

**AGENZIA INTERREGIONALE PER IL FIUME PO – PARMA**

Strada Giuseppe Garibaldi 75, I-43121 Parma

**MO-E-1357 – ADEGUAMENTO DEI MANUFATTI DI REGOLAZIONE E SFIORO DELLA CASSA DI ESPANSIONE DEL FIUME SECCHIA COMPRESIVO DELLA PREDISPOSIZIONE DELLA POSSIBILITÀ DI REGOLAZIONE IN SITUAZIONI EMERGENZIALI ANCHE PER PIENE ORDINARIE IN RELAZIONE ALLA CAPACITÀ DI DEFLUSSO DEL TRATTO ARGINATO (EX CODICE 10969) E AVVIO DELL'ADEGUAMENTO IN QUOTA E POTENZIAMENTO STRUTTURALE DEI RILEVATI ARGINALI DEL SISTEMA CASSA ESPANSIONE ESISTENTE**

**MO-E-1273 – LAVORI DI AMPLIAMENTO E ADEGUAMENTO DELLA CASSA DI ESPANSIONE DEL FIUME SECCHIA NEL COMUNE DI RUBIERA (RE)  
(ACCORDO DI PROGRAMMA MINISTERO – RER – PARTE A)**

**PROGETTO DEFINITIVO**
**R.04 – RELAZIONE GEOLOGICA**
**IL RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO DI PROFESSIONISTI:**

CAPOGRUPPO MANDATARIA  
PROGETTAZIONE GENERALE – INGEGNERIA IDRAULICA E STRUTTURALE



**DIZETA INGEGNERIA**  
STUDIO ASSOCIATO  
Via Boselli, 19 – 20133 MILANO Tel. 02-70600125  
server@dzetaingegneria.it Fax 02-70600014

ING. FULVIO BERNABEI  
ING. STEFANO ADAMI  
ING. LAURA GRILLI  
ING. GIANLUIGI SEVNI  
ING. PAOLO SANAVIA

MANDANTE  
RAPPORTI CON ENTI TERZI – MODELLISTICA IDROLOGICA E  
IDRAULICA – IDROGEOLOGIA



ING. DENIS CERLINI  
ING. MARCO BELICCHI  
ING. NICOLA PESSARELLI (CSP)  
ING. MICHELE FERRARI

MANDANTE  
INGEGNERIA STRUTTURALE



ING. MARCO G. P. BRAGHINI  
ING. DANIELE L. GIOMETTI

MANDANTE  
GEOLOGIA



**EN GEO** S.r.l.  
ENGINEERING GEOLOGY  
www.engeo.it

GEOLOG. CARLO CALEFFI  
GEOLOG. FRANCESCO CERUTTI

MANDANTE  
ASPETTI AMBIENTALI



ING. MASSIMO SARTORELLI  
ING. BENIAMINO BARENGHI  
DOTT. AGR. ALESSIA MANICONE  
DOTT.SSA CHIARA LUVIE'

MANDANTE  
ASPETTI PAESAGGISTICI



ARCH. ANGELO DAL SASSO

**PER IL R.T.P.:**

IL PROGETTISTA GENERALE  
DOTT. ING. FULVIO BERNABEI

**IL RUP:**

DOTT. ING.  
FEDERICA PELLEGRINI

CONSULENTE  
INGEGNERIA GEOTECNICA



PROF. ING. FRANCESCO COLLESELLI  
ING. GIUSEPPE COLLESELLI

CONSULENTE  
PIANO PARTICELLARE DI ESPROPRIO

GEOM. MARCO SOZZE'

CONSULENTE  
VALUTAZIONI ARCHEOLOGICHE

DOTT.SSA IVANA VENTURINI

DATA: LUGLIO 2019

Mod.7.3 F – Rev.01

| REV. | DATA    | DESCRIZIONE MODIFICA           | REDATTO | CONTR. | APPR. |
|------|---------|--------------------------------|---------|--------|-------|
| 01   | 08-2021 | INTEGRAZIONI ART. 18 LR 4/2018 |         |        |       |
| 02   |         |                                |         |        |       |
|      |         |                                |         |        |       |

## INDICE

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| <b>1</b> | <b>Premesse</b>  | <b>4</b>  |
| 1.1      | Normativa di riferimento                                   | 6         |
| 1.2      | Interventi in progetto                                     | 8         |
| <b>2</b> | <b>Inquadramento geologico e geomorfologico</b>            | <b>10</b> |
| 2.1      | Geologia   | 10        |
| 2.2      | Geomorfologia  | 18        |
| <b>3</b> | <b>Idrogeologia</b>  | <b>23</b> |
| 3.1      | Struttura degli acquiferi                                  | 23        |
| 3.2      | Dinamica della prima falda                                 | 26        |
| 3.3      | Influenza dei livelli idrici e della piovosità sulla falda | 31        |
| 3.3.1    | <i>Oscillazioni giornaliere dei livelli di falda</i>       | 36        |
| 3.4      | Prove di pompaggio   | 37        |
| 3.4.1    | <i>Campo prova di monte</i>                                | 37        |
| 3.4.2    | <i>Campo prova di valle</i>                                | 43        |
| 3.4.3    | <i>Interpretazione delle prove</i>                         | 48        |
| 3.4.3.1  | Metodi   | 48        |
| 3.4.3.2  | Risultati  | 50        |
| 3.4.3.3  | Distanza teorica dal limite di trasmissività               | 51        |
| 3.5      | Permeabilità dei depositi                                  | 51        |
| <b>4</b> | <b>Indagini geognostiche</b>                               | <b>56</b> |
| 4.1      | Indagini geognostiche pregresse                            | 56        |
| 4.1.1    | <i>Indagini in corrispondenza della cassa esistente</i>    | 57        |
| 4.1.1.1  | Progetto della cassa d'espansione                          | 58        |

|              |   |           |
|--------------|---|-----------|
| 4.1.1.2      | Collaudo del quinto lotto della cassa d'espansione                  | 58        |
| 4.1.1.3      | Collaudo funzionale e monitoraggio dell'officiosità dei manufatti   | 59        |
| 4.1.1.4      | Progetto Stabilità all'Input Sismico dei Manufatti Arginali         | 60        |
| 4.1.1.5      | Progetto di manutenzione straordinaria della cassa d'espansione     | 61        |
| <b>4.1.2</b> | <b>Indagini in corrispondenza dell'ampliamento in progetto</b>      | <b>62</b> |
| 4.1.2.1      | Variante Generale al Piano Attività Estrattive di Rubiera           | 62        |
| 4.1.2.2      | Progetto di ampliamento della cassa d'espansione                    | 63        |
| <b>4.1.3</b> | <b>Database del Servizio geologico della Regione Emilia-Romagna</b> | <b>64</b> |
| <b>4.2</b>   | <b>Indagini geognostiche integrative - Campagna 2018-2019</b>       | <b>64</b> |
| <b>4.2.1</b> | <b>Sondaggi</b>   | <b>67</b> |
| 4.2.1.1      | Sondaggi a carotaggio continuo                                      | 67        |
| 4.2.1.2      | Sondaggi a carotaggio continuo orizzontali                          | 69        |
| 4.2.1.3      | Sondaggi a distruzione di nucleo                                    | 70        |
| <b>4.2.2</b> | <b>Pozzi</b>  | <b>70</b> |
| <b>4.2.3</b> | <b>Prove penetrometriche dinamiche</b>                              | <b>71</b> |
| <b>4.2.4</b> | <b>Prove geofisiche</b>   | <b>73</b> |
| <b>4.2.5</b> | <b>Trincee o pozzetti esplorativi</b>                               | <b>74</b> |
| <b>5</b>     | <b>Caratteri litostratigrafici, idrogeologici</b>                   | <b>78</b> |

|            |   |            |
|------------|---|------------|
| <b>5.1</b> | <b>Intervento A: adeguamento del manufatto di sbarramento e regolazione dell'invaso</b>   | <b>79</b>  |
| <b>5.2</b> | <b>Intervento B: adeguamento del manufatto di derivazione nell'invaso laterale</b>        | <b>80</b>  |
| <b>5.3</b> | <b>Intervento C: Opere di svaso e ricalibratura della cassa in linea</b>                  | <b>82</b>  |
| <b>5.4</b> | <b>Intervento D: adeguamento dei tratti arginali contigui ai manufatti</b>                | <b>82</b>  |
| <b>5.5</b> | <b>Intervento E: arginatura secondaria a valle dello sbarramento</b>                      | <b>82</b>  |
| <b>5.6</b> | <b>Intervento H: Adeguamento delle arginature della cassa di espansione</b>               | <b>83</b>  |
|            | <b>5.6.1 Profilo 1</b>  | <b>84</b>  |
|            | <b>5.6.2 Profilo 2+3+4</b>  | <b>86</b>  |
|            | <b>5.6.3 Profilo 5</b>  | <b>88</b>  |
|            | <b>5.6.4 Profilo 6</b>  | <b>90</b>  |
| <b>5.7</b> | <b>Intervento I: risagomatura e rimozione sedimenti vasca in linea</b>                    | <b>92</b>  |
| <b>5.8</b> | <b>Intervento L: soglia di sfioro tra l'invaso esistente e l'ampliamento</b>              | <b>92</b>  |
| <b>5.9</b> | <b>Intervento M: arginature di contenimento dell'invaso in ampliamento</b>                | <b>92</b>  |
| <b>6</b>   | <b>Individuazione e caratterizzazione dei siti di prelievo dei materiali per rilevati</b> | <b>95</b>  |
| <b>6.1</b> | <b>Area di risagomatura e rimozione dei sedimenti della vasca in linea</b>                | <b>95</b>  |
| <b>6.2</b> | <b>Polo SE108 in Comune di Rubiera</b>  | <b>101</b> |

## 1 Premesse

La presente relazione descrive lo studio geologico, geomorfologico ed idrogeologico effettuato a supporto della progettazione definitiva relativa agli interventi di adeguamento del sistema di laminazione delle piene della Cassa di espansione del fiume Secchia, in provincia di Modena.

Detto studio è stato effettuato nel rispetto della normativa vigente, richiamata nel paragrafo 1.1, e, in particolare alle “Norme tecniche per le costruzioni”, di cui al Decreto ministeriale 17 gennaio 2018, pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale n. 42 del 20 febbraio 2018.

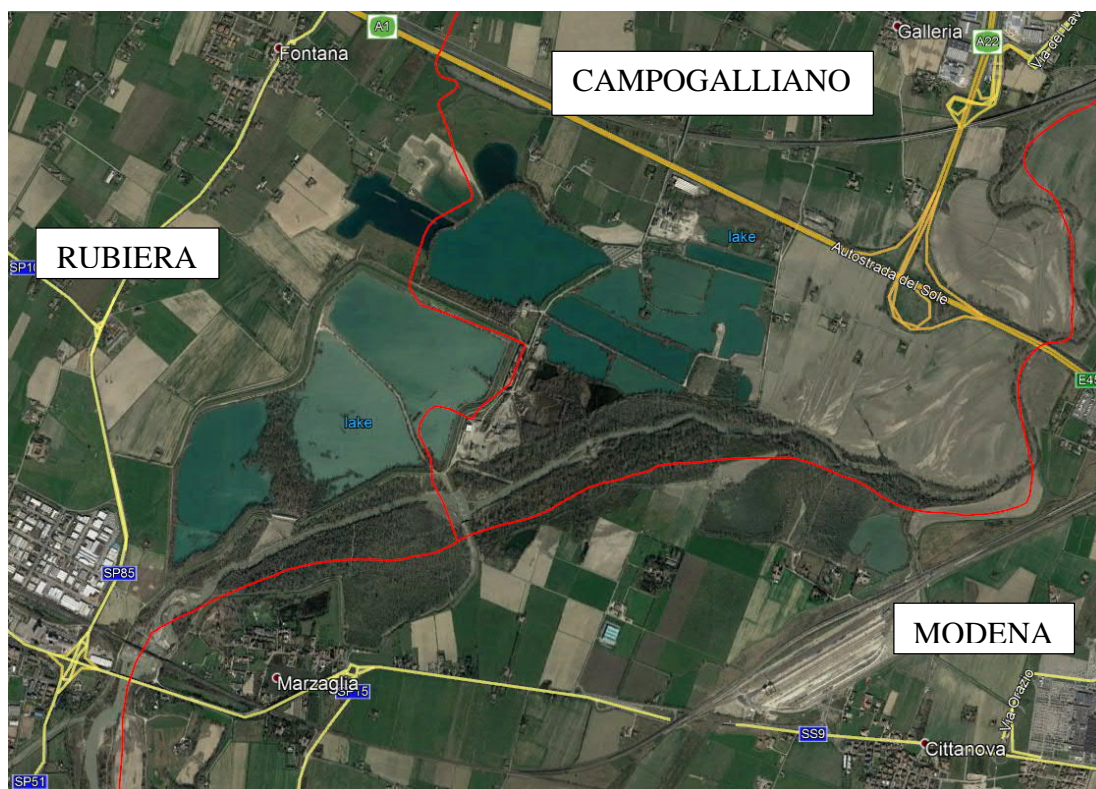
Esso ha comportato lo svolgimento delle seguenti attività:

1. raccolta di tutta la documentazione esistente relativa all'area oggetto d'intervento, quali, carte tematiche, dati stratigrafici, studi geologici precedenti, in gran parte, citati nel paragrafo 1.3;
2. definizione delle caratteristiche litostratimetriche mediante analisi critica ed elaborazione della documentazione di cui al punto precedente;
3. pianificazione di un programma di analisi integrative alla luce delle necessità progettuali e di quanto ricostruito grazie alle prime 2 fasi di studio;
4. aggiornamento del modello geologico coi dati derivanti dalla nuova campagna d'indagini;
5. definizione geologica e idro-geomorfologica dell'area in esame e di un suo discreto intorno.

La Cassa di espansione del fiume Secchia, come rappresentato nell'immagine aerea di Fig. 1, nella porzione occidentale ricade in provincia di Reggio Emilia, interessando il comune di Rubiera; mentre, ad est ricade nei comuni di Modena e Campogalliano, in provincia di Modena. I confini comunali sono evidenziati in rosso.

È racchiusa tra la via Emilia, poco più a sud, e l'autostrada del Sole A1, a nord.





**Fig. 1 – Immagine aerea della Cassa di espansione del fiume Secchia (da Google Earth)**

A supporto dello studio sono stati redatti i seguenti elaborati grafici;

- All(RG). 1 - Carta geologica e geomorfologica - 1:10.000
- All(RG). 2 - Carta Idrogeologica - 1:10.000
- All(RG). 3 - Planimetria ubicazione indagini e piezometri - 1 : 10.000
- All(RG). 4- Planimetria ubicazione indagini di dettaglio - 1 : 5.000
- All(RG). 5 - Sezione litostratimetrica e idrogeologica (Intervento A) - V=1:250, H=1:500
- All(RG). 6 - Sezione litostratimetrica e idrogeologica trasversale (Intervento A) – V=1:250, H=1:250
- All(RG). 7 - Sezione litostratimetrica e idrogeologica (Intervento B) - V=1:250, H=1:2.500
- All(RG). 8 - Sezione litostratimetrica e idrogeologica (Intervento H profilo 1) - V=1:250, H=1:2.500

- All(RG). 9 - Sezione litostratimetrica e idrogeologica (Intervento H profilo 2+3+4) - V=1:250, H=1:2.500
- All(RG). 10 - Sezione litostratimetrica e idrogeologica (Intervento H profilo 5) - V=1:250, H=1:2.500
- All(RG). 11 - Sezione litostratimetrica e idrogeologica (Intervento H profilo 6) - V=1:250, H=1:2.500
- All(RG). 12 - Sezione litostratimetrica e idrogeologica (Intervento M) - V=1:250, H=1:2.500
- All(RG). 13 - Sezioni litostratimetriche e idrogeologiche trasversali (profili 3, 5 e 6) - 1:200
- All(RG). 14 - Sezione litostratimetrica e idrogeologica (Intervento E)

I risultati delle indagini geognostiche utilizzati nel presente studio sono riportati negli allegati elencati di seguito:

- All(RG). 15 - Stratigrafie sondaggi 2018/19
- All(RG). 16 - Prove penetrometriche 2018/19
- All(RG). 17 - Prove geofisiche 2018/19
- All(RG). 18 - Pozzetti con escavatore 2018/19
- All(RG). 19 - Analisi chimiche 2018/19
- All(RG). 20 - Stratigrafie sondaggi pregressi
- All(RG). 21 - Prove penetrometriche pregresse
- All(RG). 22 - Prove geofisiche pregresse
- All(RG). 23 - Pozzetti con escavatore pregressi

## 1.1 Normativa di riferimento

- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici – Istruzioni per l'applicazione delle "Norme Tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 17-01-2018, Circolare 11 febbraio 2019;

- “Linee-guida per la redazione e le istruttorie degli studi sismotettonici relativi alle grandi dighe”, prodotte da INGV e diffuse ai Concessionari/Gestori con nota MIT-D.G. Dighe n. 0021530 del 27/09/2018.
- D.G.R. 1164 (2018) – Aggiornamento della classificazione sismica di prima applicazione dei Comuni dell’Emilia Romagna;
- “Istruzioni per l’applicazione della normativa tecnica di cui al D.M. 26.06.2014 (NTD14) e al D.M. 17.01.2018 (NTC18) . Verifiche Sismiche delle grandi dighe, degli scarichi e delle opere complementari e accessorie“, luglio 2018, a cura della D.G. Dighe del M.I.T.;
- Decreto ministeriale 17-01-2018 – Norme Tecniche per le Costruzioni;
- Decreto ministeriale 26-06-2014 – Norme Tecniche per la progettazione e la costruzione degli sbarramenti di ritenuta (dighe e traverse)
- Decreto ministeriale 14-01-2008 – Testo unitario – Norme Tecniche per le Costruzioni Allegati A e B;
- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici – Pericolosità sismica e Criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale. Allegato al voto n° 36 del 27/07/2007
- Aspetti geotecnici della progettazione in zona sismica – Linee Guida 2005 AGI Associazione Geotecnica Italiana
- O.P.C.M. n° 3274 (2003) - "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica"
- Eurocodice 7.2 (2002) – Progettazione geotecnica –Parte I: Progettazione assistita da prove di laboratorio - UNI
- Eurocodice 7.3 (2002) – Progettazione geotecnica –Parte II: Progettazione assistita da prove in sito – UNI
- Circolare P.C.M. 07-04-1999, n. DSTN/2/7311 “Legge 584/1994 Competenze del Servizio Nazionale Dighe. Precisazioni”.



- Eurocodice 8 (1998) – Indicazioni progettuali per la resistenza fisica delle strutture. Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici (stesura finale 2003)
- Eurocodice 7.1 (1997) – Progettazione geotecnica –Parte I: Regole Generali – UNI
- Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche. 1977 AGI Associazione Geotecnica Italiana

## 1.2 Interventi in progetto

Le opere in progetto riguardano una serie d'interventi d'adeguamento del sistema di laminazione delle piene della Cassa di espansione del fiume Secchia che, all'interno del presente progetto definitivo, si è proposto di suddividere l'insieme delle opere previste in tre possibili lotti funzionali, generati sulla base delle attuali disponibilità economiche, ciascuno comprendente più interventi e precisamente:

**LOTTO 1** – *“Adeguamento dei manufatti di regolazione e derivazione della cassa di espansione del fiume Secchia ed avvio dell'adeguamento dei rilevati arginali del sistema cassa espansione esistente”* (importo finanziato €16'872'000.00).

- Intervento A: Adeguamento del manufatto di sbarramento e regolazione dell'invaso.
- Intervento B: Adeguamento del manufatto di derivazione nell'invaso laterale.
- Intervento C: Opere di svaso e ricalibratura della cassa in linea finalizzate al recupero del materiale necessario per l'adeguamento dei tratti arginali.
- Intervento D: Adeguamento dei tratti arginali contigui ai manufatti.
- Intervento E: Arginatura secondaria a valle dello sbarramento.

**LOTTO 2** – *“Adeguamento in quota delle arginature della cassa di espansione esistente”*

- Intervento H: Adeguamento delle arginature della cassa di espansione.
- Intervento I: Risagomatura e rimozione sedimenti vasca in linea

**LOTTO 3** – “Lavori di ampliamento della Cassa di laminazione del fiume Secchia, comune di Rubiera (RE)” (importo finanziato €4.340'000.00).

- Intervento L: Soglia di sfioro tra l'invaso esistente e l'ampliamento.
- Intervento M: Arginature di contenimento dell'invaso in ampliamento.

Coerentemente con quanto disposto dalle NTC 2018 (Cap. 2.4), in accordo con i progettisti, sono stati definiti i seguenti parametri di progetto:

- **VITA NOMINALE:** “Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni o di importanza strategica” la cui vita nominale è  $V_n \geq 100$  anni (come definito dalla Tab. 2.4.I delle N.T.C. 01/2018);
- **CLASSE D'USO:** Classe III: “Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso” (come definito dal paragrafo 2.4.2 delle N.T.C. 01/2008);
- **PERIODO DI RIFERIMENTO PER L'AZIONE SISMICA:** Considerata la classe d'uso III, il coefficiente d'uso è  $C_u=1.50$  (cfr. Tab. 2.4.II delle N.T.C. 01/2018), e di conseguenza la Vita di riferimento è  $V_R=V_N \cdot C_u=150$  anni.

## 2 Inquadramento geologico e geomorfologico

### 2.1 Geologia

L'area in esame, dal punto di vista geologico, ricade nella pianura modenese, la quale, a sua volta, è compresa in quella emiliano-romagnola che costituisce il settore meridionale della pianura padana, la più grande piana alluvionale d'Italia, formata dai depositi del fiume Po e dei suoi affluenti.

Essa ha cominciato a formarsi nel Pleistocene medio, circa 500.000 anni fa, quando, a seguito del sollevamento in atto, il mare si è spostato dal margine appenninico, via via sempre più verso est, sino alla sua attuale posizione.

Il sottosuolo è contraddistinto da un forte accumulo di sedimenti alluvionali quaternari che appoggiano, con discontinuità a discordanza semplice, sul substrato di sedimenti marini del pliocene superiore e del pleistocene inferiore.

Tale corpo sedimentario è il risultato dell'evoluzione dei corsi d'acqua, legata sia alle variazioni climatiche pleistoceniche sia ai recenti movimenti tettonici della zona di margine, vale a dire di quella fascia interposta tra la Pianura s.l. in abbassamento e l'Appennino in sollevamento.

È possibile riconoscere nella Pianura dell'Emilia-Romagna alcuni ambienti deposizionali: le conoidi alluvionali sono tipiche della zona pedeappenninica, ad esse fa seguito la piana alluvionale, che passa verso costa alla piana deltizia del fiume Po ed alla piana costiera.

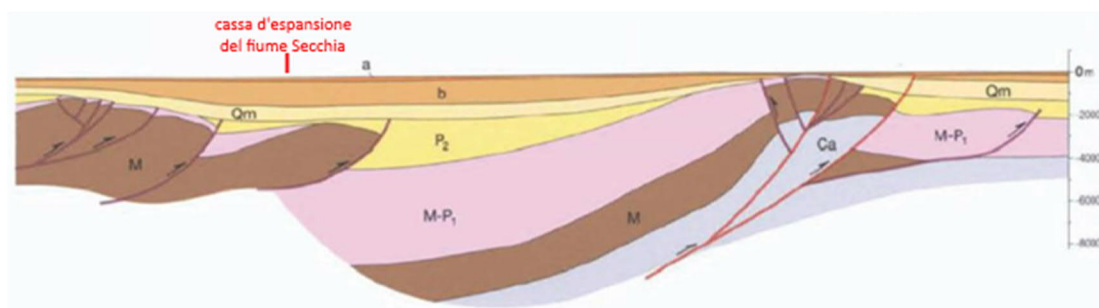
I sedimenti di questi ambienti deposizionali sono costituiti prevalentemente da: ghiaie nelle conoidi alluvionali; sabbie, limi ed argille nella piana alluvionale; sabbie nella piana deltizia e costiera.

L'assetto geostrutturale delle formazioni prequaternarie è caratterizzato da una successione plicativa ad anticlinali e sinclinali spesso fagliate e sovrascorse, con assi a vergenze appenniniche (cfr. Fig. 2).

In tale schema la pianura Modenese è caratterizzata da due distinti fasci di *thrust*: il primo, più meridionale, detto fronte di accavallamento appenninico (P.T.F.),

costituisce il limite della catena appenninica affiorante; il secondo, detto fronte di accavallamento esterno (E.T.F), definisce il limite dell'Appennino sepolto, rappresentato dalle strutture anticlinali delle pieghe ferraresi.

L'andamento strutturale dell'Appennino sepolto può essere interpretato come effetto di una compressione e di un raccorciamento crostale che, secondo i moderni schemi geodinamici, risulta legato ad un doppio fenomeno di subduzione e/o ispessimento della crosta. In tale quadro d'insieme si giustifica lo sviluppo della rete idrografica maggiore che risulta conforme ai principali assi di sinclinali sepolte.



**Fig. 2 - Sezione geologica della pianura modenese dal Fronte di accavallamento pedeappenninico (PTF) al Fronte di accavallamento esterno (ETF) (da Boccaletti e al., 2004)**

La pianura emiliano-romagnola è caratterizzata da due direzioni di progradazione: la prima, assiale, est-vergente, originata dal fiume Po; la seconda, trasversale, nordest-vergente, originata dai sistemi di alimentazione appenninica.

Sulla base delle direzioni di progradazione possono essere individuate le seguenti classi di sistemi deposizionali:

- pianura pedemontana ad alimentazione appenninica
- pianura alluvionale ad alimentazione appenninica
- pianura alluvionale di alimentazione assiale (paleo Po)

L'area in esame ricade nel settore più settentrionale del sistema deposizionale di pianura pedemontana ad alimentazione appenninica (conoide del fiume Secchia) al passaggio con la pianura alluvionale sempre ad alimentazione appenninica.

Il rapporto tra materiali grossolani e fini, elevato nella zona di alta pianura, decresce linearmente procedendo verso valle e verso le zone più interne delle aree perifluviali (zone d'interconoide).

I sedimenti sono organizzati in grandi sistemi di conoide alluvionale, dove le litologie grossolane (ghiaie e sabbie) costituiscono estesi corpi tabulari, interdigitati da cunei di materiali essenzialmente fini (limi e argille).

In altri termini la "Pianura pedemontana" è il frutto della coalescenza dei sistemi di conoide alluvionale e delle zone d'interconoide.

A scala padana la successione quaternaria ha un forte carattere regressivo con sabbie e peliti torbiditiche alla base, seguite da un prisma sedimentario fluvio-deltizio, progradante, ricoperto al tetto da depositi continentali.

In conformità con quanto assunto dal Servizio Geologico e cartografico della Regione Emilia-Romagna, le unità stratigrafiche definite ed utilizzate nel presente studio rientrano nella classe delle Sequenze Deposizionali *sensu Mitchum et Al.* (1977).

Dal punto di vista gerarchico di distinguono due Sequenze Principali (Supersintemi secondo la terminologia delle U.B.S.U.) denominate come segue:

- Supersintema del Quaternario Marino, costituito da terreni paralici e marini depositi tra il Pliocene superiore e il Pleistocene inferiore.
- Supersintema Emiliano-Romagnolo, costituito da depositi di ambiente continentale depositi a partire da 800.000 anni BP.

Attraverso lo studio dei profili sismici, delle analisi di facies dettagliata di sezioni affioranti e pozzi per la ricerca di idrocarburi, il Supersintema Emiliano-Romagnolo è stato suddiviso in SD minori denominate, Sintema Emiliano-Romagnolo Inferiore (AEI), e Sistema Emiliano-Romagnolo Superiore (AES).

Queste due unità sono separate, in corrispondenza del margine appenninico, da una superficie di discontinuità, spesso con discordanza angolare ed erosione, testimonianza di una fase tettonica regionale, databile 450.000 anni BP.

Il Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore risulta, a sua volta, suddiviso in subsintemi identificabili in affioramento mediante caratteristiche morfo-pedostratigrafiche: si tratta, infatti, di depositi di conoide alluvionale, terrazzati, le cui ultime superfici



deposizionali, ora relitte, poste a quote diverse e separate da scarpate erosive, presentano evoluzione pedostratigrafica differente.

Gli stadi sedimentari dei subsintemi risultano principalmente legati al succedersi delle oscillazioni climatiche avvenute nel quaternario e in misura minore alla modesta attività tettonica rilevata. Per i corsi d'acqua che hanno edificato questa porzione di pianura ebbero grande significato soprattutto le fasi iniziali delle glaciazioni, durante le quali il progredire dei climi freschi e piovosi favoriva fasi di abbondante sedimentazione lungo i corsi d'acqua. In questo periodo i torrenti appenninici crearono ai piedi dei rilievi estese conoidi e piane alluvionali. I periodi glaciali furono caratterizzati dall'abbassamento del livello marino e questo produsse un aumento della capacità erosiva dei torrenti quaternari, che incisero i depositi delle precedenti fasi iniziali delle glaciazioni. In questo modo le antiche piane alluvionali e le estese conoidi furono successivamente incise dai corsi d'acqua e rimasero come superfici relitte sospese sui fondovalle formando i pianori che vengono detti terrazzi. Infine, tra una glaciazione e l'altra, si registra il minimo dell'attività fluviale e conseguente retrogradazione della conoide alluvionale.

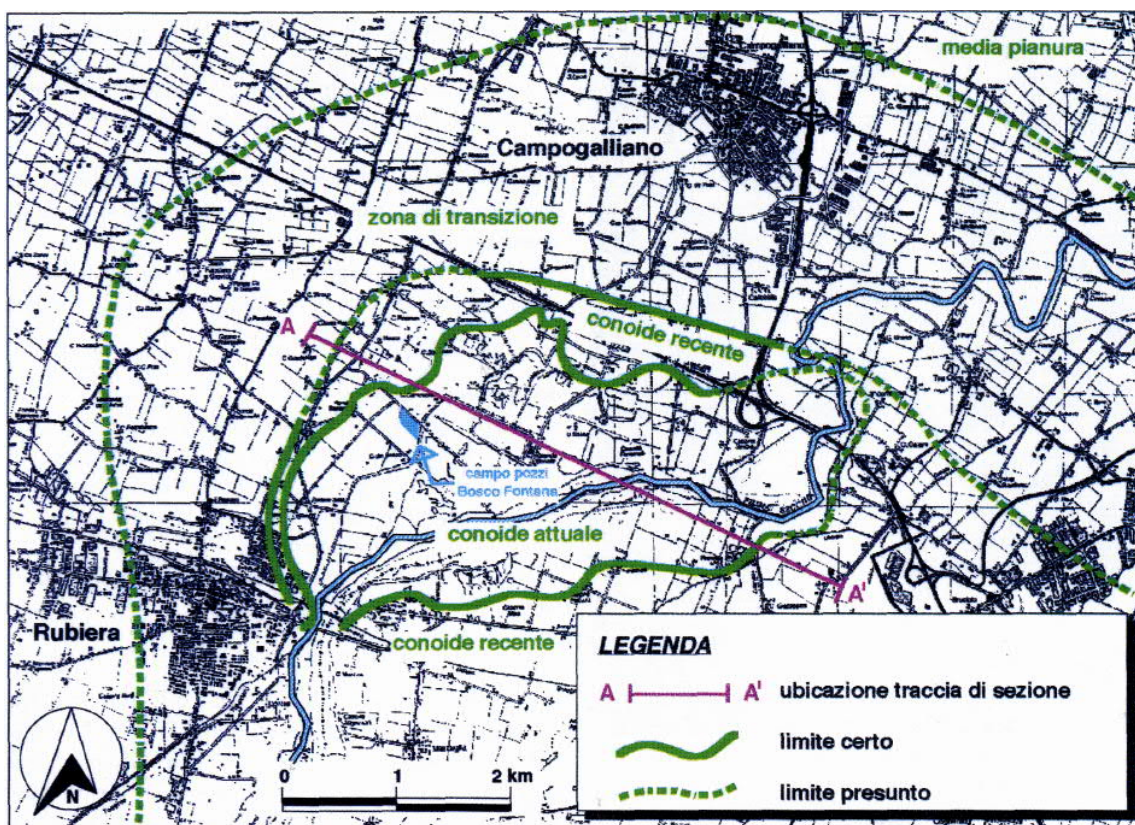
Ciascun subsintema è stato deposto per un arco temporale di 125.000-128.000 anni, corrispondente alla durata di un ciclo glaciale. Al suo interno, ad una fase iniziale di intensa sedimentazione di materiale per lo più grossolano, segue un periodo contraddistinto da prevalente erosione e minore deposizione di materiale più fine (argilla e limo).

Come raffigurato nella Carta geologico-morfologica nell'All(RG). 1 le litologie affioranti, che costituiscono il terreno di fondazione degli argini della cassa d'espansione, sono riferibili all'unità di Modena" (AES8a), sottounità del subsintema di Ravenna (AES8), prevalentemente costituita da depositi fluviali grossolani, ghiaiosi, alternati a sabbie e limi, di età post-romana.

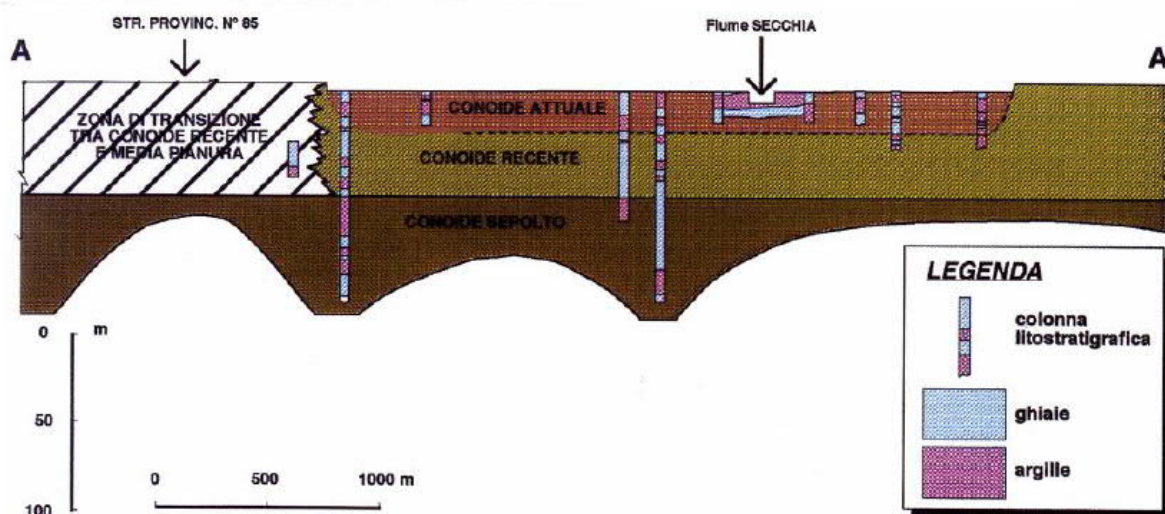
Lo spessore massimo dell'unità è di circa 10 metri. Il profilo di alterazione è di esiguo spessore (poche decine di centimetri).

Il contatto di base con i subsistemi più antichi è erosivo, mentre, il limite di tetto è una superficie deposizionale, per gran parte relitta, corrispondente alla superficie topografica.

