alla unità di base, secondo un modello del tipo seguente .


Unità Geologica	Profondità da p.c. [m]	Litologia
A	0.0 ÷ 0.30 (medio) /0.4 (massimo)	Suolo terreno vegetale, ecc...
B	>> 10 m.	Ciottoli eterogenei di dimensioni decimetriche, ghiaie e sabbie a composizione variabile

Tabella 2: Modello geologico Caso A

Di seguito si riporta, sulla base del modello geologico e di tutte le precedenti considerazioni relative ai numerosi dati in oggetto, uno schema relativo al modello geotecnico di riferimento per questo caso

Unità Geotecnica	γ [kN/m ³]	Dr [%]	ϕ' (°)	E' [MPa]	K [m/s]	Profondità da p.c. [m]	Litologia
0	-	-	-	-	-	0.0 ÷ 0.4	Suolo terreno vegetale, ecc...
2	> 18	> 50	> 34	> 15	$5 \cdot 10^{-5}$	>> 10	Ciottoli eterogenei di dimensioni decimetriche, ghiaie e sabbie a composizione variabile

Tabella 3: Modello geotecnico Caso A

 Dr. Geol. Francesco Serra	AIPO - Agenzia Interregionale per il fiume Po – Opere di regimazione idraulica/realizzazione argine in sinistra Adda PROGETTO DEFINITIVO Rivolta D’Adda (CR)	Data	03/10/2014
		N. Commessa	1524
		C. Documento	1524_01
		Relazione geologica, geotecnica e idrogeologica	
		Revisione	
		Nome file	


7.4.2 **Caso B: terreni granulari con primo livello limoso sabbioso**

Si è anche osservato che in alcuni zone lungo il tracciato (figura 14), al di sotto di un livello di suolo di spessore medio $30 \div 40$ centimetri massimo si passi ad una unità formata principalmente da sabbie fini, sabbie limose e limi sabbiosi, talvolta livelli limoso argillosi nocciola sino ad una profondità massima di circa 1.30 m e per poi passare all'unità di base ciottolosa sabbiosa ghiaiosa. Volendo riassumere e per dare una lettura d'insieme, riportiamo in una tabella il modello geologico.

Unità Geologica	Profondità da p.c. [m]	Litologia
A	0.0 ÷ 0.30 (medio) /0.4 (massimo)	Suolo terreno vegetale, ecc...
B	0.30 ÷ 1.30 (massimo)	Sabbie fini, sabbie limose e limi sabbiosi, talvolta livelli limoso argillosi nocciola
C	1.30÷ >> 10 m.	Ciottoli eterogenei di dimensioni decimetriche, ghiaie e sabbie a composizione variabile

Tabella 4: Modello geologico Caso B

Di seguito si riporta, sulla base del modello geologico e di tutte le precedenti considerazioni relative ai numerosi dati in oggetto, uno schema relativo al modello geotecnico di riferimento per questo caso.

 Dr. Geol. Francesco Serra	AIPO - Agenzia Interregionale per il fiume Po – Opere di regimazione idraulica/realizzazione argine in sinistra Adda PROGETTO DEFINITIVO Rivolta D’Adda (CR)	Data	03/10/2014
		N. Commessa	1524
		C. Documento	1524_01
		Relazione geologica, geotecnica e idrogeologica	
		Revisione	
		Nome file	


Unità Geotecnica	γ [kN/m ³]	Dr [%]	ϕ' (°)	E' [MPa]	K [m/s]	Profondità da p.c. [m]	Litologia
0	-	-	-	-	-	0.0 ÷ 0.4	Suolo terreno vegetale, ecc...
1	> 18	-	> 30	10	$1 \cdot 10^{-5}$	0.2 ÷ 1.3	Sabbie fini, sabbie limose e limi sabbiosi, talvolta livelli limoso argillosi nocciola
2	> 18	> 50	> 34	> 15	$5 \cdot 10^{-5}$	1.30 ÷ >> 10	Ciottoli eterogenei di dimensioni decimetriche, ghiaie e sabbie a composizione variabile

Tabella 5: Modello geotecnico Caso B

7.4.3 **Caso C: terreni granulari con primo livello argilloso**

In altre zone (figura 14), al di sotto di un livello di suolo di spessore medio 30 ÷ 40 centimetri massimo, è stato osservato che, prima di raggiungere l'unità di base comune a tutta l'area indagata, è presente un'unità ad una unità formata prevalentemente da argille plastiche di colore generalmente azzurro presenti sino ad una profondità massima di circa 1.60 m.

Volendo riassumere e per dare una lettura d'insieme, riportiamo in una tabella il modello geologico.

 Dr. Geol. Francesco Serra	AIPO - Agenzia Interregionale per il fiume Po – Opere di regimazione idraulica/realizzazione argine in sinistra Adda PROGETTO DEFINITIVO Rivolta D’Adda (CR)	Data	03/10/2014
		N. Commessa	1524
		C. Documento	1524_01
		Relazione geologica, geotecnica e idrogeologica	
		Revisione	
		Nome file	


Unità Geologica	Profondità da p.c. [m]	Litologia
A	0.0 ÷ 0.20 (medio) /0.4 (massimo)	Suolo terreno vegetale, ecc...
B	0.20 ÷ 1.60 (massimo)	Argille plastiche prevalenti, di colore generalmente azzurro sub. Nocciola talvolta iniziale livello decimetrico più limoso
C	1.60 ÷ >> 10 m.	Ciottoli eterogenei di dimensioni decimetriche, ghiaie e sabbie a composizione variabile

Tabella 6: Modello geologico Caso C

Di seguito si riporta, sulla base del modello geologico e di tutte le precedenti considerazioni relative ai numerosi dati in oggetto, uno schema relativo al modello geotecnico di riferimento per questo caso.

Unità Geotecnica	γ [kN/m ³]	Dr [%]	cu (Kpa)	ϕ' (°)	E' [MPa]	K [m/s]	Profondità da p.c. [m]	Litologia
0	-	-	-	-	-	-	0.0 ÷ 0.2/0.4	Suolo terreno vegetale, ecc...
1	> 18	-	20-50	14-16	2-5	$1 \cdot 10^{-6}$	0.2 ÷ 1.6	Argille plastiche prevalenti, di colore generalmente azzurro sub. Nocciola talvolta iniziale livello decimetrico più limoso
2	> 18	> 50	-	> 35	> 15	$5 \cdot 10^{-5}$	1.60 ÷ >> 10	Ciottoli eterogenei di dimensioni decimetriche, ghiaie e sabbie a composizione variabile

Tabella 7: Modello geotecnico Caso C

 Dr. Geol. Francesco Serra	AIPO - Agenzia Interregionale per il fiume Po – Opere di regimazione idraulica/realizzazione argine in sinistra Adda PROGETTO DEFINITIVO Rivolta D’Adda (CR)	Data	03/10/2014
		N. Commessa	1524
		C. Documento	1524_01
		Relazione geologica, geotecnica e idrogeologica	
		Revisione	
		Nome file	

7.4.4 Caso D: terreni granulari con primo livello argilloso nocciola e secondo livello torboso


I prossimità del tratto terminale più a nord del tracciato dell'argine (figura 14), al di sotto di un livello di suolo di spessore medio $20 \div 40$ centimetri massimo, è stato osservato che, prima di raggiungere l'unità di base comune a tutta l'area indagata, è presenta un'unità formata prevalentemente da argille ed argille limose di colore nocciola sino ad una profondità di circa 1.60 m passante poi ad un'unità formata da Argille azzurre plastiche, argille organiche e livelli di torba sino ad una profondità massima riscontrata introno ai 2.40 m.

Volendo riassumere e per dare una lettura d'insieme, riportiamo in una tabella il modello geologico.

Unità Geologica	Profondità da p.c. [m]	Litologia
A	0.0 ÷ 0.20 (medio) /0.4 (massimo)	Suolo terreno vegetale, ecc...
B	0.20 ÷ 1.60 (massimo)	Argille ed argille limose prevalenti di colore nocciola
C	1.60 ÷ 2.2 /2.4	Argille azzurre plastiche, argille organiche e livelli di torba
D	1.60 ÷ >> 10 m.	Ciottoli eterogenei di dimensioni decimetriche, ghiaie e sabbie a composizione variabile

Tabella 8: Modello geologico Caso C

Di seguito si riporta, sulla base del modello geologico e di tutte le precedenti considerazioni relative ai numerosi dati in oggetto, uno schema relativo al modello geotecnico di riferimento per questo caso.

 Dr. Geol. Francesco Serra	AIPO - Agenzia Interregionale per il fiume Po – Opere di regimazione idraulica/realizzazione argine in sinistra Adda PROGETTO DEFINITIVO Rivolta D’Adda (CR)	Data	03/10/2014
		N. Commessa	1524
		C. Documento	1524_01
		Relazione geologica, geotecnica e idrogeologica	
		Revisione	
		Nome file	


Unità Geotecnica	γ [kN/m ³]	Dr [%]	cu (Kpa)	ϕ' (°)	E' [MPa]	K [m/s]	Profondità da p.c. [m]	Litologia
0	-	-	-	-	-	-	0.0 ÷ 0.2/0.4	Suolo terreno vegetale, ecc...
1	> 18	-	30-40	14-18	2-5	$8 * 10^{-6}$	0.2 ÷ 1.6	Argille ed argille limose prevalenti di colore nocciola
2	-	-	-	-	-	-	1.6 ÷ 2.2/2.4	Argille azzurre plastiche, argille organiche e livelli di torba
3	> 18	> 50	-	> 35	> 20	$5 * 10^{-5}$	2.2/2.4 ÷ >>> 10	Ciottoli eterogenei di dimensioni decimetriche, ghiaie e sabbie a composizione variabile

Tabella 9: Modello geotecnico Caso C


7.5 Indicazioni generali sulla base dei modelli geologici e geotecnici

Rimandando ad ogni specifico caso per gli approfondimenti è comunque possibile identificare alcune indicazioni generali quali :

- La presenza di un livello di suolo generalmente sottile su tutto il tracciato, con spessori generalmente inferiori ai 30 – 40 centimetri (si veda la seguente figura 15)
- La presenza di livelli a diversa litologia passanti da argille vere e proprie e strati sabbioso limosi, diffusi eterogeneamente nel sito anche se più presenti (figura 16)
 - In posizione distale rispetto al fiume Adda
 - Nelle zone più depresse e lungo le principali direttrici idriche
 - In vicinanza di gradini morfologici o di piccoli rilevati naturali od artificiali

 Dr. Geol. Francesco Serra	AIPO - Agenzia Interregionale per il fiume Po – Opere di regimazione idraulica/realizzazione argine in sinistra Adda PROGETTO DEFINITIVO Rivolta D’Adda (CR)	Data	03/10/2014
		N. Commessa	1524
		C. Documento	1524_01
		Relazione geologica, geotecnica e idrogeologica	
		Revisione	
		Nome file	
<div><ul style="list-style-type: none">○ In particolare è significativa per spessori (maggiori di 2,2 metri) e presenza di livelli torbosi la zona all’inizio del tracciato, in prossimità della strada comunale per Cassano, a valle di Località Serina➤ La presenza generalizzata, anche se a quote diverse di un substrato costituito da ciottoli ghiaia e sabbia, a buone caratteristiche tecniche, tipiche di questo settore della pianura padana. Nella figura 17 si riportano nei punti indagati le profondità relative al piano campagna ed assolute a cui si è rinvenuto lungo il tracciato il tetto di questa unità.</div>			

Pag. 38 di 110

 Dr. Geol. Francesco Serra	AIPO - Agenzia Interregionale per il fiume Po – Opere di regimazione idraulica/realizzazione argine in sinistra Adda PROGETTO DEFINITIVO Rivolta D’Adda (CR)	Data	03/10/2014
		N. Commessa	1524
		C. Documento	1524_01
		Relazione geologica, geotecnica e idrogeologica	
		Revisione	
		Nome file	

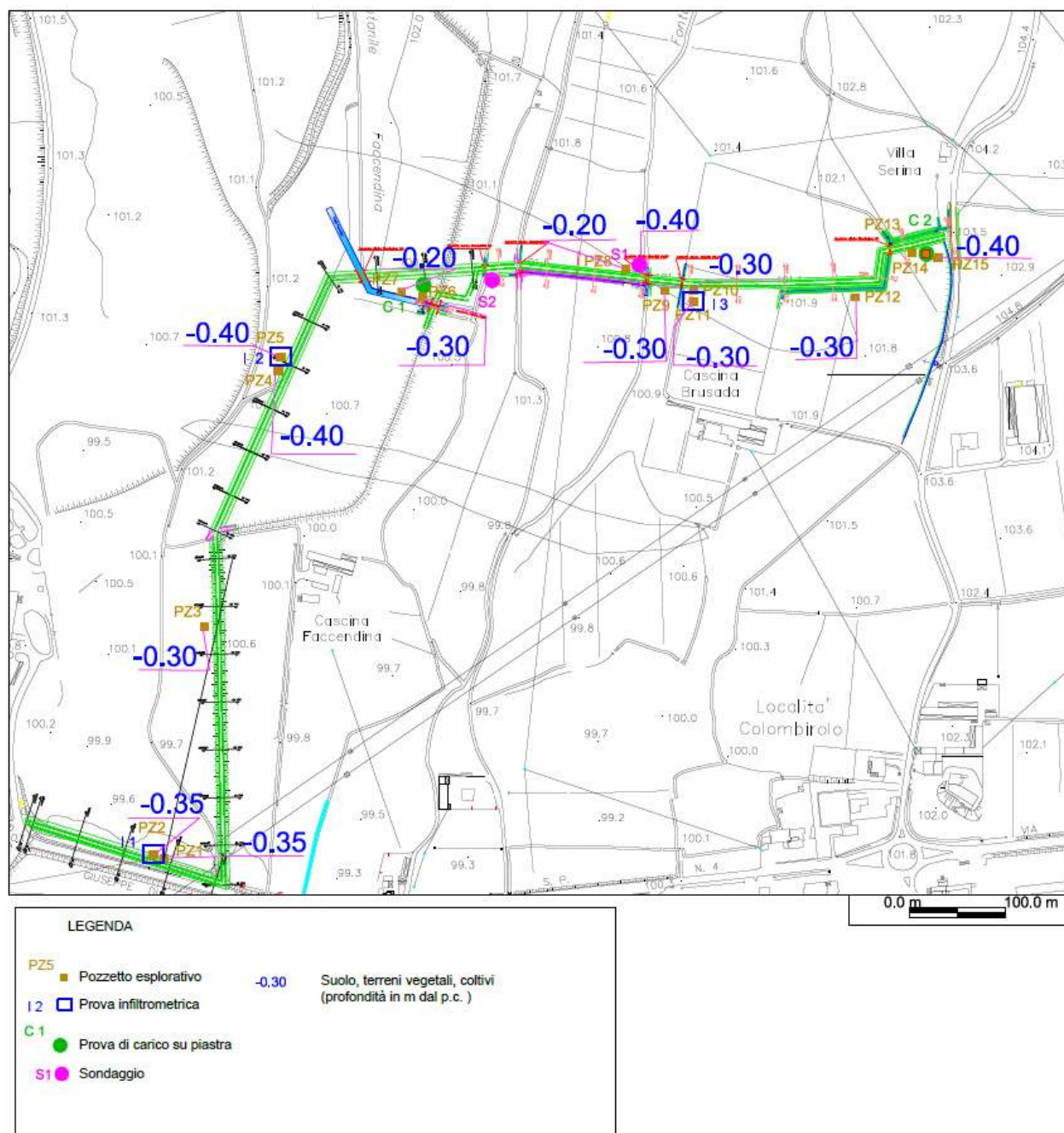



Figura 15: profondità relative al piano campagna del suolo

 Dr. Geol. Francesco Serra	AIPO - Agenzia Interregionale per il fiume Po – Opere di regimazione idraulica/realizzazione argine in sinistra Adda PROGETTO DEFINITIVO Rivolta D’Adda (CR)	Data	03/10/2014
		N. Commessa	1524
		C. Documento	1524_01
Relazione geologica, geotecnica e idrogeologica		Revisione	
		Nome file	

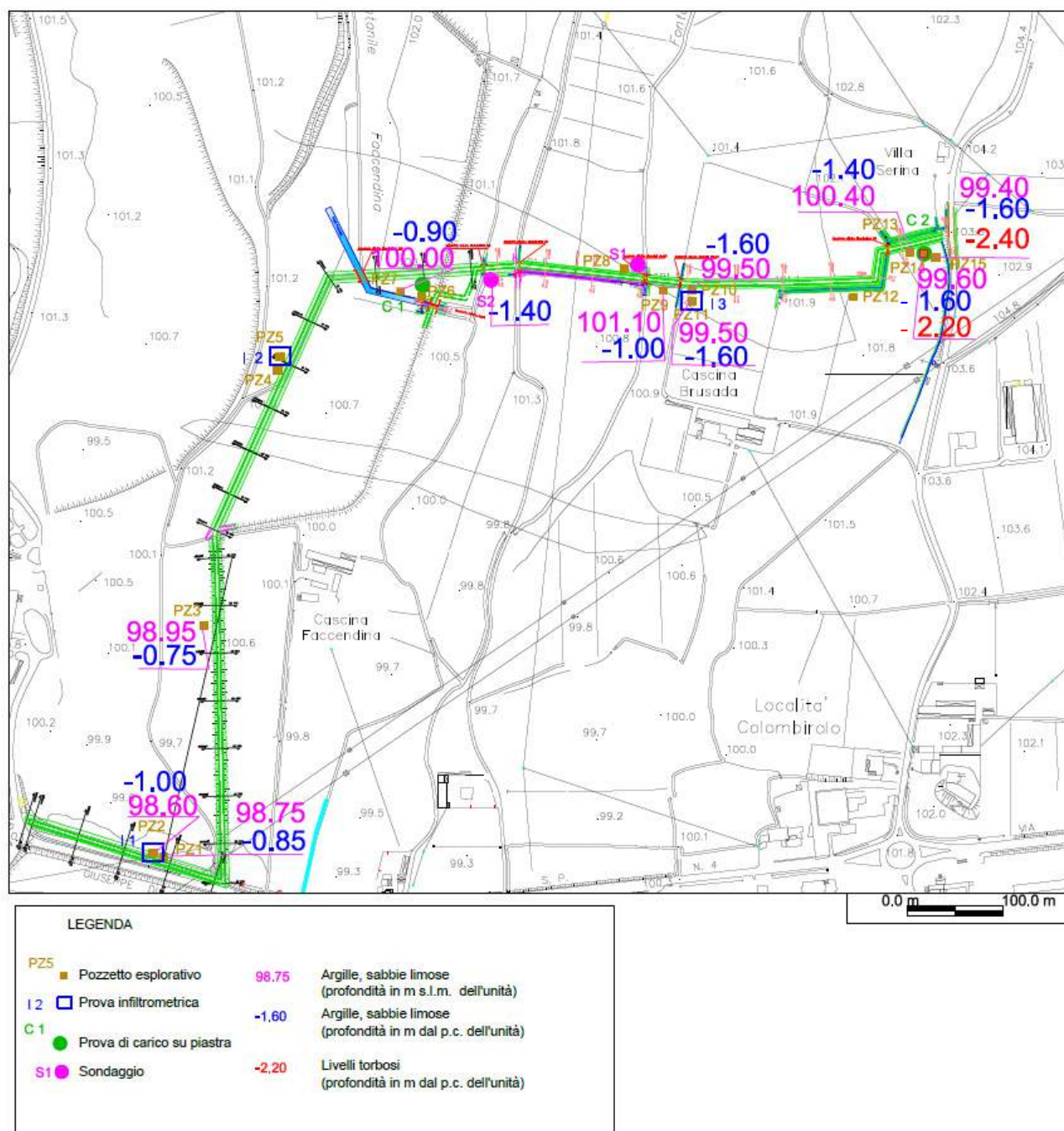


Figura 16 : quote relative al piano campagna ed assolute della profondità del letto delle unità argillose e sabbiose limose



