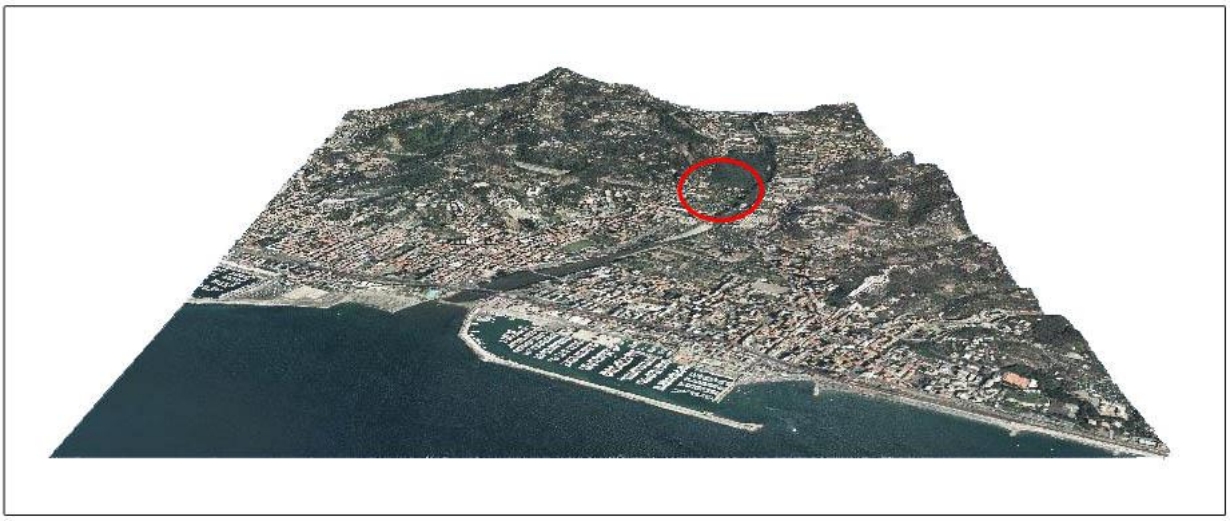
Studio d'Impatto Ambientale

Per il rinnovo concessione di grande derivazione del Campo pozzi per uso idropotabile di Caperana – Chiavari



Gruppo di lavoro	Dott. Geol. Luciano Minetti Dott. Geol. Guido Paliaga Prof. Geol. Giulio Ottonello Prof. Geol. Marino V.Zuccolini Dott. Geol. Federico Pittaluga Dott. Geol. Carlo Baracco Geom. Giancarlo Pancrazi Dott.Geol. Laura Spalluto Dott.Geol. Vittorio Bonaria Dott. For. Roberto Sobrero Nat. Renato Cottalasso Nat. Massimo Campora		EMISSIONE	Finale
			REVISIONE	0
Data di emissione	Agosto 2014		n° di pagine	137

SOMMARIO

1. PREMESSA 4
2. FINALITA' E CONTENUTI DELLO STUDIO 4
3. QUADRO PROGETTUALE 7
3.1 Schema storico del campo pozzi di Caperana 7
3.2 Schema attuale del campo pozzi 8
3.3 Consumi e consistenza del campo pozzi 8
3.3.1 Il Servizio erogato da Idro-Tigullio SpA 8
3.3.2 Emungimenti del campo Pozzi di Caperana 9
3.3.3 Qualità delle acque emunte. 12
3.3.4 Soggiacenza della falda 14
3.4 Interferenza di progetti previsti con il campo pozzi di Caperana. 16
3.4.1 Proposta di spostamento dei pozzi P5 e P6 16
4. LA NORMATIVA REGIONALE 18
5. QUADRO AMBIENTALE 19
5.1 Inquadramento geografico e geomorfologico 19
5.2 Uso del suolo 20
5.3 Geologia 22
5.4 Acque superficiali 24
5.5 Fauna e biodiversità 28
5.6 Vegetazione e habitat 34
5.7 Caratteristiche climatiche 40
5.8 Qualità` dell'aria 42
5.9 Rumore 42
5.10 Paesaggio 43
5.11 Siti da bonificare e altre aree d'influenza 43
6. ANALISI DI DETTAGLIO DELLA COMPONENTE AMBIENTE IDRICO 45
6.1 Analisi dei dati bibliografici 45
6.1.1 Considerazioni di sintesi 49
6.2 Configurazione del corpo acquifero nel settore del campo pozzi di Caperana e sue caratteristiche Idrogeologiche 51
6.2.1 Stratigrafie dei pozzi e loro localizzazione 51
6.2.2 L'indagine Geofisica. 60
6.2.3 Prove di portata 63
6.2.4 Valori di Permeabilità "k" e trasmissività "T" 73
6.2.5 Considerazioni sui valori ottenuti 73
6.3 Modello dell'Acquifero alluvionale che ospita il campo pozzi di Caperana 76
6.3.1 Premessa 76
6.3.2 Contesto geologico ed idrogeologico generale di riferimento e modello concettuale del sito 78
6.3.3 Caratteristiche del modello e condizioni al contorno 84
6.3.4 Parametri idraulici dell'acquifero e taratura 86
6.3.5 Le condizioni di sfruttamento dell'acquifero 86
6.3.6 Risultati della modellazione: le isocrone relative al campo pozzi di Caperana 87
6.3.7 Considerazioni sulle isocrone e relativa zona di cattura 93
6.3.8 Considerazioni sull'ingressione del cuneo salino 95
6.3.9 Considerazioni conclusive 103
6.4 Studio geochimico 106
6.4.1 Dati analitici: modalità di acquisizione ed interpretazione 106
6.4.2 Calcoli di speciazione 110
6.4.3 Conclusioni 110