La dinamica fluviale, influenzata dall'attività tettonica e dalle variazioni climatiche, ha dato origine, nell'area d'interesse a vari ordini di terrazzi. Sono chiaramente riconoscibili i depositi in evoluzione (b1) che costituiscono l'alveo attuale, un primo terrazzo di primo ordine, che coincide con la conoide attuale, su cui si sviluppa gran parte della cassa oggetto di studio, posto a quote superiori di qualche metro rispetto all'alveo attuale, e terrazzi più esterni, corrispondenti con la conoide recente e la zona di transizione tra conoide e media pianura (cfr. Fig. 3 e Fig. 4).



**Fig. 3 – Planimetria della porzione nord-occidentale del conoide del fiume Secchia (da Studio geologico-minerario per la Variante Generale 2016 al PAE del Comune di Rubiera)**



**Fig. 4 – Sezione geologica schematica della porzione nord-ovest del conoide del fiume Secchia**  
(da Comune di Carpi, 1995 - Relazione sullo stato dell'ambiente a Carpi. 1990 -1994)

I depositi più superficiali del terrazzo del primo ordine sono costituiti prevalentemente da depositi di canale, argine e rotta fluviale, prevalentemente limoso-sabbiosi e, in subordine, ghiaiosi e ghiaioso-sabbiosi, riferibili, come già indicato, all'unità di Modena (AES8a); i depositi dei terrazzi più antichi sono costituiti da depositi di tracimazione, in prevalenza limi sabbiosi e argillosi, riferibili all'unità di Modena (AES8a) e al subsistema di Ravenna (AES8).

Relativamente ai depositi più profondi risulta interessante esaminare la sezione raffigurata in Fig. 5, la cui traccia è riportata in Fig. 6, stralcio della Sezione 52 e della Sezione tratta dal sito web del Servizio Geologico della Regione Emilia-Romagna.

Da essa, si evince che i depositi del ciclo deposizionale più recente (AES) hanno una potenza di poco inferiore ai 200 m, mentre la base del ciclo deposizionale più antico si incontra ad una profondità di oltre 300 m

Questo forte spessore di depositi alluvionali si spiega con la posizione strutturale dell'area, localizzata sul fianco settentrionale dell'anticlinale dovuta all'attività dell'insieme strutturale costituito dal *thrust* pedeappenninico e dalle Pieghe Emiliane e che determina la rapida immersione verso nord del substrato marino.

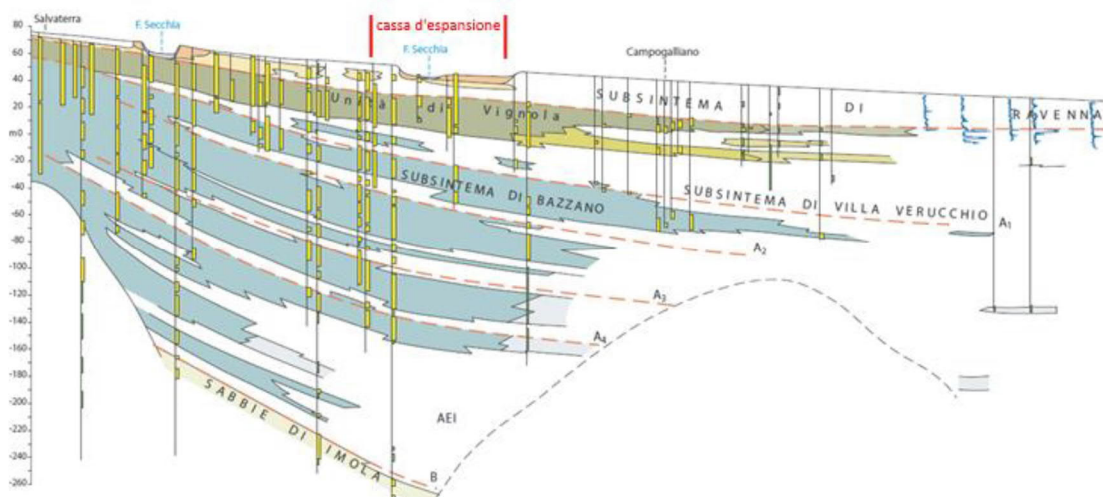
Il substrato dei depositi continentali è costituito da sedimenti costieri e lagunari, prevalenti sabbie e ghiaie alternate a depositi fini, riferibili alle Sabbie di Imola o



**MO-E-1357** - Adeguamento dei manufatti di regolazione e sfioro della cassa di espansione del fiume Secchia comprensivo della predisposizione della possibilità di regolazione in situazioni emergenziali anche per piene ordinarie in relazione alla capacità di deflusso del tratto arginato (ex codice 10969) e avvio dell'adeguamento in quota e potenziamento strutturale dei rilevati arginali del sistema cassa espansione esistente

**MO-E-1273** - Lavori di ampliamento e adeguamento della cassa di espansione del Fiume Secchia nel comune di Rubiera (RE) (Accordo di programma Ministero- RER- Parte A)

Sabbie Gialle Auctt., di età compresa tra 800.000 e 650.000 anni (parte inferiore del Pleistocene medio).



**Fig. 5 – Stralcio della Sezione 52 scaricata dal sito del Servizio Geologico Sismico e dei Suoli della Regione Emilia Romagna**



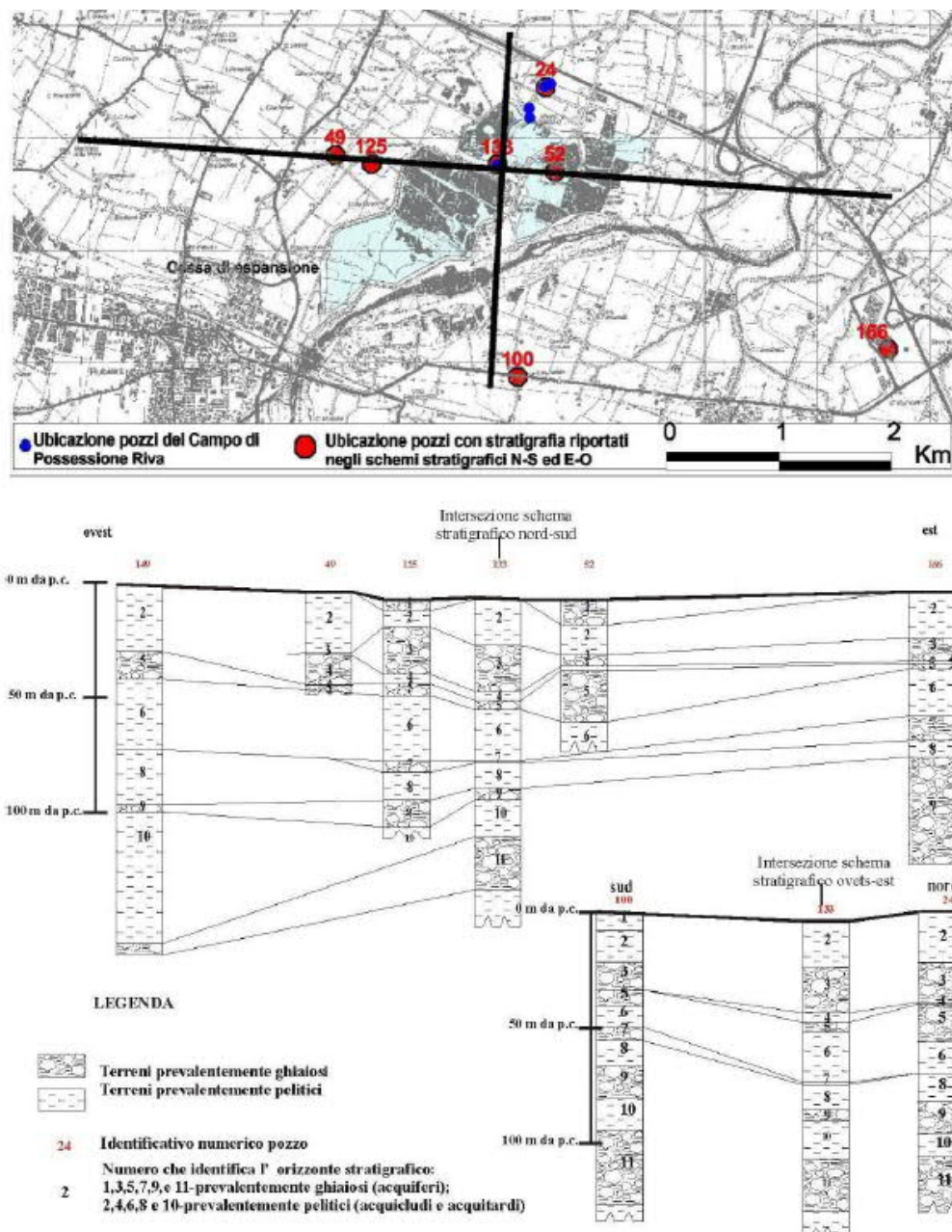
**Fig. 6 – Traccia della Sezione 52 (in rosso) un cui stralcio è riportato in Fig. 5 (da sito web del Servizio Geologico della Regione Emilia-Romagna)**

Per l'assetto stratigrafico dell'areale in esame, riferito ai primi 100÷120 m di profondità, si può, in prima battuta, fare riferimento allo Studio geologico-minerario

**MO-E-1357** - Adeguamento dei manufatti di regolazione e sfioro della cassa di espansione del fiume Secchia comprensivo della predisposizione della possibilità di regolazione in situazioni emergenziali anche per piene ordinarie in relazione alla capacità di deflusso del tratto arginato (ex codice 10969) e avvio dell'adeguamento in quota e potenziamento strutturale dei rilevati arginali del sistema cassa espansione esistente

**MO-E-1273** - Lavori di ampliamento e adeguamento della cassa di espansione del Fiume Secchia nel comune di Rubiera (RE) (Accordo di programma Ministero- RER- Parte A)

per la Variante Generale 2016 al PAE del Comune di Rubiera (RE), in cui, basandosi sui dati di pozzi per acqua, sono state raffigurate due sezioni, una con andamento est-ovest, l'altra nord-sud (cfr. Fig. 7).



**Fig. 7 – Sezioni litostratigrafiche basate sui dati di pozzi per acqua da Variante Generale 2016 al PAE del Comune di Rubiera (RE)**



Rimandando allo studio sopraccitato per quanto attiene una possibile correlazione tra le unità litologiche individuate nelle sezioni e le unità stratigrafiche “formali”, in questa sede, ci si limita a evidenziare la forte variabilità delle caratteristiche tessiturali dei sedimenti che costituiscono il sottosuolo in esame.

## 2.2 Geomorfologia

Gli eventi morfogenetici, responsabili dell'attuale assetto del territorio oggetto di studio, sono riconducibili essenzialmente alla dinamica fluviale del periodo pleistocenico ed olocenico, alla quale, nel periodo storico, si è sovrapposta l'attività antropica mirata alla stabilizzazione e alla modellazione delle superfici del suolo compatibilmente alle esigenze economiche, produttive ed insediative.

Le interazioni tra i vari fattori morfogenetici hanno dato luogo ad un paesaggio relativamente omogeneo, contraddistinto da superfici pressoché piane debolmente degradanti verso nord-est con gradiente topografico estremamente basso.

Le aree di pertinenza di corsi d'acqua (in particolare il fiume Secchia) sono rimaste le uniche in cui si osserva una evoluzione morfologica dipendente da fattori naturali.

Al contrario, la pianura circostante esprime il congelamento di una situazione originatasi antecedentemente alla limitazione degli alvei fluviali entro percorsi prefissati, in cui le opere di bonifica agraria, infrastrutturazione ed insediamento hanno conferito alla superficie topografica un assetto costante ed uniforme livellando tutte le asperità del terreno.

I pochi rilievi presenti sono costituiti dai rilevati stradali, dai ponti e dagli argini dei corsi d'acqua.

Come anticipato nel paragrafo precedente, in zona, sono presenti vari ordini di terrazzi: alle quote inferiori si trovano i depositi in evoluzione dell'alveo attuale; quindi, un primo terrazzo recente; a seguire, un terrazzo di primo ordine, su cui si sviluppa gran parte della cassa oggetto di studio, posto a quote superiori di qualche metro rispetto all'alveo attuale, e, infine, altri terrazzi più antichi.

Sempre da un punto di vista geomorfologico, l'area in esame si colloca nella porzione occidentale della conoide del fiume Secchia che, con la tipica forma a ventaglio molto piatta, si estende da Sassuolo (a Sud) fino a Campogalliano (a Nord) e presenta gradienti medi dello 0,7% nella parte apicale (sino ad una quota topografica di circa 50 m s.l.m.) e dello 0,3% nella parte distale.

La terminazione frontale della conoide, a Nord, è marcata dalla presenza di un orlo di scarpata, con altezze massime dell'ordine dei 4÷5 m che viene denominata localmente "orlo del Rivone".

La cassa di espansione del fiume Secchia è stata realizzata fra il 1975 e il 1978, su una zona compresa in area di affioramento di alluvioni ghiaiose e sabbiose, antiche, interessata da cave di inerti, ai due lati di un tratto di fiume precedentemente caratterizzato da attività di deposito e con alvei multipli, in treccia, ma, a partire dagli anni 1950÷1960 con attività erosiva e formazione di canale unico.

Il cambiamento della attività morfogenetica del fiume è stato determinato dalle attività estrattive di sabbie e ghiaie dall'alveo, condotte nella pianura a valle del margine dell'appennino.

La stessa zona della cassa di espansione era interessata, da tempo, da importanti cave. Subito a monte della cassa di espansione la presenza di due briglie limita l'apporto residuo di alluvioni grossolane e, attualmente, il fiume scorre in un alveo unico, canalizzato, entro depositi alluvionali depositati in occasione delle inondazioni della cassa stessa, con sponde interessate da erosione laterale.

A riguardo, di particolare interesse ai fini del presente studio è l'erosione che interessa, per un centinaio di metri, la sponda destra del corso d'acqua, in corrispondenza della sezione arginale 38, nell'unica zona in cui il rilevato risulta praticamente in frodo; a contrastare la quale è stata posizionata una difesa in massi ciclopici (cfr. Foto 1).

**MO-E-1357** - Adeguamento dei manufatti di regolazione e sfioro della cassa di espansione del fiume Secchia comprensivo della predisposizione della possibilità di regolazione in situazioni emergenziali anche per piene ordinarie in relazione alla capacità di deflusso del tratto arginato (ex codice 10969) e avvio dell'adeguamento in quota e potenziamento strutturale dei rilevati arginali del sistema cassa espansione esistente

**MO-E-1273** - Lavori di ampliamento e adeguamento della cassa di espansione del Fiume Secchia nel comune di Rubiera (RE) (Accordo di programma Ministero- RER- Parte A)



**Foto 1 – Vista aerea (da Google Earth) dell’erosione della sponda destra del fiume Secchia in un tratto in cui l’argine della cassa d’espansione è praticamente in froldo**

Al termine delle piene che inondano la cassa di espansione avviene il deposito di sedimenti fini, sabbie, limi e argille e accumulo di legname flottante.

Nella zona in destra del fiume, nella cassa di espansione in linea, a partire dell'entrata in funzione della cassa stessa, è avvenuto il deposito di alluvioni che ha determinato l'innalzamento del fondo, di circa 6 m nella zona prossima al manufatto di regolazione e di circa 4÷2 m nella parte a monte.





**Foto 2 – Depositi alluvionali post 1978 all'interno della cassa in sponda destra**

Tale innalzamento risulta essere avvenuto prevalentemente negli ultimi 20÷25 anni, probabilmente con velocità crescente nel tempo. Ciò può spiegarsi con la presenza delle cavità di cava sul fondo originario, che hanno assorbito l'alluvionamento iniziale e anche con la progressiva invasione del bosco e della vegetazione del sottobosco, che determina minore velocità di deflusso delle acque invase e minore capacità di trasporto di materiale solido da parte delle acque uscenti dalla cassa. Ulteriore causa del rallentamento della velocità della corrente in uscita può essere la tendenza all'ostruzione della bocca di uscita di destra, determinata dall'accumulo di sedimenti subito a monte della stessa.

La cassa d'espansione si estende prevalentemente in sinistra e, più limitatamente, in destra idrografica del Fiume Secchia, subito a valle di Rubiera (RE), ed è orientata, approssimativamente, in direzione SW-NE.

Il bacino d'invaso è caratterizzato dalla presenza di un'arginatura perimetrale e di un'arginatura interna parallela all'alveo, cosicché risulta suddiviso in 2 vasche distinte: una di dimensioni minori, che si sviluppa lungo l'asta fluviale ed è delimitata a valle dal manufatto regolatore, l'altra, di dimensioni maggiori, posta nel settore nord orientale, con presenza di 3 bacini lacuali con livello medio dell'acqua a quota 39,50 m s.l.m.

La quota di coronamento delle arginature maestre è di circa 49,50 m s.l.m.

Altre cave sottofalda non più in attività sono ubicate nella zona appena a nord della cassa, prima del rilevato dell'autostrada A1.

Relativamente alla problematica data, dalla presenza, all'interno della cassa, di sedimento fine e dalla sempre maggiore tendenza a trattenerne di nuovo, nel 2018 è stato eseguito un primo intervento di manutenzione straordinaria che ha previsto l'asportazione di depositi alluvionali post 1978, della cassa in linea, nella zona subito a monte della parte destra della traversa di regolazione.



## 3 Idrogeologia

### 3.1 Struttura degli acquiferi

Le caratteristiche degli acquiferi del territorio in esame vanno inquadrare nel modello evolutivo tridimensionale, idrogeologico e stratigrafico, dell'intera Pianura Padana Emiliano-Romagnola.

Secondo i più recenti studi (cfr. Regione Emilia-Romagna, Eni-Agip, 1998) si distinguono, sia in superficie che nel sottosuolo 3 Unità Idrostratigrafiche di rango superiore, denominate Gruppi Acquiferi A, B e C, a loro volta suddivise in 12 unità, gerarchicamente inferiori, denominate Complessi di Acquiferi (cfr. Fig. 8). Esse affiorano sul margine meridionale del Bacino Idrogeologico della Pianura per poi immergersi verso nord al di sotto dei sedimenti depositati dal fiume Po e dai suoi affluenti negli ultimi 20.000 anni, contenenti acquiferi di scarsa estensione e potenzialità (Acquifero Superficiale).

Ciascun Gruppo Acquifero risulta idraulicamente separato, almeno per gran parte della sua estensione, da quelli sovrastanti e sottostanti, grazie a livelli argillosi di spessore plurimetrico sviluppati a scala regionale, denominati Barriere di Permeabilità Regionali.

Al suo interno ogni Gruppo è composto da serbatoi acquiferi sovrapposti e giustapposti, parzialmente o totalmente isolati tra loro, suddivisi, in senso orizzontale, in Complessi Acquiferi, da barriere di permeabilità costituite da corpi geologici decimetrici, a prevalente granulometria fine, interpretabili come sistemi deposizionali interdeltizi o di interconoide e bacino interfluviale.

Nella zona in esame il Gruppo Acquifero A risulta affiorante o subaffiorante ed è caratterizzato da ghiaie e ciottoli dominanti.

**MO-E-1357** - Adeguamento dei manufatti di regolazione e sfioro della cassa di espansione del fiume Secchia comprensivo della predisposizione della possibilità di regolazione in situazioni emergenziali anche per piene ordinarie in relazione alla capacità di deflusso del tratto arginato (ex codice 10969) e avvio dell'adeguamento in quota e potenziamento strutturale dei rilevati arginali del sistema cassa espansione esistente

**MO-E-1273** - Lavori di ampliamento e adeguamento della cassa di espansione del Fiume Secchia nel comune di Rubiera (RE) (Accordo di programma Ministero- RER- Parte A)

| PRINCIPALI UNITA' STRATIGRAFICHE |  |  |   |   | ETA'<br>(milioni di anni)              | SCALA<br>CRONOSTRATIGRAFICA<br>(milioni di anni) | UNITA' IDROSTRATIGRAFICHE           |  |                                 |                             |   |                   |                                    |       |   |    |
|----------------------------------|--|--|---|---|--|--|-------------------------------------|--|---------------------------------|-----------------------------|---|-------------------|------------------------------------|-------|---|----|
| AFFIORANTI                       |  |  | SEPOLTE   |   |  |  | GRUPPO<br>ACQUIFERO                 | COMPLESSO<br>ACQUIFERO                     |                                 |                             |   |                   |                                    |       |   |    |
| QUATERNARIO<br>CONTINENTALE      | DILUVIUM p.p.  | TERRE ROSSE, DILUVIUM,<br>ALLUVIUM, TERRAZZI<br>E ALLUVIONI                              | FORMAZIONE<br>FLUVIO - LACUSTRE   | FORMAZIONE<br>DI QUARTELLO                            | UNITA' DI VILLA<br>DEL BOSCO           | UNITA' DI CA DI SOLA                             | SUPERSISTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO     | SISTEMA<br>EMILIANO-ROMAGNOLO<br>SUPERIORE | UNITA' DI<br>BORGO PANIGALE     | CRIZZANTE<br>DI FORSOLO     | ALLUVIONI / QUATERNARIO MARINO E SABBIE DI ASTI | ~0.12             | PLEISTOCENE<br>SUPERIORE - OLOCENE | 0.125 | A | A1 |
|                                  |  |  |   |   |  |  |                                     |  |                                 |                             |   |                   |                                    | A2    |   |    |
|                                  |  |  |   |   |  |  |                                     |  |                                 |                             |   |                   |                                    | A3    |   |    |
|                                  |  |  |   |   |  |  |                                     |  |                                 |                             |   |                   |                                    | A4    |   |    |
| QUATERNARIO<br>MARINO            | MILAZZANO<br>SABBIE DI CASTELVETRO p.p.<br>SABBIE GIALLE DI IMOLA p.p. | MILAZZANO e CALABRIANO p.p.<br>SABBIE DI CASTELVETRO p.p.<br>SABBIE GIALLE DI IMOLA p.p. | CALABRIANO p.p.<br>SABBIE DI MONTERICO<br>FORMAZIONE DI TERRA del SOLE p.p. | CALABRIANO p.p.<br>FORMAZIONE DI CASTELL'ARQUATO p.p. | SUPERSISTEMA DEL<br>QUATERNARIO MARINO | SUBSISTEMA<br>QUATERNARIO MARINO 3'              | SUBSISTEMA<br>QUATERNARIO MARINO 3' | SISTEMA<br>QUATERNARIO MARINO 2            | SISTEMA<br>QUATERNARIO MARINO 1 | PILOCENE<br>MEDIO SUPERIORE | ALLUVIONI / QUATERNARIO MARINO E SABBIE DI ASTI | ~0.35-0.45        | PLEISTOCENE<br>MEDIO               |       | B | B1 |
|                                  |  |  |   |   |  |  |                                     |  |                                 |                             |   |                   |                                    | B2    |   |    |
|                                  |  |  |   |   |  |  |                                     |  |                                 |                             |   |                   |                                    | B3    |   |    |
|                                  |  |  |   |   |  |  |                                     |  |                                 |                             |   |                   |                                    | B4    |   |    |
| P <sub>2</sub>                   | FORMAZIONE DI CASTELL'ARQUATO p.p.                                     | SUPERSISTEMA DEL<br>PILOCENE MEDIO-SUPERIORE   |   |   |  |  |                                     |  |                                 |                             | ALLUVIONI / QUATERNARIO MARINO E SABBIE DI ASTI | ~0.65             |                                    |       | C | C1 |
|                                  |  |  |   |   |  |  |                                     |  |                                 |                             |   |                   |                                    | C2    |   |    |
|                                  |  |  |   |   |  |  |                                     |  |                                 |                             |   |                   |                                    | C3    |   |    |
|                                  |  |  |   |   |  |  |                                     |  |                                 |                             |   |                   |                                    | C4    |   |    |
|                                  |  |  |   |   |  |  |                                     |  |                                 |                             | ALLUVIONI / QUATERNARIO MARINO E SABBIE DI ASTI | ~0.8              | 0.89                               |       |   | C5 |
|                                  |  |  |   |   |  |  |                                     |  |                                 |                             |   |                   |                                    |       |   |    |
|                                  |  |  |   |   |  |  |                                     |  |                                 |                             |   |                   |                                    |       |   |    |
|                                  |  |  |   |   |  |  |                                     |  |                                 |                             |   |                   |                                    |       |   |    |
|                                  |  |  |   |   |  |  |                                     |  |                                 |                             | ALLUVIONI / QUATERNARIO MARINO E SABBIE DI ASTI | ~1.0              | PLEISTOCENE<br>INFERIORE           | 1.72  |   |    |
|                                  |  |  |   |   |  |  |                                     |  |                                 |                             |   |                   |                                    |       |   |    |
|                                  |  |  |   |   |  |  |                                     |  |                                 |                             |   |                   |                                    |       |   |    |
|                                  |  |  |   |   |  |  |                                     |  |                                 |                             |   |                   |                                    |       |   |    |
|                                  |  |  |   |   |  |  |                                     |  |                                 |                             | ALLUVIONI / QUATERNARIO MARINO E SABBIE DI ASTI | ~2.2              | PILOCENE<br>MEDIO - SUPERIORE      |       |   |    |
|                                  |  |  |   |   |  |  |                                     |  |                                 |                             |   |                   |                                    |       |   |    |
|                                  |  |  |   |   |  |  |                                     |  |                                 |                             |   |                   |                                    |       |   |    |
|                                  |  |  |   |   |  |  |                                     |  |                                 |                             |   |                   |                                    |       |   |    |
|                                  |  |  |   |   |  |  |                                     |  |                                 |                             | ALLUVIONI / QUATERNARIO MARINO E SABBIE DI ASTI | ~3.3-3.6          | 3.55                               |       |   |    |
|                                  |  |  |   |   |  |  |                                     |  |                                 |                             |   |                   |                                    |       |   |    |
|                                  |  |  |   |   |  |  |                                     |  |                                 |                             |   |                   |                                    |       |   |    |
|                                  |  |  |   |   |  |  |                                     |  |                                 |                             |   |                   |                                    |       |   |    |
|                                  |  |  |   |   |  |  |                                     |  |                                 |                             | ALLUVIONI / QUATERNARIO MARINO E SABBIE DI ASTI | ~3.9              | PILOCENE INFERIORE<br>MIOCENE      |       |   |    |
|                                  |  |  |   |   |  |  |                                     |  |                                 |                             |   |                   |                                    |       |   |    |
|                                  |  |  |   |   |  |  |                                     |  |                                 |                             |   |                   |                                    |       |   |    |
|                                  |  |  |   |   |  |  |                                     |  |                                 |                             |   |                   |                                    |       |   |    |
|                                  |  |  |   |   |  |  |                                     |  |                                 |                             |   | ACQUITARIO BASALE |                                    |       |   |    |

**Fig. 8 – Schema idrostratigrafico della Pianura Emiliano-Romagnola**

Il Gruppo Acquifero A è ulteriormente suddivisibile in 5 Complessi Acquiferi, riferibili ad altrettante Unità Idrostratigrafiche-Sequenziali: il Complesso Acquifero A<sub>0</sub>, il Complesso Acquifero A<sub>1</sub>, il Complesso Acquifero A<sub>2</sub>, il Complesso Acquifero A<sub>3</sub> e il Complesso Acquifero A<sub>4</sub>.

Nella sezione riportata in Fig. 5 a pag. 16, in corrispondenza della cassa d'espansione del fiume Secchia, sembrerebbe che, in superficie, sia presente un serbatoio, sede della prima falda, di spessore inferiore ai 10 m, sovrastante un importante sistema acquitardo che lo separa dagli acquiferi sottostanti. In effetti il quadro idrostratigrafico, esaminato con maggior dettaglio, alla luce delle numerose indagini pregresse, risulta più complesso, come verrà descritto nel successivo capitolo 4.

In generale, facendo riferimento alla Relazione geologico-tecnica redatta da AIPo a supporto del Progetto Preliminare dei “Lavori di laminazione del fiume Secchia”, sono

*stati riconosciuti due sistemi acquiferi principali che possono essere differenziati, nella porzione di studio, come di seguito riportato:*

- 1) sistema acquifero superficiale;
- 2) sistema acquifero profondo.

1) Il sistema acquifero superficiale si identifica a partire dal p.c. sino ad una profondità di circa 50-60 m dal p.c. e risulta costituito da un orizzonte di ghiaie prevalenti che, in direzione Nord, tende a compartimentarsi in più orizzonti ghiaiosi, separati tra loro da lenti limoso-argillose che, localmente, possono creare condizioni di confinamento-semiconfinamento delle falde ivi contenute. In corrispondenza di questo sistema acquifero sono localizzati solo i filtri più superficiali dei pozzi acquedottistici di Bosco Fontana e del nuovo pozzo P5 posto a Nord della cassa d'espansione; mentre è concentrato tutto il prelievo ad opera dei pozzi del campo acquedottistico di Fondo Albone (Possessione Riva). In quest'ultimo campo pozzi si rinviene nei primi 20 m del sottosuolo la presenza di litologie prevalentemente fini (limoso-argillose), dal momento che tali pozzi ricadono nel settore posto a Nord, zona distale della conoide, definito dalla citata scarpata del Rivone.

2) Il sistema acquifero profondo si identifica a partire da una profondità di circa 70 m dal p.c. (campo pozzi Bosco Fontana) sino ad oltre 100 m dal p.c.. Si tratta di orizzonti di ghiaie prevalenti, localmente separati da setti di natura argillosa. In corrispondenza di questo sistema acquifero sono localizzati i tratti filtranti più profondi dei pozzi acquedottistici di Bosco Fontana e del pozzo P5 posto a Nord della cassa d'espansione. Dai dati stratigrafici disponibili tra i due sistemi acquiferi si rileva la presenza di un orizzonte continuo, a granulometria fine (argille e limi prevalenti), avente uno spessore variabile all'incirca tra 30 e 40 m che separa i due sistemi, sebbene sia utile segnalare che nel settore a Nord della cassa di espansione è stato riscontrato (cfr. relazioni Pellegrini et alii, 1990 e Gasparini, 2001) un fenomeno di drenanza dalla falda profonda alla falda superficiale.

## 3.2 Dinamica della prima falda

Passando a considerare la dinamica delle acque, l'elevato grado di permeabilità delle unità litologiche affioranti o sub-affioranti garantisce l'interscambio tra la falda e i corpi idrici superficiali (nello specifico, il fiume Secchia).

Il corso d'acqua costituisce un limite laterale a potenziale imposto che, ad ogni variazione idrometrica, genera un movimento analogo nei livelli piezometrici, anche se di ampiezza minore e sfasato nel tempo in rapporto alla distanza e alla trasmissività dei sedimenti.

Nel complesso la superficie freatica, senza considerare le perturbazioni locali, imputabili soprattutto agli emungimenti, è stata ricostruita e rappresentata graficamente, sulla base di una serie di misure che rappresentano tre situazioni differenti:

- misure effettuate dal 15 al 17 novembre 2017 (Fig. 9)
- misure effettuate dal 2 al 4 febbraio 2019 (Fig. 10)
- misure effettuate il 14 maggio 2019 (Fig. 11)

Nella Carta idrogeologica di All(RG). 2 oltre alle misure del livello di falda relative alle misure più recenti (maggio 2019), sono indicati la permeabilità e i punti di misura. Le superfici freatiche così ottenute, sono state confrontate criticamente tra di loro e con precedenti studi (vedi in particolare, quelli a supporto del progetto definitivo del "Raccordo Autostradale Campogalliano-Sassuolo, di collegamento tra la A22 e la SS 467 Pedemontana", dei PSC di Rubiera e di Modena, della Variante Generale 2016 al Piano delle Attività Estrattive del Comune di Rubiera), presentano un andamento abbastanza costante con orientazione delle direzioni di flusso della falda prevalentemente verso NE, in accordo con la dinamica dell'intero sistema acquifero.

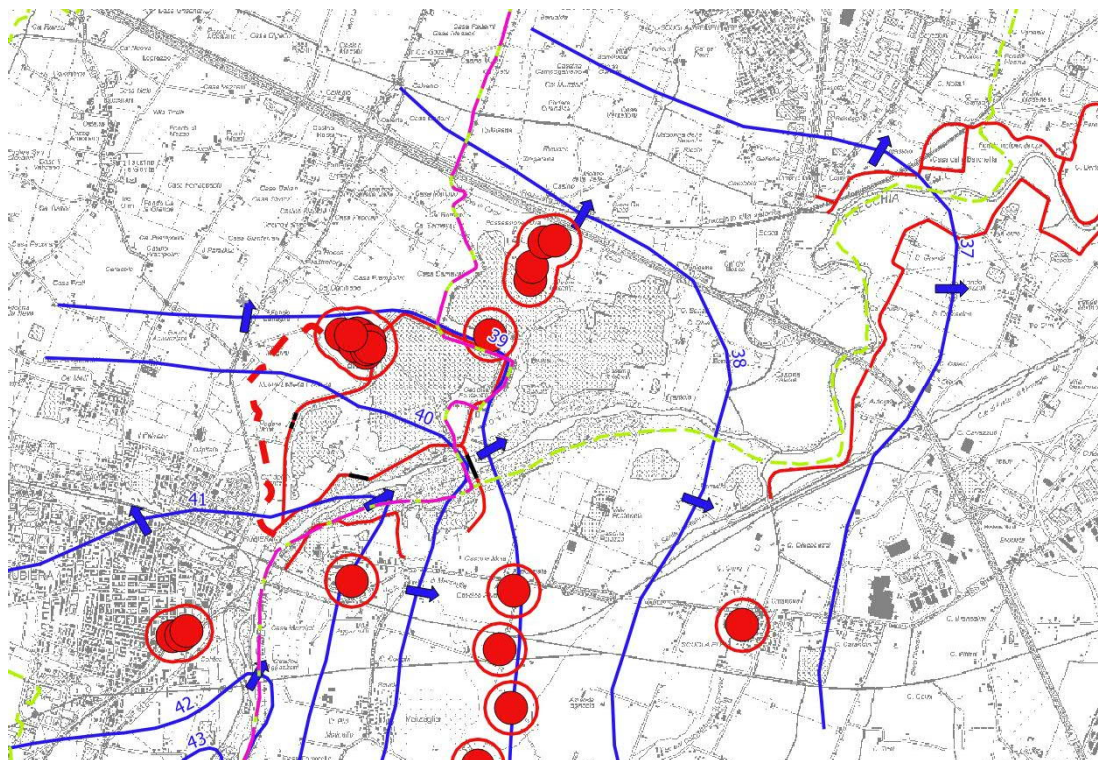


**MO-E-1357** - Adeguamento dei manufatti di regolazione e sfioro della cassa di espansione del fiume Secchia comprensivo della predisposizione della possibilità di regolazione in situazioni emergenziali anche per piene ordinarie in relazione alla capacità di deflusso del tratto arginato (ex codice 10969) e avvio dell'adeguamento in quota e potenziamento strutturale dei rilevati arginali del sistema cassa espansione esistente

**MO-E-1273** - Lavori di ampliamento e adeguamento della cassa di espansione del Fiume Secchia nel comune di Rubiera (RE) (Accordo di programma Ministero- RER- Parte A)

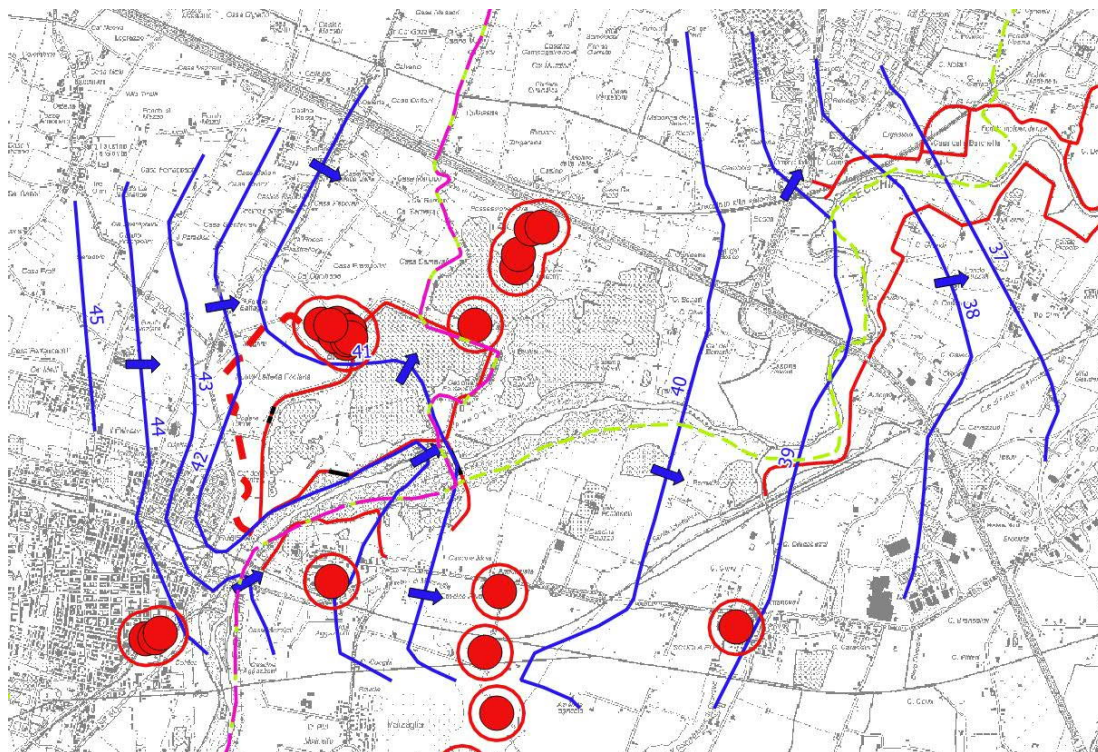


**Fig. 9 – Superficie freatica campagna novembre 2017**



**Fig. 10 – Superficie freatica campagna febbraio 2019**





**Fig. 11 – Superficie freatica campagna maggio 2019**

Le curve isofreatiche presentano una concavità verso monte, con asse in corrispondenza del fiume Secchia, a testimoniare un'azione alimentante da parte dello stesso corso d'acqua. Per quanto riguarda una disamina più dettagliata dei rapporti tra la piovosità, i livelli idrici del fiume e delle casse e i livelli di falda si rimanda al successivo Cap. 3.3.