Dr. Geol. Francesco Serra

AIPO - Agenzia Interregionale per il fiume Po –
Opere di regimazione idraulica/realizzazione
argine in sinistra Adda

PROGETTO DEFINITIVO

Rivolta D'Adda (CR)

Data 03/10/2014

N. Commessa 1524

C. Documento 1524_01

Relazione geologica, geotecnica e idrogeologica

Revisione

Nome file

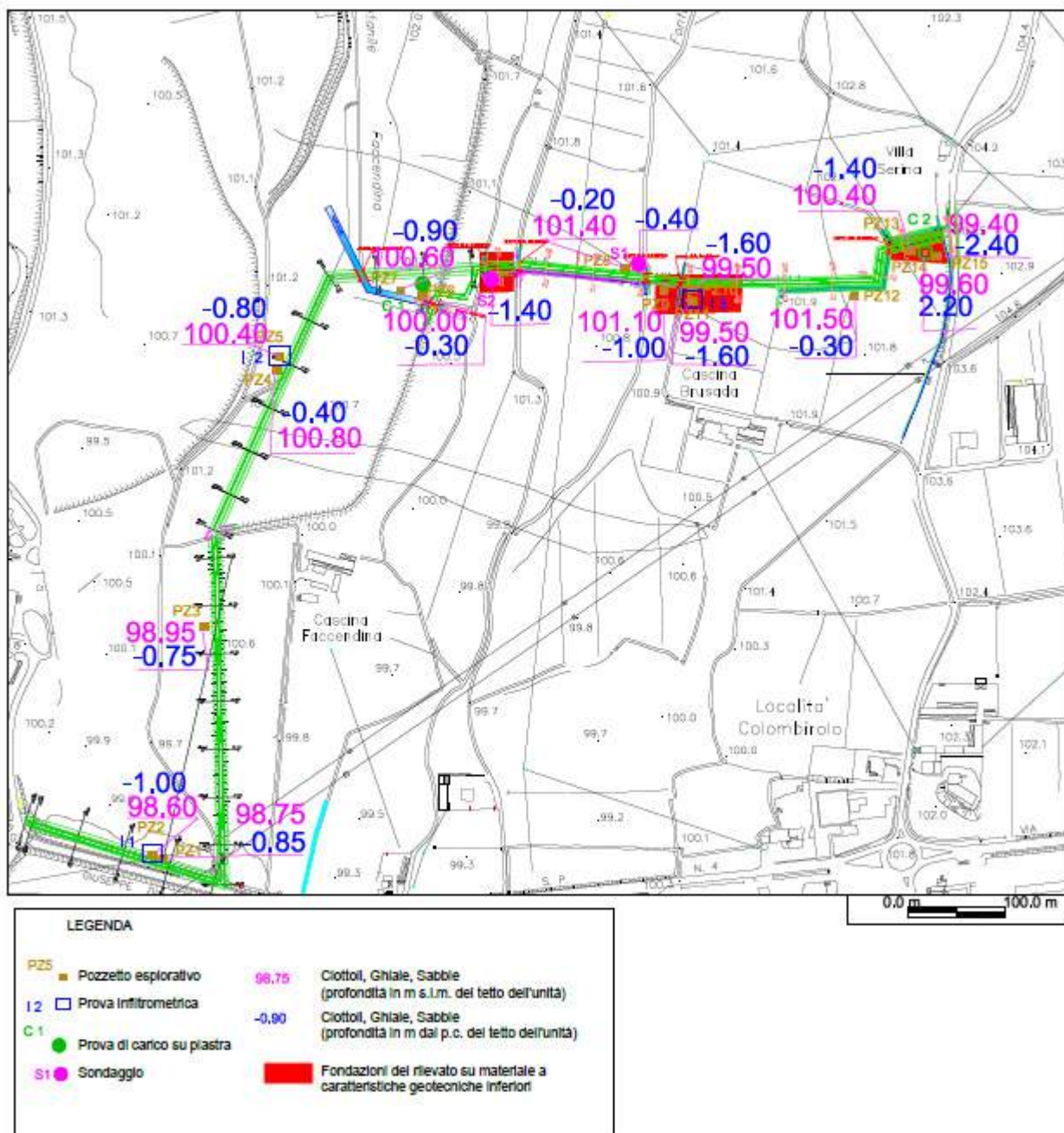



Figura 17 : quote relative al piano campagna ed assolute relative al tetto dell'unità ghiaiosa di base

 Dr. Geol. Francesco Serra	AIPO - Agenzia Interregionale per il fiume Po – Opere di regimazione idraulica/realizzazione argine in sinistra Adda PROGETTO DEFINITIVO Rivolta D’Adda (CR)	Data	03/10/2014
		N. Commessa	1524
		C. Documento	1524_01
		Relazione geologica, geotecnica e idrogeologica	
		Revisione	
		Nome file	

8. ASPETTI SISMICI

L'emanazione dell'ordinanza del P.C.M. n. 3274 del 20 Marzo 2003 ha determinato la nuova classificazione sismica del territorio nazionale attraverso la definizione di 4 zone sismiche. La Regione Lombardia, così come disposto nell'art. 2 dell'ordinanza, ha provveduto con D.G.R. n.7/14964 del 7 novembre 2003, alla formazione ed all'aggiornamento dell'elenco delle zone sismiche, stabilendo per ciascun Comune la classe sismica di appartenenza.

Secondo questa classificazione il Comune di Rivolta D'Adda appartiene alla zona sismica 4, identificata da un valore di accelerazione orizzontale di picco a_g , con la probabilità del 10 % di essere ecceduta nei prossimi 50 anni, pari a 0,15 g.

Questa classificazione verrà a breve superata dalla nuova D.G.R. n. X/2129 del 11 luglio 2014 che entrerà in vigore il prossimo 15 ottobre 2014 (figura 18).

Anche secondo questa nuova classificazione il Comune di Rivolta D'Adda appartiene alla zona sismica 3; in particolare la **Delibera citata definisce per Rivolta D'Adda il valore di accelerazione massima pari a 0,088999.**

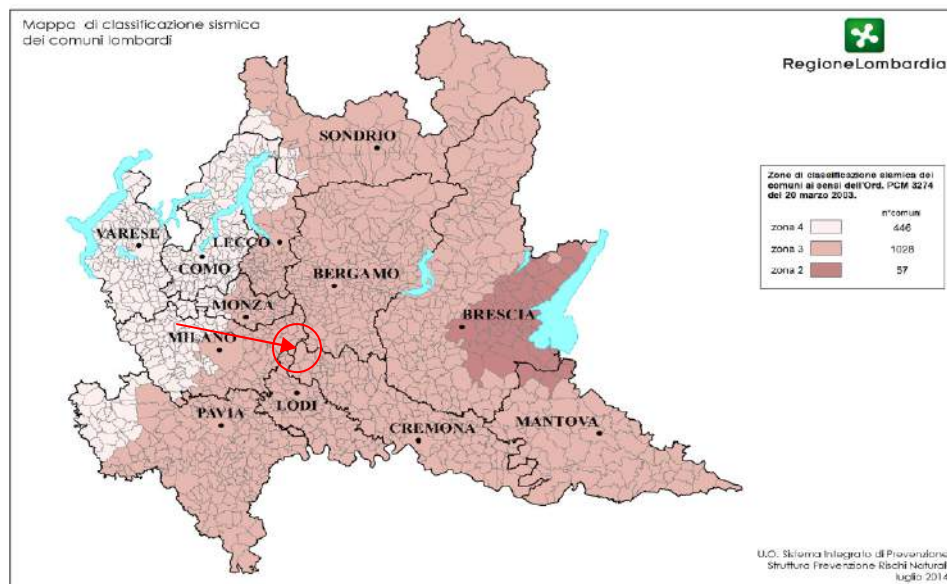



Figura 18: Nuova classificazione sismica dei comuni della Lombardia (D.G.R. n.X/2129 del 11 luglio 2014 vigente dal 15 ottobre 2014).

 Dr. Geol. Francesco Serra	AIPO - Agenzia Interregionale per il fiume Po – Opere di regimazione idraulica/realizzazione argine in sinistra Adda PROGETTO DEFINITIVO Rivolta D’Adda (CR)	Data	03/10/2014
		N. Commessa	1524
		C. Documento	1524_01
		Relazione geologica, geotecnica e idrogeologica	
		Revisione	
		Nome file	

8.1 Modello sismico monodimensionale e calcolo delle Vs30

Per la modellizzazione sismica si fa riferimento alle indagini effettuate lungo il tracciato dell'argine dalla S.In.Ge.A srl.

Le indagini sismiche a cui si fa riferimento sono state realizzate attraverso la metodologia MASW.

In particolare si fa riferimento alle MASW ubicata come riportato nella seguente figura 19 ed al modello medio di velocità delle onde sismiche di taglio con la profondità, rappresentativi dell'area investigata .

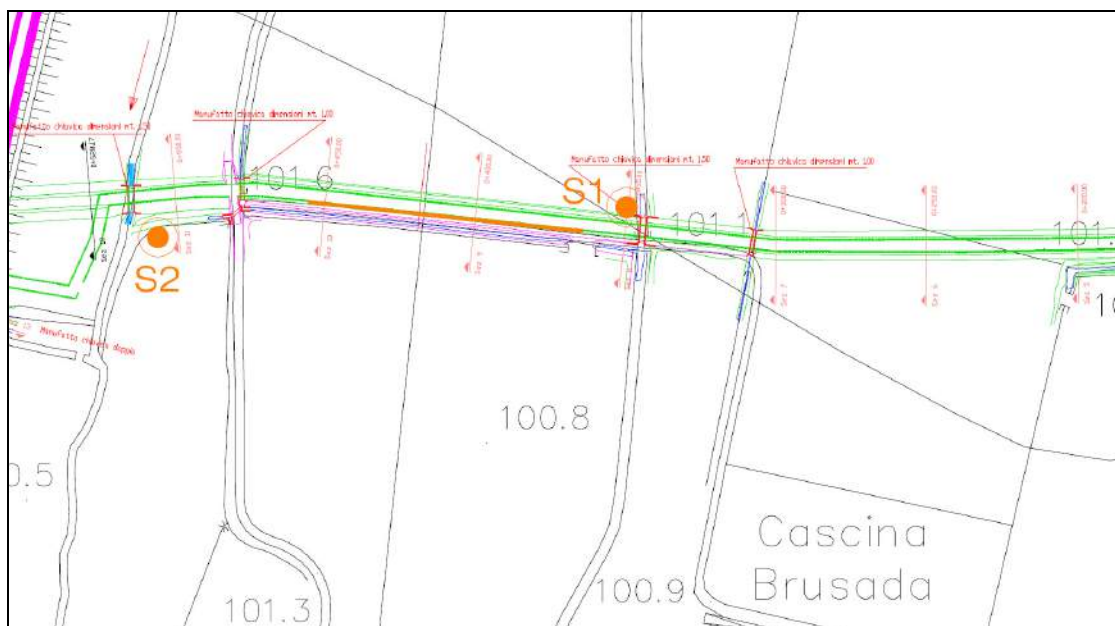


Figura 19: Ubicazione MASW



Dr. Geol. Francesco Serra

AIPO - Agenzia Interregionale per il fiume Po –
Opere di regimazione idraulica/realizzazione
argine in sinistra Adda

PROGETTO DEFINITIVO

Rivolta D'Adda (CR)

Data 03/10/2014

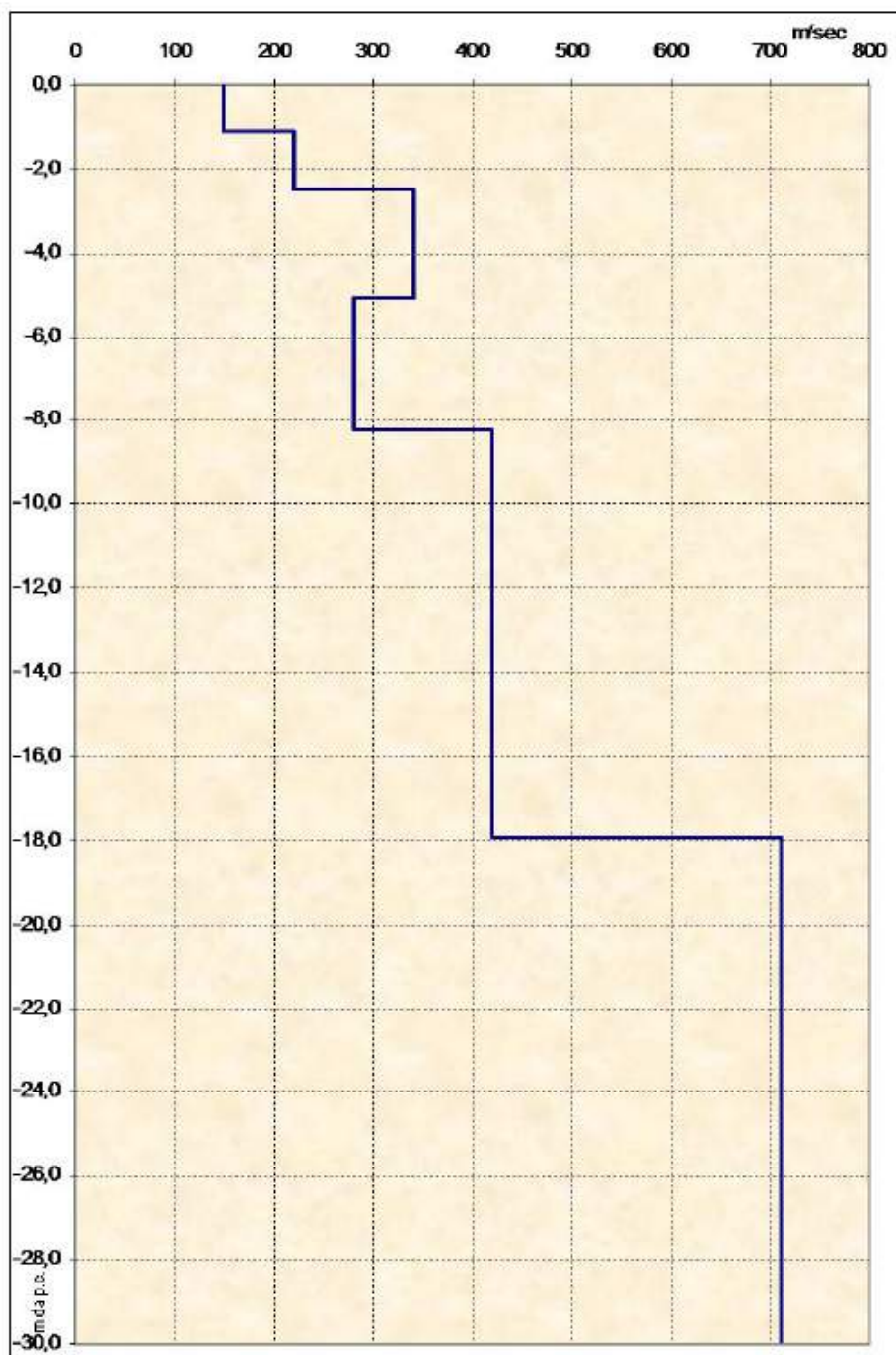
N. Commessa 1524

C. Documento 1524_01

Relazione geologica, geotecnica e idrogeologica


Revisione

Nome file



- diagramma velocità Vs/profondità -

Figura 20: Vs₃₀

 Dr. Geol. Francesco Serra	AIPO - Agenzia Interregionale per il fiume Po – Opere di regimazione idraulica/realizzazione argine in sinistra Adda PROGETTO DEFINITIVO Rivolta D’Adda (CR)	Data	03/10/2014
		N. Commessa	1524
		C. Documento	1524_01
		Relazione geologica, geotecnica e idrogeologica	
		Revisione	
		Nome file	

A partire da questi modelli sismici monodimensionali, è stato possibile calcolare il valore delle Vs30, il quale rappresenta la “velocità equivalente” di propagazione entro 30 m di profondità delle onde di taglio.


Per il calcolo delle Vs30 si fa riferimento alla seguente espressione, riportata nel D.M. 14.01.2008 (“Norme tecniche per le costruzioni”):

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^n H_i / V_i}$$

dove H_i e V_i indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio (per deformazioni di taglio $\gamma < 10^{-6}$) dello strato i-esimo, per un totale di N strati presenti nei 30 m superiori.

A partire dal profilo Vs-profondità ricostruito per l'area in esame è possibile calcolare, con la formula sopra riportata, il valore delle $V_{s,30}$; come quota di calcolo si è assunto conservativamente il piano campagna:

PARAMETRI SISMICI MASW 1	
Vs30 (m/sec)	Categoria di suolo
413	B

 Dr. Geol. Francesco Serra	AIPO - Agenzia Interregionale per il fiume Po – Opere di regimazione idraulica/realizzazione argine in sinistra Adda PROGETTO DEFINITIVO Rivolta D’Adda (CR)	Data	03/10/2014
		N. Commessa	1524
		C. Documento	1524_01
		Revisione	
Relazione geologica, geotecnica e idrogeologica		Nome file	

9. DESCRIZIONE DEL TRACCIATO E PROBLEMATICHE DI COMPETENZA

9.1 Descrizione del tracciato

Sulla base delle indagini effettuate è stato possibile ricostruire per tutto il tracciato l’assetto geologico e geotecnico con le caratteristiche principali dei terreni in oggetto, utilizzabili nella fase progettuale in oggetto (progetto definitivo).


Nell’allegata tavola 1 (*‘Profilo geo-litologico ed idrogeologico’*) è ricostruita sulla base delle indagini eseguite il profilo litologico del sito lungo il tracciato.

Indicativamente si sono distinte diverse litologie :

- I riporti principali , in particolare gli esistenti rilevati stradali
- I suoli, generalmente sottili, bruni a drenaggio medio e spessori inferiori ai 40 centimetri
- I livelli superficiali a composizione prevalentemente limoso sabbiosi, presenti in livelli discontinui o lenti abbastanza diffuse al di sotto del suolo
- Altri livelli superficiali a composizione variabile da sabbiosa ad argillosa, anch’essi caratteristici del primo sottosuolo e relativamente diffusi al di sotto del suolo, talvolta pedogenizzati
- I litotipi argillosi, percentualmente più diffusi e presenti nei settori più settentrionali ed orientali, suddivisi ove possibili in argille limose nocciola, argille grigio azzurre plastiche ed argille organiche con torbe
- I terreni ghiaioso sabbioso ciottolosi di base

Viene anche rappresentata la quota della falda registrata alla data delle indagini (settembre 2014) ed, indicativamente la quota che si presume possa senz’altro essere raggiunta dalla falda in risalita; a quest’ultimo proposito si ricorda comunque che, poiché il principale motivo di innalzamento della falda in queste zone è l’irrigazione e quindi l’acqua percola dalla superficie vero la falda va tenuto

Pag. 46 di 110


 Dr. Geol. Francesco Serra	AIPO - Agenzia Interregionale per il fiume Po – Opere di regimazione idraulica/realizzazione argine in sinistra Adda PROGETTO DEFINITIVO Rivolta D'Adda (CR)	Data	03/10/2014
		N. Commessa	1524
		C. Documento	1524_01
Relazione geologica, geotecnica e idrogeologica		Revisione	
		Nome file	

presente che anche il livello areato sarà sempre interessato dalla presenza di acque di infiltrazione circolanti nel terreno.