6.5 Sostenibilità dello sfruttamento 110
6.6 L'acquifero del Torrente Entella, la risorsa a disposizione, la sostenibilità e le criticità di estrazione 112
6.6.1 Lo stress alla falda nel settore prossimo alla foce 113
7. QUADRO PROGRAMMATICO 114
7.1 Siti di interesse comunitario (Sic) e Zone di protezione speciale (Zps) 114
7.2 PTCP – Piano Territoriale di Coordinamento Paesistico 115
7.3 PTC della Costa – Piano Territoriale di Coordinamento della Costa 119
7.4 PTR – Piano Territoriale Regionale 120
7.5 PTC – Piano Territoriale di Coordinamento della Provincia di Genova 120
7.6 PRG – Piano Regolatore Generale del Comune di Chiavari 120
7.7 Vincoli Paesistico Ambientali 122
8. ANALISI DEGLI IMPATTI 123
8.1 Considerazioni sull'influenza del campo pozzi di Caperana nei confronti del corso d'acqua 123
8.2 Osservazioni sull'impatto dell'emungimento sui terreni limitrofi, cedimenti attesi ed eventuali interferenze con opere esistenti. 125
9. OPERE DI MITIGAZIONE E COMPENSAZIONE 126
9.1 Mitigazioni 126
9.1.1 Mitigazione dell'impatto sulla falda del basso Entella, sviluppo di punti di prelievo alternativi 126
9.1.2 Individuazione di aree di emungimento alternative, la piana di Carasco 127
9.1.3 Sistema S-DSS rivolto all'ottimizzazione della gestione. 132
9.2 Compensazioni 133
9.2.1 Controlli Geochimici Programmati 133
9.2.2 Sonda Multiparametrica. 134
9.3 Attività previste nell'ambito della Relazione di incidenza SIC IT1332717 136
9.3.1 Opere di compensazione: realizzazione di piccole pozze artificiali per la biodiversità sulla piana dell'Entella. 136
10. PROGRAMMA DI MONITORAGGIO AMBIENTALE 137
10.1 Ambiente idrico 137
10.2 Ambiente di superficie: habitat, vegetazione e fauna 137

DOCUMENTI ALLEGATI:

a. Quadro Programmatico.
b. Modellazione Idrogeologica (con elaborazioni in CD allegato).
c. Studio Geochimico.
d. Prospezioni Geofisiche.
e. Analisi chimiche.
f. Prove di emungimento.
g. Rilievo e monografie[1], Planimetrie catastali e Foglio dati pompa ad alta pressione.
h. Relazione Idrologica (Itec Engineering).
i. Documentazione rinnovo concessione a derivare.
j. Relazione di incidenza SIC IT1332717.
k. Sintesi non tecnica

[1] Le monografie comprendo pozzi di viale Kasman, impiegati per la valutazione del gradiente della falda.

1. PREMESSA

Il presente Studio di Impatto Ambientale (S.I.A.) ha come oggetto l'esame delle problematiche ambientali relative alla presenza del Campo Pozzi di Caperana che rifornisce di acqua potabile la città di Chiavari, in Provincia di Genova.

Il Comune di Chiavari detiene la concessione per grande derivazione di acqua potabile per 3,40 moduli, assentita con D.I. 19.01.1978 n.31.; il campo pozzi è gestito da Idrotigullio S.p.A. Il 27.11.2006 il Comune di Chiavari ha presentato alla Regione Liguria la domanda di rinnovo di detta concessione.