La carta riferita al Maggio 2019 risulta abbastanza diversa dalle precedenti poiché è stata realizzata tenendo conto dei nuovi piezometri realizzati appositamente nella campagna di indagine 2018-2019. Tali dati hanno consentito definire in modo molto più preciso la morfologia del tetto della falda, soprattutto nelle immediate vicinanze della casse. In particolare, appare evidente la presenza del cono di depressione indotto dal campo pozzi di Bosco Fontana.

La soggiacenza della falda, considerata in un periodo di minima (novembre 2017), risulta variabile: nell'ordine dei 10÷15 m da piano campagna, nel settore meridionale, e si riduce a circa 5 m in quello settentrionale.

A fine maggio, a seguito di eventi di piena e di pioggia particolarmente lunghi ed intensi, la variabilità della soggiacenza risulta ancor più evidente: nell'ordine dei 9÷11 m da piano campagna nel settore meridionale a sud della cassa, passando ai 3÷7 m nel settore settentrionale a nord della cassa, e si riduce a circa 0÷2 m in quello orientale con zone subaffioranti.

Nelle campagne di novembre e febbraio l'andamento è pressoché identico, varia solamente la quota della falda che, risulta più alta di circa 2 m nel mese invernale. Il livello statico risulta ulteriormente innalzato di altri 2 nelle misure di maggio.

Le misure relative alle 3 campagne sono riportate in Tab. 1:

| id | database        | SIGLA      | Profondità Raggiunta dalla prova | TIPO INDAGINE | COMUNE        | Quota p.c. | Quota assoluta falda |            |            |
|----|-----------------|------------|----------------------------------|---------------|---------------|------------|----------------------|------------|------------|
|    |                 |            |                                  |               |               |            | falda 11/17          | falda 2/19 | falda 5/19 |
| 1  | campagna        |            | 28                               | Pozzo         | RUBIERA       | 42.77      | 36.67                |            | 40.18      |
| 2  | campagna        |            | 80                               | Pozzo         | CAMPOGALLIANO | 46.07      | 37.87                |            | 40.64      |
| 3  | campagna        |            | 8                                | Pozzo         | CAMPOGALLIANO | 41         | 36.6                 |            | 40.30      |
| 4  | PAE_Rubiera     | C2-P2      |                                  | piezometro    | RUBIERA       | 45.6       | 37.37                | 40.3       | 41.30      |
| 5  | PAE_Rubiera     | C6-P6      |                                  | piezometro    | RUBIERA       | 46.3       | 38.25                | 41.1       | 42.02      |
| 6  | campagna        |            | 10.3                             | Pozzo         | MODENA        | 40         | 34.87                |            | 38.40      |
| 7  | campagna        |            |                                  | Pozzo         | MODENA        | 39         | 35                   |            | 38.44      |
| 8  | campagna        |            |                                  | Pozzo         | MODENA        | 40         | 35.15                | 37.2       | 38.50      |
| 9  | campagna        |            |                                  | Pozzo         | MODENA        | 39         | 34.36                |            | 37.50      |
| 10 | campagna        |            |                                  | Pozzo         | MODENA        | 45.2       | 35.86                |            | 38.98      |
| 11 | CARG            | 201100P627 | 23                               | Pozzo         | RUBIERA       | 53         | 40                   |            | 44.84      |
| 12 | campagna        |            | 13.8                             | Pozzo         | MODENA        | 49.5       | 36.6                 |            | 40.17      |
| 13 | Aipo-piezometri | S12        |                                  | piezometro    | CAMPOGALLIANO | 49.86      | 37.06                | 39.9       | 40.99      |
| 14 | campagna        |            | 20                               | piezometro    | MODENA        | 53         | 38.09                | 40.9       | 41.89      |
| 15 | campagna        | B33-PZ     | 20                               | piezometro    | MODENA        | 53.98      | 39.09                |            |            |
| 16 | CARG            | 201100P401 | 15                               | piezometro    | RUBIERA       | 46         | 36.1                 | 39         | 40.08      |
| 17 | PAE_Rubiera     | C8-P8      |                                  | piezometro    | RUBIERA       | 47.2       | 38.69                |            | 42.11      |
| 18 | campagna        |            |                                  | lago di cava  | RUBIERA       | 40.96      | 38.86                |            |            |
| 19 | campagna        |            |                                  | lago di cava  | RUBIERA       | 40.96      | 38.86                |            |            |
| 20 | Aipo-piezometri | S10        | 12                               | piezometro    | MODENA        | 49.86      |                      | 40.3       | 40.77      |
| 21 | Ind. 2018/19    | D_3_S_4    | 35                               | piezometro    | RUBIERA       | 49.61      |                      | 40.9       | 43.04      |
| 22 | Ind. 2018/19    | D_1_S_5    | 20                               | piezometro    | MODENA        | 49.33      |                      |            | 42.12      |
| 23 | Ind. 2018/19    | B_S_2      | 40                               | piezometro    | RUBIERA       | 49.3       |                      | 40.1       | 41.72      |

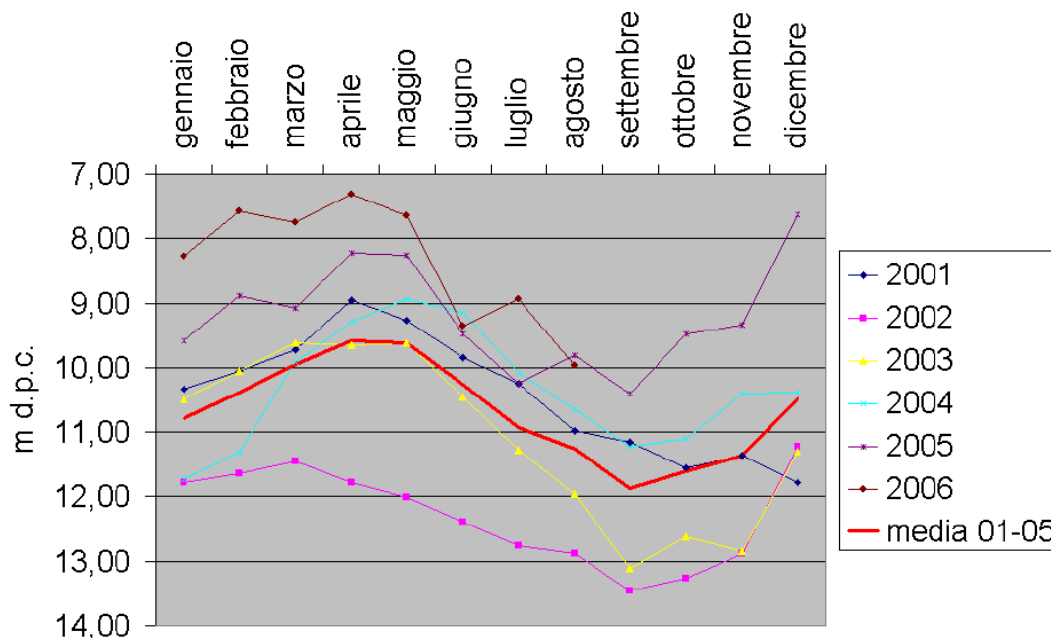
| id  | database     | SIGLA     | Profondità Raggiunta dalla prova | TIPO INDAGINE | COMUNE        | Quota p.c. | Quota assoluta falda |            |            |
|-----|--------------|-----------|----------------------------------|---------------|---------------|------------|----------------------|------------|------------|
|     |              |           |                                  |               |               |            | falda 11/17          | falda 2/19 | falda 5/19 |
| 24  | Ind. 2018/19 | D_6_S_2   | 39                               | piezometro    | CAMPOGALLIANO | 49.54      |                      | 39.5       | 40.25      |
| 25  | Ind. 2018/19 | D_3_S_1   | 33                               | piezometro    | RUBIERA       | 49.28      |                      | 41.2       | 42.29      |
| 26  | Ind. 2018/19 | D_2_S_1   | 20                               | piezometro    | RUBIERA       | 52.39      |                      |            | 47.09      |
| 27  | Ind. 2018/19 | I_Pozzo_V | 20                               | Pozzo         | RUBIERA       | 45.7       |                      |            | 41.20      |
| 28  | Ind. 2018/19 | I_Pozzo_M | 20                               | Pozzo         | RUBIERA       | 46         |                      |            | 40.29      |
| 29  | Ind. 2018/19 | A_S_3_N   | 36                               | piezometro    | CAMPOGALLIANO | 49.18      |                      |            | 40.52      |
| 30  | Ind. 2018/19 | D_7_S_1_r | 20                               | piezometro    | RUBIERA       | 44.14      |                      |            | 40.25      |
| 31  | Ind. 2018/19 | I_S_PZ_1  | 35                               | piezometro    | RUBIERA       | 46.7       |                      |            | 46.20      |
| 32  | Ind. 2018/19 | I_S_PZ_2  | 40                               | piezometro    | RUBIERA       | 46.7       |                      |            | 44.73      |
| 33  | Ind. 2018/19 | I_S_PZ_3  | 15                               | piezometro    | RUBIERA       | 44         |                      |            | 40.93      |
| 34  | Ind. 2018/19 | I_S_PZ_4  | 15                               | piezometro    | CAMPOGALLIANO | 42.5       |                      |            | 40.02      |
| 35  | Ind. 2018/19 | I_S_PZ_5  | 15                               | piezometro    | CAMPOGALLIANO | 43         |                      |            | 40.33      |
| 36  | Ind. 2018/19 | I_S_PZ_6  | 18                               | piezometro    | CAMPOGALLIANO | 38         |                      |            | 36.70      |
| 37  | Ind. 2018/19 | I_S_PZ_7  | 15                               | piezometro    | MODENA        | 37         |                      |            | 36.60      |
| 38  | Ind. 2018/19 | I_S_PZ_8  | 15                               | piezometro    | MODENA        | 41         |                      |            | 37.69      |
| 39  | Ind. 2018/19 | I_S_PZ_9  | 15                               | piezometro    | MODENA        | 44.8       |                      |            | 40.05      |
| 40  | Ind. 2018/19 | I_S_PZ_10 | 15                               | piezometro    | RUBIERA       | 53.5       |                      |            | 44.35      |
| 271 | Ind. 2018/19 | I_S_PZ_V1 | 20                               | piezometro    | RUBIERA       | 45.7       |                      | 40.2       | 41.39      |
| 272 | Ind. 2018/19 | I_S_PZ_V2 | 20                               | piezometro    | RUBIERA       | 45.7       |                      | 40.3       | 41.41      |
| 273 | Ind. 2018/19 | I_S_PZ_V3 | 20                               | piezometro    | RUBIERA       | 45.7       |                      |            | 41.14      |
| 281 | Ind. 2018/19 | I_S_PZ_M1 | 20                               | piezometro    | RUBIERA       | 46         |                      |            | 40.22      |
| 282 | Ind. 2018/19 | I_S_PZ_M2 | 20                               | piezometro    | RUBIERA       | 46         |                      | 39         | 40.17      |
| 283 | Ind. 2018/19 | I_S_PZ_M3 | 20                               | piezometro    | RUBIERA       | 46         |                      |            | 40.29      |

**Tab. 1 – Misure del livello di falda**

Il regime delle escursioni freatiche è di tipo unimodale, con un massimo primaverile (aprile-maggio) e un minimo tardo-estivo (settembre).

A riguardo un'elaborazione interessante è quella proposta dal Dott. Geol. Giorgio Gasparini, nello Studio geologico-minerario a supporto della Variante Generale 2016 al Piano delle Attività Estrattive del Comune di Rubiera, ove vengono rappresentati

gli andamenti annuali, nel quinquennio 2001-2005, del livello statico medio dei pozzi n° 1, n° 12 e n° 13 del Campo pozzi Fontana di AIMAG S.p.A. (cfr. Fig. 12).



**Fig. 12 – Andamenti annuali, nel quinquennio 2001-2005, del livello statico medio dei pozzi n° 1, n° 12 e n° 13 del Campo pozzi Fontana di AIMAG S.p.A. (da Variante Generale 2016 al P. A.E. del Comune di Rubiera)**

Dall'esame di Fig. 12, si osserva un'escursione media nell'ordine dei 2,5 m e un'escursione massima (nel 2003) pari a circa 3,5 m.

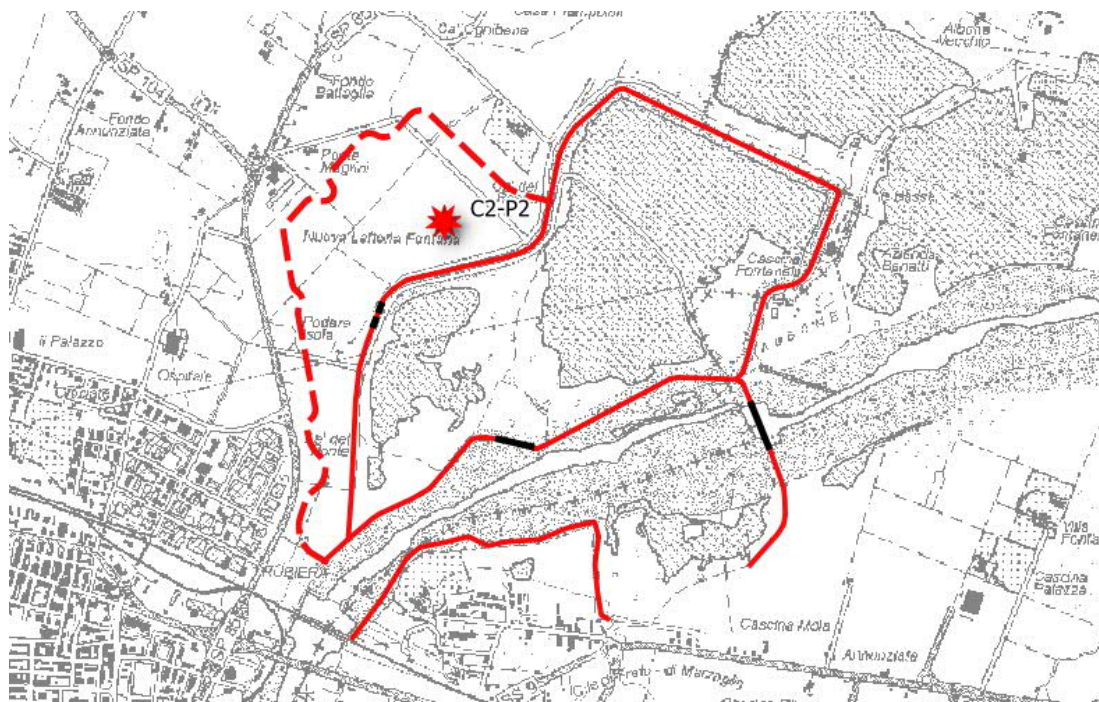
Infine, va segnalato che i dati disponibili sull'area convergono nell'indicare, a partire dagli anni '60, un significativo trend storico di abbassamento della falda causato da 3 principali fattori: il sempre maggiore fabbisogno idrico per gli scopi antropici, l'inalveamento del fiume Secchia dovuto alle attività estrattive infra-golenali e i cambiamenti climatici.

### 3.3 Influenza dei livelli idrici e della piovosità sulla falda

Per verificare la variazione dei livelli idrici all'introno della cassa è stato posto un sensore piezometrico con datalogger nel piezometro C2-P2, ubicato a nord della cassa, ad una distanza di circa 160 m dall'argine della cassa stessa (Fig. 13 – Ubicazione del



piezometro C2-P2 (Fig. 13). Il piezometro, che misura i livelli della prima falda con cadenza oraria, è stato installato ad inizio febbraio ed ha proseguito le misurazioni fino a fine maggio.



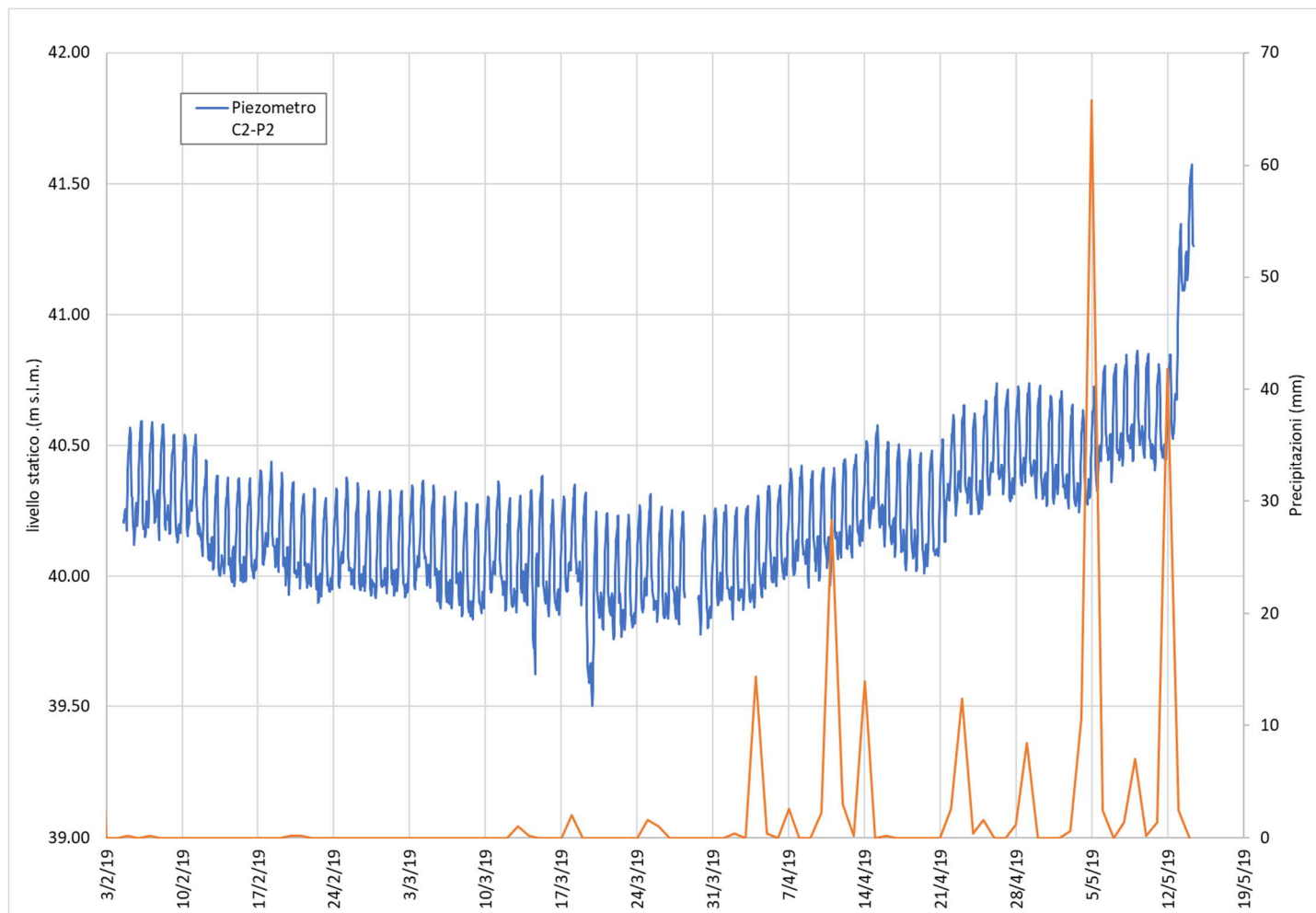
**Fig. 13 – Ubicazione del piezometro C2-P2**

Nella successiva Fig. 14 viene riportato il livello statico della falda, confrontato con le precipitazioni giornaliere registrate nella stazione di Marsaglia.

È evidente che il periodo fino a fine marzo, in assenza di precipitazioni, ha comportato un modesto abbassamento della falda. Le precipitazioni dei mesi di aprile e maggio hanno consentito di invertire la tendenza, ma con una variazione di circa 60-70 cm, molto graduale. È solo dal 12 maggio che si ha un innalzamento repentino, non ricollegabile alle precipitazioni.

I livelli statici della falda sono stati, quindi, confrontati con i livelli idrici del Secchia (sensore “Rubiera casse monte”). Il grafico di confronto è riportato in Fig. 15.





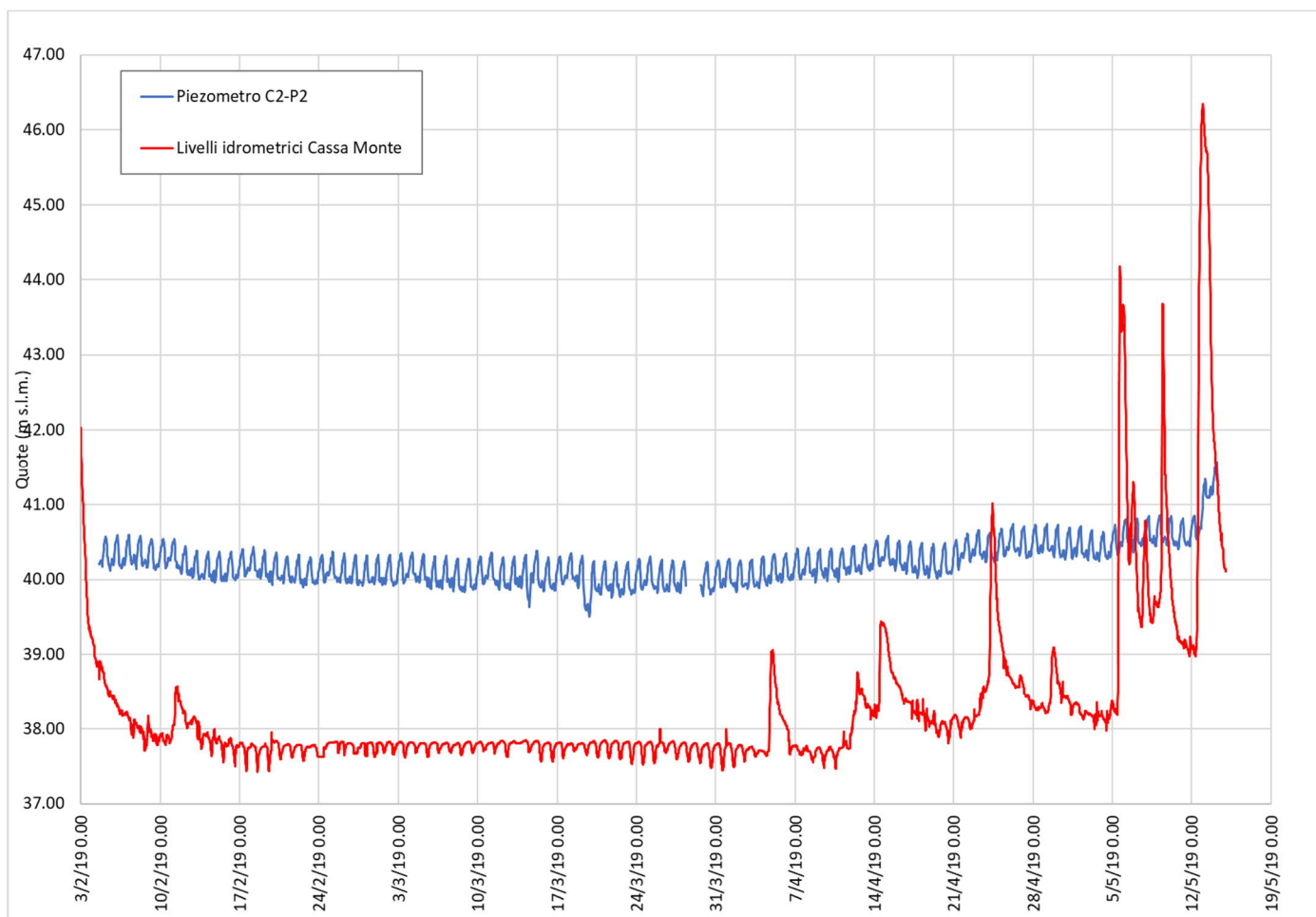
**Fig. 14 – Livello statico della falda del piezometro C2-P2 confrontato con le precipitazioni**

Anche in questo caso la correlazione appare analoga a quella delle precipitazioni, tranne che per l'innalzamento del 12 maggio. Appare evidente, infatti, che la piena in tale data è la sola causa del repentino innalzamento del livello di falda.

La spiegazione di tale fenomeno è legata alla quota di sfioro del manufatto di derivazione nell'invaso laterale, posta a 45.35 m s.l.m..

Fintanto che la piena rimane confinata nella cassa in linea, come è avvenuto per le piene precedenti a quella del 12 maggio, la falda ne risente in maniera molto modesta, ma appena si determina l'invaso della casse laterale la falda reagisce in maniera repentina e con innalzamenti significativi.

Tale situazione è illustrata con maggiore chiarezza in Fig. 16, in cui vengono riportati i livelli riferiti al solo periodo 5-12 maggio 2019, ed in cui è riportata anche la quota di sfioro del manufatto derivatore.

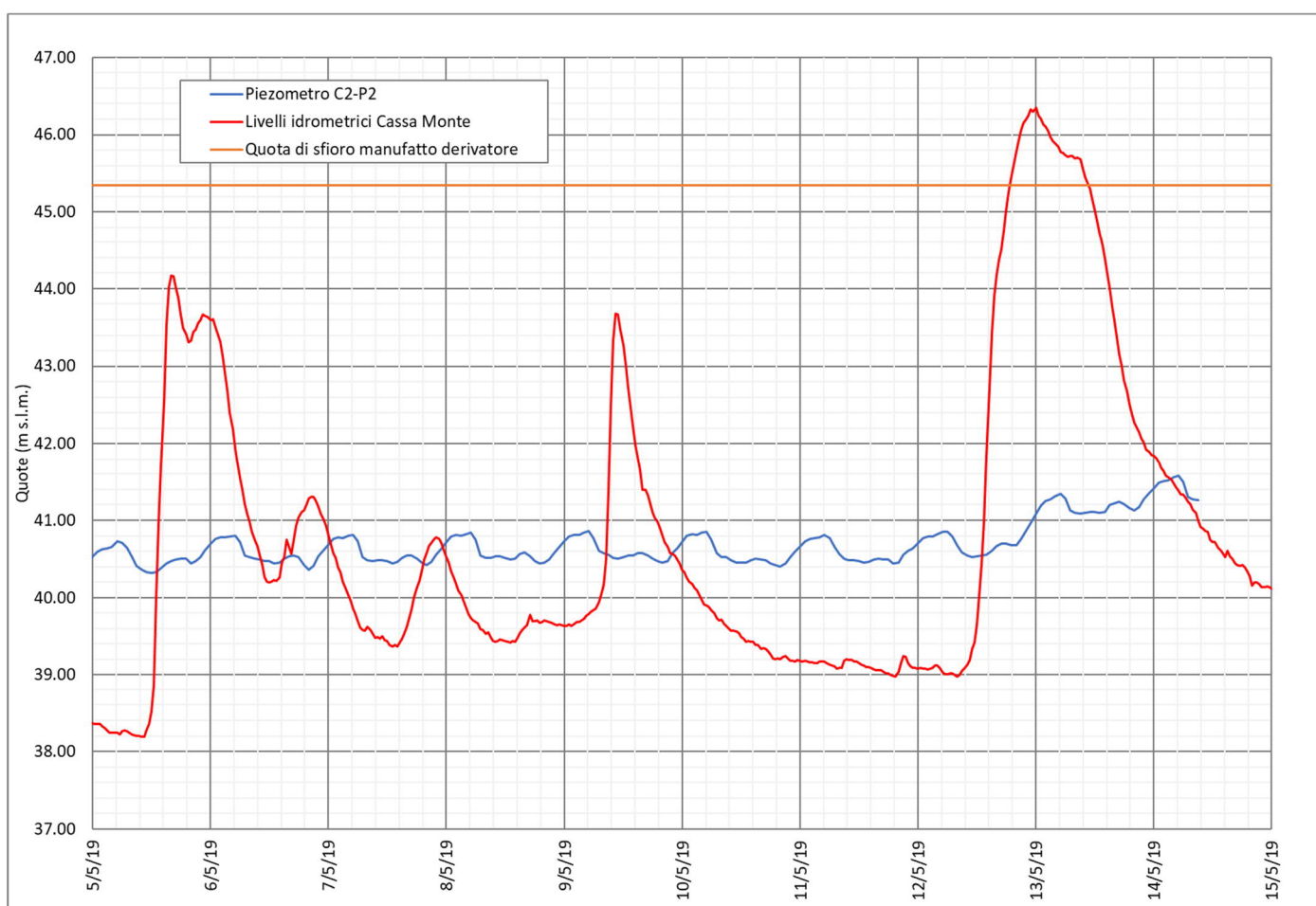


**Fig. 15 – Livello statico della falda del piezometro C2-P2 confrontato con il livello idrico del F. Secchia**

Il livello idrometrico del Secchia raggiunge la quota di sfioro tra le 18.30 e le 19.00 del 12 maggio, riversando le acque nella cassa laterale. La falda reagisce con un ritardo di poche ore, con un innalzamento che prosegue anche dopo che la piena è scesa sotto la quota di sfioro. Tale fenomeno è legato al fatto che il lago della cassa laterale ha

mantenuto livelli superiori a quelli della falda più a lungo rispetto alla durata della piena.

Le considerazioni sopra esposte consentono di evidenziare che tra i laghi delle casse e la falda esiste un interscambio diretto, molto veloce, legato all'elevata permeabilità dei depositi ghiaiosi che costituiscono l'acquifero.

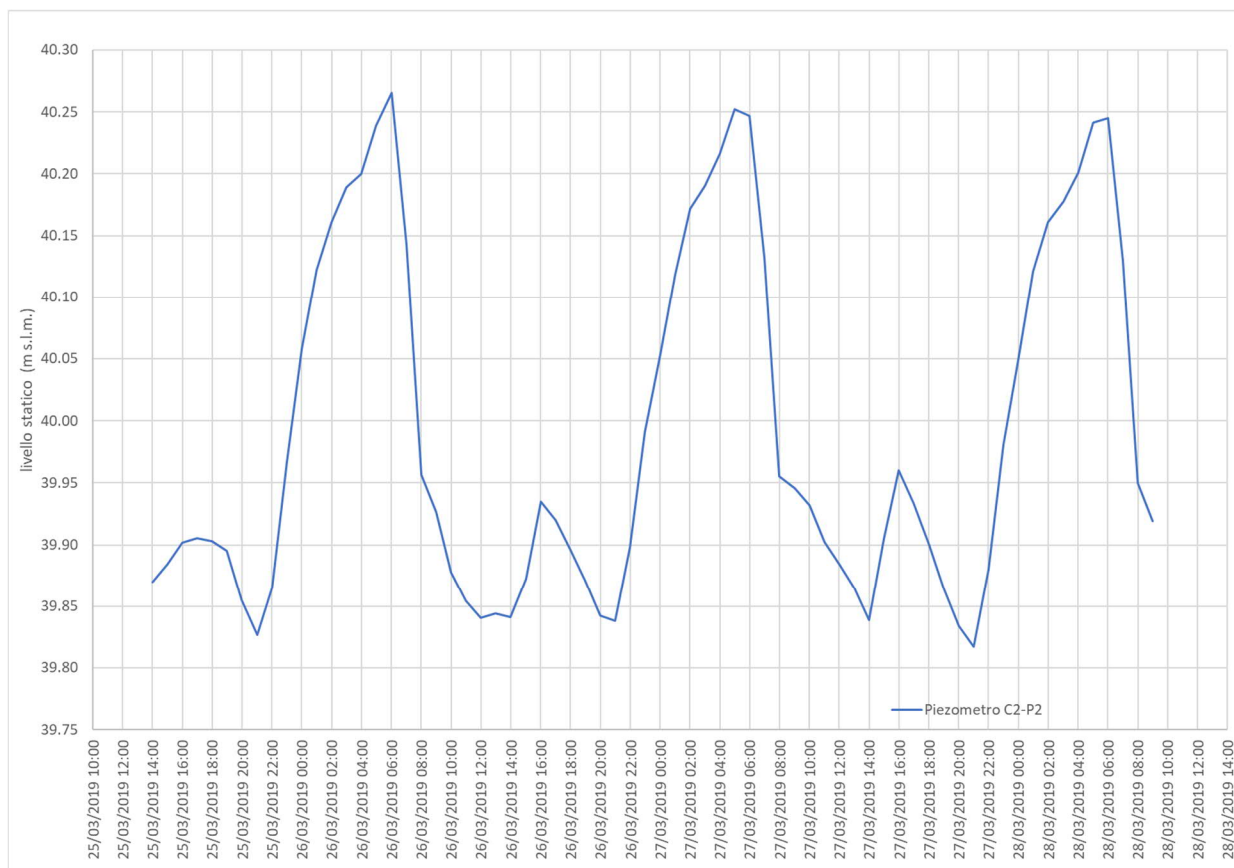


**Fig. 16 – Livello statico della falda del piezometro C2-P2 confrontato con il livello idrico del F. Secchia nel periodo 5-14 maggio 2019**

### 3.3.1 Oscillazioni giornaliere dei livelli di falda

I grafici presentati nelle figure precedenti evidenziano che durante l'intero giorno i livelli di falda subiscono oscillazioni costanti, molto regolari, con entità pari a circa 40 cm.