Rimandano alla tavola, alla precedente figura 14 ed alla documentazione in allegato per i dettagli si segnalano di seguito le principali evidenze emerse dalle indagini :

- Nella parte più orientale del tracciato, alla base del rilevato relativo alla strada comunale 'vecchia cassanese' si rinviene un primo settore dove è presente uno spessore relativamente importante di argille più o meno limose di colore nocciola passanti verso il basso ad argille organiche con livelli di torba; si registrano spessori di questa unità significativi (anche di 2,2 ÷ 2,4 metri) prima di raggiungere l'unità ghiaiosa di base che, per alcuni decimetri si presenta ancora con una matrice scura. Questa successione (modello geotecnico D) diminuisce abbastanza rapidamente proseguendo verso ovest e probabilmente si esaurisce nel giro di una sessantina (ottantina?) di metri. Da notare è che in questa zona la falda si presenta con una certa semi-artesianità, essendo confinata dalle argille e torbe, ed è saliente nel caso di scavo ed asporto di questo materiale.
- Proseguendo lungo il tracciato del rilevato arginale questo dapprima cambia direzione e si dirige verso sud, in terreni presumibilmente ghiaiosi subito al di sotto del suolo quindi torna a correre in direzione est ovest; in questo settore, in prossimità dei prati stabili e di una certa depressione topografica ed in vicinanza di alcuni coli si è rinvenuta con una certa continuità uno spessore di circa un metro – un metro e mezzo di argille plastiche, con una continuità laterale di circa 100÷150 metri e scadenti caratteristiche tecniche (modello geotecnico C)
- Proseguendo sempre verso ovest si evidenzia spesso come presente un primo livello, sempre di spessore intorno al metro o poco più di argille e/o limi ; è evidente che lateralmente si ha una certa eterogeneità del primo livello, anche marcata con improvvisi cambi litologici laterali a pochi metri di distanza (modelli geotecnici B e C prevalenti). La descrizione riportata in tavola ed in fig. 14 è quindi indicativa e va valutata caso per caso in sede realizzativa. In questo contesto si segnala anche la presenza di buona parte degli attraversamenti di rogge e canali che andranno intercettate dalle chiaviche di regolazione dei flussi .

Pag. 47 di 110

 Dr. Geol. Francesco Serra	AIPO - Agenzia Interregionale per il fiume Po – Opere di regimazione idraulica/realizzazione argine in sinistra Adda PROGETTO DEFINITIVO Rivolta D’Adda (CR)	Data	03/10/2014
		N. Commessa	1524
		C. Documento	1524_01
		Relazione geologica, geotecnica e idrogeologica	
		Revisione	
		Nome file	

- Quando poi il tracciato cambia nuovamente direzione dirigendosi verso sud diminuisce drasticamente fino a scomparire la presenza di argilla ed aumenta la percentuale delle zone dove il livello ghiaioso e ciottoloso è sub superficiale, appena al di sotto del suolo (modello geotecnico A). Diffusa è comunque la presenza di un primo livello discontinuo più sabbioso e limoso (modello geotecnico B) che sembra essere più presente avvicinandosi al vecchio argine esistente al limite della località Faccendina. Anche in questo ultimo tratto, che poi scorre parallelo lungo il rilevato della strada provinciale 'Rivoltana' verso ovest, è comunque registrata la possibilità di repentini cambiamenti litologici nel primissimo livello sotto il suolo, tipico dei depositi alluvionali come i presenti.

9.2 Elementi geotecnici principali

Le diverse litologie presenti definiscono anche diverse condizioni e comportamenti geotecnici nei vari settori dell'area, anche se, in generale, viste le caratteristiche delle opere non esistono criticità particolari o di difficile soluzione pratica.

Di seguito si riportano alcuni cenni delle problematiche più salienti che saranno poi approfondite necessariamente in sede di progettazione esecutiva e realizzazione.

9.2.1 Capacità portante e cedimenti


La valutazione della capacità portante limite, nell'ipotesi di fondazioni dirette su terreni di qualsiasi natura è stata eseguita utilizzando la formula generale di Brinch-Hansen (1970), modificata da Lancellotta (1987), con riferimento alla fondazione equivalente (definita come la parte della fondazione reale rispetto alla quale la risultante dei carichi é baricentrica):

$$Q_{lim} = \frac{1}{2} \gamma' \cdot B_e \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma \cdot b_\gamma \cdot g_\gamma + c' N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot b_c \cdot g_c + q' \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot b_q \cdot g_q$$

dove:

Q_{lim} =capacità portante ultima del terreno di fondazione.

γ' =peso di volume sommerso del terreno.

 Dr. Geol. Francesco Serra	AIPO - Agenzia Interregionale per il fiume Po – Opere di regimazione idraulica/realizzazione argine in sinistra Adda PROGETTO DEFINITIVO Rivolta D’Adda (CR)	Data	03/10/2014
		N. Commessa	1524
		C. Documento	1524_01
Relazione geologica, geotecnica e idrogeologica		Revisione	
		Nome file	

B_e =dimensione minore della fondazione equivalente.

N_γ, N_q, N_c =fattori adimensionali di capacità portante legati all'angolo di attrito interno.

S_γ, S_q, S_c =fattori correttivi che tengono conto della forma della fondazione.

i_γ, i_q, i_c =fattori correttivi dovuti all'inclinazione del carico.

d_γ, d_q, d_c =fattori correttivi che tengono conto della profondità del piano di imposta.

b_γ, b_q, b_c =fattori correttivi in presenza di elevata componente orizzontale

g_γ, g_q, g_c =fattori correttivi in caso di pendio inclinato

q' =pressione verticale efficace agente attorno alla fondazione, alla quota del suo piano di imposta.

Il calcolo della capacità portante limite Q_{lim} viene eseguito sia per la base del rilevato (posto mediamente sotto il suolo) sia per le fondazioni dirette dei manufatti di progetto (Chiaviche) poste a profondità variabili a secondo della tipologia di opera.

I calcoli andranno eseguiti per fondazioni dirette con il metodo agli SLU secondo l'attuale normativa, da utilizzare in zone con la classificazione sismica 3.

Come previsto infatti dal paragrafo 6.2.3.1 del DM 14.01.08 sulla base delle informazioni geotecniche e strutturali va verificato il rispetto della condizione.

$Ed \leq Rd$


Dove Ed è il valore di progetto dell'azione ed Rd è il valore di resistenza di progetto.


Riguardo alle verifiche previste dalle normative va considerato lo stato limite ultimo per il dimensionamento delle fondazioni (GEO), con un approccio interattivo con i dati comunicati dal progettista delle strutture.

Rispetto all'approccio alle tensioni ammissibili in cui le sollecitazioni d'esercizio non devono essere superiori a quelle di rottura divise per il coefficiente di sicurezza $F_s=3$, con il metodo semiprobabilistico si scinde l'unico coefficiente di sicurezza in più coefficienti.

Affinché una fondazione sia verificata nei riguardi della rottura generale, per tutte le combinazioni di carico relative allo Stato Limite Ultimo.

Pag. 49 di 110

 Dr. Geol. Francesco Serra	AIPO - Agenzia Interregionale per il fiume Po – Opere di regimazione idraulica/realizzazione argine in sinistra Adda PROGETTO DEFINITIVO Rivolta D'Adda (CR)	Data	03/10/2014
		N. Commessa	1524
		C. Documento	1524_01
		Revisione	
Relazione geologica, geotecnica e idrogeologica		Nome file	
<p>Secondo le normative (Cap. 6.2.3.1 NTC08) la suddette verifiche devono essere effettuate impiegando diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali, rispettivamente per le azioni (A1 e A2), per i parametri geotecnici (M1 e M2) e per le resistenze (R1, R2 e R3).</p> <p>La scelta dell'approccio è delegata all'ingegnere progettista ed al progettista delle strutture.</p> <p>Per i dimensionamenti geotecnici vanno utilizzati i valori riportati nei modelli geotecnici individuati dal presente studio.</p> <p>Rimandando al progetto esecutivo per le specifiche calcolazioni si possono allo stato fare le seguenti considerazioni generali :</p> <ul style="list-style-type: none">▪ I carichi previsti sia per il rilevato arginale che per le chiaviche sono generalmente compatibili con le capacità portante dei terreni in oggetto nelle diverse condizioni, vista la modesta entità delle azioni previste▪ Viceversa i diversi tipi di suolo che si incontrano superficialmente possono provocare cedimenti molto differenti; in particolare mentre sui terreni ghiaiosi e/o sabbiosi il cedimento si esaurirà immediatamente in sede costruttiva e non sarà recepibile, sui terreni argillosi plastici e/o organici i cedimenti potranno continuare per tempi anche lunghi (mesi od anni) con la creazione di cedimenti differenziali fra diversi corpi.▪ A questo proposito per i manufatti principali si consiglia comunque di prevedere la base fondazionale sui terreni sabbiosi e ghiaiosi; nel caso si rinvenissero materiali fini argillosi si consiglia la bonifica degli stessi mediante asporto e sostituzione con materiale incoerente granulare eterometrico (materiale A1 della classificazione ASSHO.CNR UNI 10006)▪ Per i rilevati arginali rimandando al progetto esecutivo per approfondimenti relativi alle sezioni più critiche (zona iniziale a nord est) si ritiene utile prevedere prima della realizzazione dello stesso una serie di azioni di miglioramento ed omogenizzazione dei sottofondi, soprattutto nei settori più eterogenei ed a maggior presenza di argille. Si potranno prevedere azioni di costipamento o rullatura, miglioramenti delle caratteristiche dei sottofondi			
Pag. 50 di 110			

 Dr. Geol. Francesco Serra	AIPO - Agenzia Interregionale per il fiume Po – Opere di regimazione idraulica/realizzazione argine in sinistra Adda PROGETTO DEFINITIVO Rivolta D’Adda (CR)	Data	03/10/2014
		N. Commessa	1524
		C. Documento	1524_01
		Relazione geologica, geotecnica e idrogeologica	
		Revisione	
		Nome file	


anche con arricchimento in calce o cemento adeguatamente dimensionata, posa di elementi per la diminuzione di cedimenti differenziali quali geotessuti nei settori più critici o terminali. Saranno eventualmente da prevedere azioni di ricarica e ripersa dei profili nei settori più delicati con successive pose di materiali a seguito degli assestamenti dei primi mesi dalla posa in opera. Per le caratteristiche tecniche si rimanda ai modelli geotecnici individuati in questo studio

9.2.2 Filtrazioni, sifonamenti e criticità relative

Per questi aspetti si sono raccolte indicazioni utili quali :

- La presenza di una falda a bassa e bassissima soggiacenza con direzione di flusso nord est – sud ovest
- La presenza di terreni a diversa litologia e permeabilità nel primo livello più superficiale al di sotto del piano campagna; in particolare si sono evidenziate plaghe di materiale argilloso da poco permeabile ad impermeabile in un contesto a permeabilità maggiore

Per il dimensionamento di un argine è molto importante, che la scelta dei materiali e la posa in opera tenga presente il contesto locale in modo che una volta scelto il materiale, e note le caratteristiche dei terreni di sottofondo e la posizione della falda si possa valutare le modalità di filtrazione nel corpo del rilevato, in modo da evitare sifonamenti o rotture; di seguito nella figura 21 si riportano a titolo esemplificativo alcuni dei casi tipici di rottura arginale.

 Dr. Geol. Francesco Serra	AIPO - Agenzia Interregionale per il fiume Po – Opere di regimazione idraulica/realizzazione argine in sinistra Adda PROGETTO DEFINITIVO Rivolta D’Adda (CR)	Data	03/10/2014
		N. Commessa	1524
		C. Documento	1524_01
		Relazione geologica, geotecnica e idrogeologica	
		Revisione	
		Nome file	

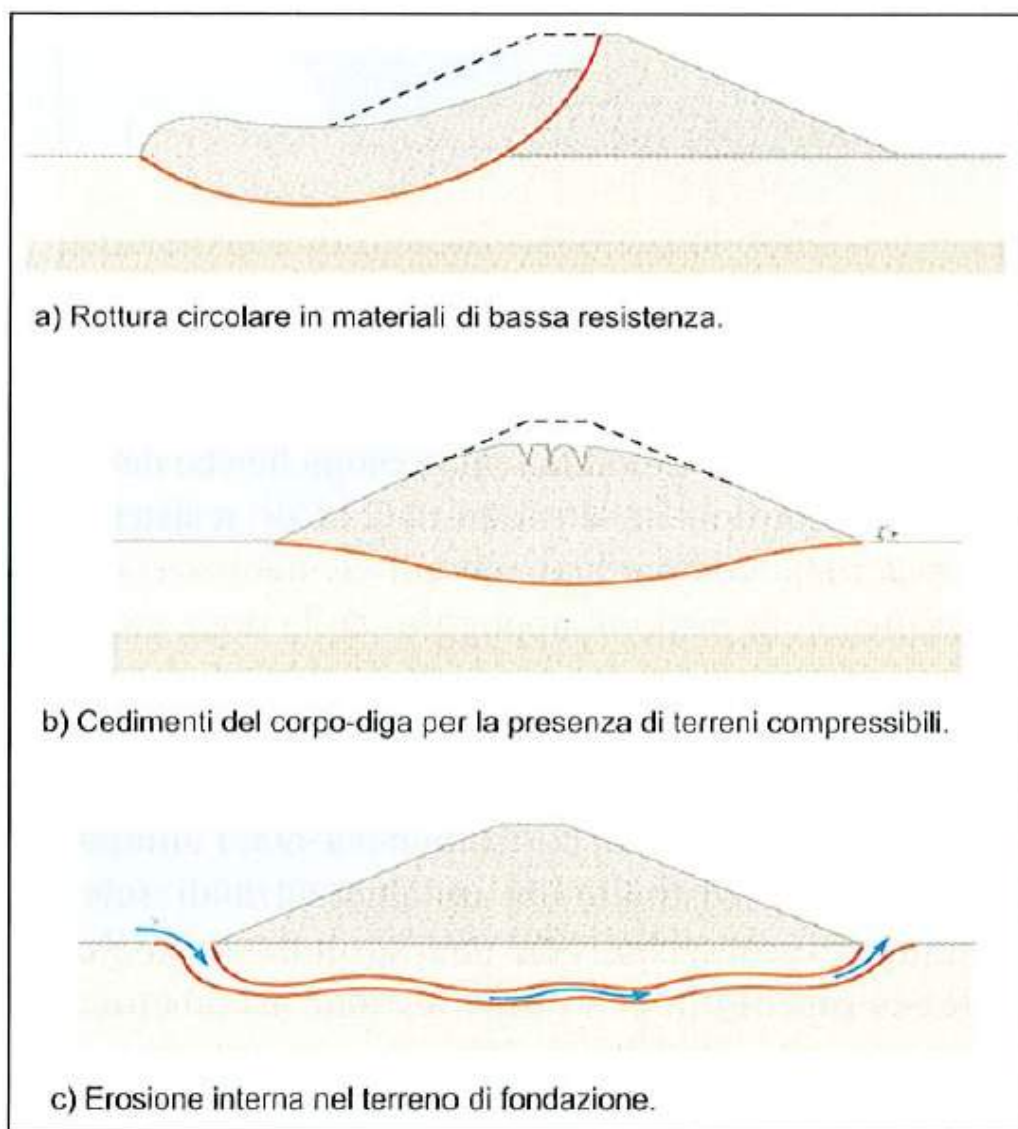



Figura 21 : tipologie di rottura degli argini per cause geologiche s.l.

Nel corpo dell'argine avviene sempre una filtrazione secondo uno schema che, per le dighe omogenee formate tutte dallo stesso materiale è del tipo illustrato nella figura seguente:

 Dr. Geol. Francesco Serra	AIPO - Agenzia Interregionale per il fiume Po – Opere di regimazione idraulica/realizzazione argine in sinistra Adda PROGETTO DEFINITIVO Rivolta D’Adda (CR)	Data	03/10/2014
		N. Commessa	1524
		C. Documento	1524_01
		Relazione geologica, geotecnica e idrogeologica	
		Revisione	
		Nome file	

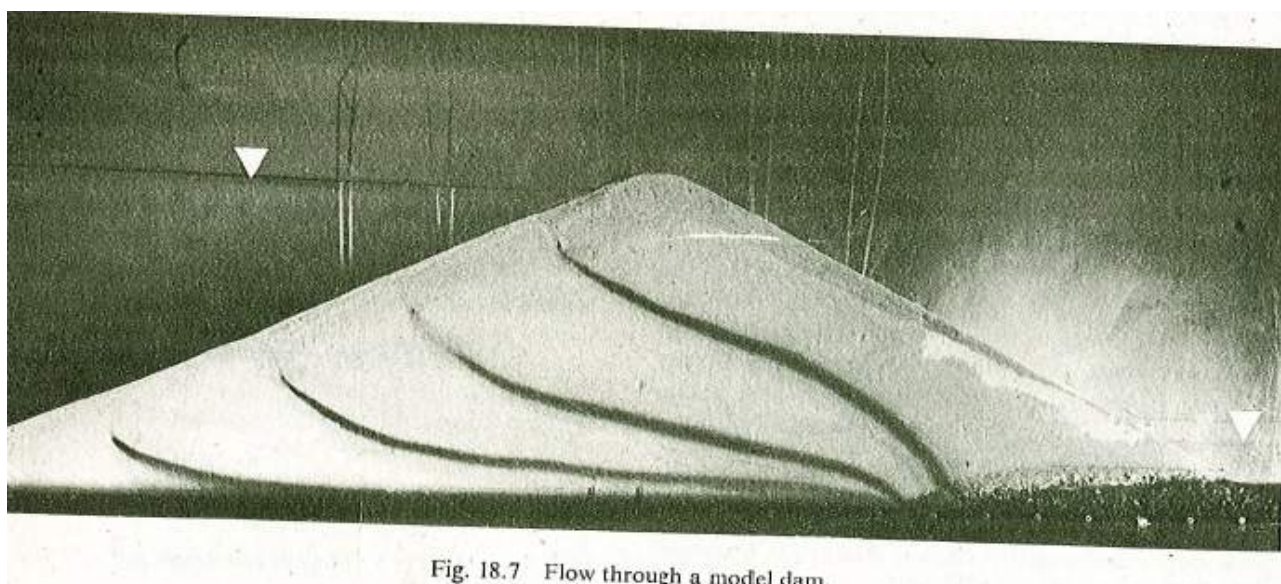
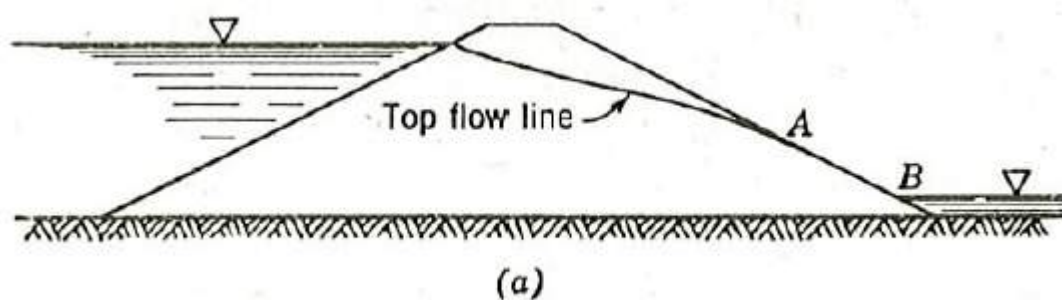



Fig 22 : filtrazione in un corpo arginale omogeneo

I valori in gioco sono ben schematizzati nella successiva figura 23 nel caso ideale, valido anche per la valutazione dei sifonamenti dal fondo.