Come ben evidenziato dal grafico di Fig. 17, tale oscillazione è imputabile ad un pompaggio remoto che inizia regolarmente alle ore 6:00. Dall'inizio del pompaggio e fino alle ore 12:00-14:00, si assiste ad un abbassamento progressivo dei livelli, che poi si stabilizzano, con oscillazioni più modeste, fino alle 21:00, quando il pompaggio viene arrestato.



**Fig. 17 – Oscillazioni giornaliere del livello statico nel piezometro C2-P2**



### 3.4 Prove di pompaggio

Per una conoscenza dettagliata delle caratteristiche locali di trasmissività e permeabilità si sono realizzate due prove di pompaggio che hanno comportato le seguenti attività:

- misura dei livelli statici nel pozzo e nei piezometri del campo prova;
- inizio pompaggio e misura contemporanea degli abbassamenti in tutti i piezometri e nel pozzo a tempi prestabiliti dall'inizio del pompaggio;
- determinazione della durata della prova in funzione della risposta dell'acquifero al pompaggio (mantenimento del regime transitorio).

#### 3.4.1 Campo prova di monte

Per il campo prova di monte sono stati eseguite le seguenti indagini:

- N° 1 pozzo di prova con diametro di perforazione di 250 mm attrezzato con tubo in pvc da 180 mm microfessurato da 1 a 20 m
- N° 3 piezometri a tubo aperto di tipo Norton con profondità di 20 m

Il campo prove è ubicato come illustrato in Fig. 18 Lo spessore dell'acquifero risulta complessivamente di 15 m, vista la presenza di banchi ghiaiosi tra 0.5 e 10.5 m e tra 12.0 e 17.0 m da p.c.



**Fig. 18 - Ubicazione dei punti di prova**

In Fig. 24 è riportato lo schema della disposizione del pozzo e dei piezometri, con le relative distanze.

La prova, realizzata in data 29/03/2019, è stata condotta con una portata costante di 1000 l/minuto.

**MO-E-1357** - Adeguamento dei manufatti di regolazione e sfioro della cassa di espansione del fiume Secchia comprensivo della predisposizione della possibilità di regolazione in situazioni emergenziali anche per piene ordinarie in relazione alla capacità di deflusso del tratto arginato (ex codice 10969) e avvio dell'adeguamento in quota e potenziamento strutturale dei rilevati arginali del sistema cassa espansione esistente

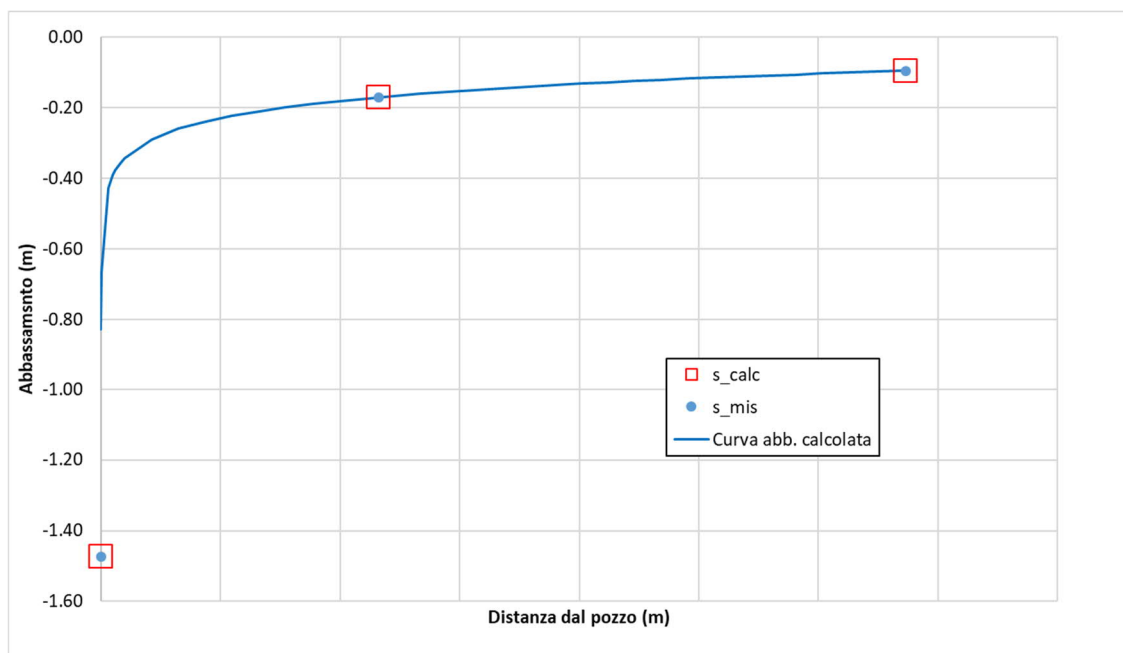
**MO-E-1273** - Lavori di ampliamento e adeguamento della cassa di espansione del Fiume Secchia nel comune di Rubiera (RE) (Accordo di programma Ministero- RER- Parte A)



**Fig. 19 – Schema di disposizione dei pozzi per la prova di monte**

In Fig. 20 viene rappresentata la curva calcolata dei massimi abbassamenti in funzione della distanza, nella direzione parallela al flusso della falda. La curva è stata calcolata sulla base del modello di approssimazione logaritmica di Jacob (cfr. § 3.4.3.1):

$$s = \frac{Q}{4T} \cdot \text{Log} \frac{2.25Tt}{x^2 S}$$



**Fig. 20 - Curva calcolata degli abbassamenti in funzione della distanza (direzione di flusso della falda)**

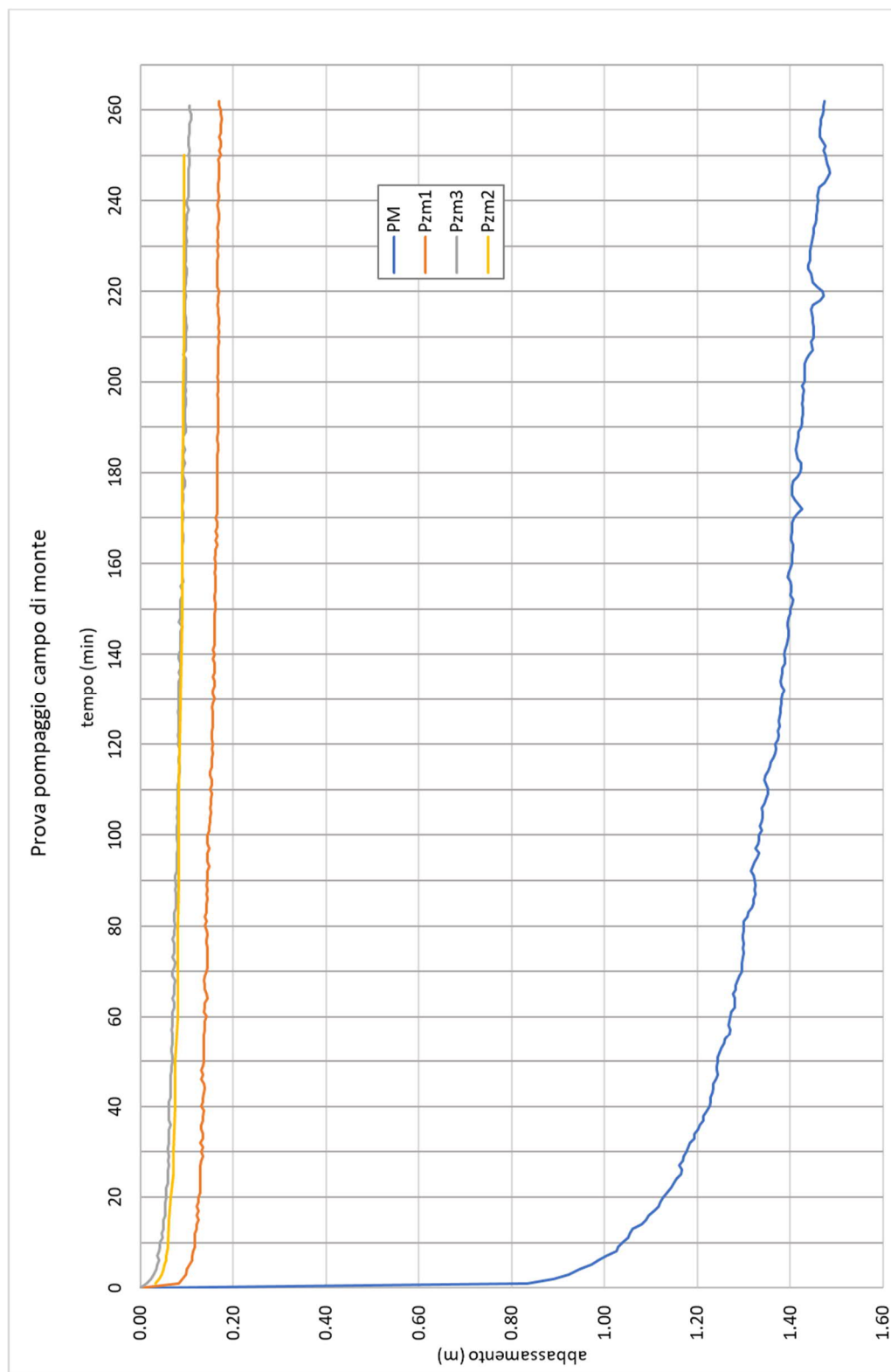
In Fig. 21 vengono riportate le curve abbassamenti tempi per il pozzo ed i tre piezometri di controllo.

In Fig. 22 vengono rappresentati gli stessi dati, per i soli piezometri, finalizzati alla valutazione delle rette di regressione logaritmica (cfr. § 3.4.3.1). Dalla figura si constata che i piezometri Pzm1 e Pzm3 presentano una marcata variazione della pendenza tra gli 80 ed i 110 minuti dall'inizio del pompaggio. In particolare, la pendenza tende ad aumentare, indicando la presenza di un limite imposto di trasmissività in diminuzione (riduzione dello spessore dell'acquifero o della permeabilità).



**MO-E-1357** - Adeguamento dei manufatti di regolazione e sfioro della cassa di espansione del fiume Secchia comprensivo della predisposizione della possibilità di regolazione in situazioni emergenziali anche per piene ordinarie in relazione alla capacità di deflusso del tratto arginato (ex codice 10969) e avvio dell'adeguamento in quota e potenziamento strutturale dei rilevati arginali del sistema cassa espansione esistente

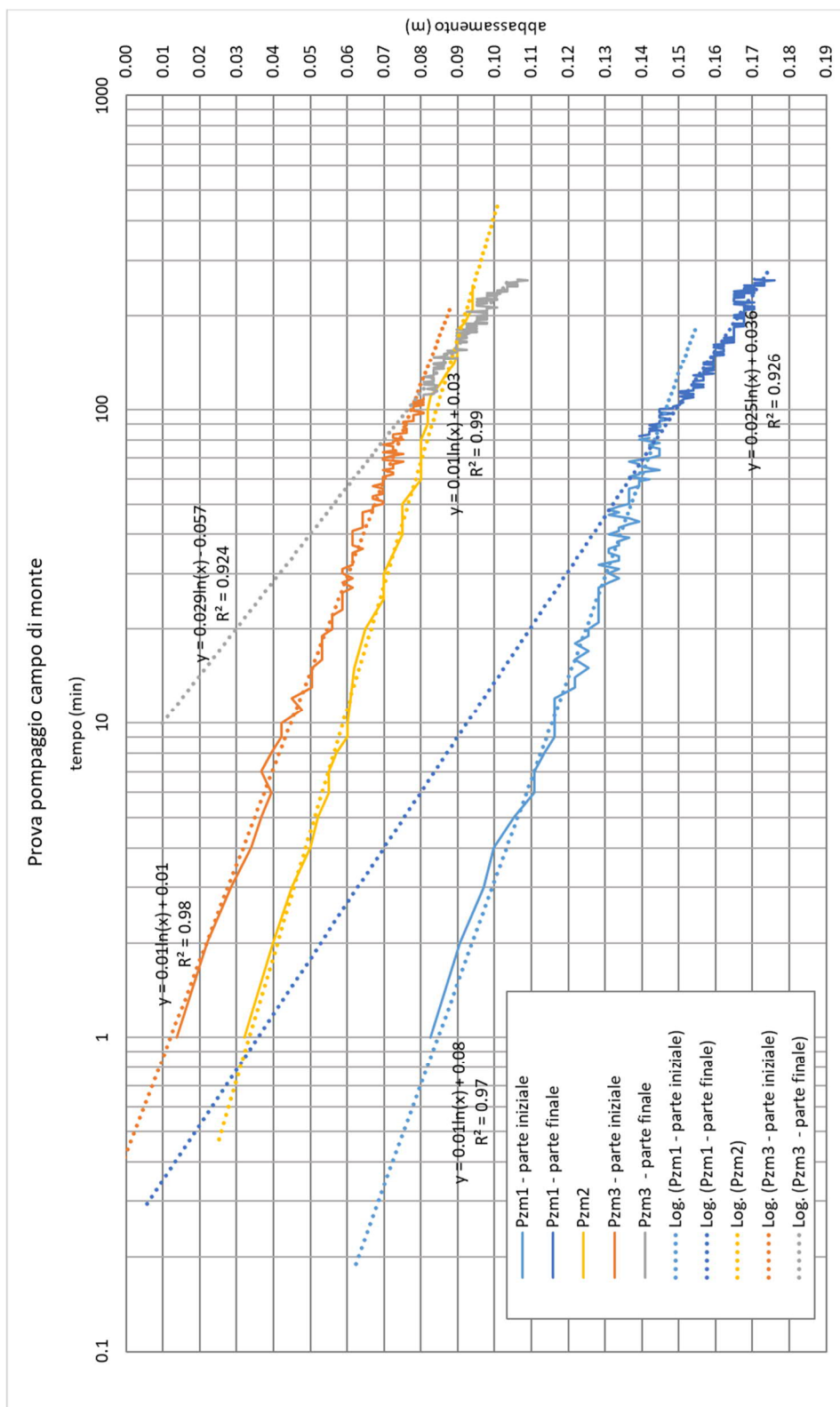
**MO-E-1273** - Lavori di ampliamento e adeguamento della cassa di espansione del Fiume Secchia nel comune di Rubiera (RE) (Accordo di programma Ministero- RER- Parte A)



**Fig. 21 – Grafico degli abbassamenti in funzione del tempo nei piezometri e nel pozzo di prova**

**MO-E-1357** - Adeguamento dei manufatti di regolazione e sfioro della cassa di espansione del fiume Secchia comprensivo della predisposizione della possibilità di regolazione in situazioni emergenziali anche per piene ordinarie in relazione alla capacità di deflusso del tratto arginato (ex codice 10969) e avvio dell'adeguamento in quota e potenziamento strutturale dei rilevati arginali del sistema cassa espansione esistente

**MO-E-1273** - Lavori di ampliamento e adeguamento della cassa di espansione del Fiume Secchia nel comune di Rubiera (RE) (Accordo di programma Ministero- RER- Parte A)



**Fig. 22 – Rette di regressione logaritmica degli abbassamenti nei piezometri**

### 3.4.2 Campo prova di valle

Per il campo prova di valle sono stati eseguite le seguenti indagini:

- N° 1 pozzo di prova con diametro di perforazione di 250 mm attrezzato con tubo in pvc da 180 mm microfessurato da 1 a 20 m
- N° 3 piezometri a tubo aperto di tipo Norton con profondità di 20 m

Il campo prove è ubicato come illustrato in Fig. 23

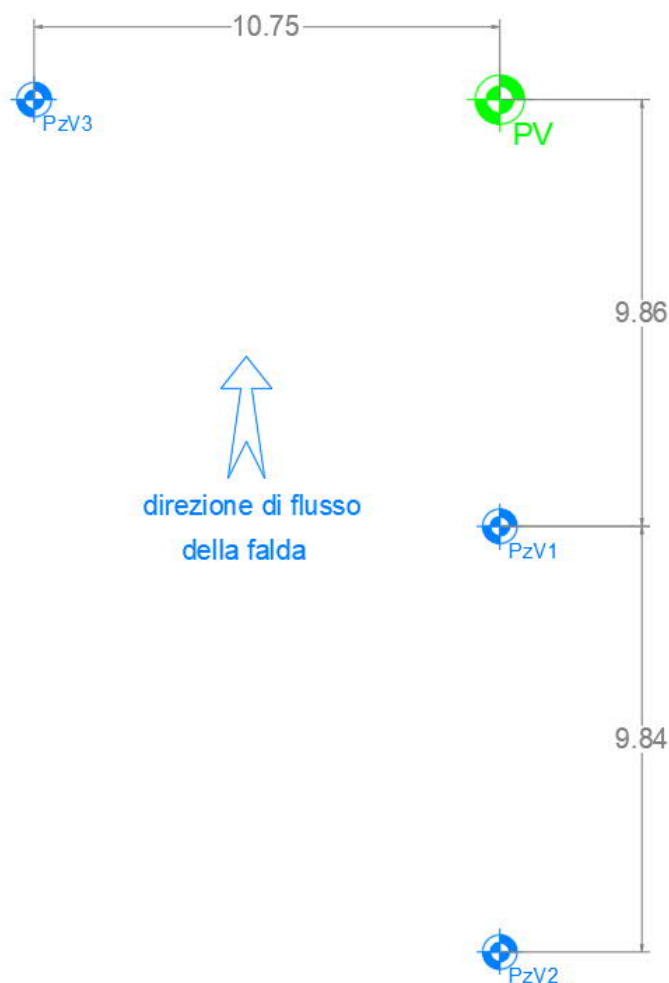
Lo spessore dell'acquifero risulta complessivamente di 11.5 m, vista la presenza di banchi ghiaiosi tra 1.0 e 5.0 m e tra 12.0 e 19.5 m da p.c.



**Fig. 23 - Ubicazione dei punti di prova**

La prova, realizzata in data 28/03/2019 è stata condotta con una portata costante di 1000 l/minuto.

In Fig. 24 è riportato lo schema della disposizione del pozzo e dei piezometri, con le relative distanze.

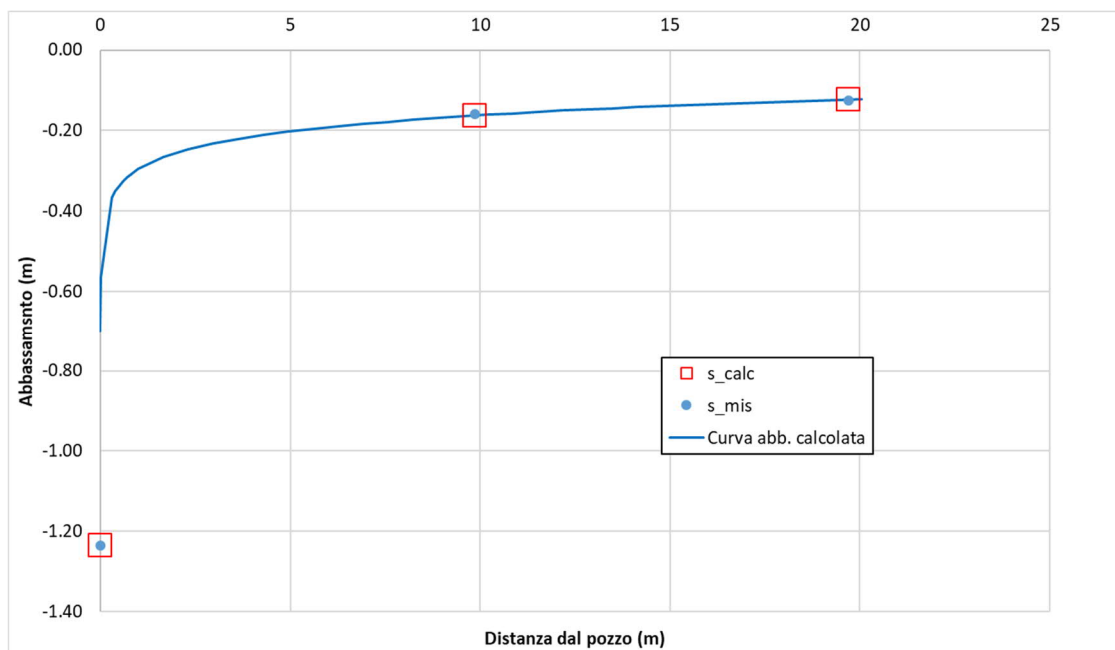


**Fig. 24 – Schema di disposizione dei pozzi per la prova di valle**

In Fig. 25 viene rappresentata la curva calcolata dei massimi abbassamenti in funzione della distanza, nella direzione parallela al flusso della falda. La curva è stata calcolata sulla base del modello di approssimazione logaritmica di Jacob (cfr. § 3.4.3.1):

$$s = \frac{Q}{4T} \cdot \text{Log} \frac{2.25Tt}{x^2 S}$$





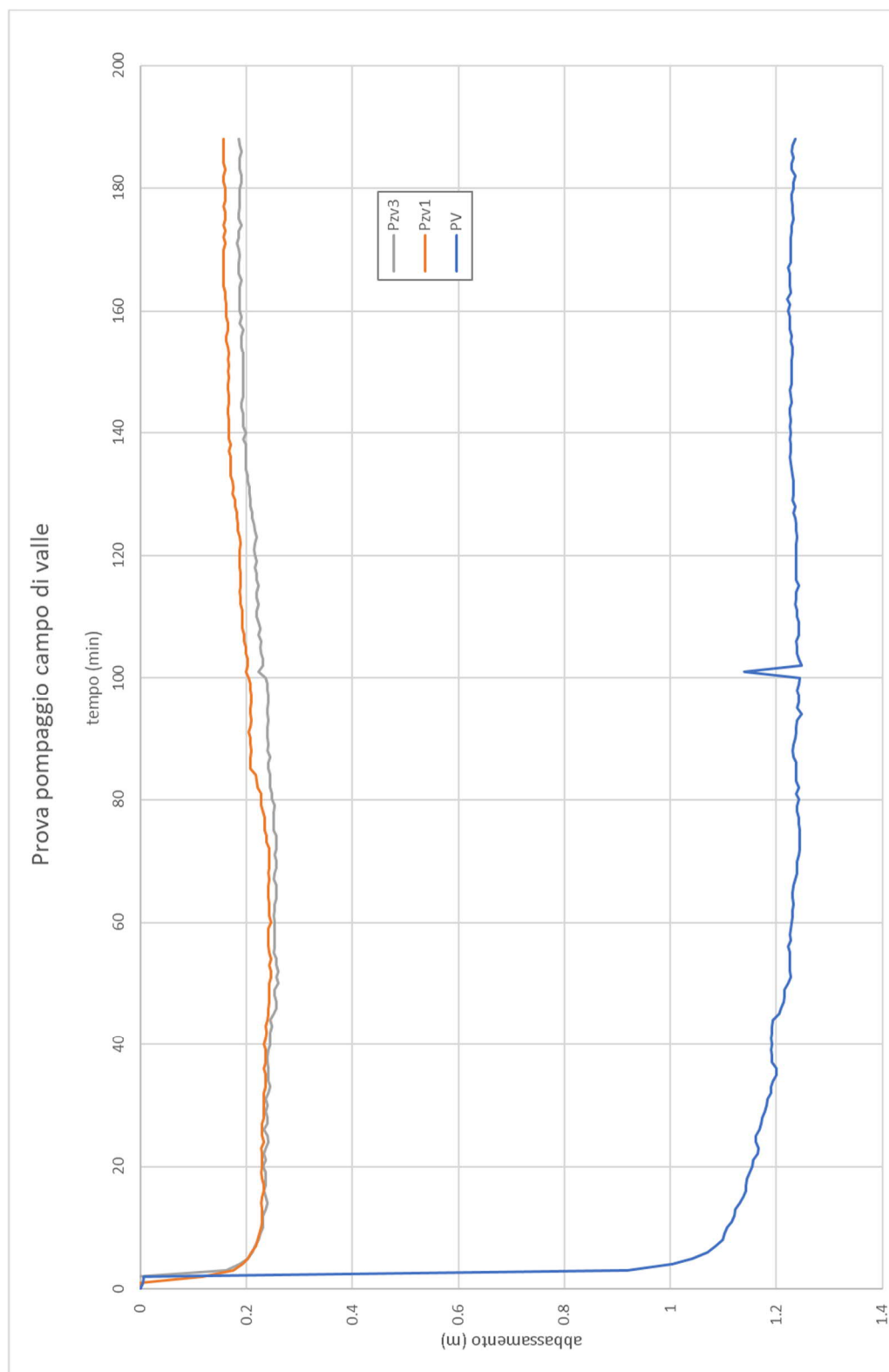
**Fig. 25 - Curva calcolata degli abbassamenti in funzione della distanza (direzione di flusso della falda)**

In Fig. 26 vengono riportate le curve abbassamenti tempi per il pozzo ed i tre piezometri di controllo. Le curve evidenziano che a partire dal minuto 70 (circa) la soggiacenza nei piezometri, invece di aumentare tende a diminuire. Ciò è legato, alla cessazione del pompaggio di un pozzo posto nelle vicinanze, come illustrato nel Cap. 3.3.1.

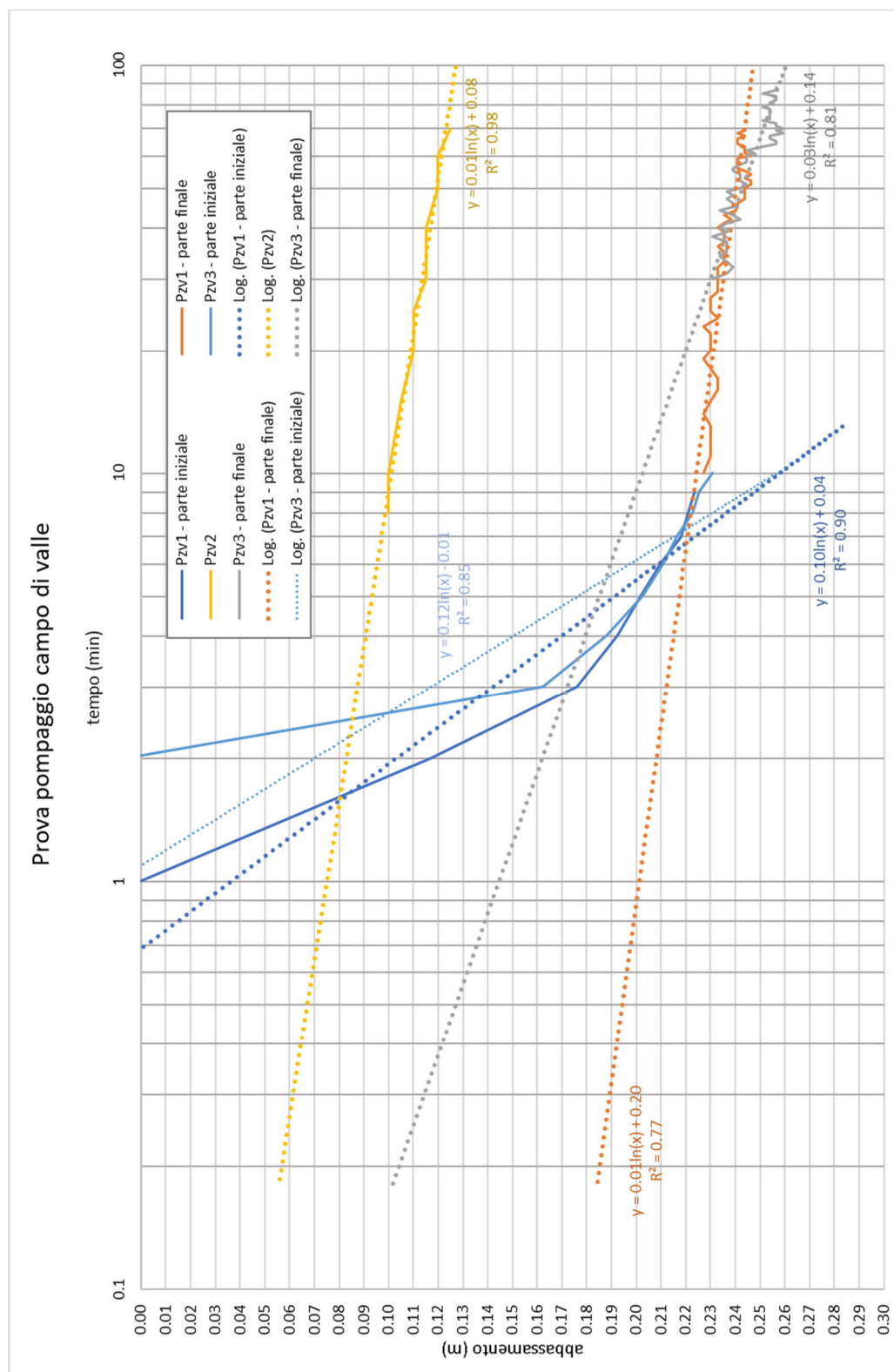
In Fig. 27 vengono rappresentati gli stessi dati, per i soli piezometri, per i tratti ritenuti significativi alla luce delle considerazioni sopra esposte, finalizzati alla valutazione delle rette di regressione logaritmica (cfr. § 3.4.3.1). Dalla figura si constata che i piezometri Pzm1 e Pzm3 presentano una marcata variazione della pendenza tra gli 80 ed i 110 minuti dall'inizio del pompaggio. In particolare, la pendenza tende ad aumentare, indicando la presenza di un limite imposto di trasmissività in aumento o, più probabilmente, una fonte di alimentazione (lago della cassa di espansione).

**MO-E-1357** - Adeguamento dei manufatti di regolazione e sfioro della cassa di espansione del fiume Secchia comprensivo della predisposizione della possibilità di regolazione in situazioni emergenziali anche per piene ordinarie in relazione alla capacità di deflusso del tratto arginato (ex codice 10969) e avvio dell'adeguamento in quota e potenziamento strutturale dei rilevati arginali del sistema cassa espansione esistente

**MO-E-1273** - Lavori di ampliamento e adeguamento della cassa di espansione del Fiume Secchia nel comune di Rubiera (RE) (Accordo di programma Ministero- RER- Parte A)



**Fig. 26 – Grafico degli abbassamenti in funzione del tempo nei piezometri e nel pozzo di prova**



**Fig. 27 – Rette di regressione logaritmica degli abbassamenti nei piezometri**

### 3.4.3 Interpretazione delle prove

#### 3.4.3.1 Metodi

Le prove di pompaggio a portata costante realizzate hanno determinato l'instaurazione di un cono di depressione, le cui caratteristiche (forma e dimensione) dipendono da:

T = trasmissività dell'acquifero (kH)

S = coefficiente di immagazzinamento

Q = portata emunta

Secondo l'interpretazione data da *Theis (1935)* "la depressione indotta dal pompaggio si propaga radialmente in maniera indefinita, ma a velocità decrescente" secondo la relazione:

$$s = \frac{Q}{4T} \int_u^\infty \frac{e^{-u}}{u} du$$

Dove:

$$\frac{Q}{4T} W(u)$$

$$\text{con } u = \frac{x^2 S}{4Tt}$$

in cui:

s = abbassamento registrato nel piezometro

x = distanza del piezometro di controllo dal pozzo

t = tempo dall'inizio della prova

Considerata la difficoltà di applicazione della formula ed i limiti connessi all'interpretazione (mezzo omogeneo ed isotropo, pozzo completo, ecc.) l'interpretazione della prova è stata effettuata con il *modello di approssimazione logaritmica di Jacob (1950)*.



$$s = \frac{Q}{4 T} \cdot \text{Log} \frac{2.25Tt}{x^2 S}$$

L'interpretazione di Jacob, ideata per pozzi in falda confinata, è adottabile anche per falde freatiche, quale quella in questione, a condizione che il rapporto tra l'abbassamento e lo spessore del saturo sia basso ( $s/H < 0.15$ ). Tale condizione è stata verificata nelle prove in questione.

Il dato relativo agli abbassamenti, per poter utilizzare la formula di approssimazione logaritmica di Jacob va corretto mediante la formula:

$$s' = s - \frac{s^2}{2H}$$

Dove

S = abbassamento

H = spessore del mezzo saturo

Sull'andamento degli abbassamenti calcolati ( $s'$ ) sono state successivamente tracciate le rette di approssimazione logaritmica (Fig. 22 e Fig. 27).

A tale scopo sono stati utilizzati gli intervalli più significativi per le curve delle due prove eseguite. Le rette sono risultate sostanzialmente parallele, indicando che nonostante la ricarica della falda da parte del fiume, le due prove hanno dato il medesimo risultato.

Dalla formula di Jacob si ricavano:

$$T = \frac{Q}{4 (s_2 - s_1)} \cdot \text{Log} \frac{t_2}{t_1}$$

Dove:

$s_1, s_2$  = abbassamenti ai tempi  $t_1$  e  $t_2$  in un singolo piezometro da cui, prendendo dal grafico  $t/s$  un valore  $t_2 = 10 t_1$  si ricava:

$$T = 0.183Q/c$$

dove  $c$  = abbassamento modulare.

Ed inoltre:

$$S = \frac{2.25Tt_0}{x^2}$$

Dove:

$t_0$  = tempo di risposta del piezometro (ricavato dalla retta di approssimazione logaritmica)

x = distanza del piezometro dal pozzo di prova

In realtà anche il valore di S (coefficiente di immagazzinamento) va corretto per tener conto della falda freatica mediante la formula:

$$S = \frac{H - s}{H} S'$$

### 3.4.3.2 Risultati

Sulla base delle formule sopra riportate sono stati calcolati i seguenti parametri:

| Prova             | Piezometro           | Trammissività<br>m <sup>2</sup> /s | Permeabilità<br>m/s   | Coeff. di<br>immagazzinamento |
|-------------------|----------------------|------------------------------------|-----------------------|-------------------------------|
| Campo<br>di monte | Pz1m parte iniziale  | 8.94*10 <sup>-2</sup>              | 5.96*10 <sup>-3</sup> | 1.79*10 <sup>-4</sup>         |
|                   | Pz1 m parte finale   | 4.79*10 <sup>-2</sup>              | 3.19*10 <sup>-3</sup> | 1.06*10 <sup>-2</sup>         |
|                   | Pz2                  | 9.94*10 <sup>-2</sup>              | 6.63*10 <sup>-3</sup> | 5.34*10 <sup>-4</sup>         |
|                   | Pz3 – parte iniziale | 8.39*10 <sup>-2</sup>              | 5.59*10 <sup>-3</sup> | 2.94*10 <sup>-2</sup>         |
|                   | Pz3 parte finale     | 4.00*10 <sup>-2</sup>              | 2.67*10 <sup>-3</sup> | 2.45*10 <sup>-1</sup>         |
| Campo<br>di valle | Pz1m parte iniziale  | 1.22*10 <sup>-2</sup>              | 1.06*10 <sup>-3</sup> | 1.19*10 <sup>-2</sup>         |
|                   | Pz1 m parte finale   | 7.67*10 <sup>-2</sup>              | 6.67*10 <sup>-3</sup> | 1.06*10 <sup>-7</sup>         |
|                   | Pz2                  | 1.22*10 <sup>-2</sup>              | 1.06*10 <sup>-3</sup> | 8.49*10 <sup>-5</sup>         |
|                   | Pz3 – parte iniziale | 1.03*10 <sup>-2</sup>              | 8.97*10 <sup>-4</sup> | 1.21*10 <sup>-2</sup>         |
|                   | Pz3 parte finale     | 4.13*10 <sup>-2</sup>              | 3.59*10 <sup>-3</sup> | 8.04*10 <sup>-5</sup>         |

**Tab. 2 – Risultati ottenuti dalle prove di pompaggio**

Il range di permeabilità dell'acquifero è compreso tra 0.9 e 6.7 \* 10<sup>-3</sup> m/s.