 Dr. Geol. Francesco Serra	AIPO - Agenzia Interregionale per il fiume Po – Opere di regimazione idraulica/realizzazione argine in sinistra Adda PROGETTO DEFINITIVO Rivolta D’Adda (CR)	Data	03/10/2014
		N. Commessa	1524
		C. Documento	1524_01
		Relazione geologica, geotecnica e idrogeologica	
		Revisione	
		Nome file	

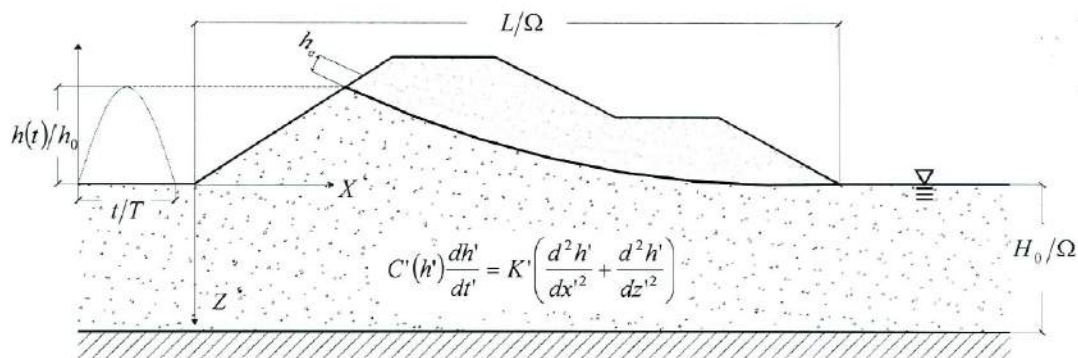



Figura 23 : schema teorico per dimensionamento adeguato di rilevati in terra

In sede esecutiva si approfondiranno anche questi aspetti in funzione delle diverse sezioni del rilevato e dei diversi terreni di fondazione presenti.

 Dr. Geol. Francesco Serra	AIPO - Agenzia Interregionale per il fiume Po – Opere di regimazione idraulica/realizzazione argine in sinistra Adda PROGETTO DEFINITIVO Rivolta D’Adda (CR)	Data	03/10/2014
		N. Commessa	1524
		C. Documento	1524_01
		Relazione geologica, geotecnica e idrogeologica	
		Revisione	
		Nome file	

10. ASPETTI CONCLUSIVI

Il presente studio, mediante le indagini geognostiche pregresse e quelle appositamente eseguiti in questa fase ha consentito di ottenere un modello geologico ed idrogeologico ed un modello geotecnico dei terreni interessati adeguato alla fase progettuale in oggetto (progetto definitivo).

In particolare si sono individuate le principali litologie presenti al di sotto dell'esistente livello di suolo con spessori modesti.


In generale il sottosuolo è costituito da ciottoli ghiaie e sabbie talvolta ricoperte da livelli o lenti di materiale più fine, in alcune zone prevalentemente limoso sabbioso, in altre prevalentemente argilloso; questi litotipi hanno spessori variabili, e generalmente intorno al metro, raramente superiori ai due metri (settore più orientale del tracciato). La falda ha una soggiacenza mediamente intorno ai due metri nella stagione attuale, ma può risalire fino a quasi il piano campagna in periodi particolarmente piovosi od all'apice della stagione irrigua.

Le prove effettuate hanno permesso di caratterizzare geotecnicamente i diversi litotipi e di predisporre quattro casi (modelli geotecnici) relativi alle diverse porzioni dell'area.

Si rimanda alla documentazione allegata ed in particolare alla'allegato 2 ed alla tavola 1 (profilo geo-litologico e geotecnico) per i dettagli.


Questi modelli saranno il riferimento per le necessarie interazioni con i progettisti delle strutture e nella definizione degli approfondimenti puntuali e degli accorgimenti esecutivi oggetto della successiva progettazione esecutiva.



 Dr. Geol. Francesco Serra	AIPO - Agenzia Interregionale per il fiume Po – Opere di regimazione idraulica/realizzazione argine in sinistra Adda PROGETTO DEFINITIVO Rivolta D’Adda (CR)	Data	03/10/2014
		N. Commessa	1524
		C. Documento	1524_01
		Relazione geologica, geotecnica e idrogeologica	
		Revisione	
		Nome file	

ALLEGATO 1

Stratigrafia dei pozzetti e sondaggi

 Dr. Geol. Francesco Serra	AIPO - Agenzia Interregionale per il fiume Po – Opere di regimazione idraulica/realizzazione argine in sinistra Adda PROGETTO DEFINITIVO Rivolta D’Adda (CR)	Data	03/10/2014
		N. Commessa	1524
		C. Documento	1524_01
		Relazione geologica, geotecnica e idrogeologica	
		Revisione	
		Nome file	


POZZETTO ESPLORATIVO - PZ1

COMMITTENTE: AIPO **COMMESSA:** 1524
LOCALITA': Rivolta D'Adda **QUOTA:** piano campagna attuale 99,6 m slm
DATA: 17/09/2014 **RILEVATORE:** Piraneo

PROFONDITA'	DESCRIZIONE	PP	VT	Falda	NOTE
0,35 m	Terreno di coltivo limoso sabbioso pedogenizzato di colore bruno	0,8 1,0 1,2			Presenza di radici
0,60 m	Sabbia fine, ghiaiosa, di colore nocciola				
0,85 m	Limo argilloso (argilla plastica) di colore nocciola				
-1,00 m	Ciottoli, Ghiaia e sabbia. Ciottoli di dimensioni media di circa 15 cm, di colore grigio				
-1,50 m					
2,0 m				2,05	
2,50 m	FINE SONDAGGIO 2,50 m				



Dr. Geol. Francesco Serra - Studio di geologia tecnica e servizi per l'ambiente -

 Dr. Geol. Francesco Serra	AIPO - Agenzia Interregionale per il fiume Po – Opere di regimazione idraulica/realizzazione argine in sinistra Adda PROGETTO DEFINITIVO Rivolta D’Adda (CR)	Data	03/10/2014
		N. Commessa	1524
		C. Documento	1524_01
Relazione geologica, geotecnica e idrogeologica		Revisione	
		Nome file	


POZZETTO ESPLORATIVO - PZ2

COMMITTENTE:	AIPO	COMMESSA:	1524
LOCALITA':	Rivolta D'Adda	QUOTA:	piano campagna attuale 99,6 m slm
DATA:	17/09/2014	RILEVATORE:	Piraneo

PROFONDITA'	DESCRIZIONE	PP	VT	Falda	NOTE
0,35 m	Terreno di coltivo limoso sabbioso pedogenizzato				
0,60 m	Sabbia fine, ghiaiosa				Presenza di radici
-1,00 m	Limo argilloso di color nocciola				
-1,50 m	Ciottoli, Ghiaia e sabbia. Ciottoli di dimensioni media di circa 15 cm				prova di infiltrazione -PI 1- da -1,25 a -1,55 m
1,60 m					
2,0 m					
2,50 m					



Dr. Geol. Francesco Serra - Studio di geologia tecnica e servizi per l'ambiente -

 Dr. Geol. Francesco Serra	AIPO - Agenzia Interregionale per il fiume Po – Opere di regimazione idraulica/realizzazione argine in sinistra Adda PROGETTO DEFINITIVO Rivolta D’Adda (CR)	Data	03/10/2014
		N. Commessa	1524
		C. Documento	1524_01
		Relazione geologica, geotecnica e idrogeologica	
		Revisione	
		Nome file	


POZZETTO ESPLORATIVO - PZ3

COMMITTENTE: AIPO **COMMESSA:** 1524
LOCALITA': Rivolta D'Adda **QUOTA:** piano campagna attuale 99,7 m slm
DATA: 17/09/2014 **RILEVATORE:** Serra

PROFONDITA'	DESCRIZIONE	PP	VT	Falda	NOTE
0,30 m	Terreno di coltivo pedogenizzato, di colore bruno				
0,70 m	Limoso sabbioso argilloso di colore nocciola-bruno				Presenza di radici sino a circa -0,70 m
-1,00 m	Ghiaia ciottoli e sabbia. Ciottoli di dimensioni medie di circa 20 cm e massime anche di circa 30 cm. Colore grigio				
-1,50 m					
2,0 m				-2,0	da est infiltrazioni idriche a partire da - 1,8 m
3,0 m	FINE SONDAGGIO 2,9 m				



Dr. Geol. Francesco Serra - Studio di geologia tecnica e servizi per l'ambiente -

 Dr. Geol. Francesco Serra	AIPO - Agenzia Interregionale per il fiume Po – Opere di regimazione idraulica/realizzazione argine in sinistra Adda PROGETTO DEFINITIVO Rivolta D’Adda (CR)	Data	03/10/2014
		N. Commessa	1524
		C. Documento	1524_01
		Relazione geologica, geotecnica e idrogeologica	
		Revisione	
		Nome file	


POZZETTO ESPLORATIVO - PZ4

COMMITTENTE: AIPO **COMMESSA:** 1524
LOCALITA': Rivolta D'Adda **QUOTA:** piano campagna attuale 101,2 m slm
DATA: 17/09/2014 **RILEVATORE:** Piraneo

PROFONDITA'	DESCRIZIONE	PP	VT	Falda	NOTE
0,40 m	Terreno di coltivo limoso sabbioso pedogenizzato, di colore bruno.				
-1,00 m	Sabbia limosa di colore nocciola e limo sabbioso				Presenza di radici sino a circa -0,80 m
-1,30 m					mediamente consolidato
-1,50 m	Ghiaia ciottoli e sabbia. Ciottoli di dimensioni medie di circa 20 cm e massime anche di circa 30 cm. Colore grigio				
2,0 m					
3,0 m				2,90	
3,20 m	FINE SONDAGGIO 3,2 m				



Dr. Geol. Francesco Serra - Studio di geologia tecnica e servizi per l'ambiente -

 Dr. Geol. Francesco Serra	AIPO - Agenzia Interregionale per il fiume Po – Opere di regimazione idraulica/realizzazione argine in sinistra Adda PROGETTO DEFINITIVO Rivolta D’Adda (CR)	Data	03/10/2014
		N. Commessa	1524
		C. Documento	1524_01
Relazione geologica, geotecnica e idrogeologica		Revisione	
		Nome file	


POZZETTO ESPLORATIVO - PZ5

COMMITTENTE: AIPO **COMMESSA:** 1524
LOCALITA': Rivolta D'Adda **QUOTA:** piano campagna attuale 101,2 m slm
DATA: 17/09/2014 **RILEVATORE:** Piraneo

PROFONDITA'	DESCRIZIONE	PP	VT	Falda	NOTE
0,40 m	Terreno di coltivo pedogenizzato				Presenza di radici sino a circa -1,50 m
0,80 m	Limo sabbioso di colore nocciola				
-1,00 m	Sabbia fine di colore nocciola				
-1,50 m	Sabbia con ghiaia e ciottoli di dimensioni medie di circa 20 cm di colore grigio.				prova di infiltrazione - I 2 - da -1,70 a -2,00 m
2,0 m	FINE SONDAGGIO 2,0 m				
3,0 m					



Dr. Geol. Francesco Serra - Studio di geologia tecnica e servizi per l'ambiente -

 Dr. Geol. Francesco Serra	AIPO - Agenzia Interregionale per il fiume Po – Opere di regimazione idraulica/realizzazione argine in sinistra Adda PROGETTO DEFINITIVO Rivolta D’Adda (CR)	Data	03/10/2014
		N. Commessa	1524
		C. Documento	1524_01
		Relazione geologica, geotecnica e idrogeologica	
		Revisione	
		Nome file	


POZZETTO ESPLORATIVO - PZ6

COMMITTENTE: AIPO **COMMESSA:** 1524
LOCALITA': Rivolta D'Adda **QUOTA:** piano campagna attuale 100,9 m slm
DATA: 17/09/2014 **RILEVATORE:** Piraneo

PROFONDITA'	DESCRIZIONE	PP	VT	Falda	NOTE
0,3	Terreno di coltivo limoso sabbioso pedogenizzato, di colore bruno.				prova di carico su piastra C1 su questo livello a circa - 0,4 m da p.c.
-1,00 m	Sabbia con ghiaia e ciottoli con dimen. medie 10-15 cm e max. > 30 cm di colore grigio				
-1,50 m					
2,0 m				2,10	
2,8 m					
3,0 m	FINE SONDAGGIO 2,80 m				



Dr. Geol. Francesco Serra - Studio di geologia tecnica e servizi per l'ambiente -

 Dr. Geol. Francesco Serra	AIPO - Agenzia Interregionale per il fiume Po – Opere di regimazione idraulica/realizzazione argine in sinistra Adda PROGETTO DEFINITIVO Rivolta D’Adda (CR)	Data	03/10/2014
		N. Commessa	1524
		C. Documento	1524_01
		Relazione geologica, geotecnica e idrogeologica	
		Revisione	
		Nome file	


POZZETTO ESPLORATIVO - PZ7

COMMITTENTE: AIPO **COMMESSA:** 1524
LOCALITA': Rivolta D'Adda **QUOTA:** piano campagna attuale 100,9 m slm
DATA: 17/09/2014 **RILEVATORE:** Piraneo

PROFONDITA'	DESCRIZIONE	PP	VT	Falda	NOTE
0,2	Terreno di coltivo limoso sabbioso pedogenizzato, di colore bruno.				
0,9	Limo argilloso di colore nocciola				
-1,00 m	Ghiaia, sabbia e ciottoli				
-1,50 m					
2,0 m					
2,8 m					
3,0 m					



Dr. Geol. Francesco Serra - Studio di geologia tecnica e servizi per l'ambiente -

 Dr. Geol. Francesco Serra	AIPO - Agenzia Interregionale per il fiume Po – Opere di regimazione idraulica/realizzazione argine in sinistra Adda PROGETTO DEFINITIVO Rivolta D’Adda (CR)	Data	03/10/2014
		N. Commessa	1524
		C. Documento	1524_01
		Relazione geologica, geotecnica e idrogeologica	
		Revisione	
		Nome file	


POZZETTO ESPLORATIVO - PZ8

COMMITTENTE: AIPO **COMMESSA:** 1524
LOCALITA': Rivolta D'Adda **QUOTA:** piano campagna attuale 101,6 m slm
DATA: 17/09/2014 **RILEVATORE:** Piraneo

PROFONDITA'	DESCRIZIONE	PP	VT	Falda	NOTE
0,2	Terreno di coltivo limoso sabbioso pedogenizzato, di colore bruno.				
-1,00 m	Sabbia con ghiaia e ciottoli con dimensioni massime di 20 cm, di colore grigio				
-1,50 m	Ghiaia ciottoli e sabbia. Ciottoli di dimensioni medie di circa 20 cm e massime anche di circa 30 cm. Colore grigio				
2,0 m				2,40	
2,8 m					
3,0 m	FINE SONDAGGIO 2,80 m				



Dr. Geol. Francesco Serra - Studio di geologia tecnica e servizi per l'ambiente -

 Dr. Geol. Francesco Serra	AIPO - Agenzia Interregionale per il fiume Po – Opere di regimazione idraulica/realizzazione argine in sinistra Adda PROGETTO DEFINITIVO Rivolta D’Adda (CR)	Data	03/10/2014
		N. Commessa	1524
		C. Documento	1524_01
		Relazione geologica, geotecnica e idrogeologica	
		Revisione	
		Nome file	


POZZETTO ESPLORATIVO - PZ9

COMMITTENTE: AIPO **COMMESSA:** 1524
LOCALITA': Rivolta D'Adda **QUOTA:** piano campagna attuale 101,1 m slm
DATA: 17/09/2014 **RILEVATORE:** Piraneo

PROFONDITA'	DESCRIZIONE	PP	VT	Falda	NOTE
0,3	Terreno di coltivo limoso sabbioso pedogenizzato, di colore bruno.				
-1,00 m	Argilla plastica grigio azzurra				
-1,50 m	Ghiaia argillosa limosa con ciottoli				
2,0 m	FINE SONDAGGIO 1,40 m				
3,0 m					



Dr. Geol. Francesco Serra - Studio di geologia tecnica e servizi per l'ambiente -

 Dr. Geol. Francesco Serra	AIPO - Agenzia Interregionale per il fiume Po – Opere di regimazione idraulica/realizzazione argine in sinistra Adda PROGETTO DEFINITIVO Rivolta D’Adda (CR)	Data	03/10/2014
		N. Commessa	1524
		C. Documento	1524_01
		Relazione geologica, geotecnica e idrogeologica	
		Revisione	
		Nome file	


POZZETTO ESPLORATIVO - PZ10

COMMITTENTE: AIPO **COMMESSA:** 1524
LOCALITA': Rivolta D'Adda **QUOTA:** piano campagna attuale 101,1 m slm
DATA: 17/09/2014 **RILEVATORE:** Piraneo

PROFONDITA'	DESCRIZIONE	PP	VT	Falda	NOTE
0,3	Terreno di coltivo limoso sabbioso pedogenizzato, di colore bruno.				
0,6	Limo sabbioso di colore nocciola				
-1,00 m	Argilla plastica grigio azzurra	0,9 1,0 1,1			
-1,50 m					
1,6					
2,0 m	Ghiaia argillosa limosa con ciottoli			2,10	
2,8 m					
3,0 m	FINE SONDAGGIO 2,80 m				



Dr. Geol. Francesco Serra - Studio di geologia tecnica e servizi per l'ambiente -

 Dr. Geol. Francesco Serra	AIPO - Agenzia Interregionale per il fiume Po – Opere di regimazione idraulica/realizzazione argine in sinistra Adda PROGETTO DEFINITIVO Rivolta D’Adda (CR)	Data	03/10/2014
		N. Commessa	1524
		C. Documento	1524_01
Relazione geologica, geotecnica e idrogeologica		Revisione	
		Nome file	


POZZETTO ESPLORATIVO - PZ11

COMMITTENTE: AIPO **COMMESSA:** 1524
LOCALITA': Rivolta D'Adda **QUOTA:** piano campagna attuale 101,1 m slm
DATA: 17/09/2014 **RILEVATORE:** Piraneo

PROFONDITA'	DESCRIZIONE	PP	VT	Falda	NOTE
0,3	Terreno di coltivo limoso sabbioso pedogenizzato, di colore bruno.				
0,6	Limo sabbioso di colore nocciola				
-1,00 m	Argilla plastica grigio azzurra				
-1,50 m					prova di infiltrazione - I 3 - da -1,22 a -1,52 m
2,0 m	FINE SONDAGGIO 1,55 m				
3,0 m					



Dr. Geol. Francesco Serra - Studio di geologia tecnica e servizi per l'ambiente -

 Dr. Geol. Francesco Serra	AIPO - Agenzia Interregionale per il fiume Po – Opere di regimazione idraulica/realizzazione argine in sinistra Adda PROGETTO DEFINITIVO Rivolta D’Adda (CR)	Data	03/10/2014
		N. Commessa	1524
		C. Documento	1524_01
		Relazione geologica, geotecnica e idrogeologica	
		Revisione	
		Nome file	


POZZETTO ESPLORATIVO - PZ12

COMMITTENTE: AIPO **COMMESSA:** 1524
LOCALITA': Rivolta D'Adda **QUOTA:** piano campagna attuale 101,8 m slm
DATA: 17/09/2014 **RILEVATORE:** Serra

PROFONDITA'	DESCRIZIONE	PP	VT	Falda	NOTE
0,30 m	<div> <div></div> Terreno di coltivo limoso pedogenizzato, di colore bruno. </div>				Presenza di radici sino a circa -0,35 m
-1,00 m	<div> <div></div> Ciottoli ghiaia e sabbia ben gradati con ciottoli eterogenei massimo 20 cm </div>				
-1,50 m					
2,0 m				-2,1	
	FINE SONDAGGIO 2,9 m				
3,0 m					



Dr. Geol. Francesco Serra - Studio di geologia tecnica e servizi per l'ambiente -

 Dr. Geol. Francesco Serra	AIPO - Agenzia Interregionale per il fiume Po – Opere di regimazione idraulica/realizzazione argine in sinistra Adda PROGETTO DEFINITIVO Rivolta D’Adda (CR)	Data	03/10/2014
		N. Commessa	1524
		C. Documento	1524_01
		Relazione geologica, geotecnica e idrogeologica	
		Revisione	
		Nome file	