### 3.4.3.3 Distanza teorica dal limite di trasmissività

Il calcolo della distanza teorica dal limite di trasmissività può essere eseguito utilizzando la formula di Castany (1985):

$$d = \frac{x}{2} \sqrt{\frac{t_1}{t_0}}$$

dove

d = distanza teorica dal limite (m)

x = distanza pozzo-piezometro (m)

t<sub>1</sub> = tempo d'intersezione, corrispondente al punto in cui si osserva un netto cambiamento di pendenza sulla retta di regressione logaritmica (min)

t<sub>0</sub> = tempo d'intercetta sull'asse delle ascisse per s=0 (min)

Per il campo di monte la distanza teorica del limite di trasmissività, che determina un dimezzamento della stessa (cfr. Tab. 2) risulta molto diversa tra il piezometro Pzm1 (circa 1000 m), ed il piezometro Pzm3 (circa 80 m). Tale differenza potrebbe essere imputabile alla sostanziale disomogeneità dei banchi ghiaiosi che costituiscono l'acquifero, che potrebbero rastremarsi verso Ovest.

Per il campo di valle la distanza teorica del limite di trasmissività, che determina un aumento della stessa tra 4 e 6 volte (cfr. Tab. 2) risulta compresa tra 13 e 14 m. Vista la posizione del campo prova, adiacente all'argine della cassa, è evidente che la variazione di pendenza della retta logaritmica degli abbassamenti è da imputare all'ingresso delle acque del lago della cassa.

## 3.5 Permeabilità dei depositi

Di seguiti vengono riportati i valori di permeabilità per i diversi tipi di terreni, ottenuti con le diverse tipologie prove effettuate.

Per la determinazione della permeabilità dell'acquifero ghiaioso sono state effettuate le prove di pompaggio descritte nel Cap. 3.4 e di cui in Tab. 3 si riporta la sintesi.

Sempre per quanto riguarda i depositi ghiaiosi dell'acquifero, inoltre, sono disponibili i dati relativi alle prove Lefranc eseguite nel corso dei sondaggi, i cui risultati sono

sintetizzati in Tab. 4. In realtà in pochi casi le prove nei sondaggi sono state realizzate anche nei depositi fini di copertura.

In Tab. 5, infine, sono riportati i valori di permeabilità registrati in laboratorio, prevalentemente mediante prove edometriche, sui terreni fini.

| Prova             | Piezometro           | Trasmittività<br>m <sup>2</sup> /s | Permeabilità<br>m/s   | Coeff. di<br>immagazzinamento |
|-------------------|----------------------|------------------------------------|-----------------------|-------------------------------|
| Campo<br>di monte | Pz1m parte iniziale  | 8.94*10 <sup>-2</sup>              | 5.96*10 <sup>-3</sup> | 1.79*10 <sup>-4</sup>         |
|                   | Pz1 m parte finale   | 4.79*10 <sup>-2</sup>              | 3.19*10 <sup>-3</sup> | 1.06*10 <sup>-2</sup>         |
|                   | Pz2                  | 9.94*10 <sup>-2</sup>              | 6.63*10 <sup>-3</sup> | 5.34*10 <sup>-4</sup>         |
|                   | Pz3 – parte iniziale | 8.39*10 <sup>-2</sup>              | 5.59*10 <sup>-3</sup> | 2.94*10 <sup>-2</sup>         |
|                   | Pz3 parte finale     | 4.00*10 <sup>-2</sup>              | 2.67*10 <sup>-3</sup> | 2.45*10 <sup>-1</sup>         |
| Campo<br>di valle | Pz1m parte iniziale  | 1.22*10 <sup>-2</sup>              | 1.06*10 <sup>-3</sup> | 1.19*10 <sup>-2</sup>         |
|                   | Pz1 m parte finale   | 7.67*10 <sup>-2</sup>              | 6.67*10 <sup>-3</sup> | 1.06*10 <sup>-7</sup>         |
|                   | Pz2                  | 1.22*10 <sup>-2</sup>              | 1.06*10 <sup>-3</sup> | 8.49*10 <sup>-5</sup>         |
|                   | Pz3 – parte iniziale | 1.03*10 <sup>-2</sup>              | 8.97*10 <sup>-4</sup> | 1.21*10 <sup>-2</sup>         |
|                   | Pz3 parte finale     | 4.13*10 <sup>-2</sup>              | 3.59*10 <sup>-3</sup> | 8.04*10 <sup>-5</sup>         |

**Tab. 3 – Valori dei coefficiente di permeabilità ottenuti dalle prove di pompaggio (acquifero ghiaioso fino a circa 20 m di profondità)**

| Sondaggio        | Prof. Prova<br>(m) | Q.ta. Ass<br>(m) | Descrizione   | K<br>(m/s) |
|------------------|--------------------|------------------|---|------------|
| S1Aipo_PZ(2006)  | 3-5                | 38.38            | terreno rimaneggiato e/o riporto costituito da limo debolmente argilloso-sabbioso con rara ghiaia sparsa, colore grigio | 9.81E-07   |
| S2Aipo_PZ(2006)  | 3-4.5              | 40.65            | limo debolmente argilloso con rara ghiaia sparsa, da poco a moderatamente consistente con la profondità                 | 3.40E-09   |
| S3Aipo_PZ(2006)  | 3-4.5              | 37.04            | ghiaia eterometrica con sabbia da debolmente limosa a limosa, moderatamente addensata                                   | 9.26E-06   |
| S4Aipo_PZ(2006)  | 3-4.5              | 39.38            | ghiaia prevalentemente medio fine con sabbia limosa a livelli moderatamente addensata                                   | 3.33E-05   |
| S11Aipo_PZ(2006) | 3-4.6              | 39.38            | limo debolmente argilloso talora con raro ghiaietto sparso, poco consistente  | 8.29E-09   |
| P 1-2 ( 2012)    | 2                  |                  | Terreno rimaneggiato  | 4.07E-05   |
| P 6-2 (2012)     | 2                  |                  | Terreno rimaneggiato  | 5.68E-07   |
| P 1-1 (2012)     | 0.60 -1.10         |                  | Terreno rimaneggiato  | 3.20E-08   |
| P 5-1 (2012)     | 1.00 -1.50         |                  | Terreno rimaneggiato  | 1.10E-09   |
| BS1              | 22.50 - 24         | 26.02            | Ghiaia in matrice limoso argillosa marrone  | 1.89E-06   |



**MO-E-1357** - Adeguamento dei manufatti di regolazione e sfioro della cassa di espansione del fiume Secchia comprensivo della predisposizione della possibilità di regolazione in situazioni emergenziali anche per piene ordinarie in relazione alla capacità di deflusso del tratto arginato (ex codice 10969) e avvio dell'adeguamento in quota e potenziamento strutturale dei rilevati arginali del sistema cassa espansione esistente

**MO-E-1273** - Lavori di ampliamento e adeguamento della cassa di espansione del Fiume Secchia nel comune di Rubiera (RE) (Accordo di programma Ministero- RER- Parte A)



| Sondaggio | Prof. Prova (m) | Q.ta. Ass (m) | Descrizione  | K (m/s)  |
|-----------|-----------------|---------------|--|----------|
| BS2       | 22,50 - 24      | 26.05         | Ghiaia in matrice limosa sabbiosa  | 7.35E-05 |
| BS3N      | 4,50 - 5.5      | 44.3          | Ghiaia in matrice sabbiosa-limosa con sporadici ciottoli   | > 1E-04  |
| CS1       | 1.00 - 2.00     | 48.24         | Ghiaia e ciottoli in matrice limosa debolmente sabbiosa incoerente   | 6.50E-07 |
| D1S1      | 1.50 - 3        | 47.6          | Ghiaia poligenica da arrotondata a sub-arrotondata e ciottoli in matrice sabbiosa limosa                   | 3.90E-06 |
| D1S2      | 1 - 2           | 47.88         | Ghiaia da arrotondata a subarrotondata ciottolosa, in matrice limo-sabbiosa                                | > 1E-04  |
| D1S3      | 1,50 - 2,50     | 47.43         | Limo sabbioso debolmente ghiaioso  | 4.56E-07 |
| D1S4      | 1,50 - 2,50     | 47.44         | Limo sabbioso debolmente ghiaioso  | 8.05E-07 |
| D1S5      | 4,50 - 5,50     | 44.33         | Ghiaia poligenica in abbondante matrice sabbiosa - limosa  | 1.79E-05 |
| D1S6      | 7,00 - 8,00     | 41.79         | Ghiaia in matrice sabbiosa - limosa  | 1.90E-05 |
| D2S1      | 1,50 - 2,40     | 57.44         | Ghiaia (da arrotondata a sub-arrotondata) eterogenea in abbondante matrice sabbiosa - limosa               | > 1E-04  |
| D2S2      | 3.00 - 4.00     | 46.48         | Ghiaia in matrice limoso-sabbiosa  | 3.14E-05 |
| D3S1      | 1.00 - 2.00     | 47.78         | Ghiaia in abbondante matrice limoso-sabbiosa   | 2.04E-06 |
| D3S2      | 26.50 - 28      | 22.25         | Ghiaia in matrice limoso - sabbiosa  | 1.49E-06 |
| D3S3      | 6.00 - 7.00     | 42.99         | Ghiaia in matrice limoso argillosa marrone   | 7.27E-06 |
| D3S4      | 1.00 - 2        | 48.11         | Ghiaia in matrice limoso argillosa marrone   | 4.47E-07 |
| D6S1      | 3,00 - 4,00     | 46.01         | Ghiaia in matrice sabbiosa limosa; da 3,60m argilla limosa   | 2.73E-06 |
| D6S2      | 15,00 - 16,00   | 34.04         | Ghiaia in matrice limosa sabbiosa  | 1.78E-06 |
| D6S3      | 10,50 - 11,50   | 38.5          | Ghiaia poligenica e ciottoli in matrice sabbiosa - limosa  | > 1E-04  |
| D7S1r     | 2,50 - 3,00     | 41.39         | Ghiaia in matrice limosa sabbiosa  | 8.02E-06 |
| D7S2n     | 2,00 - 2,50     | 41.82         | Ghiaia in matrice sabbiosa - limosa  | > 1E-04  |
| D7S3n     | 1,50 - 2,00     | 42.71         | Ghiaia in matrice limosa sabbiosa  | 1.22E-05 |
| D3S3      | 6.00 - 7.00     | 42.99         | Ghiaia in matrice limoso argillosa marrone   | 9.43E-05 |
| (ispz8)   | 10,50 a 11,50   |               | Ghiaia in matrice sabbiosa - limosa  | > 1E-04  |
| (ispz9)   | 10.50 - 12.00   |               | Ghiaia in matrice limoso argillosa marrone   | 1.77E-06 |
| (ispz10)  | 9.00 - 9.80     |               | Ghiaia in matrice limosa debolmente sabbiosa marrone   | > 1E-04  |
| BS1       | 34.5 - 36       | 14.02         | Ghiaia in matrice sabbiosa marrone   | 6.55E-05 |
| CS1       | 4.50 - 6        | 44.49         | Ghiaia e ciottoli in matrice limoso-sabbiosa   | 1.82E-05 |
| D1S1      | 4 - 5           | 45.35         | Ghiaia poligenica da arrotondata a sub-arrotondata e ciottoli in matrice limosa debolmente sabbio          | 3.00E-05 |
| D1S2      | 4.00 - 5.20     | 44.78         | Ghiaia eterogenea , ciottolosa, in matrice limoso-sabbiosa   | > 1E-04  |
| D1S3      | 4,50 - 5,50     | 44.43         | Ghiaia poligenica con ciottoli in matrice sabbioso - limosa, presenti tratti centimetrici di limo sabbioso | > 1E-04  |

**MO-E-1357** - Adeguamento dei manufatti di regolazione e sfioro della cassa di espansione del fiume Secchia comprensivo della predisposizione della possibilità di regolazione in situazioni emergenziali anche per piene ordinarie in relazione alla capacità di deflusso del tratto arginato (ex codice 10969) e avvio dell'adeguamento in quota e potenziamento strutturale dei rilevati arginali del sistema cassa espansione esistente

**MO-E-1273** - Lavori di ampliamento e adeguamento della cassa di espansione del Fiume Secchia nel comune di Rubiera (RE) (Accordo di programma Ministero- RER- Parte A)



| Sondaggio | Prof. Prova (m) | Q.ta. Ass (m) | Descrizione  | K (m/s)  |
|-----------|-----------------|---------------|--|----------|
| D1S4      | 4,50 - 5,50     | 44.44         | Limo sabbioso debolmente ghiaioso e ghiaia poligenica con ciottoli in abbondante matrice limoso-sabbiosa | 1.00E-05 |
| D1S5      | 7,50 - 8,50     | 41.33         | Ghiaia poligenica in abbondante matrice sabbiosa - limosa  | > 1E-04  |
| D2S1      | 3.00 - 4.50     | 55.64         | Ghiaia in matrice limoso-sabbiosa  | 1.03E-05 |
| D2S2      | 6.00 - 7.00     | 43.48         | Argilla limosa grigia  | 1.51E-06 |
| D3S1      | 3.00 - 4.00     | 45.78         | Ghiaia in matrice sabbioso-limosa con sporadici ciottoli   | 1.27E-05 |
| D3S4      | 4.50 - 5.50     | 44.61         | Ghiaia in matrice limoso argillosa marrone   | 2.77E-06 |
| D6S1      | 22,50 - 23,50   | 26.51         | Ghiaia in matrice sabbiosa limosa  | 5.20E-07 |
| D7S3n     | 19,50 - 20,50   | 24.46         | Ghiaia in matrice limosa sabbiosa  | 2.21E-05 |
| D3S1      | 15.00 - 16      | 33.78         | Ghiaia in matrice sabbioso-limosa con sporadici ciottoli   | 5.55E-07 |
| D3S4      | 10.50 - 11.60   | 38.56         | Ghiaia in matrice limoso argillosa marrone   | 4.72E-05 |

**Tab. 4 – Valori del coefficiente di permeabilità da prove Lefranc nei fori di sondaggio (depositi prevalentemente ghiaiosi)**

| Sondaggio   | Prof. Prova (m) | Q.ta. Ass (m) | Descrizione  | K (m/s)  |
|-------------|-----------------|---------------|--|----------|
| AS2 SH1     | 5.50 - 6.10     | 31.95         | Limo con argilla grigio nerastra con tracce di sostanza organica | 1.71E-10 |
| BS1 (SH2)   | 18.10 - 18.70   | 30.87         | Limo con argilla debolmente sabbioso grigio                      | 2.7E-10  |
| BS2 (SH2)   | 13.10 - 13.80   | 35.85         | Limo con argilla sabbioso grigio                                 | 6.25E-11 |
| CS1 (SH1)   | 3.30 - 3.70     | 46.24         | Sabbia fina con limo debolmente argilloso marrone                | > 1E-04  |
| D1S1 (SH1)  | 6.70 - 7.30     | 42.85         | Limo con argilla debolmente sabbioso grigio                      |          |
| D1S2 (SH1)  | 6.40 - 7.10     | 42.63         | Limo con argilla sabbioso grigio                                 |          |
| D1S3 (SH1)  | 7.60 - 8.20     | 41.53         | Limo con sabbia argilloso grigio                                 |          |
| D1S4 (SH1)  | 10.70 - 11.40   | 38.39         | Limo con argilla sabbioso grigio                                 |          |
| D1S5 (SH1)  | 10.70 - 11.40   | 38.28         | Limo con argilla grigio con presenza di sostanza organica        |          |
| D1S6 (SH1)  | 10.80 - 11.40   | 38.19         | Limo con argilla grigio  |          |
| D1S7 (SH1)  | 13.50 - 13.75   |               | Limo argilloso sabbioso grigio                                   |          |
| D2S1 (SH1)  | 8.10 - 8.80     | 43.94         | Limo argilloso sabbioso grigio marrone                           | 1.61E-09 |
| D2S2 (SH1)  | 4.60 - 5.00     | 45.18         | Limo argilloso debolmente sabbioso marrone                       | 4.16E-11 |
| D3S1 (SH1)  | 7.60 - 8.10     | 41.43         | Limo con argilla debolmente sabbioso grigio                      | 4.11E-11 |
| D3S2 (SH1)  | 9.20 - 9.90     | 39.95         | Limo con argilla debolmente sabbioso grigio                      | 8.03E-11 |
| D3S3 (SH2)  | 19.50 - 20      | 29.74         | Limo con argilla debolmente sabbioso grigio                      | 1.59E-10 |
| D3S4 SH1    | 15.60 - 16.20   | 33.71         | Limo con argilla debolmente sabbioso grigio                      | 1.79E-10 |
| D3S4 (SH2)  | 21.0 - 21.70    | 28.15         | Limo con argilla grigio  | 6.21E-11 |
| D6S1 (SH1)  | 6.00 - 6.60     | 43.21         | Limo con sabbia medio fina argilloso grigio                      | 7.88E-10 |
| D6S2 (SH2)  | 12.20 - 12.80   | 37.04         | Limo con sabbia medio fina argilloso debolmente ghiaioso grigio  | 2.91E-09 |
| D6S3 (SH1)  | 13.50 - 13.80   | 35.94         | Limo con ghiaia medio fina argilloso debolmente sabbioso grigio  | 3.29E-10 |
| D7S1r (SH1) | 4.70 - 5.30     | 39.14         | Limo con argilla grigio  |          |

**MO-E-1357** - Adeguamento dei manufatti di regolazione e sfioro della cassa di espansione del fiume Secchia comprensivo della predisposizione della possibilità di regolazione in situazioni emergenziali anche per piene ordinarie in relazione alla capacità di deflusso del tratto arginato (ex codice 10969) e avvio dell'adeguamento in quota e potenziamento strutturale dei rilevati arginali del sistema cassa espansione esistente

**MO-E-1273** - Lavori di ampliamento e adeguamento della cassa di espansione del Fiume Secchia nel comune di Rubiera (RE) (Accordo di programma Ministero- RER- Parte A)



| Sondaggio         | Prof. Prova (m) | Q.ta. Ass (m) | Descrizione                                 | K (m/s) |
|-------------------|-----------------|---------------|---|---------|
| D7S2n (SH2)       | 10.50 - 11.00   | 33.32         | Limo con argilla sabbioso grigio            |         |
| D7S3n (SH1)       | 6.00 - 6.70     | 38.11         | Limo con argilla debolmente sabbioso grigio |         |
| S2-Aipo_Amp(2012) | 9-9.7           | 35.65         | argilla con limo                            | 1.1E-10 |
| S2-Aipo_Amp(2012) | 10.5-11.2       | 34.15         | argilla con limo                            | 6.2E-10 |
| S9-Aipo_Amp(2012) | 7.5-8.2         | 37.65         | limo con argilla debolmente sabbioso        | 6E-10   |

**Tab. 5 – Valori del coefficiente di permeabilità da prove di laboratorio su campioni indisturbati (depositi coesivi)**

## 4 Indagini geognostiche

Nel presente capitolo vengono illustrate tutte le indagini geognostiche effettuate nelle aree oggetto di indagine. La successiva descrizione prevede la suddivisione tra le indagini pregresse e quelle realizzate appositamente per il presente studio nell'ambito di una campagna di indagine realizzata da Elletipi/Socotec Italia<sup>1</sup> tra ottobre 2018 e giugno 2019.

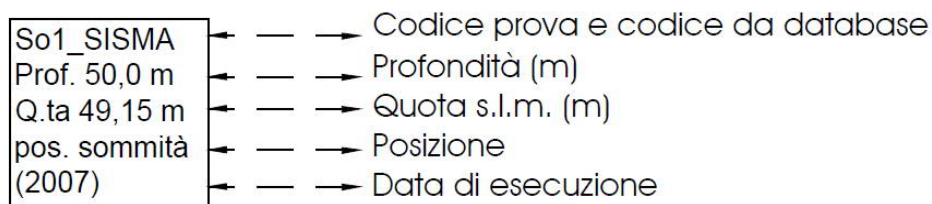
L'ubicazione di tutte le indagini è raffigurata nelle Planimetrie ubicazione indagini di All(RG). 3 e All(RG). 4.

### 4.1 Indagini geognostiche pregresse

Per poter ricostruire le caratteristiche litostratigrafiche, geotecniche e sismiche dei terreni dell'area oggetto di studio, è stata effettuata una scrupolosa raccolta e analisi critica dei dati derivanti dalle precedenti campagne d'indagine, descritte nei paragrafi successivi.

L'ubicazione delle differenti indagini è raffigurata nella Planimetria ubicazione indagini di All(RG). 3 e All(RG). 4. Le indagini pregresse delle diverse campagne sono state distinte nelle planimetrie con simbologie diverse (Fig. 29).

Nelle sezioni ciascuna indagine è stata codificata in maniera univoca (Fig. 28).



**Fig. 28 – Codifica delle indagini nei profili e nelle sezioni**

<sup>1</sup> La campagna di indagine 2018-2019 è stata affidata da AIPO alla ditta Elletipi s.r.l. che nel marzo 2019 è stata assorbita per incorporazione i Socotec Italia S.r.l.. Pertanto i primi certificati della campagna di indagine sono intestati Elletipi, mentre i successivi sono intestati Socotec Italia.



- |  |  |
|--|--|
| ■ Saggio con Escavatore - AIPO Ampliamento -2012       |  |
| ▲ SCPT - AIPO Ampliamento -2012                        |  |
| ● Sondaggio - AIPO Ampliamento -2012                   |  |
| ● Sondaggio - Aipo Piezometri - 2006                   |  |
| ● Sondaggio - MagisPo - (manufatti) - 1976             | — Georadar - AIPo Piezometri - 2006                              |
| ● Sondaggio - MagisPo - (rilevati) - 1991              | — Sismica a rifrazione - AIPO Ampliamento -2012                  |
| ● Sondaggio - PAE_Rubiera - 1990                       | — Tomografia Elettrica - AIPO Ampliamento -2012                  |
| ● Sondaggio con Down-Hole - Progetto S.I.S.M.A. - 2007 | — Sismica tomografica e Sismica GRM - Progetto S.I.S.M.A. - 2007 |

**Fig. 29 – Legenda delle indagini pregresse nelle planimetrie**

Tutte le indagini raccolte sono riportate, suddivise per tipologia, nei seguenti allegati:

- All(RG). 20 – Stratigrafie sondaggi pregressi
- All(RG). 21 - Prove penetrometriche pregresse
- All(RG). 22 - Prove geofisiche pregresse
- All(RG). 23 - Pozzetti con escavatore pregressi
- All(RGT). 12 – Analisi di laboratorio pregresse

Di seguito vengono descritte le indagini raccolte, suddivise per intervento.

#### **4.1.1 Indagini in corrispondenza della cassa esistente**

Tutte le indagini che hanno riguardato la cassa esistente sono relative alle 4 campagne descritte nei paragrafi seguenti.

#### 4.1.1.1 Progetto della cassa d'espansione

Le indagini geologiche più datate tra quelle raccolte in corrispondenza della cassa d'espansione esistente sono quelle che, presumibilmente, sono state realizzate a supporto del progetto della stessa cassa.

Più precisamente, sono stati eseguiti:

- n° 5 sondaggi a carotaggio continuo, nel marzo 1976, da parte della ditta Geostudio, in corrispondenza dell'area dove è stato realizzato il manufatto di regolazione, tutti approfonditi fino a 35 m da p.c. Nelle relative stratigrafie si osservano, oltre alle classificazioni in situ, i risultati delle prove effettuate, del tipo S.P.T., Vane Test, con *pocket penetrometer* e *torvane*; inoltre, sono indicate le profondità di prelievo di campioni rimaneggiati e indisturbati di cui però non si ha alcuna analisi di laboratorio.
- n° 7 sondaggi a carotaggio continuo, da parte della ditta So.Ri.Ge, ubicati in corrispondenza dell'area d'imposta delle arginature, tutti approfonditi, indicativamente, fino a 30 m da p.c. di cui è rimasta solo una rappresentazione grafica delle litologie attraversate. 5 di questi sono stati realizzati in sinistra idraulica e 3 in destra.

Un dato importante, riportato per tutti i sondaggi sopradescritti, è la quota del piano campagna in corrispondenza del punto dove è stata effettuata la perforazione.

#### 4.1.1.2 Collaudo del quinto lotto della cassa d'espansione

Nel corso del collaudo del quinto lotto della cassa d'espansione, nel maggio 1978, sono state effettuate una serie di analisi su terreni prelevati dai rilevati arginali; ovvero:

- n° 16 prove Proctor (A.A.S.H.O) modificate
- n° 16 analisi granulometriche.

L'ubicazione dei punti di prelievo non è stata raffigurata nella Planimetria ubicazione indagini di All(RG). 3 e All(RG). 4, per non comprometterne la lettura, ma si è

preferito inserire in All(RGT). 12 – Analisi di laboratorio pregresse la scansione della planimetria originale.

#### *4.1.1.3 Collaudo funzionale e monitoraggio dell'officiosità dei manufatti*

Nel marzo 2006 sono state eseguite, per AIPO, da parte di Citiemme s.r.l., alcune indagini geognostiche finalizzate al collaudo funzionale e al monitoraggio piezometrico dei manufatti di laminazione delle piene del fiume Secchia.

Allo scopo, sono stati realizzati complessivamente 12 sondaggi, di cui 7 con perforazione a distruzione di nucleo (5 in sinistra Secchia e 2 in destra) e 5 con rotazione a carotaggio continuo (4 in sinistra Secchia e 1 in destra), tutti fino alla profondità di 25 m da p.c.

Per determinare i coefficienti di permeabilità dei terreni attraversati sono state eseguite n° 5 prove di permeabilità *Lefranc*: 3 a carico variabile e 2 a carico costante.

I fori di sondaggio sono stati attrezzati con piezometri tipo Casagrande: ogni foro con un piezometro, a parte 2 casi, in cui ne sono stati posizionati 2, a profondità differenti.

Al fine di garantire il monitoraggio piezometrico continuo si era previsto di predisporre un sistema di rilevamento costituito da n° 8 trasduttori di pressione automatici connessi, ognuno, a una centralina dotata di modulo GPRS, per consentire la visualizzazione e lo scarico dei dati.

Tuttavia, pare che tale sistema di rilevamento non sia mai stato messo in funzione, essendosi, nel frattempo, verificati furti e/o atti vandalici su altre apparecchiature simili di proprietà di AIPO.

Nel corso dei sondaggi, sono stati prelevati anche 10 campioni indisturbati e consegnati alla Committenza per eventuali analisi di laboratorio.

Infine, la campagna d'indagini ha previsto un rilievo con strumentazione *Ground Probing Radar* (GPR) sugli argini con l'obiettivo di individuare strutture annesse agli stessi rilevati (in particolare, presenza di diaframmi) al disotto dei rivestimenti in calcestruzzo.

#### 4.1.1.4 Progetto Stabilità all'Input Sismico dei Manufatti Arginali

Con Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri del 6 agosto 2005 sono state assegnate all'Autorità di bacino del fiume Po le risorse per la verifica sismica di 7 casse di laminazione delle piene, tra cui quella del fiume Secchia.

Complessivamente le attività di verifica sono state articolate in cinque distinte macroattività, che possono essere sintetizzate come segue:

1. Prelievo di campioni e indagini in situ;
2. Indagini sismiche a rifrazione;
3. Prove di laboratorio e prove Down Hole;
4. Analisi sismica;
5. Verifiche di stabilità.

Le vere e proprie attività di verifica sono state precedute da una fase di raccolta e sistematizzazione di tutta la documentazione disponibile, sono state inoltre acquisite tutte le indagini di campagna e le prove di laboratorio effettuate sia sui terreni di fondazione e sui materiali impiegati per la costruzione dei manufatti sia in fase progettuale, sia in fase esecutiva.

Per il coordinamento tra le varie attività è stato istituito un “gruppo di orientamento” a cui hanno partecipato il Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna, l'Unità Organizzativa Tutela e Valorizzazione del Territorio della Regione Lombardia ed AIPO.

La campagna di indagini integrative appositamente condotta, nel 2008, per completare la caratterizzazione geotecnica e sismica dei terreni costituenti il sottosuolo e gli argini della cassa di espansione ha compreso:

- n° 1 sondaggio a carotaggio continuo, effettuato dalla ditta Parmageo, a partire dalla sommità dell'argine settentrionale, della lunghezza di 50 m, a partire dalla sommità dell'argine settentrionale, nel corso del quale sono stati estratti n° 2 campioni indisturbati ed eseguite n° 12 prove S.P.T.
- n° 1 prova *Down-Hole* effettuata nel foro di sondaggio descritto al punto precedente, da parte della ditta Progeo



- n° 1 stendimento sismico della lunghezza di 400 m, effettuato sempre dalla ditta Progeo, ed elaborato sia con analisi G.R.M., sia con analisi tomografica a *countour line*
- Prove eseguite dal Laboratorio di Geotecnica del Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale dell'Università degli Studi di Firenze, sui campioni di terreno indisturbato, ovvero:
  - n° 1 prova edometrica
  - n° 1 prova di colonna risonante
  - n° 1 prova triassiale CIU
  - n° 2 prove di classificazione

#### 4.1.1.5 Progetto di manutenzione straordinaria della cassa d'espansione

Il progetto definitivo della manutenzione straordinaria della cassa (MO-E-1351), redatto da Blu Progetti s.r.l., è supportato da una Relazione geologica e geotecnica, datata maggio 2016. All'interno di tale relazione sono riportati i risultati delle indagini effettuate sui depositi alluvionali post 1978, della zona subito a monte della traversa di regolazione, sulla sponda destra del fiume; indagini che hanno previsto:

- n° 3 scavi esplorativi, eseguiti con escavatore, interrotti a profondità variabili, comprese tra -6 a -7 m da p.c., nel corso dei quali sono stati prelevati campioni rimaneggiati
- prove eseguite dal laboratorio di geotecnica AIPO di Boretto sui campioni rimaneggiati, ovvero:
  - n° 3 analisi granulometriche
  - n° 3 classificazioni delle terre
  - n° 3 determinazioni delle sostanze organiche

#### **4.1.2 Indagini in corrispondenza dell'ampliamento in progetto**

Le indagini effettuate in corrispondenza dell'ampliamento in progetto, possono essere distinte, a seconda che siano state effettuate a supporto della pianificazione estrattiva o della progettazione idraulica.

##### **4.1.2.1 Variante Generale al Piano Attività Estrattive di Rubiera**

Tra le previsioni della Variante Generale al Piano delle Attività Estrattive (P.A.E.) del Comune di Rubiera (RE), redatto dal dott. geol. Giorgio Gasperini, e approvato con Deliberazione di Consiglio Comunale n° n. 23 del 09.04.2019, è compreso un polo estrattivo di valenza provinciale, denominato SE108 "Ampliamento cassa di espansione F. Secchia", nel quale si prevede l'escavazione di poco più di 3 milioni di m<sup>3</sup> di ghiaie e sabbie, con lo scopo non solo del reperimento di materiali inerti per il soddisfacimento delle esigenze a scala comunale e in parte a scala provinciale, ma anche di attuare il progetto di ampliamento del sistema delle casse di laminazione delle piene del fiume Secchia.

Di particolare interesse, ai fini del presente studio, sono le stratigrafie dei sondaggi a carotaggio continuo ubicati in tale polo estrattivo, riportate nell'allegato n° 3 al fascicolo n° 2 – Studio geologico-minerario del P.A.E., relative a:

- n° 4 sondaggi eseguiti, nel 1990, dalla ditta Intergeo s.r.l., tutti approfonditi fino a 15 m da p.c.
- n° 9 sondaggi, di cui n° 3 attrezzati con piezometri a tubo aperto, eseguiti, nel 2001, dalla ditta Montanari Sante e Antonio S.n.c. che hanno raggiunto profondità variabili tra 21 e 24 m da p.c.
- n° 7 sondaggi, eseguiti, nel 2004, dalla ditta Geodes s.r.l., di cui n° 2 attrezzati con piezometri a tubo aperto, approfonditi fino a 30 m da p.c., e n° 5, privi di piezometri e in cui la perforazione è stata interrotta a 15 m da p.c.

#### 4.1.2.2 Progetto di ampliamento della cassa d'espansione

Nel 2012, su incarico di AIPO, è stata effettuata una campagna geognostica finalizzata a supportare i livelli di progettazione più dettagliati dell'ampliamento della cassa d'espansione.

Allo scopo sono state eseguite le seguenti tipologie d'indagini:

Indagini eseguite sui terreni d'imposta delle arginature

- n° 9 sondaggi a carotaggio continuo eseguiti da Geoser s.r.l., di cui n° 6 fino a 30 m da p.c., n° 2 fino a 20 m p.c. e n° 1 fino a 40 m da p.c., nel corso dei quali sono stati estratti campioni indisturbati ed eseguite prove S.P.T.
- n° 6 prove penetrometriche SCPT, eseguite sempre da Geoser s.r.l., interrotte a profondità variabili, comprese tra -6 a -12 m da p.c.
- Prove di laboratorio, eseguite dallo Studio MM, su campioni indisturbati, ovvero:
  - n° 11 prove di classificazione
  - n° 8 determinazioni del contenuto d'acqua naturale
  - n° 11 analisi granulometriche
  - n° 3 prove edometriche
  - n° 3 prova triassiale CD
  - n° 1 prova triassiale CU

Indagini eseguite per valutare qualità e quantità dei terreni da rilevato

- n° 9 pozzetti esplorativi, eseguiti con escavatore da Geoser s.r.l., interrotti a profondità variabili, comprese tra -2 a -3 m da p.c., nel corso dei quali sono stati prelevati campioni rimaneggiati
- n° 2 stendimenti sismici, effettuati anch'esse dalla ditta Geoser s.r.l.
- n° 9 tomografie elettriche, effettuati sempre dalla ditta Geoser s.r.l.
- Prove di laboratorio, eseguite dallo Studio MM, su campioni rimaneggiati, ovvero:
  - n° 17 prove di classificazione
  - n° 17 determinazioni del contenuto d'acqua naturale

- n° 17 analisi granulometriche
- n° 10 prova di compattazione Proctor
- n° 2 determinazioni del coefficiente di permeabilità

#### **4.1.3 Database del Servizio geologico della Regione Emilia-Romagna**

Ad integrazione delle indagini descritte nei paragrafi precedenti, sono state presi in esame anche una serie di dati disponibili sul sito web del Servizio Geologico Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna, che hanno consentito di raccogliere informazioni in un'area compresa in un buffer di 2 km dalla cassa d'espansione esistente e dal suo ampliamento già oggetto di progetto preliminare da parte di AIPO.

Tali indagini sono di seguito elencate:

- n° 311 prove penetrometriche statiche con punta meccanica CPT
- n° 7 prove penetrometriche statiche con punta elettrica CPTE
- n° 9 prove penetrometriche statiche con punta elettrica e piezocono CPTU
- n° 44 prove penetrometriche dinamiche generiche
- n° 33 sondaggi a carotaggio continuo
- n° 6 sondaggi a distruzione
- n° 105 pozzi per acqua

Ai fini della realizzazione delle sezioni, le indagini utilizzate dal Database del Servizio geologico della Regione Emilia-Romagna, sono solamente 2: un pozzo per acqua e una prova penetrometrica statica con punta meccanica CPT. Negli allegati, pertanto sono state inserite esclusivamente tali indagini

Tutte le altre indagini sono servite esclusivamente per definire il modello geologico generale dell'area.