POZZETTO ESPLORATIVO - PZ13

COMMITTENTE: AIPO **COMMESSA:** 1524
LOCALITA': Rivolta D'Adda **QUOTA:** piano campagna attuale 101,8 m slm
DATA: 17/09/2014 **RILEVATORE:** Serra

PROFONDITA'	DESCRIZIONE	PP	VT	Falda	NOTE
-1,00 m	Argilla limosa parzialmente pedogenizzata di colore nocciola				
1,4 m -1,50 m	Sabbia ghiaia e ciottoli in matrice limoso argillosa nerastra nella parte iniziale				
2,0 m	FINE SONDAGGIO 1,9 m				
3,0 m					



Dr. Geol. Francesco Serra - Studio di geologia tecnica e servizi per l'ambiente -

 Dr. Geol. Francesco Serra	AIPO - Agenzia Interregionale per il fiume Po – Opere di regimazione idraulica/realizzazione argine in sinistra Adda PROGETTO DEFINITIVO Rivolta D’Adda (CR)	Data	03/10/2014
		N. Commessa	1524
		C. Documento	1524_01
		Relazione geologica, geotecnica e idrogeologica	
		Revisione	
		Nome file	


POZZETTO ESPLORATIVO - PZ14

COMMITTENTE: <u>AIPO</u>	COMMESSA: <u>1524</u>
LOCALITA': <u>Rivolta D'Adda</u>	QUOTA: <u>piano campagna attuale 101,8 m slm</u>
DATA: <u>17/09/2014</u>	RILEVATORE: <u>Serra</u>

PROFONDITA'	DESCRIZIONE	PP	VT	Falda	NOTE
	Argilla limosa sabbiosa plastica di colore nocciola				prova di carico su piastra C2 su questo livello a circa - 0,8 m da p.c.
		1,5	0,45		
		2,0	0,50		
-1,00 m					
-1,50 m					
-1,6 m	livello di sabbia limosa				
2,0 m	argilla limosa plastica con argilla organica e tracce di torba di colore bruno e nerastro				
-2,2 m				-2,2	
	ciottoli ghiaia e sabbia				
	FINE SONDAGGIO 2,9 m				
3,0 m					



Dr. Geol. Francesco Serra - Studio di geologia tecnica e servizi per l'ambiente -

 Dr. Geol. Francesco Serra	AIPO - Agenzia Interregionale per il fiume Po – Opere di regimazione idraulica/realizzazione argine in sinistra Adda PROGETTO DEFINITIVO Rivolta D’Adda (CR)	Data	03/10/2014
		N. Commessa	1524
		C. Documento	1524_01
		Relazione geologica, geotecnica e idrogeologica	
		Revisione	
		Nome file	


POZZETTO ESPLORATIVO - PZ15

COMMITTENTE: AIPO **COMMESSA:** 1524
LOCALITA': Rivolta D'Adda **QUOTA:** piano campagna attuale 101,8 m slm
DATA: 17/09/2014 **RILEVATORE:** Serra

PROFONDITA'	DESCRIZIONE	PP	VT	Falda	NOTE
	Suolo bruno pedogenizzato				
- 0,4 m					
	Argilla limoso sabbiosa plastica di colore giallastro nocciola screziata	1,2	0,5		
-1,00 m		1,5			
-1,50 m					
-1,6 m					
2,0 m	Argilla grigio azzurra ed argilla organica nerastra. Livelli centimetrici o decimetrici di torba				
- 2,2 m					
- 2,4 m	Ciottoli e ghiaia in abbondante matrice argillosa di colore nerastro			-2,4	frangia capillare
	Ciottoli, ghiaia e sabbia				falda saliente
3,0 m	FINE SONDAGGIO 3,0 m				




Dr. Geol. Francesco Serra - Studio di geologia tecnica e servizi per l'ambiente -

 Dr. Geol. Francesco Serra	AIPO - Agenzia Interregionale per il fiume Po – Opere di regimazione idraulica/realizzazione argine in sinistra Adda PROGETTO DEFINITIVO Rivolta D’Adda (CR)	Data	03/10/2014
		N. Commessa	1524
		C. Documento	1524_01
		Relazione geologica, geotecnica e idrogeologica	
		Revisione	
		Nome file	

 <small>SINGEA S.p.A. - Via Mantova, 307 - 25018 Montichiari (BS) Partita I.V.A. e C.F. n. 0222350988 Sede operativa: Via Enrico Fermi, 18 - 25013 Carpenedolo (BS) Ufficio: Via Antonio Meucci, 26 - 25013 Carpenedolo (BS) Telefono: 030 5953433 - Fax: 030 5698892 web: http://www.singea.it - E-mail: info@singea.it</small>	Committente	A.I.P.O. - Cremona	SONDAGGIO	FOGLIO	
	Cantiere	Rivolta d'Adda (CR)			
	Località		S1		
	Data Inizio	Febbraio 2014	Data Fine		
			Il geologo Dott. Benzi		

Scala 1:100	Foto	Stratigrafia	Descrizione	Profondità	Falda	Campioni	Carotaggio	Pozzo	S.P.T.
							20 40 60 80		10 20 30 40
1			Terreno vegetale limoso, colore marrone scuro	0,40					
2			Ghiale e ciottoli subarrotondati in matrice limosa (Dmax 9 cm), colore nocciola	1,40					
3			Sabbia limosa con ghiale e rari ciottoli subarrotondati (D max 9 cm)			3,00 CR1 3,50			3,00 3,45
4			Ghiale debolmente sabbioso con ciottoli subarrotondati (D max 9 cm)	3,60					
5			Ghiale grossolano e blocchi subarrotondati (D max 8 cm)	5,00					
6						6,00 CR2 6,50			6,00 6,45
7									
8									
9			Ghiale in matrice sabbiosa con ciottoli subarrotondati (D max 9 cm), subarrotondati, colore grigio chiaro	9,00		9,00 CR3 9,50			9,00 9,45
10									
11			Ghiale sabbioso con rari ciottoli subarrotondati (D max 6 cm), in matrice debolmente limosa, colore marrone chiaro	10,00					
12						12,00 CR4 12,50			12,00 12,45
13									
14									
15						15,00 CR5 15,50			15,00 15,45

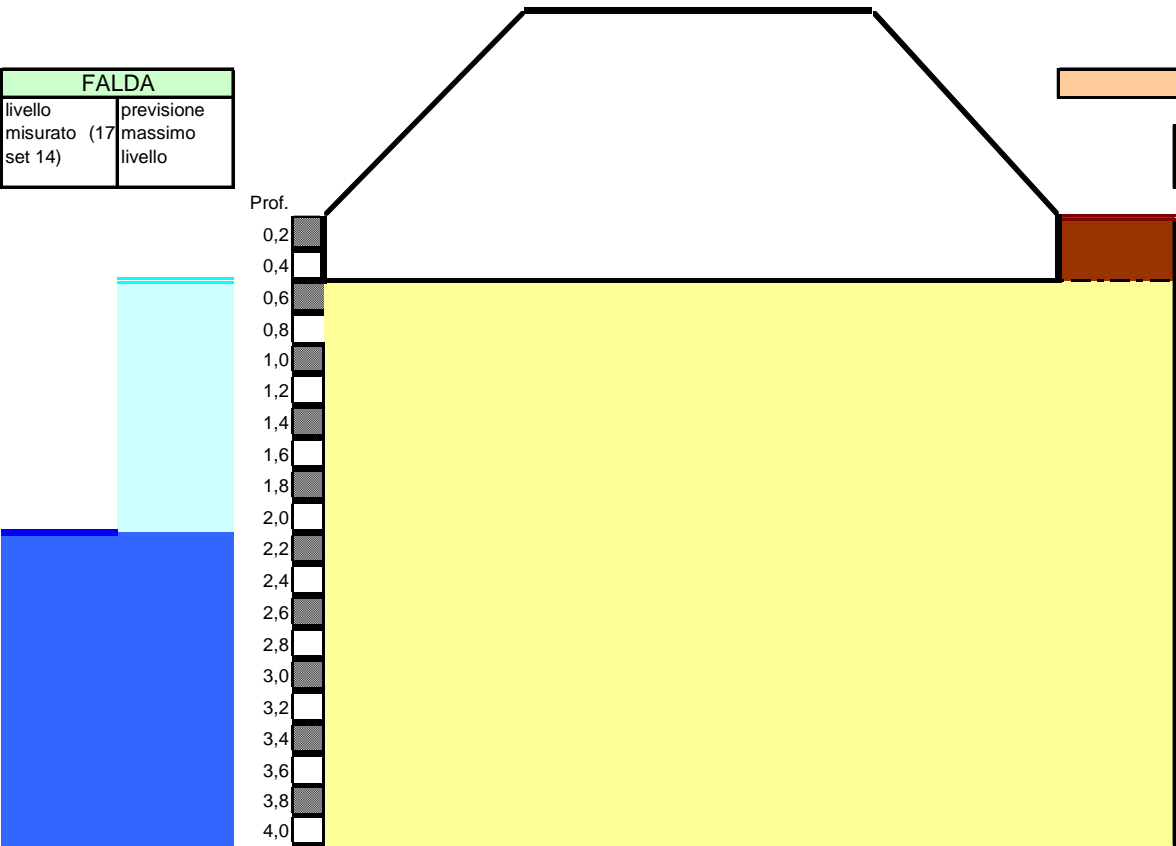
 Dr. Geol. Francesco Serra	AIPO - Agenzia Interregionale per il fiume Po – Opere di regimazione idraulica/realizzazione argine in sinistra Adda PROGETTO DEFINITIVO Rivolta D’Adda (CR)	Data	03/10/2014
		N. Commessa	1524
		C. Documento	1524_01
		Relazione geologica, geotecnica e idrogeologica	
		Revisione	
		Nome file	

 SINGEA INGEGNERIA GEOLOGICA E AMBIENTALE Sede Legale: Via Mantova, 307 - 25018 Montichiari (BS) Partita I.V.A. e C.F. n. 02329360969 Sede operativa: Via Carlo Farini, 18 - 25013 Carpenedolo (BS) Ufficio: Via Antonio Meucci, 26 - 25013 Carpenedolo (BS) Telefono: 030.5983413 - Fax: 030.9698872 web: http://www.singea.it - Email: info@singea.it	Committente	A.I.P.O. - Cremona	SONDAGGIO	FOGLIO
	Cantiere	Rivolta d'Adda (CR)	S2	
	Località			
	Data Inizio	Febbraio 2014	Data Fine	

Scala 1:100	Foto	Stratigrafia	Descrizione	Profondità	Falda	Campioni	Carotaggio	Pozzo	S.P.T.
1			Terreno vegetale limoso con ghiaia, colore marrone scuro						
2			Ghiaia grossolana e ciottoli subarrotondati (D max 9 cm) in rara matrice sabbiosa, colore grigio chiaro	1.40					
3						3.00 CR10			3.00
4			Sabbia limosa con ghiaia e rari ciottoli subarrotondati (D max 8 cm), colore marrone chiaro	3.50		3.50			3.45
5									
6						6.00 CR11			6.00
7						6.50			6.45
8			Sabbia limosa con ghiaia da fine a grossolana, subangolosa, colore beige	7.00					
9						9.00 CR12			9.00
10			Ghiaia da media a fine, subangolosa, in rara matrice sabbiosa	9.00		9.50			9.45
11			Sabbia grossolana debolmente limosa, con ghiaia angolosa e rari ciottoli (D max 7 cm), colore marrone	10.00					
12						12.00 CR13			12.00
13						12.50			12.45
14									
15						15.00 CR14			15.00
16						15.50			15.45

CASO A : terreni granulari

FALDA	
livello misurato (set 14)	previsione massimo livello



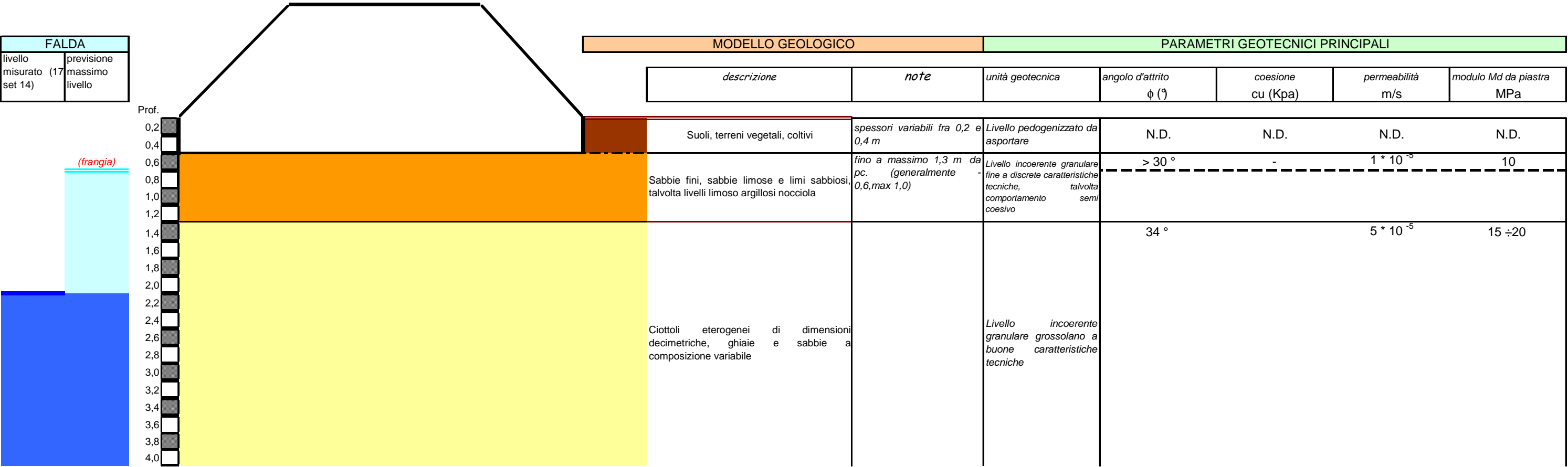
MODELLO GEOLOGICO			PARAMETRI GEOTECNICI PRINCIPALI			
descrizione	note	unità geotecnica	angolo d'attrito ϕ (°)	coesione cu (Kpa)	permeabilità m/s	modulo Md da piastra MPa
Suoli, terreni vegetali, coltivati	spessori variabili fra 0,2 e 0,4 m	livello pedogenizzato da asportare	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
			> 34 °	-	5 * 10 ⁻⁸	15 ±20
Ciottoli eterogenei di dimensioni decimetriche, ghiaie e sabbie a composizione variabile		Livello incoerente granulare grossolano a buone caratteristiche tecniche				



Esempio modello A (pozzetto 6)

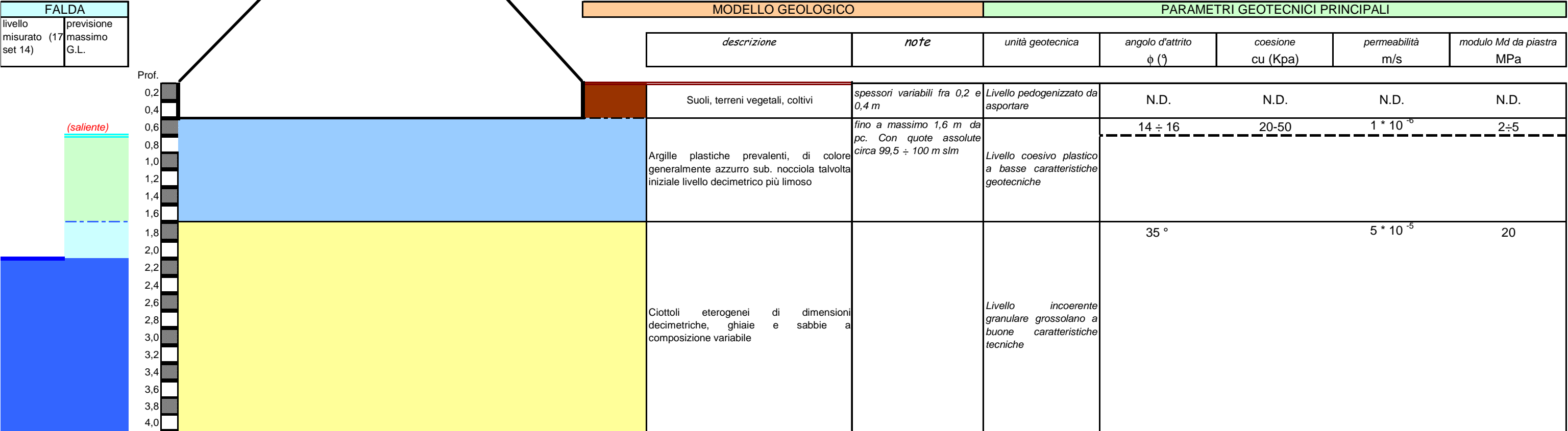
CASO B : terreni granulari con primo livello limoso sabbioso

FALDA	
livello misurato (17 set 14)	previsione massimo livello



Esempio modello B (pozzetto 5)

CASO C : terreni granulari con primo livello argilloso



Esempio modello C (pozzetto 11)

CASO D : terreni granulari con primo livello argilloso nocciola e secondo livello torboso

FALDA		MODELLO GEOLOGICO			PARAMETRI GEOTECNICI PRINCIPALI						
livello misurato (17 set 14)	previsione massimo livello				descrizione	note	unità geotecnica	angolo d'attrito φ (°)	coesione cu (Kpa)	permeabilità m/s	modulo Md da piastra MPa
		Prof.									
		0,2									
		0,4									
(saliente)		0,6									
		0,8									
		1,0									
		1,2									
		1,4									
		1,6									
		1,8									
		2,0									
(frangia)		2,2									
		2,4									
		2,6									
		2,8									
		3,0									
		3,2									
		3,4									
		3,6									
		3,8									
		4,0									



Esempio modello D (pozzetto 15)

ALLEGATO 3

Documentazione Fotografica



 Dr. Geol. Francesco Serra	AIPO - Agenzia Interregionale per il fiume Po – Opere di regimazione idraulica/realizzazione argine in sinistra Adda PROGETTO DEFINITIVO Rivolta D’Adda (CR)	Data	03/10/2014
		N. Commessa	1524
		C. Documento	1524_01
		Relazione geologica, geotecnica e idrogeologica	
		Revisione	
		Nome file	



Foto 1: Ubicazione Pozzetto esplorativo PZ1



Foto 2: Pozzetto esplorativo

 Dr. Geol. Francesco Serra	AIPO - Agenzia Interregionale per il fiume Po – Opere di regimazione idraulica/realizzazione argine in sinistra Adda PROGETTO DEFINITIVO Rivolta D’Adda (CR)	Data	03/10/2014
		N. Commessa	1524
		C. Documento	1524_01
		Relazione geologica, geotecnica e idrogeologica	
		Revisione	
		Nome file	



PZ1



Foto 3: Particolare fotografico dell'unità ghiaiosa sabbiosa con ciottoli in PZ1



 Dr. Geol. Francesco Serra	AIPO - Agenzia Interregionale per il fiume Po – Opere di regimazione idraulica/realizzazione argine in sinistra Adda PROGETTO DEFINITIVO Rivolta D’Adda (CR)	Data	03/10/2014
		N. Commessa	1524
		C. Documento	1524_01
		Relazione geologica, geotecnica e idrogeologica	
		Revisione	
		Nome file	



Foto 4: Ubicazione Pozzetto esplorativo PZ2



Foto 5: Pozzetto esplorativo PZ2 – prova infiltrometrica in corso

 Dr. Geol. Francesco Serra	AIPO - Agenzia Interregionale per il fiume Po – Opere di regimazione idraulica/realizzazione argine in sinistra Adda PROGETTO DEFINITIVO Rivolta D’Adda (CR)	Data	03/10/2014
		N. Commessa	1524
		C. Documento	1524_01
Relazione geologica, geotecnica e idrogeologica		Revisione	
		Nome file	



a)



b)

Foto 6: Pozzetto esplorativo PZ3 – a) ubicazione b) stratigrafia


 Dr. Geol. Francesco Serra	AIPO - Agenzia Interregionale per il fiume Po – Opere di regimazione idraulica/realizzazione argine in sinistra Adda PROGETTO DEFINITIVO Rivolta D’Adda (CR)	Data	03/10/2014
		N. Commessa	1524
		C. Documento	1524_01
		Relazione geologica, geotecnica e idrogeologica	
		Revisione	
		Nome file	



Foto 7: Ubicazione Pozzetto esplorativo PZ4



Foto 8: Pozzetto esplorativo PZ4


 Dr. Geol. Francesco Serra	AIPO - Agenzia Interregionale per il fiume Po – Opere di regimazione idraulica/realizzazione argine in sinistra Adda PROGETTO DEFINITIVO Rivolta D’Adda (CR)	Data	03/10/2014
		N. Commessa	1524
		C. Documento	1524_01
		Relazione geologica, geotecnica e idrogeologica	
		Revisione	
		Nome file	



Foto 9: Ubicazione Pozzetto esplorativo PZ5



Foto 10: Pozzetto esplorativo PZ5 – prova infiltrometrica in corso



Foto 11: Ubicazione Pozzetto esplorativo PZ6



Foto 12: Pozzetto esplorativo PZ6


 Dr. Geol. Francesco Serra	AIPO - Agenzia Interregionale per il fiume Po – Opere di regimazione idraulica/realizzazione argine in sinistra Adda PROGETTO DEFINITIVO Rivolta D’Adda (CR)	Data	03/10/2014
		N. Commessa	1524
		C. Documento	1524_01
		Revisione	
		Relazione geologica, geotecnica e idrogeologica	



Foto 13: Ubicazione Pozzetto esplorativo PZ7



Foto 14: Pozzetto esplorativo PZ7



 Dr. Geol. Francesco Serra	AIPO - Agenzia Interregionale per il fiume Po – Opere di regimazione idraulica/realizzazione argine in sinistra Adda PROGETTO DEFINITIVO Rivolta D’Adda (CR)	Data	03/10/2014
		N. Commessa	1524
		C. Documento	1524_01
		Relazione geologica, geotecnica e idrogeologica	
		Revisione	
		Nome file	



Foto 15: Ubicazione Pozzetto esplorativo PZ8



Foto 16: Pozzetto esplorativo PZ8

 Dr. Geol. Francesco Serra	AIPO - Agenzia Interregionale per il fiume Po – Opere di regimazione idraulica/realizzazione argine in sinistra Adda PROGETTO DEFINITIVO Rivolta D’Adda (CR)	Data	03/10/2014
		N. Commessa	1524
		C. Documento	1524_01
		Relazione geologica, geotecnica e idrogeologica	
		Revisione	
		Nome file	

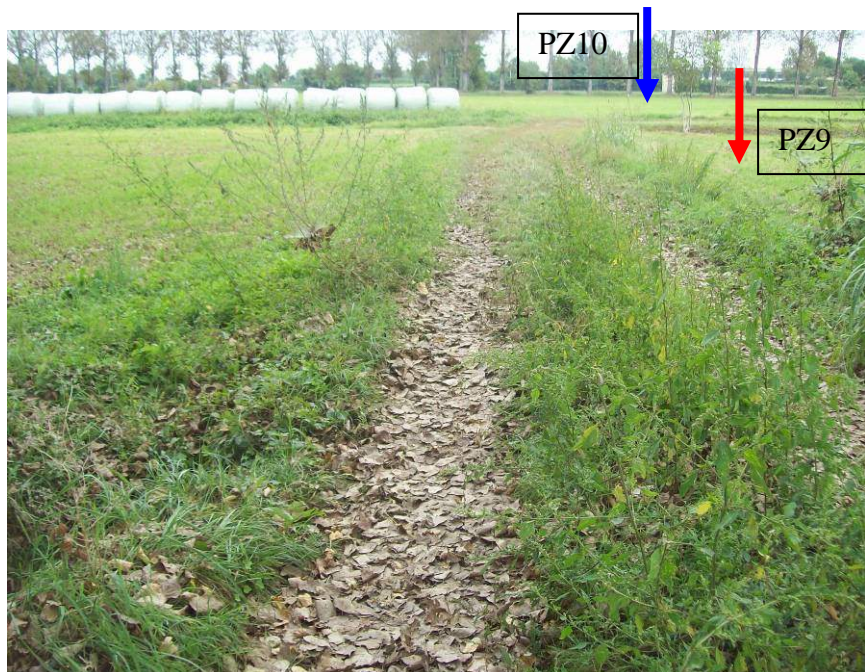


Foto 17: Ubicazione Pozzetti esplorativi PZ9 e PZ10



Foto 18: Pozzetto esplorativo PZ9


 Dr. Geol. Francesco Serra	AIPO - Agenzia Interregionale per il fiume Po – Opere di regimazione idraulica/realizzazione argine in sinistra Adda PROGETTO DEFINITIVO Rivolta D’Adda (CR)	Data	03/10/2014
		N. Commessa	1524
		C. Documento	1524_01
		Relazione geologica, geotecnica e idrogeologica	
		Revisione	
		Nome file	



Foto 19: Pozzetto esplorativo PZ10



Foto 20: Pozzetto esplorativo PZ11 – prova infiltrometrica in corso


 Dr. Geol. Francesco Serra	AIPO - Agenzia Interregionale per il fiume Po – Opere di regimazione idraulica/realizzazione argine in sinistra Adda PROGETTO DEFINITIVO Rivolta D’Adda (CR)	Data	03/10/2014
		N. Commessa	1524
		C. Documento	1524_01
		Relazione geologica, geotecnica e idrogeologica	
		Revisione	
		Nome file	



Foto 21: Ubicazione Pozzetto esplorativo PZ12



Foto 22: Pozzetto esplorativo PZ12


 Dr. Geol. Francesco Serra	AIPO - Agenzia Interregionale per il fiume Po – Opere di regimazione idraulica/realizzazione argine in sinistra Adda PROGETTO DEFINITIVO Rivolta D’Adda (CR)	Data	03/10/2014
		N. Commessa	1524
		C. Documento	1524_01
		Relazione geologica, geotecnica e idrogeologica	
		Revisione	
		Nome file	



Foto 23: Ubicazione Pozzetti esplorativi PZ13, PZ14 e PZ15



Foto 24: Pozzetto esplorativo PZ13


 Dr. Geol. Francesco Serra	AIPO - Agenzia Interregionale per il fiume Po – Opere di regimazione idraulica/realizzazione argine in sinistra Adda PROGETTO DEFINITIVO Rivolta D’Adda (CR)	Data	03/10/2014
		N. Commessa	1524
		C. Documento	1524_01
		Relazione geologica, geotecnica e idrogeologica	
		Revisione	
		Nome file	



Foto 25: Pozzetto esplorativo PZ14



Foto 26: Pozzetto esplorativo PZ15


 Dr. Geol. Francesco Serra	AIPO - Agenzia Interregionale per il fiume Po – Opere di regimazione idraulica/realizzazione argine in sinistra Adda PROGETTO DEFINITIVO Rivolta D’Adda (CR)	Data	03/10/2014
		N. Commessa	1524
		C. Documento	1524_01
		Relazione geologica, geotecnica e idrogeologica	
		Revisione	
		Nome file	



Foto 27: Argilla grigio azzurra in PZ15



Foto 28: Ubicazione prova di carico su piastra C1


 Dr. Geol. Francesco Serra	AIPO - Agenzia Interregionale per il fiume Po – Opere di regimazione idraulica/realizzazione argine in sinistra Adda PROGETTO DEFINITIVO Rivolta D’Adda (CR)	Data	03/10/2014
		N. Commessa	1524
		C. Documento	1524_01
Relazione geologica, geotecnica e idrogeologica		Revisione	
		Nome file	



Foto 29: Prova di carico su piastra C1



Foto 30: Ubicazione prova di carico su piastra C1


 Dr. Geol. Francesco Serra	AIPO - Agenzia Interregionale per il fiume Po – Opere di regimazione idraulica/realizzazione argine in sinistra Adda PROGETTO DEFINITIVO Rivolta D’Adda (CR)	Data	03/10/2014
		N. Commessa	1524
		C. Documento	1524_01
Relazione geologica, geotecnica e idrogeologica		Revisione	
		Nome file	



Foto 31: Prova di carico su piastra C1

ALLEGATO 4

Prove di infiltrazione



Dr. Geol. Francesco Serra

AIPO - Agenzia Interregionale per il fiume Po –
Opere di regimazione idraulica/realizzazione
argine in sinistra Adda

PROGETTO DEFINITIVO

Rivolta D'Adda (CR)

Data 03/10/2014

N. Commessa 1524

C. Documento 1524_01

Relazione geologica, geotecnica e idrogeologica

Revisione

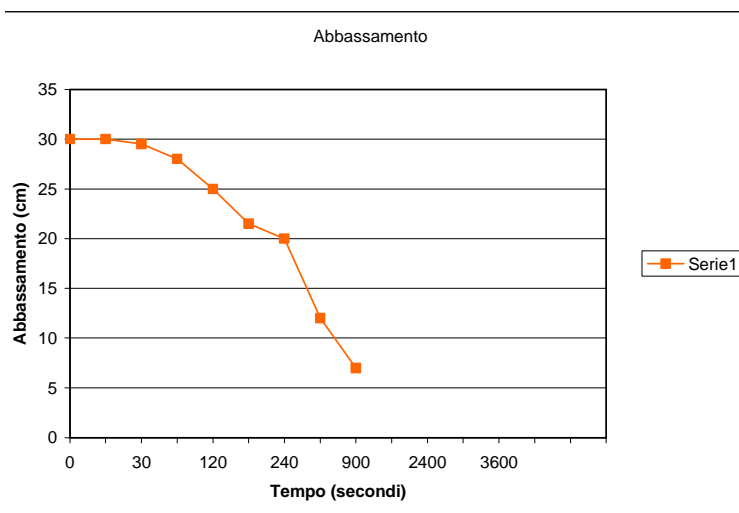
Nome file

COMMITTENTE :	AIPO	COMMESSA :	1524
LOCALITA' :	Rivolta D'Adda	QUOTA del p.c. :	
DATA :	17/09/2014	RILEVATORE :	
LATO DELLA BASE DEL POZZETTO :	104 cm	H prof. fondo scavo :	-155 cm da p.c.
h (altezza del battente acqua immessa) :	30 cm		


Prova di infiltrazione a carico variabile

PROVA 1 (I1)

T	Tempo		Livello (cm)	Abbassamento (cm)
	secondi	minuti		
t0	0		30	0
t1	15		30	0
t2	30		29,5	0,5
t3	60	1	28	2
t4	120	2	25	5
t5	180	3	21,5	8,5
t6	240	4	20	10
t7	480	8	12	18
t8	900	10	7	23
t9	1800	30		
t10	2400	40		
t11	3000	50		
t12	3600	60		



Dr. Geol. Francesco Serra - Studio di geologia tecnica - geoserra@serrafra.191.it

 Dr. Geol. Francesco Serra	AIPO - Agenzia Interregionale per il fiume Po – Opere di regimazione idraulica/realizzazione argine in sinistra Adda PROGETTO DEFINITIVO Rivolta D’Adda (CR)	Data	03/10/2014
		N. Commessa	1524
		C. Documento	1524_01
		Relazione geologica, geotecnica e idrogeologica	
		Revisione	
		Nome file	

Prova di permeabilità in pozzetto superficiale eseguita a carico variabile

$$K = h_1 - h_2/t_2 - t_1 * 1 + (2h_m/b)/27 * (h_m/b) + 3$$

		Prova n° 1
h₁ (altezza iniziale del livello dell'acqua: cm)		29,5
h₂ (altezza finale del livello dell'acqua: cm)		7
t₂ - t₁ (tempo trascorso per il raggiungimento di h ₂ : min.)		14,5
h (altezza media dell'acqua cm)		18,25
b (lato della base del pozzetto: cm)		100
K (coefficiente di permeabilità: cm/sec)		0,0044531

m/s

4,45307E-05



Dr. Geol. Francesco Serra

**AIPO - Agenzia Interregionale per il fiume Po –
Opere di regimazione idraulica/realizzazione
argine in sinistra Adda**

PROGETTO DEFINITIVO

Rivolta D'Adda (CR)

Data 03/10/2014

N. Commessa 1524

C. Documento 1524_01

Relazione geologica, geotecnica e idrogeologica

Revisione

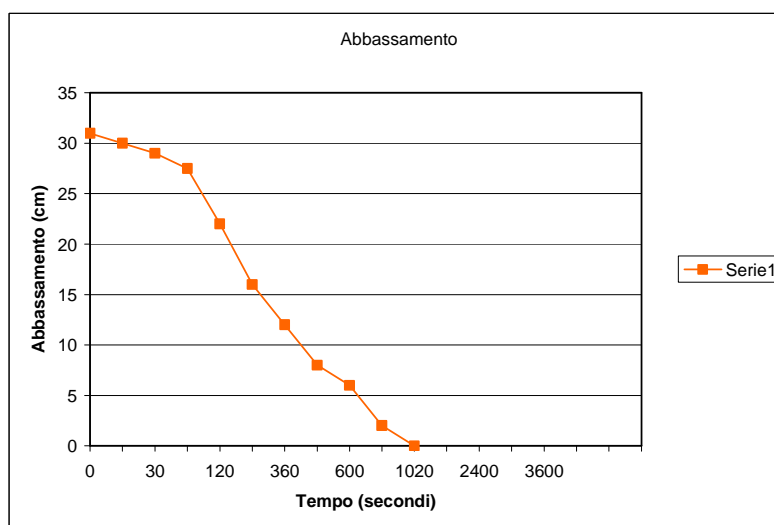
Nome file

COMMITTENTE :	AIPO	COMMESSA :	1524
LOCALITA' :	Rivolta D'Adda	QUOTA del p.c. :	
DATA :	17/09/2014	RILEVATORE :	
LATO DELLA BASE DEL POZZETTO :		H prof. fondo scavo :	-200 cm da p.c.
h (altezza del battente acqua immessa) :	31 cm		


Prova di infiltrazione a carico variabile

PROVA 2 (I2)

T	Tempo		Livello (cm)	Abbassamento (cm)
	secondi	minuti		
t0	0		31	0
t1	15		30	1
t2	30		29	2
t3	60	1	27,5	3,5
t4	120	2	22	9
t5	240	4	16	15
t6	360	6	12	19
t7	480	8	8	23
t8	600	10	6	25
t9	900	15	2	29
t10	1020	17	0	31
t11	1800	30		
t12	2400	40		
t13	3000	50		
t14	3600	60		



Dr. Geol. Francesco Serra - Studio di geologia tecnica - geoserra@serrafr.191.it

 Dr. Geol. Francesco Serra	AIPO - Agenzia Interregionale per il fiume Po – Opere di regimazione idraulica/realizzazione argine in sinistra Adda PROGETTO DEFINITIVO Rivolta D’Adda (CR)	Data	03/10/2014
		N. Commessa	1524
		C. Documento	1524_01
		Relazione geologica, geotecnica e idrogeologica	
		Revisione	
		Nome file	

**Prova di permeabilità in pozzetto superficiale eseguita a carico
variabile**

$$K = h_1 - h_2/t_2 - t_1 * 1 + (2h_m/b)/27 * (h_m/b) + 3$$

	Prova n° 2
h₁ (altezza iniziale del livello dell'acqua: cm)	31
h₂ (altezza finale del livello dell'acqua: cm)	0
t₂ - t₁ (tempo trascorso per il raggiungimento di h ₂ : min.)	17
h (altezza media dell'acqua cm)	15,5
b (lato della base del pozzetto: cm)	60
K (coefficiente di permeabilità: cm/sec)	0,0046210

m/s

4,62103E-05



Dr. Geol. Francesco Serra

AIPO - Agenzia Interregionale per il fiume Po –
Opere di regimazione idraulica/realizzazione
argine in sinistra Adda

PROGETTO DEFINITIVO

Rivolta D'Adda (CR)

Data 03/10/2014

N. Commessa 1524

C. Documento 1524_01

Relazione geologica, geotecnica e idrogeologica

Revisione

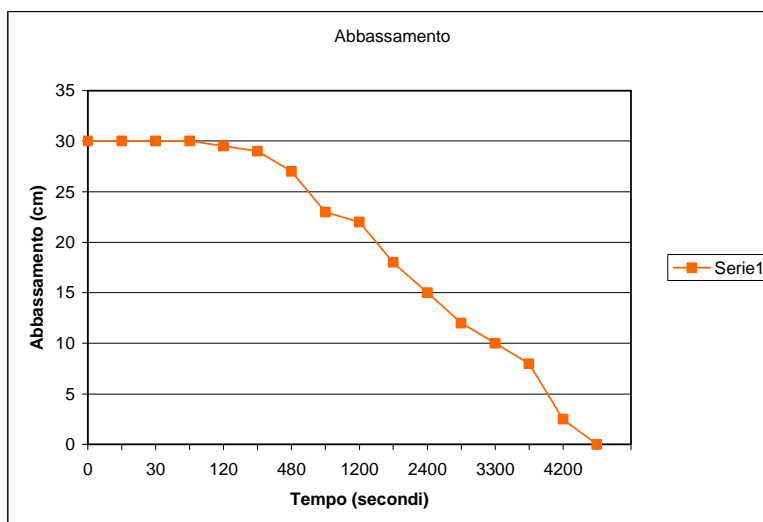
Nome file

COMMITTENTE :	AIPO	COMMESSA :	1524
LOCALITA' :	Rivolta D'Adda	QUOTA del p.c. :	
DATA :	17/09/2014	RILEVATORE :	
LATO DELLA BASE DEL POZZETTO :	141 cm	H prof. fondo scavo :	-133 cm da p.c.
h (altezza del battente acqua immessa) :	30 cm		


Prova di infiltrazione a carico variabile

PROVA 3 (I3)

T	Tempo		Livello (cm)	Abbassamento (cm)
	secondi	minuti		
t0	0		30	0
t1	15		30	0
t2	30		30	0
t3	60	1	30	0
t4	120	2	29,5	0,5
t5	240	4	29	1
t6	480	8	27	3
t7	900	15	23	7
t8	1200	20	22	8
t9	1800	30	18	12
t10	2400	40	15	15
t11	3000	50	12	18
t12	3300	55	10	20
t13	3600	60	8	22
t14	4200	70	2,5	27,5
t15	4800	80	0	30



Dr. Geol. Francesco Serra - Studio di geologia tecnica - geoserra@serrafra.191.it

 Dr. Geol. Francesco Serra	AIPO - Agenzia Interregionale per il fiume Po – Opere di regimazione idraulica/realizzazione argine in sinistra Adda PROGETTO DEFINITIVO Rivolta D’Adda (CR)	Data	03/10/2014
		N. Commessa	1524
		C. Documento	1524_01
		Relazione geologica, geotecnica e idrogeologica	
		Revisione	
		Nome file	