## **4.2 Indagini geognostiche integrative - Campagna 2018-2019**

Alla luce delle necessità progettuali e, soprattutto, di quanto ricostruito grazie alla raccolta e analisi critica della documentazione esistente, relativa all'area oggetto d'intervento, descritta nel capitolo 4, all'interno del presente studio, è stato pianificato un programma di indagini integrative.



Per l'identificazione delle varie indagini, si è creato un sistema di denominazione univoco, suddiviso in campi dal segno *underscore* («\_»), così strutturato:

*intervento \_ profilo interessato \_ tipologia di indagine \_ numero progressivo relativo.*

Tale catalogazione risulta comprensibile dallo schema seguente:



dove:

- **Intervento**: Il codice attribuito all'intervento è correlato all'elenco del Cap. 1.2. Va precisato, tuttavia che, la codifica (lettera) degli interventi è cambiata tra lo studio di fattibilità (fase in cui è stato definito il programma delle indagini) ed il Progetto Definitivo. I codici interventi, di seguito elencati, pertanto, corrispondono a quelli dello studio di fattibilità. Nell'elenco seguente la lettera tra parentesi (non presente nel codice reale dell'indagine riportata sia sulle tavole che negli allegati) indica, se variato rispetto alla precedente definizione, il nuovo codice dell'intervento:
  - A = Adeguamento del manufatto regolatore
  - B = Adeguamento del manufatto sfioratore
  - C (L) = Soglia di sfioro ampliamento cassa laterale
  - D (H) (M) = adeguamento dei rilevati arginali, Arginature
  - E (C) (I) = opere di svaso e risagomatura cassa in linea, risagomatura e rimozione sedimenti vasca in linea
  - H (E) = argine golenale a valle manufatto di regolazione
  - I = Monitoraggio Idrogeologico
- **Profilo**: i vari tratti di arginatura sono stati suddivisi in sette diversi profili, per comodità di rappresentazione. La numerazione è la seguente:
  - 1; 2-3-4; 5; 6; 7

- **Tipo di indagine:** la tipologia di indagine può essere
  - S = sondaggio
  - SO = sondaggio orizzontale
  - S\_PZ = sondaggio a distruzione con installazione di piezometro,
  - pozzo = pozzo
  - SCPT = prova penetrometrica dinamica
  - T = saggio con escavatore / geoelettrica
  - CPTU = prova CPTU
  - SCPTU = prova SCPTU
  - SR = sismica a rifrazione
- **Numero progressivo:** la numerazione delle indagini è progressiva per tipologia e per intervento/profilo.

Dette indagini sono state eseguite dalla ditta Elletipi/Socotec Italia s.r.l. tra l'ottobre 2018 e il giugno 2019 e hanno visto l'effettuazione di 190 indagini.

| Tipo prova  | Totale |
|---|--------|
| Sondaggio a carotaggio continuo (S)                           | 36     |
| Sondaggio a carotaggio continuo orizzontale (SO)              | 8      |
| Sondaggio a distruzione di nucleo (S)                         | 6      |
| Pozzo   | 2      |
| Prova penetrometrica dinamica                                 | 11     |
| Sismica a rifrazione  | 10     |
| Geoelettrica  | 10     |
| Down-Hole   | 1      |
| Trincea o pozzetto esplorativo<br>(Saggio con escavatore) (T) | 106    |

**Tab. 6– Tabella riepilogativa indagini geonostiche eseguite nell'area di studio**

Nei successivi paragrafi, sono descritte le varie tipologie di indagini effettuate, di cui in Tab. 6 viene riportata la sintesi per tipologia e numero.

#### 4.2.1 Sondaggi

Sono stati eseguiti diversi tipi di sondaggio con differenti finalità che verranno illustrate nelle specifiche descrizioni:

- sondaggi a carotaggio continuo (36);
- sondaggi a carotaggio continuo orizzontali (8);
- sondaggi a distruzione di nucleo (6).

##### 4.2.1.1 Sondaggi a carotaggio continuo

Per la conoscenza delle caratteristiche litostratigrafiche e geotecniche dei terreni presenti nell'area oggetto d'intervento sono stati eseguiti 36 sondaggi a carotaggio continuo: 26 in corrispondenza degli argini esistenti o in progetto e dei manufatti e 10 al contorno per il monitoraggio idrogeologico.

In Tab. 7, per ciascun sondaggio sono riportati:

- anno
- codice
- intervento / profilo interessato
- posizione
- quota in m s.l.m.
- massima profondità raggiunta in m
- eventuale prova down-hole effettuata nel foro di sondaggio
- eventuale piezometro installato nel foro di sondaggio

| Anno | Codice  | Intervento (profilo) | Posizione    | Quota (m.s.l.m.) | profondità (m) | down hole | piezometro |
|------|---------|----------------------|--------------|------------------|----------------|-----------|------------|
| 2019 | A_S_1   | A                    | alveo        | 37.75            | 30.0           |           |            |
| 2019 | A_S_2   | A                    | alveo        | 37.75            | 30.0           |           |            |
| 2019 | A_S_3_N | A                    | sommità      | 49.15            | 36.0           |           | x          |
| 2018 | B_S_1   | B / 2-3-4            | sommità      | 49.27            | 50.0           | x         |            |
| 2018 | B_S_2   | B / 2-3-4            | sommità      | 49.30            | 40.0           |           | x          |
| 2019 | B_S_3_N | B / 2-3-4            | su manufatto | 45.35            | 10.0           |           |            |

**MO-E-1357** - Adeguamento dei manufatti di regolazione e sfioro della cassa di espansione del fiume Secchia comprensivo della predisposizione della possibilità di regolazione in situazioni emergenziali anche per piene ordinarie in relazione alla capacità di deflusso del tratto arginato (ex codice 10969) e avvio dell'adeguamento in quota e potenziamento strutturale dei rilevati arginali del sistema cassa espansione esistente



**MO-E-1273** - Lavori di ampliamento e adeguamento della cassa di espansione del Fiume Secchia nel comune di Rubiera (RE) (Accordo di programma Ministero- RER- Parte A)

| Anno    | Codice    | Intervento (profilo) | Posizione | Quota (m.s.l.m.) | profondità (m) | down hole | piezometro |
|---------|-----------|----------------------|-----------|------------------|----------------|-----------|------------|
| 2018    | C_S_1     | L - 5                | sommità   | 49.74            | 20.0           |           |            |
| 2019    | D_1_S_1   | 1                    | sommità   | 49.85            | 20.0           |           |            |
| 2019    | D_1_S_2   | 1                    | sommità   | 49.38            | 20.0           |           |            |
| 2019    | D_1_S_3   | 1                    | sommità   | 49.43            | 20.0           |           |            |
| 2019    | D_1_S_4   | 1                    | sommità   | 49.44            | 20.0           |           |            |
| 2019    | D_1_S_5   | 1                    | sommità   | 49.33            | 20.0           |           | x          |
| 2019    | D_1_S_6   | 1                    | sommità   | 49.29            | 20.0           |           |            |
| 2019    | D_1_S_7   | 1                    | sommità   | 49.30            | 20.0           |           |            |
| 2019    | D_2_S_1   | H / 2-3-4            | p.c.      | 52.39            | 20.0           |           | x          |
| 2018    | D_2_S_2   | H / 2-3-4            | p.c.      | 49.98            | 20.0           |           |            |
| 2018    | D_3_S_1   | H / 2-3-4            | sommità   | 49.28            | 33.0           |           | x          |
| 2018    | D_3_S_2   | B / 2-3-4            | sommità   | 49.50            | 35.0           |           |            |
| 2018    | D_3_S_3   | B / 2-3-4            | sommità   | 49.49            | 35.0           |           |            |
| 2018    | D_3_S_4   | B / 2-3-4            | sommità   | 49.61            | 35.0           |           | x          |
| 2018    | D_6_S_1   | 6                    | sommità   | 49.51            | 39.0           |           |            |
| 2018    | D_6_S_2   | 6                    | sommità   | 49.54            | 39.0           |           | x          |
| 2018/19 | D_6_S_3   | 6                    | sommità   | 49.50            | 39.0           |           |            |
| 2019    | D_7_S_1r  | 7                    | p.c.      | 44.14            | 21.0           |           | x          |
| 2019    | D_7_S_2N  | 7                    | p.c.      | 44.07            | 35.0           |           |            |
| 2019    | D_7_S_3N  | 7                    | p.c.      | 44.46            | 35.0           |           |            |
| 2019    | I_S_PZ_1  | Monitor. Idrogeol.   | p.c.      |                  | 35.0           |           | x          |
| 2019    | I_S_PZ_2  | Monitor. Idrogeol.   | p.c.      |                  | 40.0           |           | x          |
| 2019    | I_S_PZ_3  | Monitor. Idrogeol.   | p.c.      |                  | 15.0           |           | x          |
| 2019    | I_S_PZ_4  | Monitor. Idrogeol.   | p.c.      |                  | 15.0           |           | x          |
| 2019    | I_S_PZ_5  | Monitor. Idrogeol.   | p.c.      |                  | 15.0           |           | x          |
| 2019    | I_S_PZ_6  | Monitor. Idrogeol.   | p.c.      |                  | 18.0           |           | x          |
| 2019    | I_S_PZ_7  | Monitor. Idrogeol.   | p.c.      |                  | 15.0           |           | x          |
| 2019    | I_S_PZ_8  | Monitor. Idrogeol.   | p.c.      |                  | 15.0           |           | x          |
| 2019    | I_S_PZ_9  | Monitor. Idrogeol.   | p.c.      |                  | 15.0           |           | x          |
| 2019    | I_S_PZ_10 | Monitor. Idrogeol.   | p.c.      |                  | 15.0           |           | x          |

**Tab. 7– Tabella riepilogativa dei sondaggi a carotaggio continuo**

I report con le stratigrafie rilevate nel corso dei sondaggi e i risultati delle prove di permeabilità in foro sono riportati nell'elaborato All(RG). 15 - Stratigrafie sondaggi 2018/19.

Per il dettaglio delle prove SPT effettuate in foro si rimanda alla Relazione Geotecnica R.05. Per le analisi dei campioni prelevati si rimanda, invece, all'elaborato All(RGT).

11 - Analisi di laboratorio 2018/19, allegato alla Relazione Geotecnica, mentre per la



prova di Vs in foro (Down-hole) si rimanda all'elaborato All(RS).1 allegato alla Relazione sismotettonica e sismica.

#### 4.2.1.2 Sondaggi a carotaggio continuo orizzontali

Per verificare lo spessore di materiale fine, a copertura dei rilevati arginali, sono stati realizzati 8 sondaggi orizzontali, nelle aree dove è emerso un nucleo ghiaioso del rilevato stesso.

In Tab. 3 per ciascun sondaggio sono riportati:

- anno
- codice
- intervento / profilo interessato
- Sezione trasversale di riferimento
- quota in m s.l.m.
- massima profondità (lunghezza) raggiunta in m

| Anno | Codice   | Intervento (profilo) | Sezione trasversale di riferimento | Quota (m.s.l.m.) | profondità (m) |
|------|----------|----------------------|------------------------------------|------------------|----------------|
| 2019 | D_6_SO_1 | 6                    | 1                                  | 47.92            | 5.0            |
| 2019 | D_6_SO_2 | 6                    | 4                                  | 45.07            | 5.0            |
| 2019 | D_6_SO_3 | 6                    | 6                                  | 44.32            | 12.40          |
| 2019 | D_6_SO_4 | 6                    | 10                                 | 44.43            | 5.0            |
| 2019 | D_5_SO_5 | 5                    | 14                                 | 46.49            | 5.0            |
| 2019 | D_5_SO_6 | 5                    | 17                                 | 48.35            | 3.0            |
| 2019 | D_3_SO_7 | H / 2-3-4            | 21                                 | 45.92            | 5.0            |
| 2019 | D_3_SO_8 | H / 2-3-4            | 25                                 | 44.59            | 5.0            |

**Tab. 8– Tabella riepilogativa dei sondaggi a carotaggio continuo orizzontali**

I report con le stratigrafie rilevate nel corso dei sondaggi sono riportati nell'elaborato All(RG). 15 - Stratigrafie sondaggi 2018/19.

#### 4.2.1.3 Sondaggi a distruzione di nucleo

Per determinare la permeabilità e la trasmissività dell'acquifero interessato dall'ampliamento della cassa sono stati realizzati 2 campi prova costituiti da 3 sondaggi a distruzione di nucleo attrezzati con piezometro e 1 pozzo ciascuno.

In Tab. 9 per ciascun sondaggio sono riportati:

- anno
- codice
- intervento
- quota in m s.l.m.
- massima profondità raggiunta in m

| Anno | Codice    | Intervento           | Quota (m.s.l.m.) | profondità (m) |
|------|-----------|----------------------|------------------|----------------|
| 2019 | I_S_PZ_M1 | Campo prova di Monte | 47.92            | 20.0           |
| 2019 | I_S_PZ_M2 | Campo prova di Monte | 45.07            | 20.0           |
| 2019 | I_S_PZ_M3 | Campo prova di Monte | 44.32            | 21.0           |
| 2019 | I_S_PZ_V1 | Campo prova di Valle | 44.43            | 20.0           |
| 2019 | I_S_PZ_V2 | Campo prova di Valle | 46.49            | 20.0           |
| 2019 | I_S_PZ_V3 | Campo prova di Valle | 48.35            | 20.0           |

**Tab. 9– Tabella riepilogativa dei sondaggi a distruzione di nucleo**

I report con le stratigrafie rilevate nel corso dei sondaggi sono riportati nell'elaborato All(RG). 15 - Stratigrafie sondaggi 2018/19.

#### 4.2.2 Pozzi

Come detto nel paragrafo precedente, sono stati realizzati 2 campi prova costituiti da altrettanti pozzi, realizzati per poter effettuare le due prove di pompaggio.

In Tab. 10 sono riportate le caratteristiche dei due pozzi.

| Anno | Codice    | Intervento           | Tipo di perforazione | Diametro perforazione (mm) | Diametro pozzo (mm) | Materiale | profondità (m) |
|------|-----------|----------------------|----------------------|----------------------------|---------------------|-----------|----------------|
| 2019 | I_Pozzo_M | Campo prova di Monte | rotazione            | 250                        | 180                 | PVC       | 20.0           |
| 2019 | I_Pozzo_V | Campo prova di Valle | rotazione            | 250                        | 180                 | PVC       | 20.0           |

**Tab. 10– Tabella riepilogativa dei pozzi**

I report con le stratigrafie e altre caratteristiche dei pozzi sono riportati nell'elaborato All(RG). 15 - Stratigrafie sondaggi 2018/19.

#### **4.2.3 Prove penetrometriche dinamiche**

Le prove penetrometriche dinamiche, o SCPT, sono delle indagini, eseguite in situ, per poter determinare la stratificazione e le proprietà meccaniche dei terreni principalmente ghiaiosi.

Tali prove consistono nell'infissione nel terreno di una punta conica tramite battitura con un maglio di massa pari a 63.5 kg e con altezza di caduta di 75 cm e la conseguente determinazione del numero di colpi necessari ad infiggere la punta conica (area della punta 20.02 cm<sup>2</sup>) e le aste ad essa collegate, per una profondità di 20 cm.

Questa tipologia di prova, sebbene meno significativa in terreni coesivi, rispetto alla prova statica (CPT), consente un l'avanzamento e la parametrizzazione geotecnica anche nei depositi ghiaiosi e ciottolosi.

Nell'area in esame sono state realizzate 11 prove SCPT: 9 lungo l'argine di valle e 2 lungo il profilo 2.

In Tab. 11, per ciascuna prova, sono riportati:

- anno
- codice
- intervento / profilo interessato
- posizione
- quota in m s.l.m.
- massima profondità raggiunta in m

| Anno | Codice     | Intervento (profilo) | Posizione | Quota (m.s.l.m.) | profondità (m) |
|------|------------|----------------------|-----------|------------------|----------------|
| 2019 | D_2_SCPT_1 | H / 2-3-4            | p.c.      | 51.43            | 15.0           |
| 2019 | D_2_SCPT_2 | H / 2-3-4            | p.c.      | 50.05            | 15.0           |
| 2019 | H_SCPT_1   | E                    | p.c.      | 40.07            | 9.8            |
| 2019 | H_SCPT_2   | E                    | p.c.      | 41.08            | 9.8            |
| 2019 | H_SCPT_3   | E                    | p.c.      | 40.31            | 10.0           |
| 2019 | H_SCPT_4   | E                    | p.c.      | 40.47            | 10.0           |
| 2019 | H_SCPT_5   | E                    | p.c.      | 40.14            | 10.0           |
| 2019 | H_SCPT_6   | E                    | p.c.      | 40.08            | 10.0           |
| 2019 | H_SCPT_7   | E                    | p.c.      | 39.94            | 10.0           |
| 2019 | H_SCPT_8   | E                    | p.c.      | 39.79            | 10.0           |
| 2019 | H_SCPT_9   | E                    | p.c.      | 39.52            | 10.0           |

**Tab. 11– Tabella riepilogativa delle prove SCPT**

I report con i risultati delle prove SCPT sono riportati nell'elaborato All(RG). 16 - Prove penetrometriche 2018/19.

A seguito delle richieste di integrazioni della Conferenza dei Servizi in fase di VIA, nel maggio 2021 sono state effettuate ulteriori 2 prove penetrometriche dinamiche per la caratterizzazione dell'area in cui il Comune di Modena ha segnalato la presenza di possibili riempimenti di cave cessate, con presenza di “zona di attenzione per instabilità – cedimenti differenziali”.

| Anno | Codice     | Intervento (profilo) | Posizione | Quota (m.s.l.m.) | profondità (m) |
|------|------------|----------------------|-----------|------------------|----------------|
| 2021 | D_1_SCPT_1 | H                    | p.c.      | 47.60            | 2.80           |
| 2021 | D_1_SCPT_2 | H                    | p.c.      | 46.84            | 0.80           |

**Tab. 12– Tabella riepilogativa delle prove SCPT del 2021**

Anche i report di queste prove sono riportati nell'elaborato All(RG). 16 - Prove penetrometriche 2018/19.



#### 4.2.4 Prove geofisiche

Per un ulteriore approfondimento dei terreni costituenti l'arginatura e il suolo sottostante, si è ritenuto opportuno eseguire 2 tipi di prove geofisiche: Sismica a rifrazione e Geoelettrica.

Si è inoltre eseguita una prova down-hole per valutare la velocità delle onde sismiche primarie  $V_p$  e secondarie  $V_s$ . I report con i risultati di questa prova sono riportati nell'elaborato All(RS). 1 – Misure di VS in foro allegato alla Relazione sismotettonica e sismica.

Le indagini indirette, ed in particolare la metodologia a rifrazione, permettono la ricostruzione areale delle geometrie e degli spessori dei depositi di copertura, la profondità del substrato (entro i limiti di penetrazione del metodo) e la verifica di eventuali discontinuità laterali utilizzando la velocità delle Onde P e/o S.

Lo scopo delle indagini geoelettriche è quello di ricavare informazioni riguardanti la geometria e la localizzazione di elementi sepolti geologici (e non) alla luce delle loro proprietà elettriche. In particolare, il metodo della resistività si realizza attraverso la misura della differenza di potenziale elettrico in diversi punti della superficie del terreno.

In Tab. 13, per ciascuna prova, sono riportati:

- anno
- codice
- tipo di prova
- intervento / profilo interessato
- posizione
- massima profondità raggiunta in m / lunghezza stendimento in m

| Anno | Codice | Tipo di prova        | Intervento / profilo | Posizione | lunghezza (m) |
|------|--------|----------------------|----------------------|-----------|---------------|
| 2019 | D1SR1  | Sismica a rifrazione | 1                    | sommità   | 100.0         |
| 2019 | D1SR2  | Sismica a rifrazione | 1                    | p.c.      | 100.0         |
| 2019 | D3SR1  | Sismica a rifrazione | H / 2-3-4            | p.c.      | 100.0         |
| 2019 | D3SR2  | Sismica a rifrazione | H / 2-3-4            | p.c.      | 100.0         |
| 2019 | D6SR1  | Sismica a rifrazione | 6                    | banca     | 100.0         |

| Anno | Codice | Tipo di prova        | Intervento / profilo | Posizione | lunghezza (m) |
|------|--------|----------------------|----------------------|-----------|---------------|
| 2019 | D6SR2  | Sismica a rifrazione | 6                    | banca     | 100.0         |
| 2019 | D6SR3  | Sismica a rifrazione | 6                    | banca     | 100.0         |
| 2019 | D6SR4  | Sismica a rifrazione | 6                    | sommità   | 100.0         |
| 2019 | D6SR5  | Sismica a rifrazione | 6                    | p.c.      | 100.0         |
| 2019 | D6SR6  | Sismica a rifrazione | 6                    | p.c.      | 100.0         |
| 2019 | D1T1   | Geoelettrica         | 1                    | sommità   | 106.5         |
| 2019 | D2T1   | Geoelettrica         | H / 2-3-4            | sommità   | 106.5         |
| 2019 | D3T1   | Geoelettrica         | H / 2-3-4            | sommità   | 106.5         |
| 2019 | D3T2   | Geoelettrica         | H / 2-3-4            | sommità   | 106.5         |
| 2019 | D3T3   | Geoelettrica         | H / 2-3-4            | sommità   | 106.5         |
| 2019 | D3T4   | Geoelettrica         | H / 2-3-4            | sommità   | 106.5         |
| 2019 | D6T1   | Geoelettrica         | 6                    | banca     | 106.5         |
| 2019 | D6T2   | Geoelettrica         | 6                    | sommità   | 106.5         |
| 2019 | D6T3   | Geoelettrica         | 6                    | banca     | 106.5         |
| 2019 | D6T4   | Geoelettrica         | 6                    | banca     | 106.5         |
| 2019 | DH_BS1 | Down - hole          | B / 2-3-4            | sommità   | 50            |

**Tab. 13– Tabella riepilogativa delle prove geofisiche**

I report con i risultati delle prove geofisiche sono riportati nell'elaborato All(RG). 17  
- Prove geofisiche 2018/19.

#### **4.2.5 Trincee o pozzetti esplorativi**

Per l'approfondimento delle conoscenze dei soli terreni più superficiali, sia da un punto di vista geotecnico che ambientale, in corrispondenza della vasca in linea e del futuro ampliamento, è stata eseguita una campagna di trincee e pozzetti che, nel tratto in esame ha previsto la realizzazione di 106 indagini: 38 all'interno della cassa in linea e 68 all'interno dell'ampliamento previsto. I primi 9 saggi all'interno della cassa in linea, di fronte al manufatto sfioratore, sono stati eseguiti tramite sonda, i restanti mediante escavatore.

Per la descrizione dei terreni interessati da queste indagini si rimanda al capitolo relativo all'individuazione e caratterizzazione dei siti di prelievo dei materiali per rilevati e, più precisamente, al paragrafo 6.1 "Area di risagomatura e rimozione dei sedimenti della vasca in linea".

In Tab. 14 per ciascun saggio sono riportati:

- anno

**MO-E-1357** - Adeguamento dei manufatti di regolazione e sfioro della cassa di espansione del fiume Secchia comprensivo della predisposizione della possibilità di regolazione in situazioni emergenziali anche per piene ordinarie in relazione alla capacità di deflusso del tratto arginato (ex codice 10969) e avvio dell'adeguamento in quota e potenziamento strutturale dei rilevati arginali del sistema cassa espansione esistente



**MO-E-1273** - Lavori di ampliamento e adeguamento della cassa di espansione del Fiume Secchia nel comune di Rubiera (RE) (Accordo di programma Ministero- RER- Parte A)

- codice
- intervento
- massima profondità raggiunta in m
- campioni rimaneggiati prelevati
- campioni ambientali prelevati

| Anno | codice | Intervento | profondità (m) | Campioni rimaneggiati | Campioni ambientali |
|------|--------|------------|----------------|-----------------------|---------------------|
| 2019 | E_T_1  | C e I      | 7              | 1                     | 3                   |
| 2019 | E_T_2  | C e I      | 7              |                       | 2                   |
| 2019 | E_T_3  | C e I      | 7              | 1                     | 3                   |
| 2019 | E_T_4  | C e I      | 7              | 1                     | 3                   |
| 2019 | E_T_5  | C e I      | 7              | 1                     | 3                   |
| 2019 | E_T_6  | C e I      | 7              |                       | 3                   |
| 2019 | E_T_7  | C e I      | 7              | 1                     | 3                   |
| 2019 | E_T_8  | C e I      | 7              | 1                     | 3                   |
| 2019 | E_T_9  | C e I      | 7              | 1                     | 3                   |
| 2019 | E_T_10 | C e I      | 7              | 1                     | 3                   |
| 2019 | E_T_11 | C e I      | 7              |                       | 3                   |
| 2019 | E_T_12 | C e I      | 7              | 1                     | 3                   |
| 2019 | E_T_13 | C e I      | 7              | 1                     | 3                   |
| 2019 | E_T_14 | C e I      | 4              | 1                     | 3                   |
| 2019 | E_T_15 | C e I      | 7              | 1                     | 3                   |
| 2019 | E_T_16 | C e I      | 4              | 1                     | 3                   |
| 2019 | E_T_17 | C e I      | 7              | 1                     | 3                   |
| 2019 | E_T_18 | C e I      | 4              |                       | 3                   |
| 2019 | E_T_19 | C e I      | 7              | 1                     | 3                   |
| 2019 | E_T_20 | C e I      | 7              |                       | 3                   |
| 2019 | E_T_21 | C e I      | 7              |                       | 3                   |
| 2019 | E_T_22 | C e I      | 7              |                       | 3                   |
| 2019 | E_T_23 | C e I      | 7              |                       | 3                   |
| 2019 | E_T_24 | C e I      | 7              |                       | 3                   |
| 2019 | E_T_25 | C e I      | 7              |                       | 3                   |
| 2019 | E_T_26 | C e I      | 7              |                       | 3                   |
| 2019 | E_T_27 | C e I      | 4              |                       | 3                   |
| 2019 | E_T_28 | C e I      | 7              |                       | 3                   |
| 2019 | E_T_29 | C e I      | 7              |                       | 3                   |
| 2019 | E_T_30 | C e I      | 7              |                       | 3                   |
| 2019 | E_T_31 | C e I      | 4              |                       | 3                   |
| 2019 | E_T_32 | C e I      | 7              |                       | 3                   |
| 2019 | E_T_33 | C e I      | 7              |                       | 3                   |
| 2019 | E_T_34 | C e I      | 7              |                       | 3                   |
| 2019 | E_T_35 | C e I      | 7              | 1                     | 3                   |



**MO-E-1357** - Adeguamento dei manufatti di regolazione e sfioro della cassa di espansione del fiume Secchia comprensivo della predisposizione della possibilità di regolazione in situazioni emergenziali anche per piene ordinarie in relazione alla capacità di deflusso del tratto arginato (ex codice 10969) e avvio dell'adeguamento in quota e potenziamento strutturale dei rilevati arginali del sistema cassa espansione esistente



**MO-E-1273** - Lavori di ampliamento e adeguamento della cassa di espansione del Fiume Secchia nel comune di Rubiera (RE) (Accordo di programma Ministero- RER- Parte A)

| Anno | codice | Intervento | profondità (m) | Campioni rimaneggiati | Campioni ambientali |
|------|--------|------------|----------------|-----------------------|---------------------|
| 2019 | E_T_36 | C e I      | 7              |                       | 3                   |
| 2019 | E_T_37 | C e I      | 7              |                       | 3                   |
| 2019 | E_T_38 | C e I      | 7              | 1                     | 3                   |
| 2019 | D_T_1  | M          | 1.5            |                       | 1                   |
| 2019 | D_T_2  | M          | 1.5            |                       | 1                   |
| 2019 | D_T_3  | M          | 1.5            |                       | 1                   |
| 2019 | D_T_4  | M          | 1.5            |                       | 1                   |
| 2019 | D_T_5  | M          | 1.8            | 1                     | 1                   |
| 2019 | D_T_6  | M          | 1.5            |                       | 1                   |
| 2019 | D_T_7  | M          | 1.5            |                       | 1                   |
| 2019 | D_T_8  | M          | 1.8            |                       | 1                   |
| 2019 | D_T_9  | M          | 1.5            |                       | 1                   |
| 2019 | D_T_10 | M          | 1.5            |                       | 1                   |
| 2019 | D_T_11 | M          | 1.5            | 1                     | 1                   |
| 2019 | D_T_12 | M          | 1.5            |                       | 1                   |
| 2019 | D_T_13 | M          | 1.5            |                       | 1                   |
| 2019 | D_T_14 | M          | 1.56           |                       | 1                   |
| 2019 | D_T_15 | M          | 1.5            |                       | 1                   |
| 2019 | D_T_16 | M          | 1.6            |                       | 1                   |
| 2019 | D_T_17 | M          | 1.7            |                       | 1                   |
| 2019 | D_T_18 | M          | 1.5            |                       | 1                   |
| 2019 | D_T_19 | M          | 1.5            |                       | 1                   |
| 2019 | D_T_20 | M          | 1.7            | 1                     | 1                   |
| 2019 | D_T_21 | M          | 1.5            |                       | 1                   |
| 2019 | D_T_22 | M          | 1.85           |                       | 1                   |
| 2019 | D_T_23 | M          | 1.5            |                       | 1                   |
| 2019 | D_T_24 | M          | 2              |                       | 1                   |
| 2019 | D_T_25 | M          | 2              |                       | 1                   |
| 2019 | D_T_26 | M          | 2.4            |                       | 1                   |
| 2019 | D_T_27 | M          | 2.3            | 1                     | 1                   |
| 2019 | D_T_28 | M          | 2.1            |                       | 1                   |
| 2019 | D_T_29 | M          | 2.4            |                       | 1                   |
| 2019 | D_T_30 | M          | 2.4            |                       | 1                   |
| 2019 | D_T_31 | M          | 2.2            |                       | 1                   |
| 2019 | D_T_32 | M          | 2.5            |                       | 1                   |
| 2019 | D_T_33 | M          | 2.3            |                       | 1                   |
| 2019 | D_T_34 | M          | 2.25           |                       | 1                   |
| 2019 | D_T_35 | M          | 2.3            |                       | 1                   |
| 2019 | D_T_36 | M          | 2.2            | 1                     | 1                   |
| 2019 | D_T_37 | M          | 2              |                       | 1                   |
| 2019 | D_T_38 | M          | 2              |                       | 1                   |
| 2019 | D_T_39 | M          | 2              |                       | 1                   |
| 2019 | D_T_40 | M          | 2              |                       | 1                   |
| 2019 | D_T_41 | M          | 2.2            |                       | 1                   |



**MO-E-1357** - Adeguamento dei manufatti di regolazione e sfioro della cassa di espansione del fiume Secchia comprensivo della predisposizione della possibilità di regolazione in situazioni emergenziali anche per piene ordinarie in relazione alla capacità di deflusso del tratto arginato (ex codice 10969) e avvio dell'adeguamento in quota e potenziamento strutturale dei rilevati arginali del sistema cassa espansione esistente



**MO-E-1273** - Lavori di ampliamento e adeguamento della cassa di espansione del Fiume Secchia nel comune di Rubiera (RE) (Accordo di programma Ministero- RER- Parte A)

| Anno | codice | Intervento | profondità (m) | Campioni rimaneggiati | Campioni ambientali |
|------|--------|------------|----------------|-----------------------|---------------------|
| 2019 | D_T_42 | M          | 2.4            |                       | 1                   |
| 2019 | D_T_43 | M          | 2.4            |                       | 1                   |
| 2019 | D_T_44 | M          | 2.2            | 1                     | 1                   |
| 2019 | D_T_45 | M          | 2.2            |                       | 1                   |
| 2019 | D_T_46 | M          | 2.2            |                       | 1                   |
| 2019 | D_T_47 | M          | 2.2            |                       | 1                   |
| 2019 | D_T_48 | M          | 2.4            |                       | 1                   |
| 2019 | D_T_49 | M          | 2.2            | 1                     | 1                   |
| 2019 | D_T_50 | M          | 2.1            |                       | 1                   |
| 2019 | D_T_51 | M          | 2              |                       | 1                   |
| 2019 | D_T_52 | M          | 2              |                       | 1                   |
| 2019 | D_T_53 | M          | 2              |                       | 1                   |
| 2019 | D_T_54 | M          | 2              |                       | 1                   |
| 2019 | D_T_55 | M          | 2              |                       | 1                   |
| 2019 | D_T_56 | M          | 1.9            |                       | 1                   |
| 2019 | D_T_57 | M          | 2.4            |                       | 1                   |
| 2019 | D_T_58 | M          | 2              |                       | 1                   |
| 2019 | D_T_59 | M          | 2              |                       | 1                   |
| 2019 | D_T_60 | M          | 2.2            |                       | 1                   |
| 2019 | D_T_61 | M          | 2              |                       | 1                   |
| 2019 | D_T_62 | M          | 1.9            |                       | 1                   |
| 2019 | D_T_63 | M          | 2              |                       | 1                   |
| 2019 | D_T_64 | M          | 2.2            |                       | 1                   |
| 2019 | D_T_65 | M          | 2              |                       | 1                   |
| 2019 | D_T_66 | M          | 2.2            |                       | 1                   |
| 2019 | D_T_67 | M          | 2.3            |                       | 1                   |
| 2019 | D_T_68 | M          | 2              |                       | 1                   |

**Tab. 14– Tabella riepilogativa delle trincee o pozzetti esplorativi**

Le stratigrafie rilevate nel corso dei saggi sono riportate nel report di cui all'elaborato All(RG). 18 - Pozzetti con escavatore 2018/19, le analisi chimiche nell'All(RG). 19 - Analisi chimiche 2018/19, mentre le geotecniche nell'All(RGT). 11 - Analisi di laboratorio 2018/19.

## 5 Caratteri litostratimetrici, idrogeologici

Le indagini geognostiche, pregresse e integrative, descritte nel capitolo 4, hanno consentito di ricostruire, con un buon grado di dettaglio, l'assetto litostratimetrico e idrogeologico in corrispondenza delle differenti aree in cui si prevede d'intervenire, come descritto nei successivi paragrafi.

In particolare, è stato possibile redigere delle sezioni, sia longitudinali che trasversali, in cui sono stati distinti livelli costituiti da terreni a differente tessitura e conseguentemente caratterizzati da diversi gradi di permeabilità.

In tali sezioni sono state distinte le seguenti unità:

### all'interno dei corpi arginali

- pacchetto stradale
- terreni prevalentemente limoso-argillosi a permeabilità da bassa a molto bassa
- terreni prevalentemente ghiaiosi e sabbiosi a permeabilità da media a elevata

### nei terreni di fondazione

- terreni prevalentemente argillosi a permeabilità da bassa a molto bassa
- terreni prevalentemente ghiaiosi e sabbiosi a permeabilità da media a elevata

Va specificato che, nella redazione delle sezioni, quando incompatibili con i dati delle indagini limitrofe, sono state trascurate le informazioni derivanti da pozzi o da sondaggi a distruzione. Inoltre, in un caso, si è dovuta correggere la quota d'inizio di un sondaggio effettuato a supporto della progettazione dei rilevati arginali, in quanto palesemente errata.

Nei profili e nelle sezioni, dove disponibili, sono stati rappresentati anche i diaframmi, sia esistenti che di progetto.