**Prova di permeabilità in pozzetto superficiale eseguita a
carico variabile**

$$K = h_1 - h_2/t_2 - t_1 * 1 + (2h_m/b)/27 * (h_m/b) + 3$$

	Prova n° 3
h₁ (altezza iniziale del livello dell'acqua: cm)	30
h₂ (altezza finale del livello dell'acqua: cm)	0
t₂ - t₁ (tempo trascorso per il raggiungimento di h ₂ :	80
h (altezza media dell'acqua cm)	15
b (lato della base del pozzetto: cm)	40
K (coefficiente di permeabilità: cm/sec)	0,0008333

m/s

8,33333E-06

 Dr. Geol. Francesco Serra	AIPO - Agenzia Interregionale per il fiume Po – Opere di regimazione idraulica/realizzazione argine in sinistra Adda PROGETTO DEFINITIVO Rivolta D’Adda (CR)	Data	03/10/2014
		N. Commessa	1524
		C. Documento	1524_01
		Revisione	
		Relazione geologica, geotecnica e idrogeologica	

ALLEGATO 5

Prove di carico su piastra



Dr. Geol. Francesco Serra

**AIPO - Agenzia Interregionale per il fiume Po –
Opere di regimazione idraulica/realizzazione
argine in sinistra Adda**

PROGETTO DEFINITIVO

Rivolta D'Adda (CR)

Data	03/10/2014
N. Commessa	1524
C. Documento	1524_01
Revisione	
Nome file	

Relazione geologica, geotecnica e idrogeologica

PROVE DI CARICO SU PIASTRA

Prova N°	C 1
----------	-----

Committente:	AIPO	Località:	Rivolta D'Adda
Data:	17/09/2014	Quota prova:	-0,40 m da piano campagna
Terreno:	Ghiaia, sabbia e ciottoli		
Note:			

Diametro piastra:	300 mm
-------------------	--------

CARICO	TEMPO	Comparatore	CEDIMENTO Intervallo
[kPa]	[s]	[mm]	[mm]
0	0	0,00	0
50	0	0,00	
	30	0,09	
	60	0,12	
	120	0,13	
	240	0,25	
	480	0,25	0,25
100	0	0,25	
	30	0,75	
	60	0,79	
	120	0,88	
	240	0,88	
	480	0,88	0,88
150	0	0,88	
	30	1,51	
	60	1,58	
	120	1,63	
	240	1,78	
	480	1,78	1,78
200	0	1,78	
	30	2,29	
	60	2,36	
	120	2,48	
	240	2,67	
	480	2,67	2,67
250	0	2,67	
	30	3,06	
	60	3,13	
	120	3,23	
	240	3,28	
	480	3,29	3,29
50	0	3,29	
	30	3,29	
	60	3,29	
	120	3,29	3,29
0	0	3,29	
	30	3,18	
	60	3,17	
	120	2,93	
	240	2,93	
	480	2,93	2,93

RISULTATI

Cedimenti	Gradini	Modulo di Compressibilità I° ciclo	
0	0		
0,25	50	Md (50-150) =	19,6 Mpa
0,88	100	Md (150-250) =	19,9 Mpa
1,78	150		
2,67	200		
3,29	250		
3,29	50		
2,93	0		



Dr. Geol. Francesco Serra

AIPO - Agenzia Interregionale per il fiume Po –
Opere di regimazione idraulica/realizzazione
argine in sinistra Adda

PROGETTO DEFINITIVO

Rivolta D'Adda (CR)

Data 03/10/2014

N. Commessa 1524

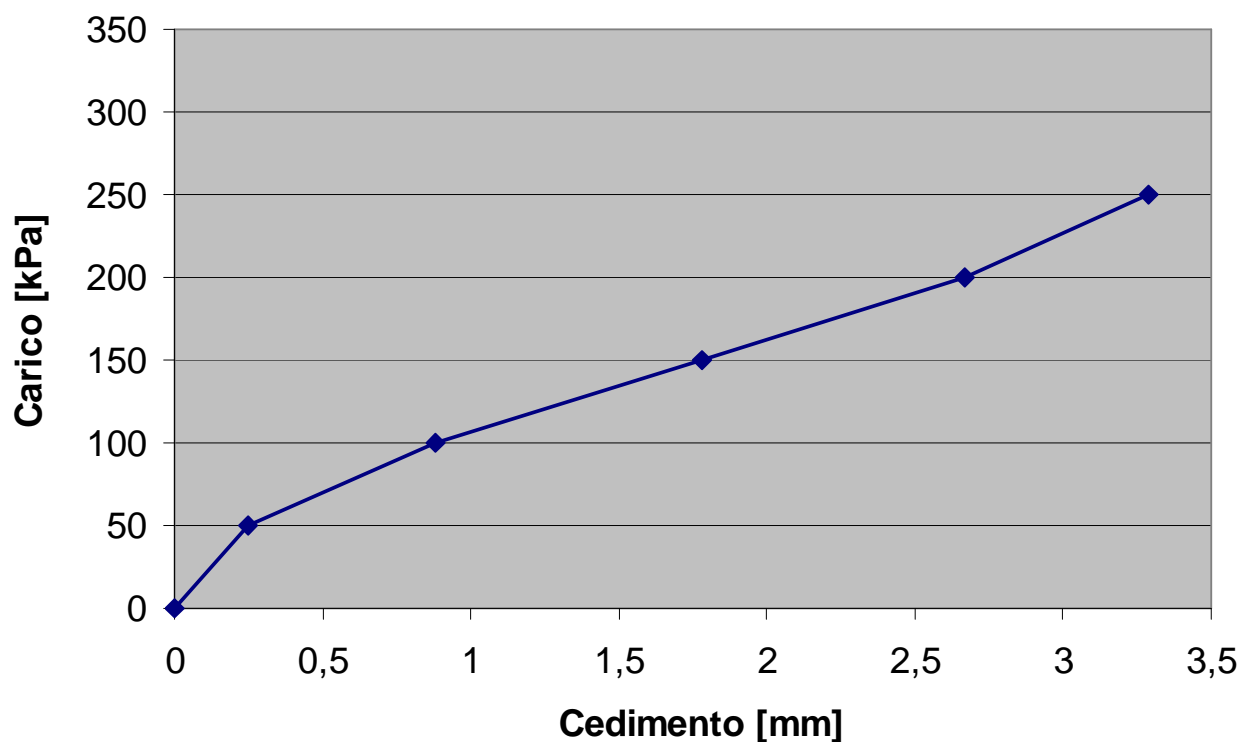
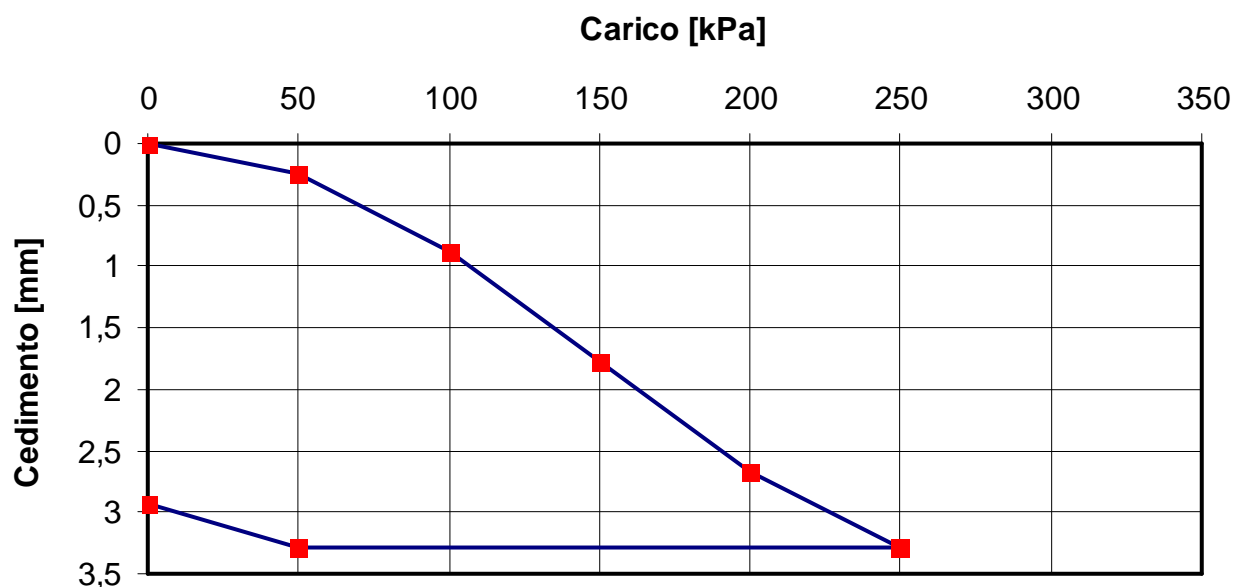
C. Documento 1524_01

Relazione geologica, geotecnica e idrogeologica

Revisione

Nome file

GRAFICO CEDIMENTO-CARICO





Dr. Geol. Francesco Serra

AIPO - Agenzia Interregionale per il fiume Po –
Opere di regimazione idraulica/realizzazione
argine in sinistra Adda

PROGETTO DEFINITIVO

Rivolta D'Adda (CR)

Data 03/10/2014

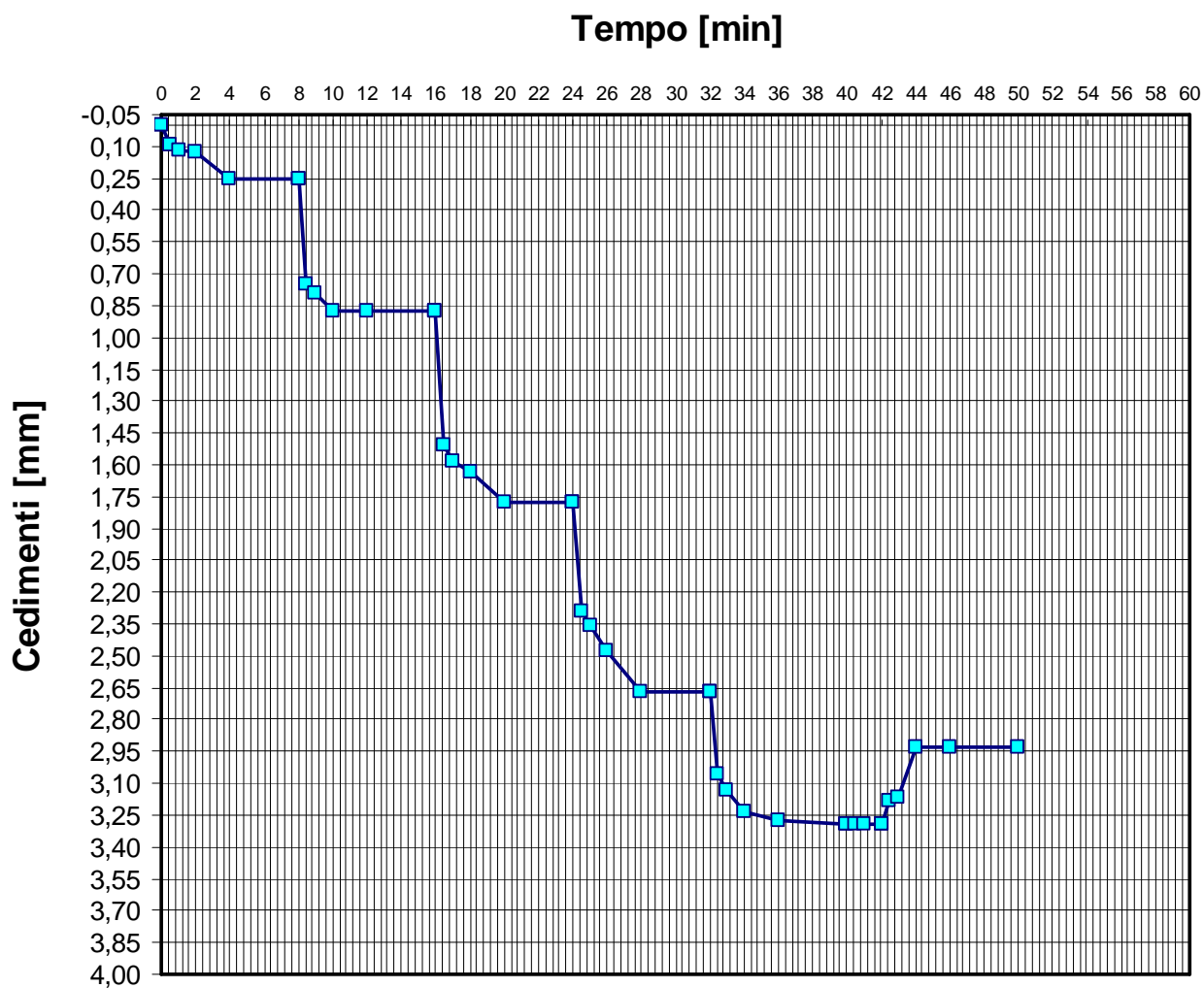
N. Commessa 1524

C. Documento 1524_01

Relazione geologica, geotecnica e idrogeologica

Revisione

Nome file





Dr. Geol. Francesco Serra

AIPO - Agenzia Interregionale per il fiume Po –
Opere di regimazione idraulica/realizzazione
argine in sinistra Adda

PROGETTO DEFINITIVO

Rivolta D'Adda (CR)

Data 03/10/2014

N. Commessa 1524

C. Documento 1524_01

Relazione geologica, geotecnica e idrogeologica

Revisione

Nome file

PROVE DI CARICO SU PIASTRA

Prova N° C2

Committente:	AIPO	Località:	Rivolta D'Adda
Data:	18/09/2014	Quota prova:	-0,75 m da piano campagna
Terreno:	Argilla		
Note:			

Diametro piastra: 300 mm

CARICO	TEMPO	Comparatore	CEDIMENTO Intervallo
[kPa]	[s]	[mm]	[mm]
0	0	0,00	0
50	0	0,00	
	30	1,09	
	60	1,20	
	120	1,29	
	240	1,36	
	480	1,36	1,36
100	0	1,36	
	30	4,13	
	60	4,31	
	120	4,47	
	240	4,62	
	480	4,64	4,64
150	0	4,64	
	30	6,53	
	60	6,83	
	120	7,13	
	240	7,34	
	480	7,38	7,38
200	0	7,38	
	30	9,83	
	60	10,26	
	120	10,68	
	240	10,88	
	480	11,18	11,18
250	0	11,18	
	30	13,28	
	60	13,81	
	120	14,33	
	240	14,95	
	480	15,28	
	600	15,34	15,34
50	0	15,34	
	30	14,04	
	60	12,82	
	120	12,82	12,82
0	0	12,82	
	30	9,94	
	60	9,79	
	120	9,65	
	240	9,53	
	480	9,43	
	600	9,38	9,38

RISULTATI

Cedimenti	Gradini	Modulo di Compressibilità 1° ciclo	
0	0		
1,36	50	Md (50-150) =	5,0 Mpa
4,64	100	Md (150-250) =	3,8 Mpa
7,38	150		
11,18	200		
15,34	250		
12,82	50		
9,38	0		



Dr. Geol. Francesco Serra

AIPO - Agenzia Interregionale per il fiume Po –
Opere di regimazione idraulica/realizzazione
argine in sinistra Adda

PROGETTO DEFINITIVO

Rivolta D'Adda (CR)

Data 03/10/2014

N. Commessa 1524

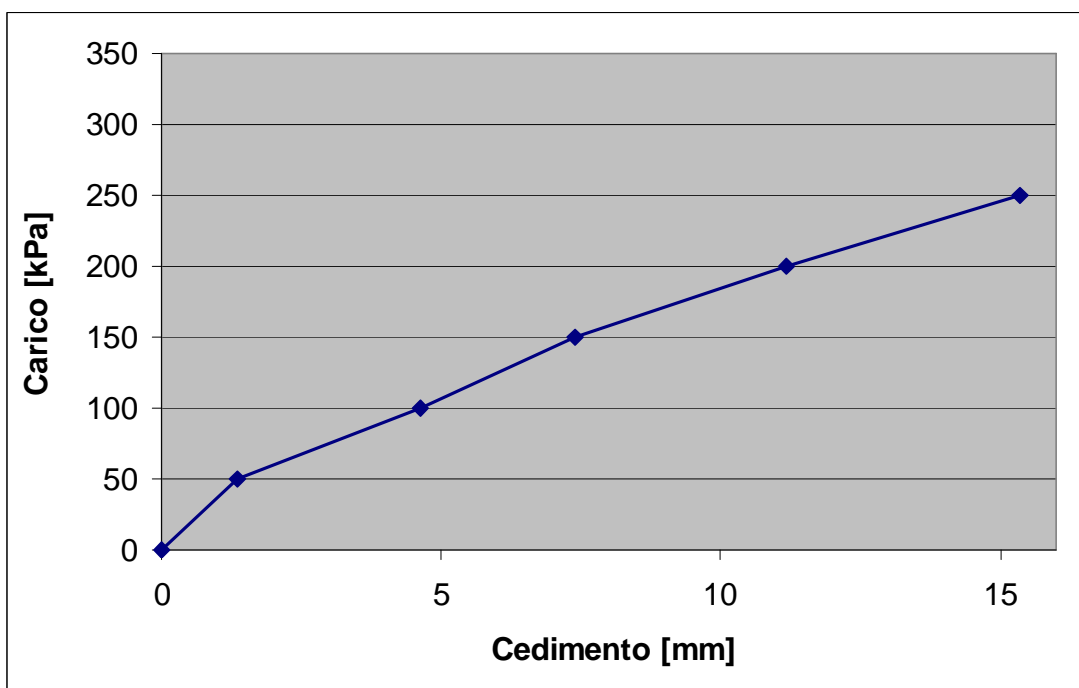
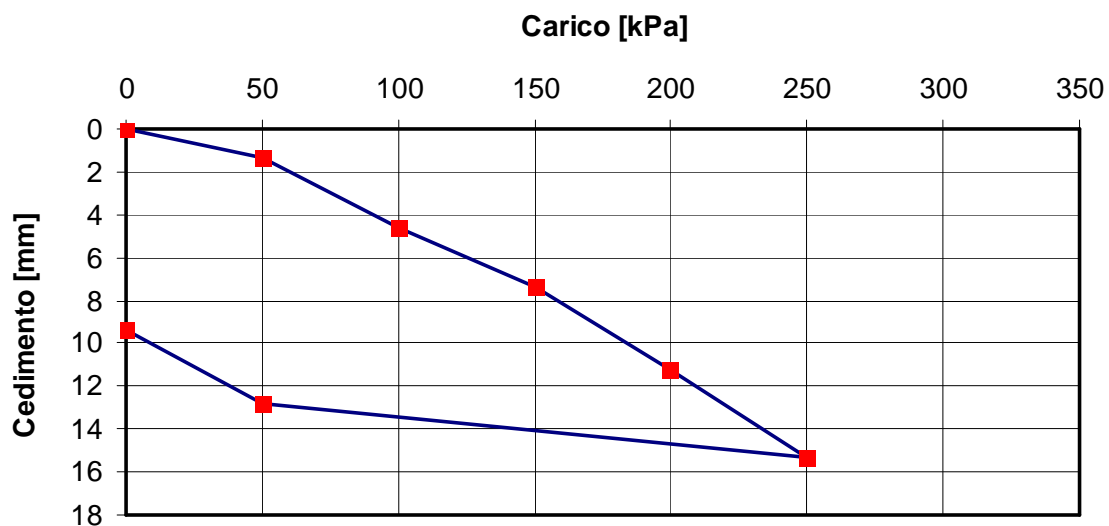
C. Documento 1524_01

Relazione geologica, geotecnica e idrogeologica

Revisione

Nome file

GRAFICO CEDIMENTO-CARICO





Dr. Geol. Francesco Serra

**AIPO - Agenzia Interregionale per il fiume Po –
Opere di regimazione idraulica/realizzazione
argine in sinistra Adda**

PROGETTO DEFINITIVO

Rivolta D'Adda (CR)

Data 03/10/2014

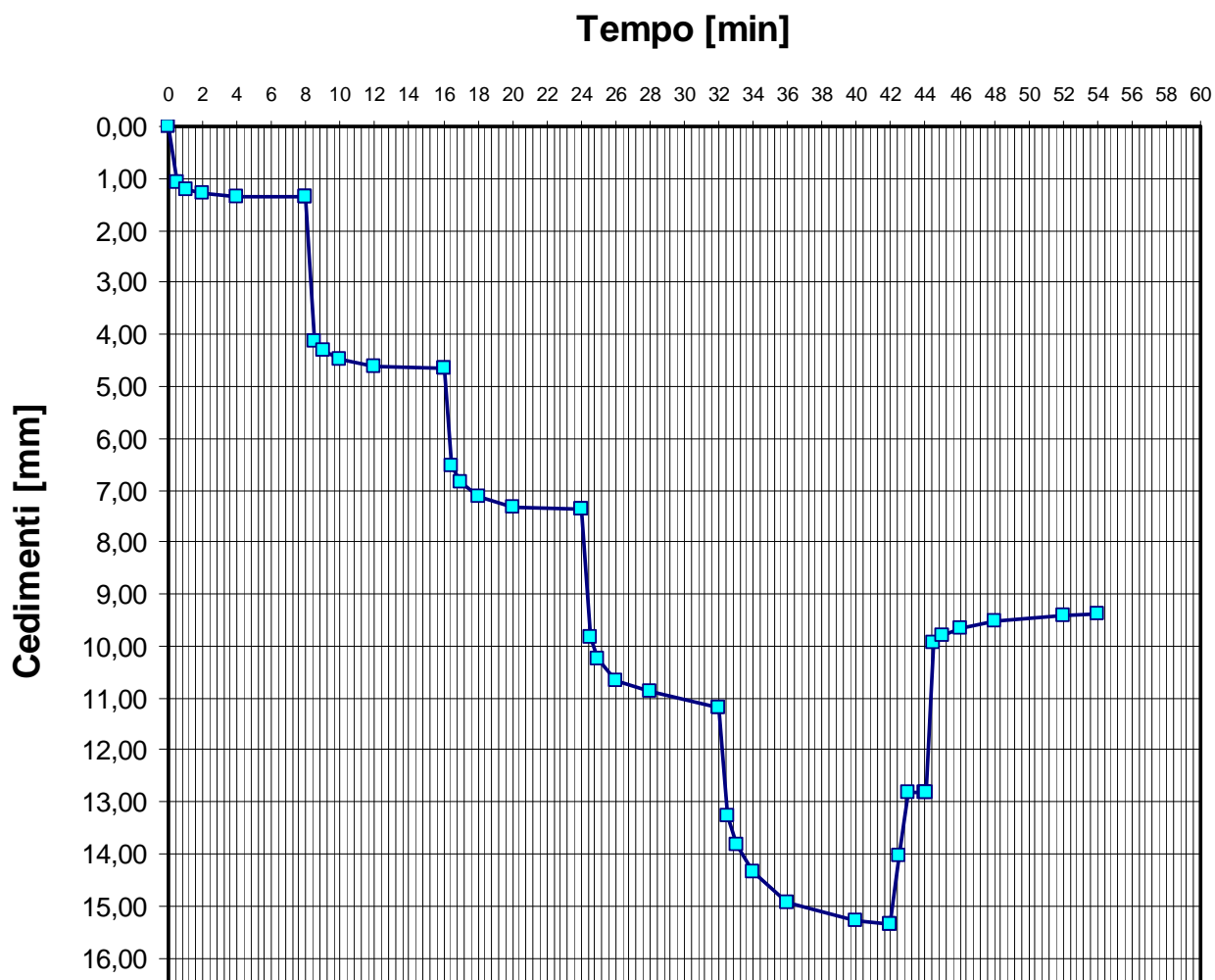
N. Commessa 1524

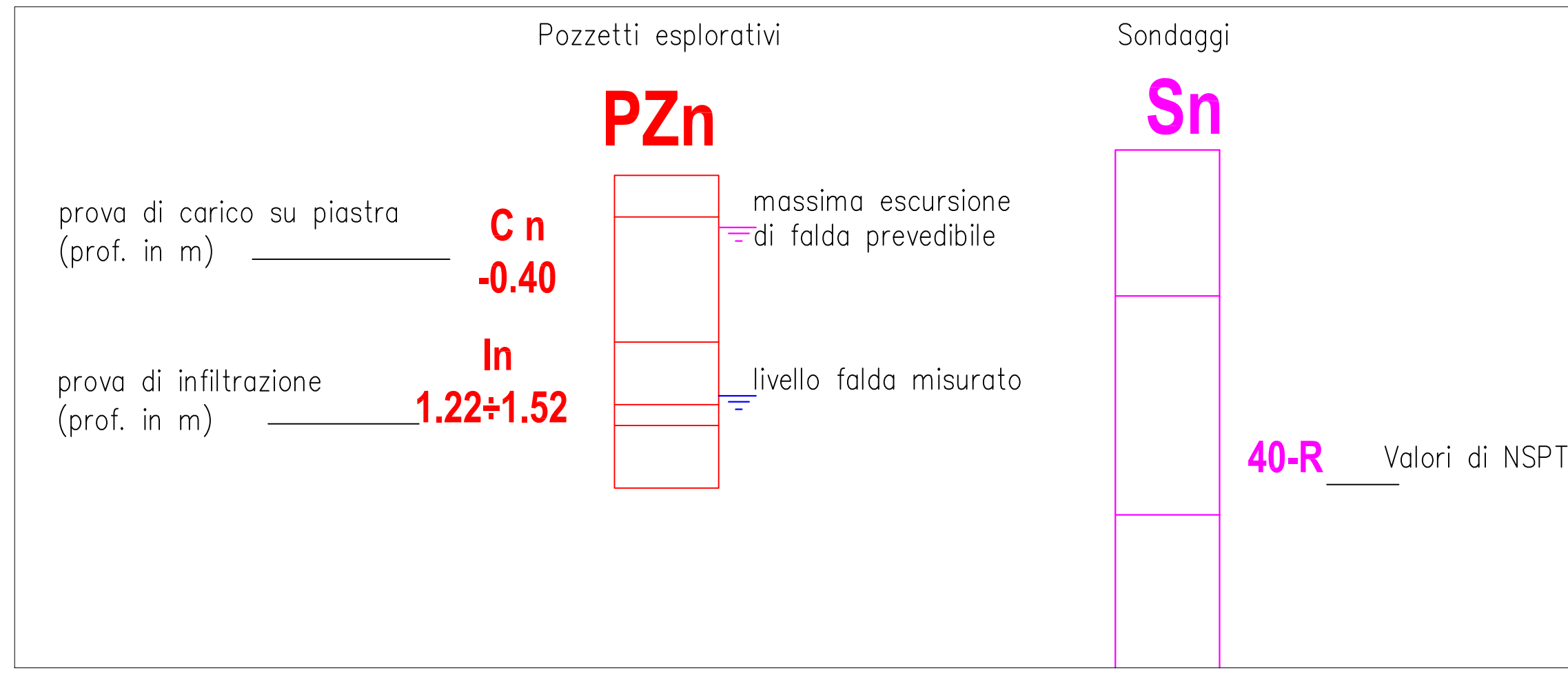
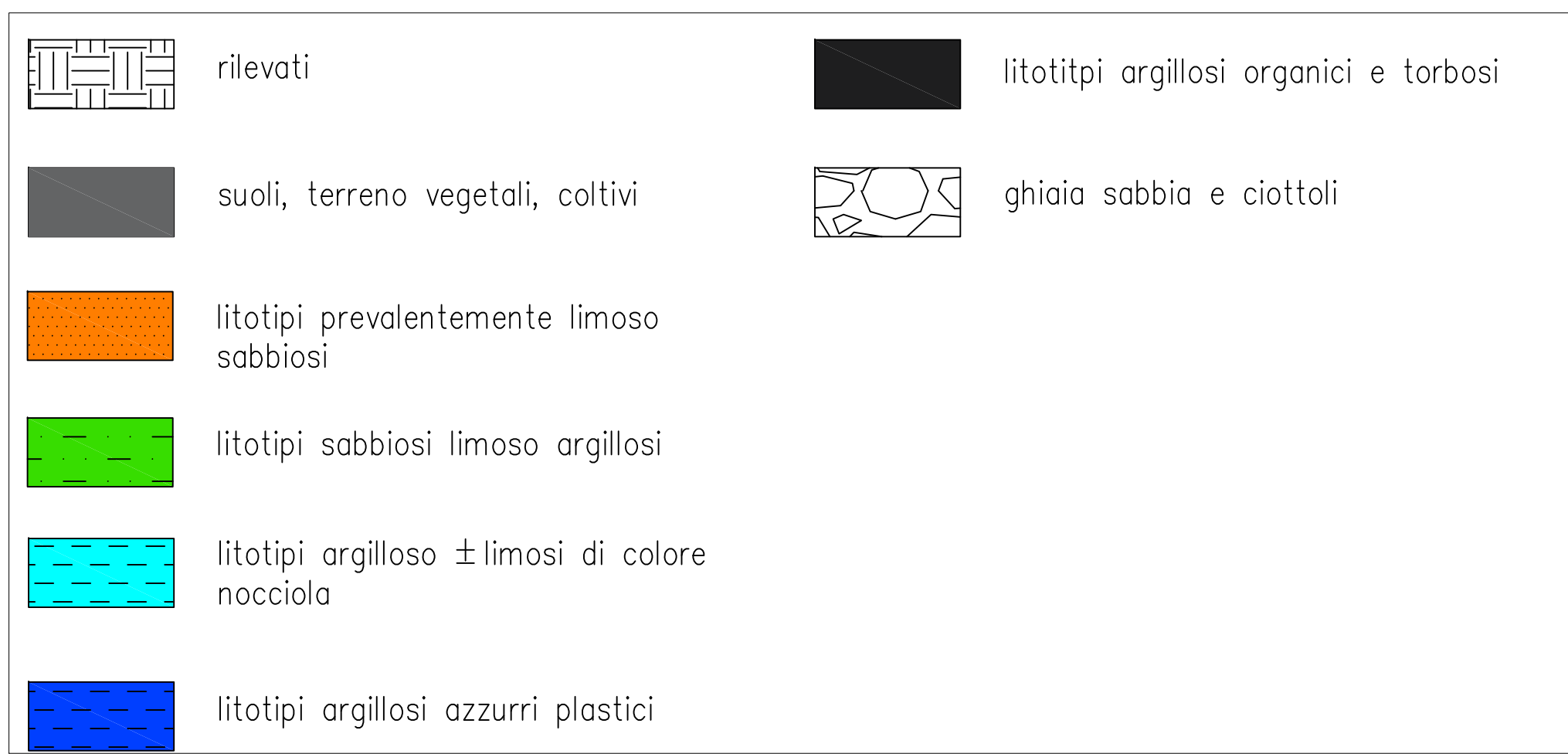
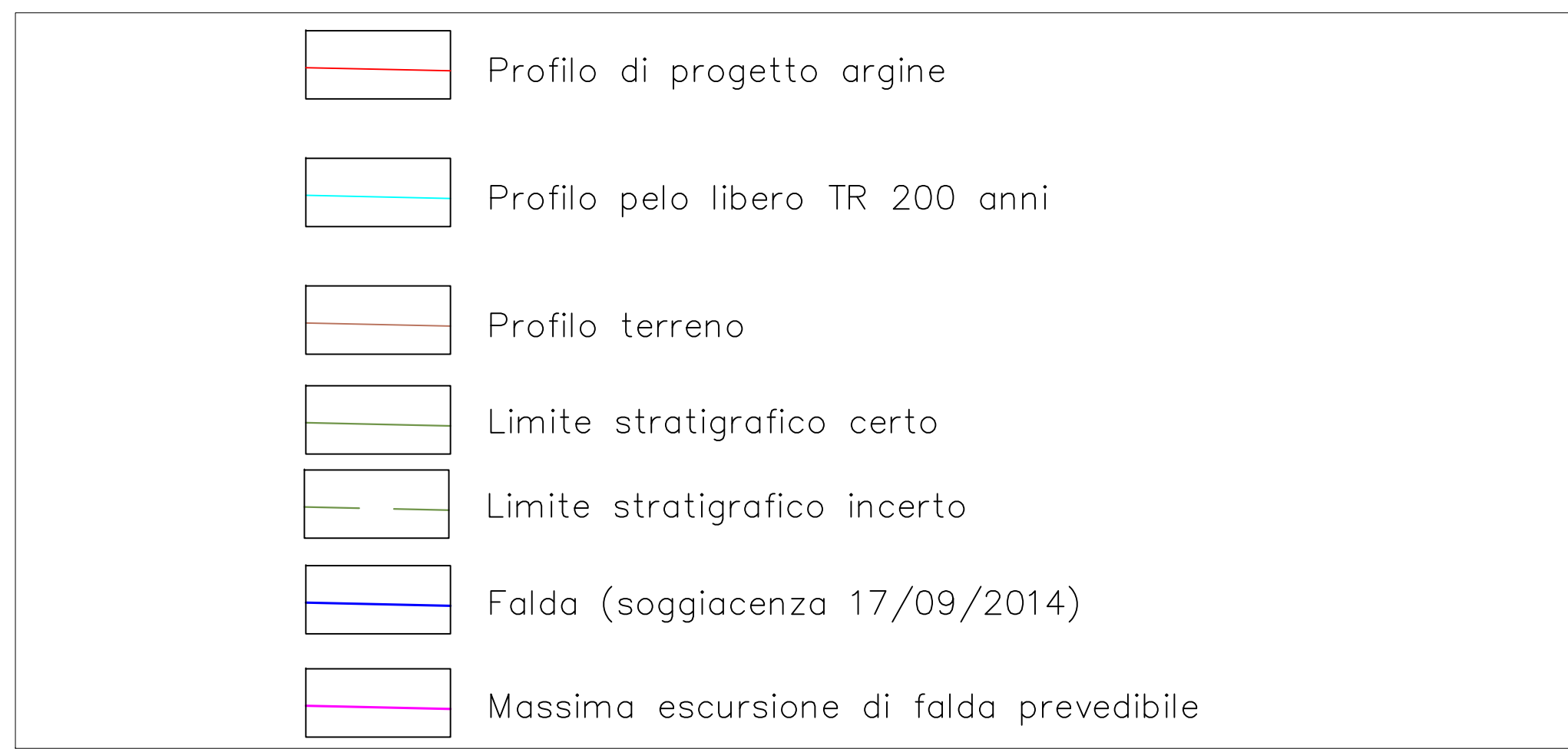
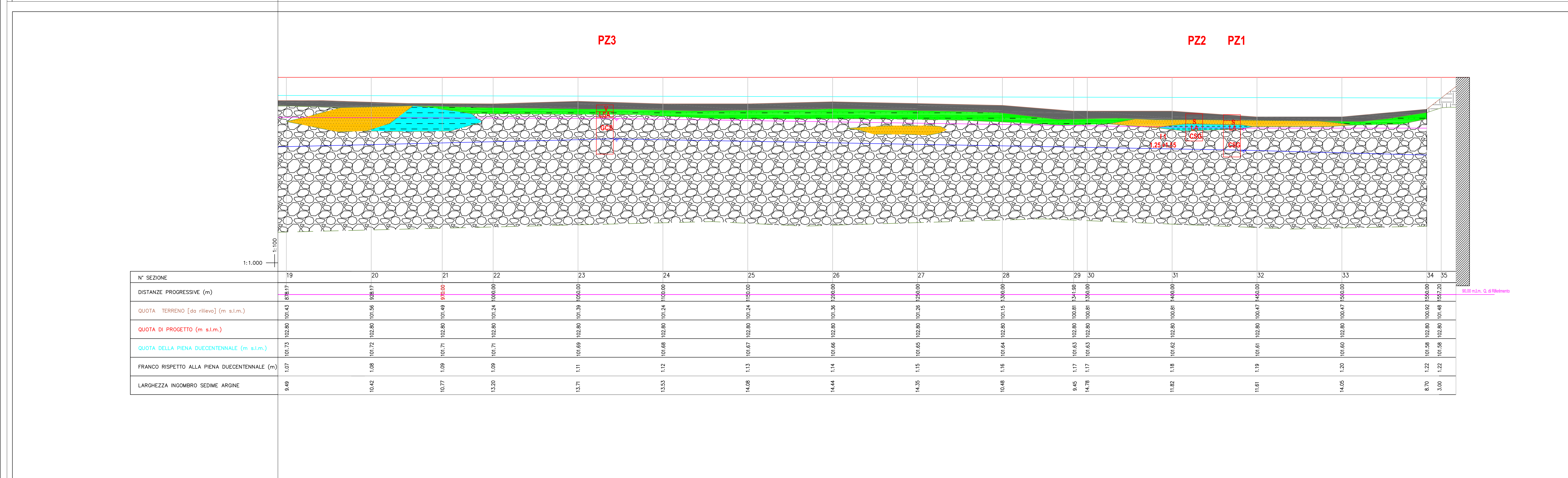
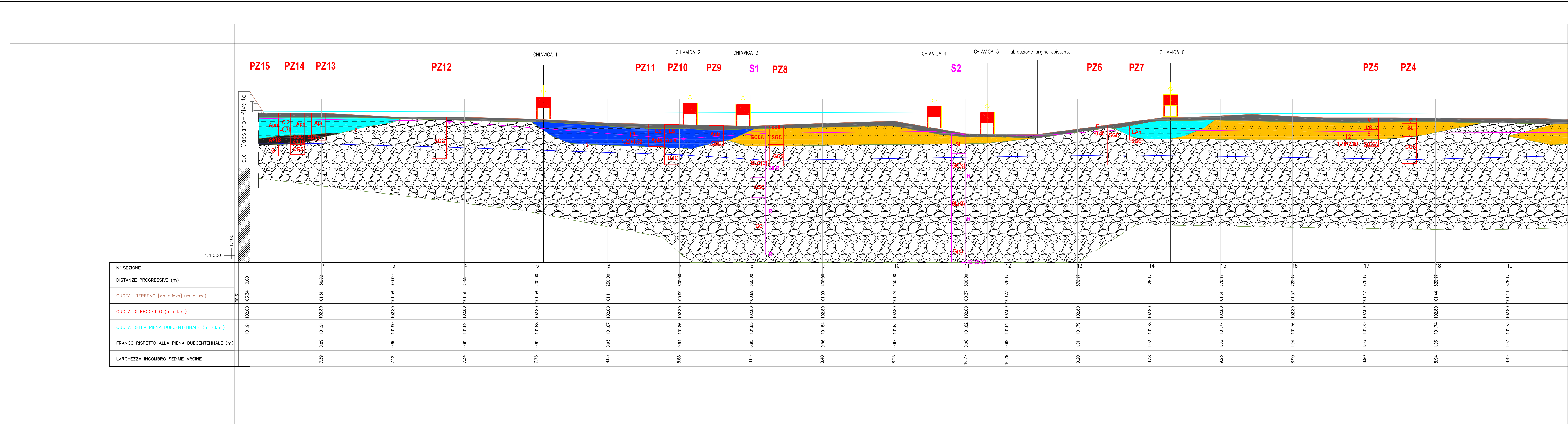
C. Documento 1524_01

Relazione geologica, geotecnica e idrogeologica

Revisione

Nome file





Dr. Geol. Francesco SERRA
- STUDIO DI GEOLOGIA TECNICA e SERVIZI per l'AMBIENTE -
Via Dante Alighieri 6 - Rivolta d'Adda (CR)
Tel.: 0363.79065; Fax: 0363.707620 - E-mail: geoserra@serrafra.191.it
CF: SRRFNC59T27H357Z - PI: 00827350190

AIPO
Agenzia Interregionale per il fiume Po

Opere di regimazione idraulica/realizzazione
argine in sinistra Adda, in Comune di Rivolta
D'Adda (CR)

Tavola 1
Profilo Geo-litologico ed idrogeologico

03 ottobre 2014

comm. 1524