## 5.1 Intervento A: adeguamento del manufatto di sbarramento e regolazione dell'invaso

La zona del manufatto regolatore era già stata indagata a più riprese con le seguenti campagne d'indagine:

- Indagini realizzate a supporto del progetto di costruzione, nel 1976
- Indagini effettuate per il collaudo funzionale e monitoraggio piezometrico, nel 2006
- Indagini effettuate per il progetto S.I.S.M.A. nel 2008

Ad integrazione di tali dati, quest'anno sono stati eseguiti 2 nuovi sondaggi: il primo dalla sommità arginale, profondo 36 m; il secondo, in alveo poco a monte del manufatto, che ha raggiunto i 30 m di profondità.

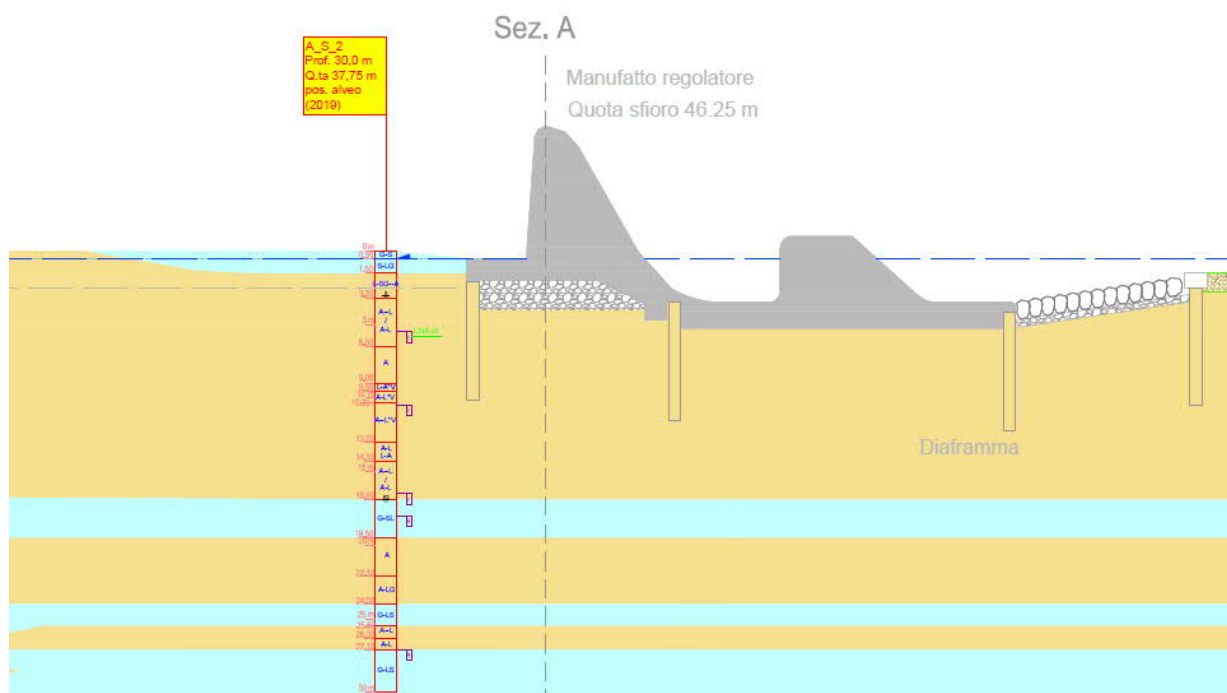
Sulla base di tutte queste informazioni è stato possibile redigere i seguenti elaborati grafici:

- All(RG). 5 - Sezioni litostratimetriche e idrogeologiche (Intervento A) - V=1:250, H=1:500
- All(RG). 6 - Sezione litostratimetriche e idrogeologiche trasversali (Intervento A) – V=1:250, H=1:250

in cui si osserva che:

- I terreni che costituiscono i rilevati arginali risultano a prevalenza limosa e argillosa e sono contraddistinti da una permeabilità da bassa a molto bassa.
- Depositi a tessitura fine, sempre a permeabilità da bassa a molto bassa, dominano pure nel primo sottosuolo, fino a quote inferiori a 35 m s.l.m., sebbene siano presenti anche delle lenti plurimetrie ghiaioso-sabbiose, a lato del manufatto: sia in destra idraulica, subito sotto l'arginatura, che in sinistra, sotto una copertura di argille di pochi metri. A tale proposito si precisa che nelle sezioni litostratimetriche sono stati rappresentati i diaframmi arginali sia già esistenti che di progetto.
- A profondità maggiori, si alternano livelli, a differente litologia e permeabilità non sempre correlabili lateralmente, in quanto la geometria deposizionale è quella

tipica dell'ambiente di conoide, caratterizzata da corpi lentiformi intrecciati tra loro.



**Fig. 30 – Stralcio da All(RG). 6 - Sezione litostratimetrica e idrogeologica trasversale (Intervento A)**

## 5.2 Intervento B: adeguamento del manufatto di derivazione nell'invaso laterale

L'area in corrispondenza del manufatto di derivazione laterale, prima della campagna di indagine 2018-2019, risultava molto carente di informazioni geologiche: infatti, ci si poteva basare solo sui dati di 2 sondaggi, ubicati, uno, oltre 400 m a sud e, l'altro, quasi 800 m a nord di tale manufatto, contraddistinti, tra l'altro, da stratigrafie molto differenti.

A fronte di tale situazione, la campagna integrativa ha previsto di realizzare 5 nuovi sondaggi dalla sommità arginale (1 a 50 m, 1 a 40 m e 3 a 35 m di profondità) e 1 dalla sommità del manufatto (a 10 m di profondità).

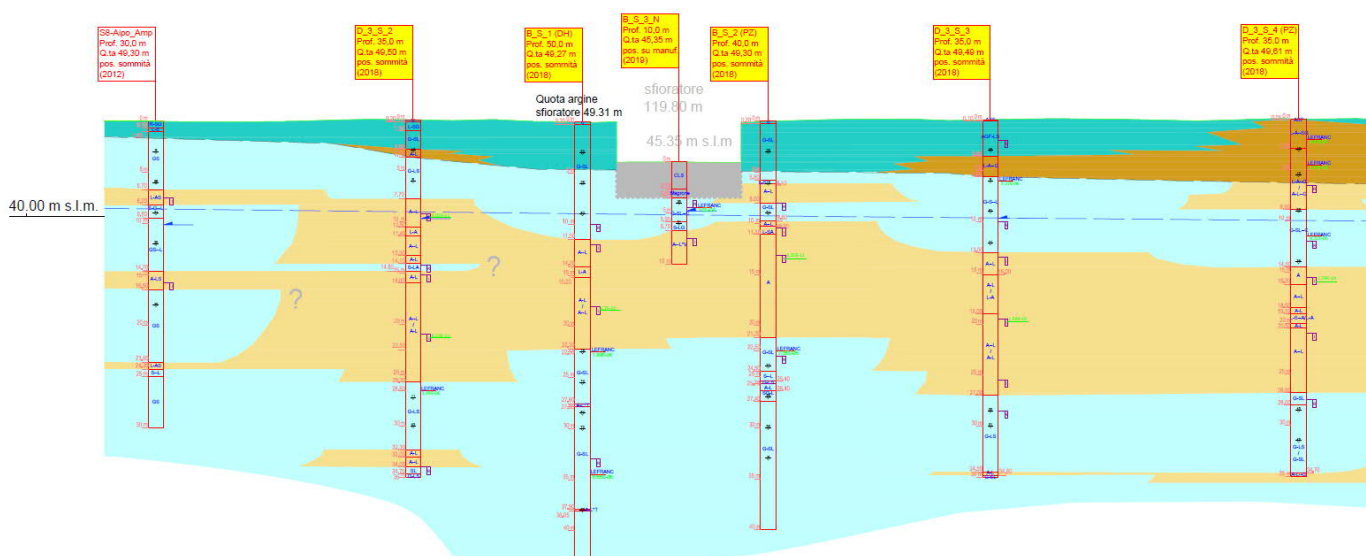
Ciò ha consentito di redigere il seguente elaborato grafico:

- All(RG). 7 - Sezione litostratimetrica e idrogeologica (Intervento B) -

V=1:250, H=1:2.500

in cui si osserva che:

- I terreni che costituiscono i rilevati arginali risultano prevalentemente ghiaiosi e sabbiosi (con permeabilità da media ad elevata) vicino allo sfioratore, mentre, allontanandosi verso nord, dominano i materiali fini (limi e argille contraddistinti da una permeabilità da bassa a molto bassa).



**Fig. 31 – Stralcio da All(RG). 7 - Sezione litostratimetrica e idrogeologica (Intervento B)**

- Ghiaie e sabbie permeabili si ritrovano anche subito sotto l'arginatura in un livello di spessore variabile tra i 5 e i 10 m, al cui interno sono presenti anche 2 lenti argillose di circa 2 m di spessore.
- Più in profondità, è stato disegnato un banco di depositi a tessitura fine, sempre a permeabilità da bassa a molto bassa, che si chiude verso sud per la presenza di corpi lentiformi a litologia grossolana, potenti 6÷7 m.
- I terreni più profondi tra quelli indagati, mediamente a partire da 25 a 50 m dalla sommità arginale, risultano costituiti da materiali granulari a permeabilità da media a elevata.



### **5.3 Intervento C: Opere di svaso e ricalibratura della cassa in linea**

Per la descrizione dei terreni interessati da questo intervento si rimanda al capitolo relativo all'individuazione e caratterizzazione dei siti di prelievo dei materiali per rilevati e, più precisamente, al paragrafo 6.1 "Area di risagomatura e rimozione dei sedimenti della vasca in linea".

### **5.4 Intervento D: adeguamento dei tratti arginali contigui ai manufatti**

La descrizione dei terreni interessati da questo intervento è già stata affrontata nei paragrafi 5.1 Intervento A: adeguamento del manufatto di sbarramento e regolazione dell'invaso e 5.2 Intervento B: adeguamento del manufatto di derivazione nell'invaso laterale.

### **5.5 Intervento E: arginatura secondaria a valle dello sbarramento**

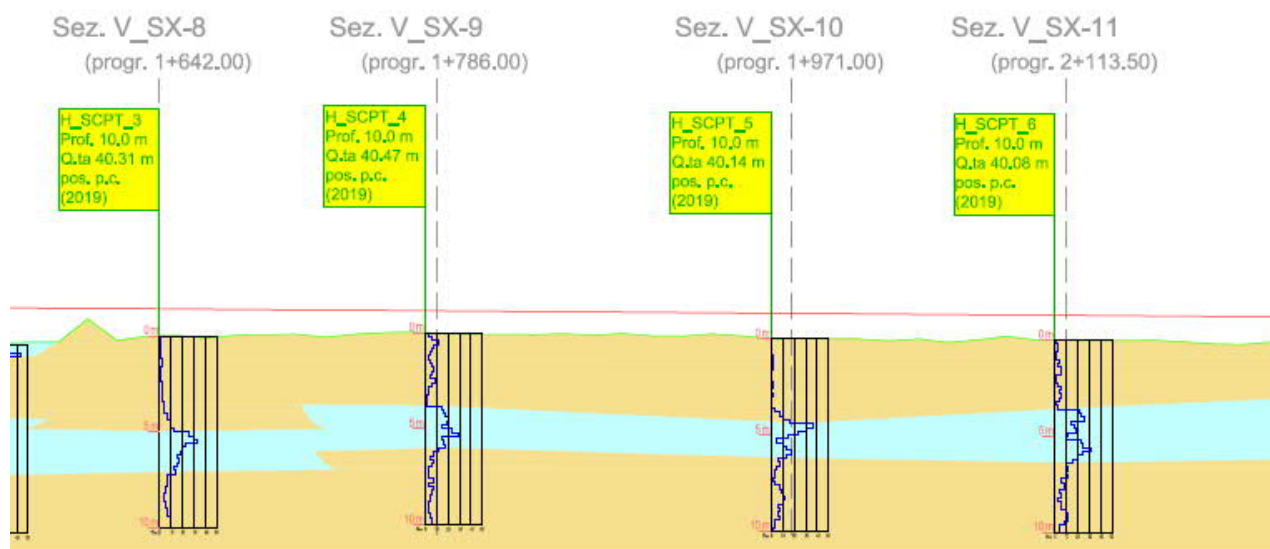
Nella porzione di territorio, in sinistra idraulica del fiume Secchia, a valle manufatto di regolazione, ove è prevista la realizzazione di un arginello golenale, nel corso della campagna geognostica integrativa, sono state eseguite 9 prove penetrometriche dinamiche (SCPT), fino a 9,8÷10 m da p.c., che hanno consentito di redigere il seguente elaborato grafico:

- All(RG). 14 - Sezione litostratimetrica e idrogeologica (Intervento E)

in cui si osserva che:

- Nel sottosuolo indagato dominano i depositi a tessitura fine (argille e limi), a permeabilità da bassa a molto bassa, interrotti, attorno ai 5 m di profondità, da un livello prevalentemente ghiaioso, permeabile, di spessore compreso all'incirca tra 1 e 3 m.

- Le 2 prove più a monte hanno incontrato dei terreni grossolani granulari, anche nel primo metro di avanzamento della punta.



**Fig. 32 – Stralcio da All(RG). 14 - Sezione litostratimetrica e idrogeologica (Intervento E)**

## 5.6 Intervento H: Adeguamento delle arginature della cassa di espansione

L'intervento H interessa una porzione di territorio molto ampia, in quanto riguarda l'adeguamento dei rilevati esistenti della cassa, che presentano un'estensione di oltre 8,5 km.

Per descrivere le caratteristiche geologiche e idrogeologiche di una zona così vasta sono state ricostruite 4 sezioni, in corrispondenza di altrettanti profili presi in asse agli argini esistenti e in progetto e 3 sezioni trasversali.

Di seguito, viene proposta una descrizione di tali profili.

### 5.6.1 Profilo 1

Il profilo 1 è relativo all'argine in sponda destra idraulica della cassa d'espansione in linea e si estende per 2.551 m.

Il tratto più settentrionale in prossimità del manufatto regolatore, in passato, tra il 1976 e 2006, è stato discretamente indagato e, in parte, si sovrappone alla sezione descritta nel paragrafo 5.1.

Spostandosi verso sud, invece, le poche indagini pregresse presenti hanno distanza e posizione tale, rispetto all'asse della sezione, da risultare poco attendibili.

Ne consegue che la campagna integrativa ha dovuto prevedere l'esecuzione di 7 nuovi sondaggi, fino a 20 m di profondità.

I dati sopraccitati hanno consentito di redigere l'elaborato

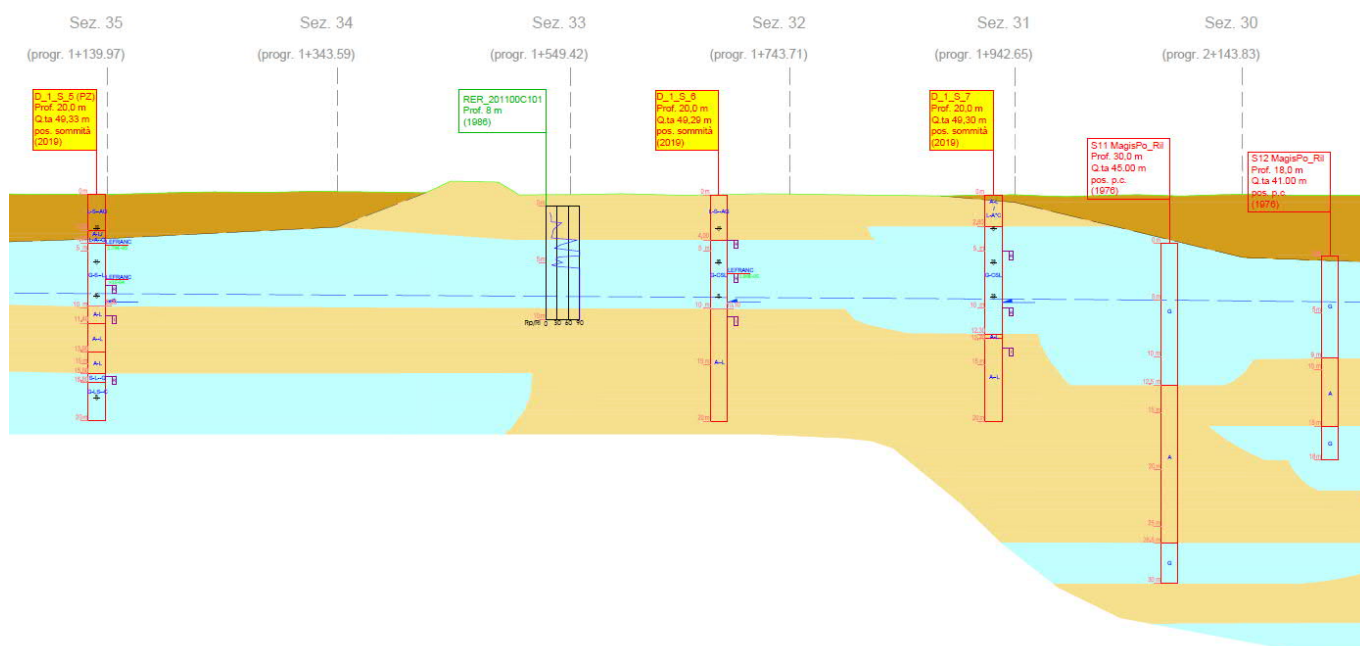
- All(RG). 8 - Sezione litostratimetrica e idrogeologica (Intervento H profilo 1) - V=1:250, H=1:2.500

in cui si osserva che:

- Il profilo interessa 2 distinti tratti di arginatura intervallati da una zona in cui non è stato necessario realizzarla per la presenza di un terrazzo costituito da depositi alluvionali del Subsistema di Ravenna.
- Sia i rilevati, di altezza variabile sino a circa 6 m, che la copertura del terrazzo alluvionale, per uno spessore di 3÷4 m, sono costituiti da terreni prevalentemente limoso argillosi poco permeabili.

**MO-E-1357** - Adeguamento dei manufatti di regolazione e sfioro della cassa di espansione del fiume Secchia comprensivo della predisposizione della possibilità di regolazione in situazioni emergenziali anche per piene ordinarie in relazione alla capacità di deflusso del tratto arginato (ex codice 10969) e avvio dell'adeguamento in quota e potenziamento strutturale dei rilevati arginali del sistema cassa espansione esistente

**MO-E-1273** - Lavori di ampliamento e adeguamento della cassa di espansione del Fiume Secchia nel comune di Rubiera (RE) (Accordo di programma Ministero- RER- Parte A)



**Fig. 33 – Stralcio da All(RG). 8 - Sezione litostratimetrica e idrogeologica (Intervento H profilo 1)**

- Sotto ai terreni fini di cui al punto precedente è presente un orizzonte prevalentemente ghiaioso di spessore variabile tra i 3 e 12.5 m.
- Per descrivere la situazione rilevata più in profondità bisogna distinguere tra i vari tratti: partendo da sud, fino ad almeno la sezione 39, dominano i depositi grossolani, con eccezione di un livelletto di limi e argille, di poco più di 2 metri di spessore; spessore che aumenta a circa 5 m, fino alla sezione 33, a partire dalla quale i depositi a tessitura fine diventano prevalenti, anche se, nelle differenti verticali, si incontrano livelli plurimetri di depositi perlopiù sabbiosi e ghiaiosi, soprattutto tra i 15 e i 30 m dalla base dell'arginatura.
- Tra le sezioni 38 e 39, laddove il nuovo argine si discosta dall'esistente, lo studio di microzonazione sismica del Comune di Modena segnala la presenza di una cava esaurita, ritombata. Le indagini appositamente eseguite in tale area (prove penetrometriche dinamiche, cfr. § 4.2.3) hanno riscontrato la presenza di materiali granulari grossolani, ad elevata resistenza penetrometrica.

### 5.6.2 Profilo 2+3+4

Il profilo 2+3+4 è dato dall'unione dei:

- profilo 2: relativo alla porzione più a sud della difesa arginale in sinistra idraulica fino al limite meridionale della cassa laterale esistente
- profilo 3: relativo al tratto arginale che separa la cassa in linea da quella laterale
- profilo 4: relativo al tratto che collega il manufatto regolatore con la cassa laterale

Complessivamente presenta una lunghezza di 2.457 m e, con eccezione del tratto più vicino al manufatto regolatore che, in parte, si sovrappone alla sezione descritta nel paragrafo 5.1., interessa una zona particolarmente povera di indagini pregresse, in cui, nel corso della campagna geognostica integrativa, è stato necessario effettuare 10 nuovi sondaggi a carotaggio continuo, di cui uno suborizzontale per conoscere i materiali che costituiscono l'argine, e 2 prove penetrometriche dinamiche.

I dati sopraccitati hanno consentito di redigere l'elaborato

- All(RG). 9 - Sezione litostratimetrica e idrogeologica (Intervento H profilo 2+3+4) - V=1:250, H=1:2.500

e una delle sezioni riportate nell'elaborato

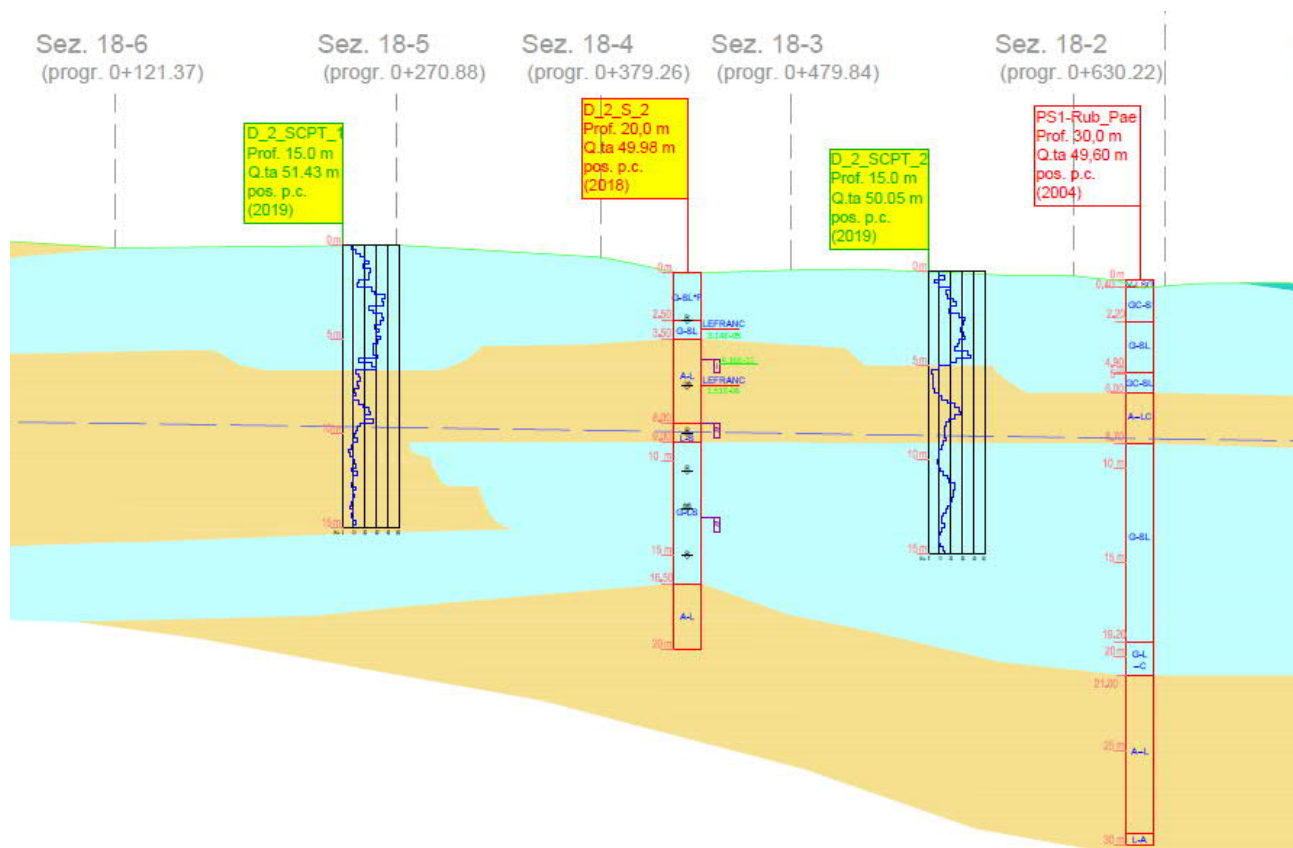
- All(RG). 13 - Sezioni litostratimetriche e idrogeologiche trasversali (profili 3, 5 e 6) - 1:200

in cui si osserva che:

- Il Profilo 2 è caratterizzato, all'incirca, dalla seguente successione litostratigrafica:
  - da p.c. a -3,5÷7 m da p.c.: depositi prevalentemente ghiaiosi e sabbiosi a permeabilità da media a elevata
  - da -3,5÷7 a -8,5÷17 m da p.c.: depositi prevalentemente argillosi a permeabilità da bassa a molto bassa
  - Da -8,5÷17 a -16,5÷21 m da p.c.: depositi prevalentemente ghiaiosi e sabbiosi a permeabilità da media a elevata



- Da -16,5÷21 a -30 m da p.c. (massima profondità indagata): depositi prevalentemente argillosi a permeabilità da bassa a molto bassa



**Fig. 34 – Stralcio da All(RG). 9 - Sezione litostratimetrica e idrogeologica (Intervento H profilo 2+3+4)**

- Il Profilo 3, sostanzialmente, coincide con la Sezione litostratimetrica e idrogeologica (Intervento B) di cui all'elaborato All(RG). 7, già descritta nel paragrafo 5.2.
- Il Profilo 4 può essere descritto, approssimativamente, dal seguente schema stratigrafico:

#### CORPO ARGINALE

- Altezza = 5÷6 m
- Litologia = Terreni prevalentemente limoso argillosi, a monte, e ghiaioso sabbiosi a valle
- Grado di permeabilità = variabile, in funzione della tessitura dei depositi

## TERRENI DI FONDAZIONE

### Orizzonte 1

- Profondità = da 0 a 2÷4 m da base arginale
- Litologia = Terreni prevalentemente argillosi
- Grado di permeabilità = da basso a molto basso

### Orizzonte 2

- Profondità = da 2÷4 a 8,5÷9 m da base arginale
- Litologia = Terreni prevalentemente ghiaiosi e sabbiosi
- Grado di permeabilità = da medio a elevato

### Orizzonte 3

- Profondità = da 8,5÷9 a 32÷34 m da base arginale
- Litologia = Terreni prevalentemente argillosi con presenza, nella porzione più bassa, di livelli lentiformi plurimetrici a litologia più grossolana
- Grado di permeabilità = da basso a molto basso

### Orizzonte 4

- Profondità = da 32÷34 a 50 m da base arginale (massima profondità indagata)
- Litologia = Terreni prevalentemente ghiaiosi e sabbiosi
- Grado di permeabilità = da medio a elevato

### **5.6.3 Profilo 5**

Il profilo 5 riguarda il tratto di argine che separa la cassa laterale, esistente, dal suo ampliamento, in progetto.

Ha una lunghezza di 1.381 m ed è stato indagato, principalmente, coi sondaggi eseguiti a supporto della pianificazione estrattiva del Comune di Rubiera, e, in subordine, con la campagna geognostica per la progettazione dell'ampliamento della cassa d'espansione.

Nel corso dell'indagine integrativa è stato realizzato un ulteriore sondaggio sulla sommità arginale da 20 m di profondità e 2 sondaggi suborizzontali nel corpo arginale.

I dati sopraccitati hanno consentito di redigere l'elaborato

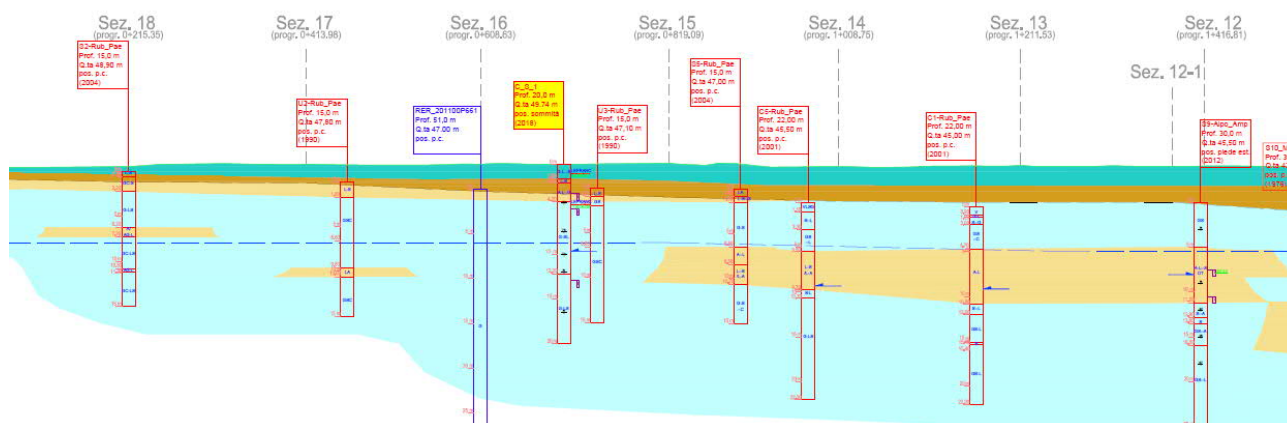
- All(RG). 10 - Sezione litostratimetrica e idrogeologica (Intervento H profilo 5) - V=1:250, H=1:2.500

e 2 delle sezioni riportate nell'elaborato

- All(RG). 13 - Sezioni litostratimetriche e idrogeologiche trasversali (profili 3, 5 e 6) - 1:200

in cui si osserva che:

- Il rilevato arginale è costituito, generalmente, in sommità, da depositi prevalentemente ghiaiosi e sabbiosi, a permeabilità da media a elevata, e alla base, depositi prevalentemente argillosi a permeabilità da bassa a molto bassa.



**Fig. 35 – Stralcio da All(RG). 10 - Sezione litostratimetrica e idrogeologica (Intervento H profilo 5)**

- Uno spessore modesto (generalmente inferiore a 1 m) di materiali fini, sempre a permeabilità da bassa a molto bassa, è stato rilevato, subito sotto l'arginatura, limitatamente al settore più a monte.
- Nel complesso, nel sottosuolo indagato, fino a 30 m dalla base dell'arginatura, dominano i depositi grossolani ghiaiosi e, in subordine, sabbiosi, anche se si

rinvengono lenti di sedimenti a tessitura fine (limi e argille) di potenza anche superiore a 5 m

#### **5.6.4 Profilo 6**

Il profilo 6 è relativo al tratto più settentrionale della cassa laterale esistente di lunghezza pari a 2300 m.

Tale zona è stata indagata a più riprese con le seguenti campagne d'indagine:

- Indagini realizzate a supporto del progetto di costruzione dei rilevati, nel 1976
- Prove sui terreni costituenti il tratto più a sud dell'arginatura, effettuate per il collaudo del quinto lotto della cassa d'espansione, nel 1978
- Indagini effettuate per il collaudo funzionale e monitoraggio piezometrico, nel 2006
- sondaggio effettuato per il progetto S.I.S.M.A., nel 2008

Ad integrazione di tali dati, a supporto del presente studio sono stati eseguiti

- N° 3 sondaggi dalla sommità arginale, lunghi 39 m
- N° 4 sondaggi suborizzontali per indagare i materiali costituenti il rilevato

I dati sopraccitati hanno consentito di redigere l'elaborato

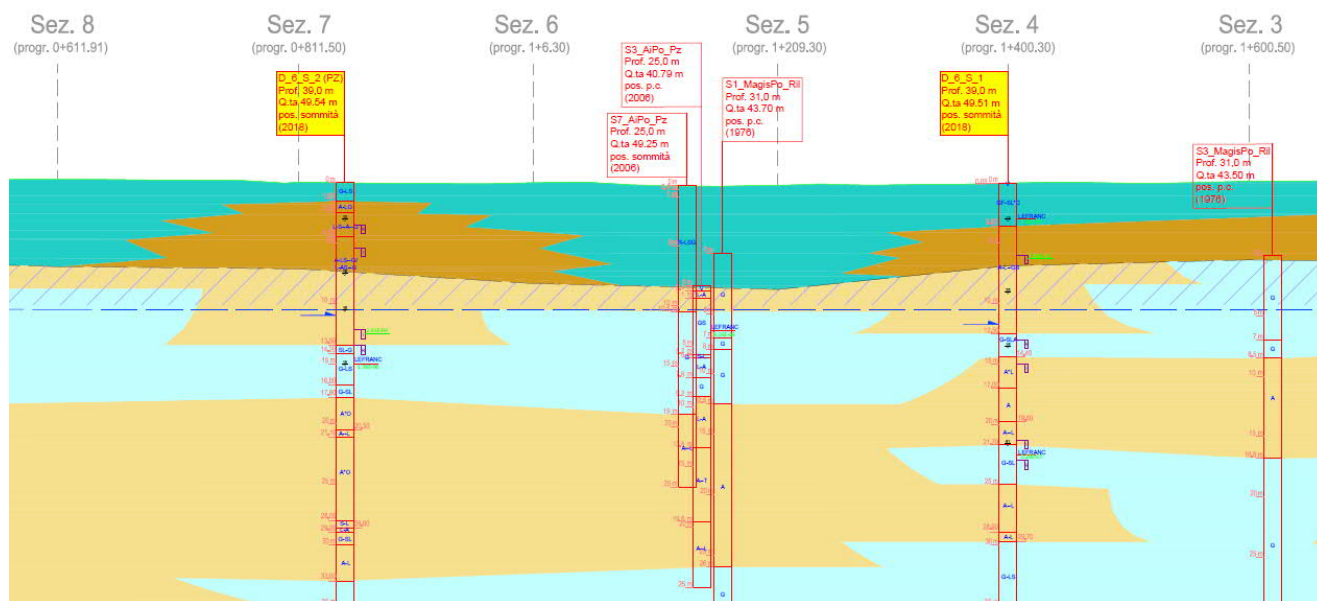
- All(RG). 11 - Sezione litostratimetrica e idrogeologica (Intervento H profilo 6) - V=1:250, H=1:2.500

e 3 delle sezioni riportate nell'elaborato

- All(RG). 13 - Sezioni litostratimetriche e idrogeologiche trasversali (profili 3, 5 e 6) - 1:200

**MO-E-1357** - Adeguamento dei manufatti di regolazione e sfioro della cassa di espansione del fiume Secchia comprensivo della predisposizione della possibilità di regolazione in situazioni emergenziali anche per piene ordinarie in relazione alla capacità di deflusso del tratto arginato (ex codice 10969) e avvio dell'adeguamento in quota e potenziamento strutturale dei rilevati arginali del sistema cassa espansione esistente

**MO-E-1273** - Lavori di ampliamento e adeguamento della cassa di espansione del Fiume Secchia nel comune di Rubiera (RE) (Accordo di programma Ministero- RER- Parte A)



**Fig. 36 – Stralcio da All(RG). 11 - Sezione litostratimetrica e idrogeologica (Intervento H profilo 6)**

in cui si osserva che:

- Il Profilo 6 può essere descritto, approssimativamente, dal seguente schema stratigrafico:

#### CORPO ARGINALE

- Altezza = all'incirca 10 m (considerando che si presume che in parte sia stato realizzato in escavazione delle ghiaie preesistenti)
- Litologia = variabile, dalle argille alle ghiaie
- Grado di permeabilità = variabile, in funzione della tessitura dei depositi

#### TERRENI DI FONDAZIONE

##### Orizzonte 1

- Profondità = da 10 a 12,5÷19 m da sommità arginale
- Litologia = Terreni prevalentemente ghiaiosi e sabbiosi con all'interno 2 lenti superficiali di depositi fini, di spessore di 2÷3 m
- Grado di permeabilità = da medio a elevato

con all'interno:



## Orizzonte 2

- Profondità = da 12,5÷19 a 30÷35 m da sommità arginale
- Litologia = Terreni prevalentemente argillosi con all'interno alcune lenti plurimetrie di depositi a tessitura grossolana
- Grado di permeabilità = da basso a molto basso

## Orizzonte 4

- Profondità = da 30÷35 a 50 m da base arginale
- Litologia = Terreni prevalentemente ghiaiosi e sabbiosi
- Grado di permeabilità = da medio a elevato

## 5.7 Intervento I: risagomatura e rimozione sedimenti vasca in linea

Come per il per l'intervento C, anche per la descrizione dei terreni interessati da questo intervento si rimanda al capitolo relativo all'individuazione e caratterizzazione dei siti di prelievo dei materiali per rilevati e, più precisamente, al paragrafo 6.1 "Area di risagomatura e rimozione dei sedimenti della vasca in linea".

## 5.8 Intervento L: soglia di sfioro tra l'invaso esistente e l'ampliamento

La soglia di sfioro dell'ampliamento della cassa laterale sarà realizzata tra la sez. 16 e la sez. 15 del rilevato arginale di cui al profilo 5.

La descrizione dei caratteri litostratigrafici e idrogeologici di tale zona è già stata trattata nel paragrafo 5.6.3.

## 5.9 Intervento M: arginature di contenimento dell'invaso in ampliamento

La porzione di territorio interessata dalle arginature di contenimento dell'invaso in ampliamento, di lunghezza complessiva di 2.359 m, è caratterizzata dalla presenza di

molti dati pregressi, in quanto è stato oggetto sia delle indagini utilizzate per la pianificazione del polo estrattivo Se108, del Comune di Rubiera, che di quelle appaltate da AIPO, per la progettazione definitiva dell'ampliamento della cassa d'espansione.

Conseguentemente in detta area non è stato necessario effettuare una campagna geognostica integrativa.

I dati pregressi sopraccitati hanno consentito di redigere l'elaborato

- All(RG). 12- Sezione litostratimetrica e idrogeologica (Intervento M) -  
V=1:250, H=1:2.500

in cui si osserva che:

- Il sottosuolo indagato può essere descritto, approssimativamente, dal seguente schema stratigrafico:

Orizzonte 1

- Profondità = da 0 a 0,2÷2,7 m da piano campagna
- Litologia = Terreni prevalentemente argillosi
- Grado di permeabilità = da basso a molto basso

Orizzonte 2

- Profondità = da 0,2÷2,7 a 16÷30 m da piano campagna
- Litologia = Terreni prevalentemente ghiaiosi e sabbiosi
- Grado di permeabilità = da medio a elevato

con all'interno:

Lente 2.a (in corrispondenza delle sez. da B1 a B3)

- Profondità = da 6÷7 a 8÷9 m da piano campagna
- Litologia = Terreni prevalentemente argillosi
- Grado di permeabilità = da basso a molto basso

Lente 2.B (in corrispondenza delle sez. da B10 a B13)

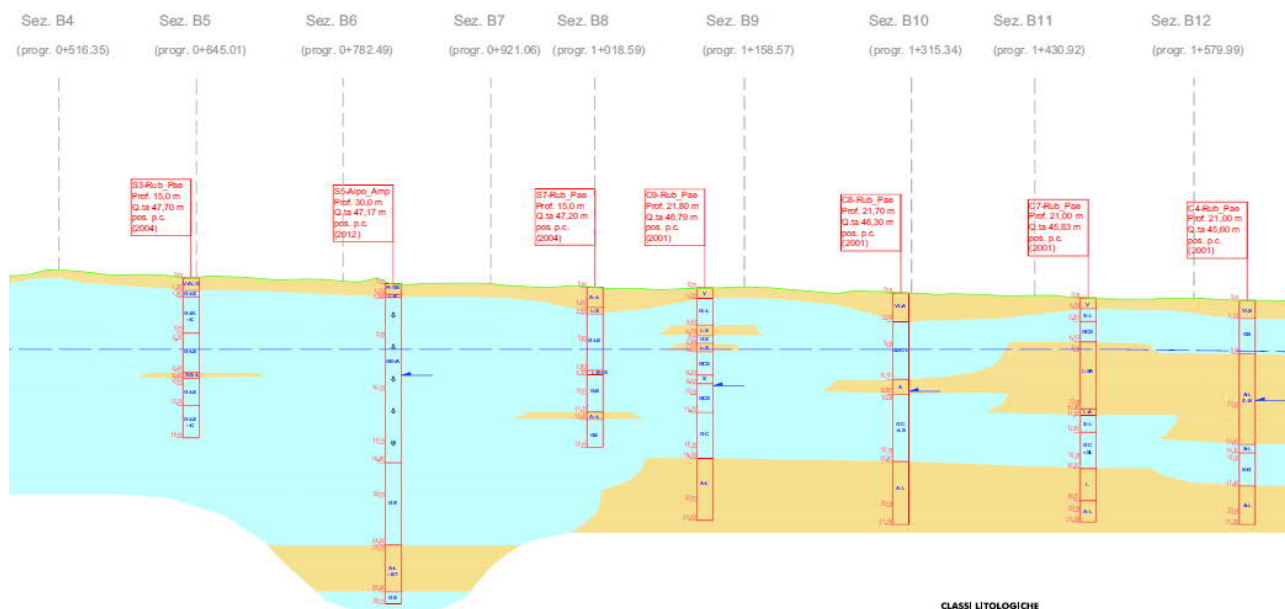
- Profondità = da 4÷5 a 9,5÷13,5 m da piano campagna
- Litologia = Terreni prevalentemente argillosi
- Grado di permeabilità = da basso a molto basso

### Lente 2.C (in corrispondenza delle sez. da B15 a B16)

- Profondità = da 5 a 10,5÷11 m da piano campagna
- Litologia = Terreni prevalentemente argillosi
- Grado di permeabilità = da basso a molto basso

### Orizzonte 3

- Profondità = da 16÷30 a 35 m da piano campagna
- Litologia = Terreni prevalentemente argillosi
- Grado di permeabilità = da basso a molto basso



**Fig. 37 – Stralcio da All(RG). 12- Sezione litostratimetrica e idrogeologica (Intervento M)**

## **6 Individuazione e caratterizzazione dei siti di prelievo dei materiali per rilevati**

I materiali per la realizzazione dei rilevati potranno essere reperiti da 2 differenti zone: gran parte di essi, necessari all'adeguamento degli argini delle 2 casse esistenti, nonché per le arginature golenali a valle del manufatto di regolazione, saranno scavati nell'ambito degli interventi C e I, di ricalibratura, risagomatura e rimozione dei sedimenti della vasca in linea; quelli da destinare ai lavori di ampliamento della cassa, invece, si estrarranno dal Polo SE108 definito nel Piano delle Attività Estrattive del Comune di Rubiera e riconducibile all'intervento M: Arginature di contenimento dell'invaso in ampliamento.

Nei successivi paragrafi viene proposta una descrizione delle 2 aree di prelievo sopraindicate.

I risultati di dettaglio delle analisi svolte sono consultabili nei seguenti elaborati:

- All(RG). 24 - Analisi chimiche 2018/19
- All(RGT). 11 - Analisi di laboratorio 2018/19
- All(RGT). 12 - Analisi di laboratorio pregresse

### **6.1 Area di risagomatura e rimozione dei sedimenti della vasca in linea**

Come anticipato nel paragrafo 2.2, all'interno della vasca in linea, a partire dell'entrata in funzione della cassa stessa, e, in particolare negli ultimi 20÷25 anni, probabilmente con velocità crescente nel tempo, è avvenuto un deposito di sedimenti fini, sabbie, limi e argille e accumulo di legname flottante, che ha determinato l'innalzamento della superficie topografica, di circa 6 m nella zona prossima al manufatto di regolazione e di circa 4÷2 m nella parte a monte.

A fronte di tale problematica, gli interventi C e I prevedono, in tempi differenti, la ricalibratura, risagomatura e la rimozione di un'abbondante quantità di questi sedimenti con il duplice scopo di recuperare, almeno parzialmente, il volume

originario della cassa d'espansione e fornire i terreni per l'adeguamento dei rilevati arginali (cfr. interventi D, E, G e H).

Informazioni relative alle caratteristiche dei materiali che saranno interessati dagli scavi sono contenute nel progetto definitivo della manutenzione straordinaria della cassa (MO-E-1351), redatto da Blu Progetti s.r.l. e supportato da una Relazione geologica e geotecnica, datata maggio 2016, all'interno della quale sono riportati i risultati di indagini effettuate nella zona subito a monte della traversa di regolazione, sulla sponda destra del fiume; indagini che hanno previsto:

- n° 3 scavi esplorativi (cfr. Foto 3 e Foto 4), eseguiti con escavatore, interrotti a profondità variabili, comprese tra -6 a -7 m da p.c., nel corso dei quali sono stati prelevati campioni rimaneggiati
- prove eseguite dal laboratorio di geotecnica AIPO di Boretto sui campioni rimaneggiati, ovvero:
  - n° 3 analisi granulometriche (cfr. Fig. 38)
  - n° 3 classificazioni delle terre
  - n° 3 determinazioni delle sostanze organiche



**MO-E-1357** - Adeguamento dei manufatti di regolazione e sfioro della cassa di espansione del fiume Secchia comprensivo della predisposizione della possibilità di regolazione in situazioni emergenziali anche per piene ordinarie in relazione alla capacità di deflusso del tratto arginato (ex codice 10969) e avvio dell'adeguamento in quota e potenziamento strutturale dei rilevati arginali del sistema cassa espansione esistente

**MO-E-1273** - Lavori di ampliamento e adeguamento della cassa di espansione del Fiume Secchia nel comune di Rubiera (RE) (Accordo di programma Ministero- RER- Parte A)



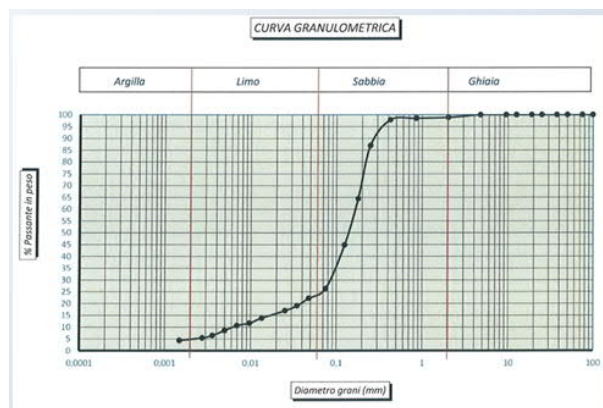
**Foto 3 – Ubicazione scavi esplorativi all'interno della cassa in linea**



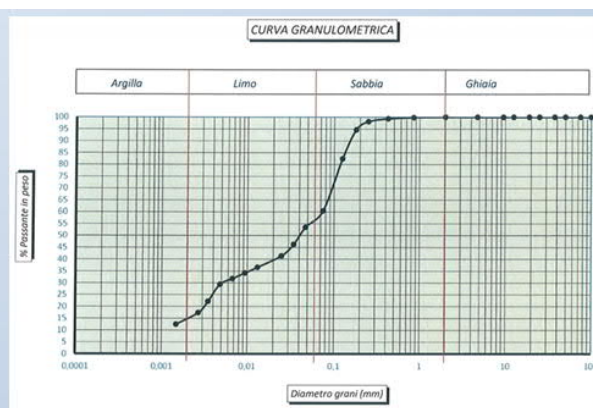
**Foto 4 – Scavo esplorativo n. 3 all'interno della cassa in linea**

**MO-E-1357** - Adeguamento dei manufatti di regolazione e sfioro della cassa di espansione del fiume Secchia comprensivo della predisposizione della possibilità di regolazione in situazioni emergenziali anche per piene ordinarie in relazione alla capacità di deflusso del tratto arginato (ex codice 10969) e avvio dell'adeguamento in quota e potenziamento strutturale dei rilevati arginali del sistema cassa espansione esistente

**MO-E-1273** - Lavori di ampliamento e adeguamento della cassa di espansione del Fiume Secchia nel comune di Rubiera (RE) (Accordo di programma Ministero- RER- Parte A)



Campione 1 prelevato dallo scavo esplorativo n. 1, livello alla profondità di 2,5-3 m da p.c.



Campione 2 prelevato dallo scavo esplorativo n. 1, livello alla profondità di 3-5 m da p.c.



Campione 3 prelevato dallo scavo esplorativo n. 1, livello alla profondità di 5-7 m da p.c.3

**Fig. 38 – Prove granulometriche effettuate su campioni prelevati all'interno della cassa in linea**

I risultati delle indagini effettuate sono riepilogati nella seguente Tab. 15:

| Campione | Caratteristiche granulometriche |        |       |         | Classificazione<br>CNR UNI<br>10006 | Contenuto<br>sostanza<br>organica |
|----------|---------------------------------|--------|-------|---------|-------------------------------------|-----------------------------------|
|          | ghiaia                          | sabbia | limo  | argilla |                                     |                                   |
| S1C1     | 1,2%                            | 72,5%  | 21,2% | 5,1%    | A2-4                                | 2,54%                             |
| S1C2     | 0,0%                            | 39,5%  | 45,7% | 14,8%   | A4(5)                               | 2,63%                             |
| S1C3     | 0,2%                            | 32,3%  | 52,5% | 15,1%   | A4(7)                               | 3,05%                             |

**Tab. 15 – Risultati delle prove di laboratorio pregresse eseguite su campioni prelevati all'interno della cassa in linea**

Questi dati trovano riscontro nelle nuove indagini realizzate nella campagna 2019, elencate nel paragrafo 4.2.5, e riepilogate per quanto riguarda le caratteristiche granulometriche nella seguente Tab. 16

| Campione | Profondità campione | Caratteristiche granulometriche |        |                | Classificazione CNR UNI 10006 | Classificazione USCS |
|----------|---------------------|---------------------------------|--------|----------------|-------------------------------|----------------------|
|          |                     | ghiaia                          | sabbia | limo e argilla |                               |                      |
| ET1      | m 0.50 - 2.00       | 0.0%                            | 31.2%  | 68.8%          | A4                            |                      |
| ET3      | m 0.50 - 1.80       | 0.0%                            | 23.2%  | 76.8%          | A4                            |                      |
| ET4      | m 0.50 - 1.50       | 0.0%                            | 5.3%   | 94.7%          | A 6                           |                      |
| ET5      | m 0.50 - 2.00       | 0.0%                            | 38.2%  | 61.8%          | A4                            |                      |
| ET7      | m 0.50 - 1.70       | 0.1%                            | 21.7%  | 78.3%          | A4                            |                      |
| ET8      | m 0.50 - 2.00       | 0.0%                            | 55.4%  | 44.6%          | A4                            |                      |
| ET9      | m 0.50 - 2.00       | 0.2%                            | 46.8%  | 53.2%          | A4                            |                      |
| ET10     | m 2.50 - 3.50       | 0.0%                            | 41.1%  | 58.9%          | A 6                           | CL                   |
| ET12     | m 3.50 - 4.50       | 0.0%                            | 36.7%  | 63.3%          | A 6                           | ML o OL              |
| ET13     | m 1.50 - 2.50       | 0.1%                            | 28.6%  | 71.4%          | A 4                           | ML o OL              |
| ET14     | m 1.50 - 2.50       | 0.0%                            | 40.5%  | 59.5%          | A 6                           | ML o OL              |
| ET15     | m 3.50 - 4.50       | 0.0%                            | 12.3%  | 87.7%          | A 6                           | ML o OL              |
| ET16     | m 2.50 - 3.50       | 0.0%                            | 38.1%  | 61.9%          | A 4                           | ML o OL              |
| ET17     | m 4.50 - 5.50       | 0.0%                            | 1.5%   | 98.5%          | A 7 - 6                       | ML o OL              |
| ET19     | m 1.50 - 2.50       | 0.1%                            | 28.2%  | 71.7%          | A 6                           | ML o OL              |
| ET35     | m 5.00 - 6.00       | 47.6%                           | 32.3%  | 20.1%          | A 1b                          | ML                   |
| ET38     | m 3.50 - 4.50       | 65.7%                           | 18.7%  | 15.6%          | A2-4                          | CL - ML              |

**Tab. 16 – Risultati delle prove di laboratorio eseguite su campioni integrativi prelevati all'interno della cassa in linea**

Come risulta evidente dalle analisi, si tratta di terreni prevalentemente limo-sabbiosi, appartenenti alle classi A4 e A6, quindi con caratteristiche granulometriche tali da consentirne l'utilizzo per la realizzazione dei rilevati. La presenza di abbondanti quantità di legname impone, però, di prevedere delle lavorazioni tali da garantirne la selezione. Inoltre, non dovranno essere impiegati nelle arginature i depositi con contenuto di sostanza organica particolarmente elevato.



Tutte le indagini effettuate hanno evidenziato l'assenza di un suolo vegetale di copertura dei sedimenti. Del resto, come già evidenziato, si tratta di materiali che sono stati depositi dal fiume negli ultimi 20-25 anni, in diverse fasi, per cui non è stato possibile lo sviluppo della pedogenizzazione. L'elevato tenore di sostanza organica non è legato alla formazione del suolo, ma alla presenza di resti vegetali, prevalentemente apparati radicali, di piante pioniere che tentavano di colonizzare le alluvioni.

Oltre ad analisi di carattere geotecnico, sono state svolte analisi chimiche per verificare l'assenza di contaminazione.

Da questo punto di vista, i campioni prelevati in corrispondenza dell'area di escavazione, all'interno dell'alveo del fiume Secchia, le concentrazioni soglia di contaminazione (CSC) risultano conformi alla colonna A della tabella 1 dell'allegato 5 del D. L.vo 152/2006 e smi, in 111 casi su 113.

In soli 2 casi (cfr. pozzetti E\_T\_35 CA1 1-2m e E\_T\_37 CA3 3-4m), i campioni analizzati, invece, presentano, entrambi, valori superiori alla soglia minima della Tabella A, per quanto riguarda il piombo. Entrambi, tuttavia, rientrano nei limiti per la Tabella B.

L'ubicazione dei due pozzetti è visualizzata nell'immagine di Fig. 39.

Detto ciò, bisogna tener conto del fatto che la normativa vigente distingue le operazioni di scavo in ambito residenziale e/o industriale da quelle in ambito fluviale. In particolare, il comma 3 dell'art. 185 del 152/2006 stabilisce che non rientrano nell'ambito di applicazione del decreto (non sono quindi da considerarsi rifiuti) ... *omissis ... i sedimenti spostati all'interno di acque superficiali o nell'ambito delle pertinenze idrauliche ai fini della gestione delle acque e dei corsi d'acqua o della prevenzione di inondazioni o della riduzione degli effetti di inondazioni o siccità o ripristino dei suoli se è provato che i sedimenti non sono pericolosi ai sensi della decisione 2000/532/CEE della Commissione del 3 maggio 2000 e successive modificazioni.*

Dunque, nel caso in esame, trattandosi di un riutilizzo di sedimenti non pericolosi, nell'ambito delle pertinenze idrauliche e ai fini della prevenzione di inondazioni, esso è consentito.



**Fig. 39** – Ubicazione pozzetti con tracce di contaminazione all'interno della cassa in linea/ alveo

## 6.2 Polo SE108 in Comune di Rubiera

Il Polo SE108 denominato “Ampliamento casse di espansione F. Secchia”, individuato dal PIAE della Provincia di Reggio Emilia e dal PAE del Comune di Rubiera, è stato progettato in modo da consentire l'ampliamento della cassa così come definito dal progetto preliminare MO-E-1273 CUP: B98411000320001 “Lavori di ampliamento della cassa di laminazione del fiume Secchia - Comuni di Modena e Rubiera”, approvato dall'AIPO con Determina Dirigenziale n. 423 del 28.04.2016.

A riguardo, il Protocollo d'intesa, sottoscritto da Regione Emilia-Romagna, Agenzia Interregionale per il fiume Po, Provincia di Reggio Emilia, Provincia di Modena e



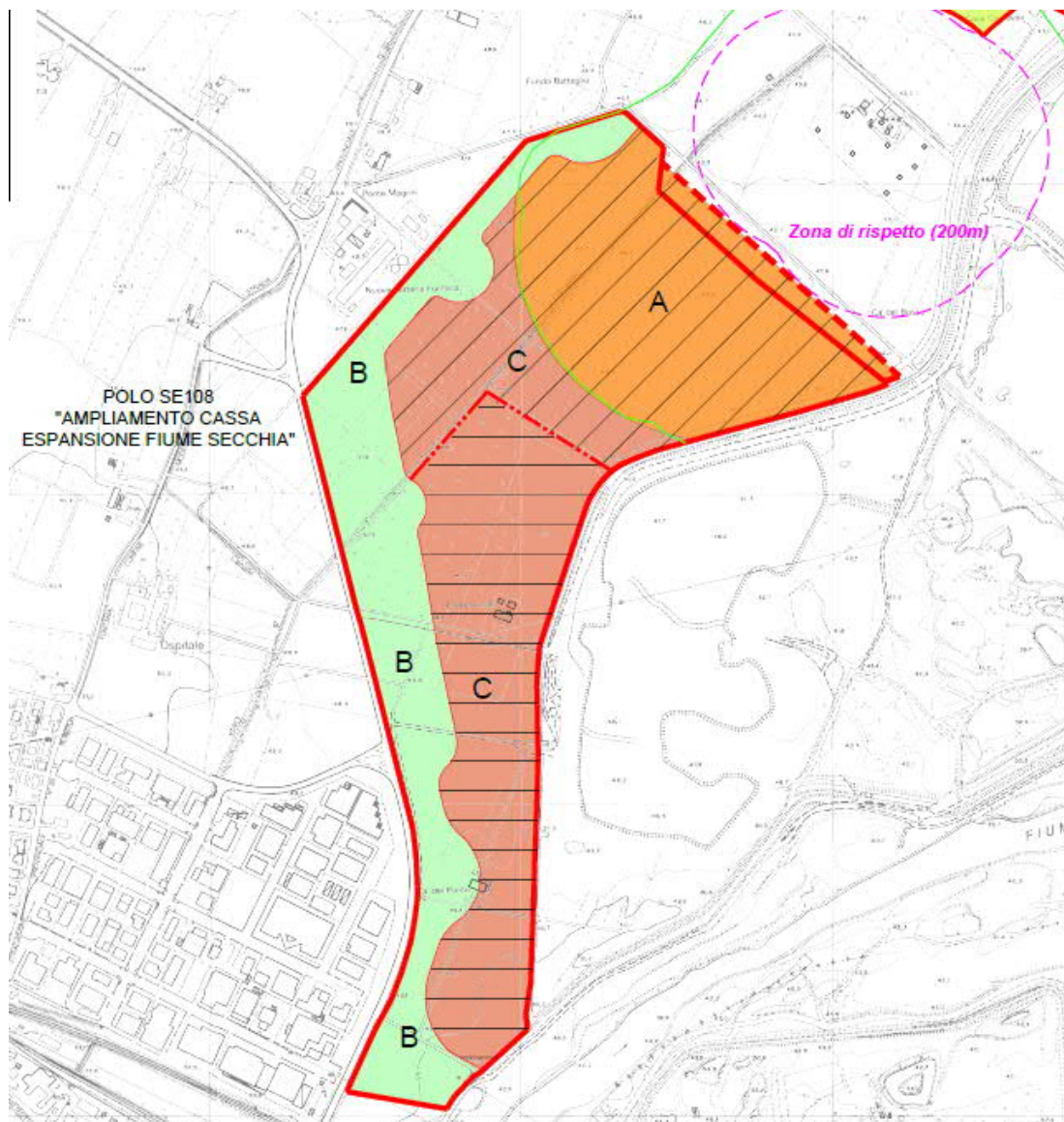
Comune di Rubiera, per la realizzazione dell'ampliamento e adeguamento della cassa di espansione del fiume Secchia (art. 15 L. 241/1990) prevede, tra le altre cose che:

“.....

*Allo scopo di accelerare al massimo le procedure per l'approvazione del PAE e la conseguente realizzazione della cassa di espansione del fiume Secchia, ai fini di un'efficace gestione delle interferenze tra l'attività estrattiva e il cantiere diretto da AIPO, il Comune si impegna a recepire, nell'ambito del PAE, le indicazioni e/o prescrizioni di carattere tecnico necessarie per la corretta integrazione delle varie fasi di escavazione con le lavorazioni previste per la realizzazione delle opere idrauliche progettate, con particolare riferimento ai seguenti elementi:*

- *preliminarmente all'approvazione del progetto esecutivo dovranno essere cedute gratuitamente al demanio fluviale le superfici relative alle aree di sedime delle arginature in progetto, comprensive di una fascia di rispetto di 20 (venti) metri misurata ortogonalmente a partire dal piede dell'argine;*
- *la restante parte dell'area interessata dalla realizzazione dell'ampliamento della cassa verrà ceduta gratuitamente al demanio al termine delle fasi dell'attività estrattiva; fino a tale momento sarà comunque garantito l'accesso a tale area al personale di AIPO incaricato di seguire l'esecuzione delle opere idrauliche, nonché alle imprese appaltatrici e loro mezzi e macchinari;*
- *le operazioni di escavazione dovranno essere mantenute a una distanza dal piede delle arginature in progetto ed esistenti almeno pari a quella indicata dai progettisti delle opere idrauliche;*
- *il materiale risultante dallo scotico e dalla rimozione del cappellaccio dovrà essere ceduto gratuitamente all'AIPO e sistemato entro una fascia di 20 metri dal piede degli argini in progetto; qualora i lavori di realizzazione delle nuove arginature abbiano inizio prima dell'avvio dell'attività estrattiva, sarà garantita alle imprese appaltatrici delle opere idrauliche la possibilità di prelevare tale materiale con propri mezzi; ....”*

Conseguentemente, il PAE di Rubiera, approvato con deliberazione di Consiglio Comunale n. 23 del 09.04.2019, ha suddiviso l'area di scavo in 3 fasi funzionali alla realizzazione della cassa di espansione delle quali due quadriennali e una biennale (cfr. Fig. 40).



**Fig. 40 – Stralcio relativo al Polo SE108 della Tav. 1 – Zonizzazione del PAE di Rubiera**

Il piano poliennale di attuazione del polo, con indicati i quantitativi estraibili, nel corso delle varie fasi, dai singoli settori, è riportato nella seguente Tab. 17.

|                           | Fase 1: 4 ANNI |         |          | Fase 2: 4ANNI |         |          | Fase 3: 2 ANNI |         |          | TOTALI (mc) |
|---------------------------|----------------|---------|----------|---------------|---------|----------|----------------|---------|----------|-------------|
|                           |                |         |          |               |         |          |                |         |          | 10 ANNI     |
|                           | Settore        | Settore | Parziali | Settore       | Settore | Parziali | Settore        | Settore | Parziali |             |
|                           | A              | B       |          | C             | D       |          | E              | F       |          |             |
| <b>Disponibilità</b>      |                |         |          |               |         |          |                |         |          |             |
| Utili (mc)                | 682500         | 721150  | 1403650  | 523150        | 629750  | 1152900  | 216350         | 341100  | 557450   | 3114000     |
| Sterili (mc)              | 158438         | 114846  | 273284   | 121437        | 100292  | 221729   | 50228          | 54323   | 104551   | 599564      |
| <b>Esigenze</b>           |                |         |          |               |         |          |                |         |          |             |
| Impermeabilizzazione (mc) | 45519          | 109629  | 155148   | 34889         | 95736   | 130625   | 14431          | 51855   | 66286    | 352059      |
| Arginature (mc)           |                |         | 214423   |               |         |          |                |         |          |             |
| <b>Bilancio</b>           |                |         | 0        |               |         | 0        |                |         | 33082    | 33082       |

**Tab. 17 – Piano poliennale di attuazione del Polo SE108**

Il progetto, in sostanza, prevede (nell'ipotesi di limiti estrattivi derogati rispetto le indicazioni del progetto preliminare AIPO-Cassa) un volume di materiale scavato pari a 3.713.564 m<sup>3</sup> (di cui circa 3.114.000 m<sup>3</sup> di ghiaie e sabbie e circa 599.564 m<sup>3</sup> di "cappellaccio").

Nell'ipotesi che le attività estrattive e la realizzazione delle arginature dell'ampliamento di cassa inizino contemporaneamente, nei 2 anni previsti per la realizzazione delle arginature è programmata la totale escavazione del lotto A della prima fase, senza necessità di ripristinare il fondo cava con argilla essendo questa presente in via naturale; i rimanenti 2 anni previsti nella prima fase del lotto A saranno dedicati alle operazioni di ripristino complessivo.

In questo modo si garantirà da subito un volume idrico invasabile pari a quello dell'intero ampliamento, in assenza di attività estrattive.

Se, invece, l'inizio dei lavori d'escavazione e di quelli idraulici non dovesse essere contemporaneo, come riportato nel paragrafo 9.1.1.3 dello Studio geologico minerario del PAE, andranno rispettate le direttive presenti nel progetto preliminare AIPO-Cassa del 2016, ovvero:

- 1. nel caso in cui le attività estrattive dovessero iniziare prima della realizzazione dei lavori di arginatura: particolare cura andrà posta da parte dell'esecutore nella pianificazione delle attività di cava e nelle modalità di prelievo dei materiali, che dovrà essere programmata dando la precedenza alle zone poste in prossimità dei rilevati arginali per le quali dovrà essere realizzato lo scotico e depositati i materiali risultanti all'interno della fascia di rispetto del futuro argine, al fine di rendere immediatamente utilizzabili i suddetti materiali per la costituzione della parte di base dei rilevati per la quale si prevede lo spostamento "a spinta" (senza caricamento) del materiale litoide necessario. Si dovrà procedere successivamente alla coltivazione delle altre aree di cava i cui materiali di scotico rimarranno nella disponibilità degli operatori estrattivi. La cantierizzazione dovrà essere sviluppata quindi da ovest verso est e, preferibilmente, da valle verso monte in maniera da iniziare subito la realizzazione dei rilevati più alti (quelli appunto di valle), dando quindi ad essi il maggior tempo per lo sviluppo dei fenomeni di assestamento per consolidazione.*
- 2. nel caso in cui le attività estrattive inizino dopo o durante la realizzazione dei lavori di arginatura: dovrà essere concordata la disponibilità di prelievo, da parte dell'impresa appaltatrice per conto di A.I.Po, dei materiali di cappellaccio prossimi all'arginatura (con le modalità e priorità di cui al punto 1) ed in quantità sufficiente per la realizzazione dell'arginatura stessa.*

Va, inoltre, ricordato che, per l'attuazione del polo SE108, è obbligatoria la conclusione di un accordo, ai sensi della LR 7/2004, art. 24, approvato dal Consiglio Comunale e con natura contrattuale nei confronti dei privati e convenzionale per il Comune di Rubiera, per la stipula del quale dovranno essere acquisiti anche i pareri



favorevoli delle agenzie "Agenzia Interregionale per il fiume Po" (AIPO) e "Agenzia Territoriale dell'Emilia Romagna per i servizi idrici e rifiuti" (ATERSIR).

Quanto alle caratteristiche dei materiali, come anticipato nel paragrafo 4.1.2.2, nel 2012, su incarico di AIPO, è stata effettuata una campagna geognostica finalizzata a supportare la progettazione definitiva dell'ampliamento della cassa d'espansione e che ha previsto anche una serie d'indagini eseguite per valutare qualità e quantità dei terreni da rilevato (anche se limitata al solo settore A), quali:

- n° 9 pozzetti esplorativi, eseguiti con escavatore da Geoser s.r.l., interrotti a profondità variabili, comprese tra -2 a -3 m da p.c., nel corso dei quali sono stati prelevati campioni rimaneggiati
- n° 2 stendimenti sismici, effettuati anch'esse dalla ditta Geoser s.r.l.
- n° 9 tomografie elettriche, effettuati sempre dalla ditta Geoser s.r.l.
- Prove di laboratorio, eseguite dallo Studio MM, su campioni rimaneggiati, ovvero:
  - n° 17 prove di classificazione
  - n° 17 determinazioni del contenuto d'acqua naturale
  - n° 17 analisi granulometriche
  - n° 10 prova di compattazione Proctor
  - n° 2 determinazioni del coefficiente di permeabilità

Dall'analisi dei dati integrativi, effettuati con le nuove indagini del 2019, elencate nel paragrafo 4.2.5, e riepilogate, per quanto riguarda le caratteristiche granulometriche, nella seguente Tab. 18, si osserva che i materiali presenti sono simili a quelli in alveo e quindi idonei ad essere utilizzati per la realizzazione di rilevati arginali (Tab. 15):



| Campione    | Caratteristiche granulometriche |        |                | Classificazione<br>CNR UNI<br>10006 |
|-------------|---------------------------------|--------|----------------|-------------------------------------|
|             | ghiaia                          | sabbia | limo e argilla |                                     |
| <b>DT5</b>  | 28.1%                           | 28.4%  | 43.5%          | A4                                  |
| <b>DT11</b> | 59.5%                           | 20.5%  | 19.9%          | A2-4                                |
| <b>DT20</b> | 0.9%                            | 29.8%  | 69.3%          | A6                                  |
| <b>DT27</b> | 8.8%                            | 23.0%  | 68.3%          | A4                                  |
| <b>DT36</b> | 0.3%                            | 28.5%  | 71.2%          | A4                                  |
| <b>DT44</b> | 0.3%                            | 36.0%  | 63.7%          | A4                                  |
| <b>DT49</b> | 6.9%                            | 30.0%  | 63.1%          | A4                                  |

**Tab. 18 – Risultati delle prove di laboratorio eseguite su campioni integrativi prelevati all'interno dell'ampliamento previsto**

Dal punto di vista delle caratteristiche chimiche, i campioni prelevati in corrispondenza dell'area di escavazione, all'interno dell'ampliamento previsto, presentano concentrazioni soglia di contaminazione conformi alla colonna A della tabella 1 dell'allegato 5 del D. L.vo 152/2006 e smi, in 63 casi su 68.

Nei restanti 5 casi, come illustrato in Tab. 19, i campioni analizzati, invece, presentano valori superiori alla soglia minima per la tabella A, per quanto riguarda gli idrocarburi e un solo campione anche per lo zinco (D\_T\_56). Tutti i campioni rientrano, invece nella tabella B.

| Campione    | Limiti  |    |     | Valore Idrocarburi pesanti<br>C>12 |
|-------------|---------|----|-----|------------------------------------|
|             | U.M.    | A  | B   |                                    |
| <b>DT39</b> | mg/Kgss | 50 | 750 | 136                                |
| <b>DT41</b> |         |    |     | 734                                |
| <b>DT44</b> |         |    |     | 207                                |
| <b>DT54</b> |         |    |     | 105                                |
| <b>DT56</b> |         |    |     | 640                                |

**Tab. 19 – Valori di Idrocarburi da analisi chimiche eseguite su campioni integrativi prelevati all'interno dell'ampliamento previsto (solo valori fuori soglia)**

L'ubicazione dei pozzetti contaminati è visualizzata nell'immagine di Fig. 41.

In fase di progettazione esecutiva, andranno effettuati ulteriori pozzetti, nelle zone limitrofe, per delimitare correttamente le aree potenzialmente contaminate, onde escluderle dall'escavazione ai fini dell'utilizzo per la realizzazione degli argini.



**Fig. 41 - Ubicazione pozzetti con tracce di contaminazione nell'ampliamento previsto**