Il Dipartimento Ambiente, Ciclo Integrato e Gestione della Risorse Idriche Regionale, il 14.11.2011, ha comunicato le modalità e la documentazione da produrre per istruire la pratica di rinnovo. Poiché la derivazione rientra nei casi previsti dalla Legge Regionale 30.12.1998 "Disciplina della valutazione d'impatto ambientale", la procedibilità dell'istanza prevede la preliminare acquisizione della pronuncia di Compatibilità ambientale favorevole da parte del Settore Valutazione Impatto Ambientale (si veda Lettera Regione Liguria in Allegato i); in ottemperanza a questa richiesta è stato realizzato lo studio in oggetto.

2. FINALITA' E CONTENUTI DELLO STUDIO

Gli studi esposti nel presente documento e negli allegati di compendio, sono finalizzati alla valutazione nell'ambito della procedura omonima.

- Realizzazione dei Modelli geologico ed idrogeologico comprensivi dell'elaborazione di:
    - ✓ Assetti geologico e tettonico strutturale del bacino imbrifero comprensive delle principali strutture idrogeologiche che regolano la circolazione idrica nell'intorno dell' opera in oggetto, aggiornato in base alle indagini svolte.
    - ✓ Assetti stratigrafici dell'area interessata dalla concessione, in base alle indagini svolte;
    - ✓ direzione di flusso e del gradiente idraulico nell'intorno dell'area di concessione, basata su osservazioni del livello di falda sui pozzi e piezometri esistenti;
    - ✓ Produzione delle cartografie tematiche correlate.

I risultati delle elaborazioni sono riportati al Punto 6 e agli Allegati b, g, d.

- Prove di pompaggio.

  Allo scopo di caratterizzare il complesso acquifero sono state eseguite:

    - Una prova di pompaggio su 3 scalini di portata per un tempo totale di 46h 44'. Il pozzo utilizzato per il pompaggio P1, e come piezometri il pozzo P2 (pz1) ed un pozzo dismesso pz2, ubicati nel settore di valle del Campo Pozzi di Caperana.
    - Due prove di pompaggio su pozzo singolo: la prima a scalini di portata e la seconda a portata costante, con rilievo dei tempi di risalita. Il pozzo utilizzato, P5, è posizionato nel settore di monte del Campo Pozzi di Caperana,

  Dai dati sperimentali sono state sviluppate tutte le curve caratteristiche/critiche dei punti testati e le curve accessorie utilizzando un programma dedicato e calcioli (Well T.A. Geostru- Groundwater and Wells – Johnson Division).

I risultati delle prove sono riportati al punto 6.2.3 i dettagli delle prove con l'ubicazione, le stratigrafie e gli elaborati derivati sono riportati all'Allegato f.

- Indagine Geofisica

  Allo scopo di definire e integrare le informazioni stratigrafiche derivate dalla terebrazione dei pozzi, dalle varie indagini e sondaggi geognostici realizzati in zona, è stata eseguita un'indagine sismica di tipo Noise Analysis Surface Waves NASW su onde di taglio e un'indagine di tomografia elettrica. La correlazione dei due diversi metodi d'indagine permette di definire una stratigrafia di massima (terreno a granulometrie variabili con differente grado di addensamento e di saturazione, substrato roccioso più o meno fratturato e/o alterato ecc..).

  L'utilizzo di tutti questi dati ha permesso di ricostruire in modo sostenibile il modello geologico/idrogeologico del sito che ospita il campo pozzi.

  I risultati delle indagini sono riportati al punto 6.2.2; il dettaglio dell'indagine Geofisica, è presentato all'Allegato d.

- Il modello matematico tridimensionale di flusso.

  Sulla scorta del modello geologico/idrogeologico elaborato attraverso le indagini svolte, le ricerche bibliografiche e parametri idrogeologici derivati dalle prove di pompaggio è stato realizzato un modello matematico tridimensionale di flusso alle differenze finite (Mod Flow, Shlumberger), dell'area estesa per approfondire la conoscenza sul deflusso di falda per il settore del campo pozzi di Caperana. Questo approfondimento è lo sviluppo di dettaglio di un modello generale per l'Entella, già realizzato da *GS* per Mediterranea delle Acque S.p.A., finalizzato all'ottimizzazione della gestione dei campi pozzi e alla valutazione della dinamica di ingressione del cuneo salino.

  Sul modello presentato il Dipartimento di Scienze della Terra, dell'Ambiente e della Vita (DISTAV - Univ. Genova, Dr. Marino Vetuschi Zuccolini) ha proposto linee di indirizzo sul suo svolgimento che verranno seguite nelle successive valutazioni.

  I risultati delle elaborazioni sono riportati al Punto 6.3, il dettaglio dello studio in Allegato b.

- Elaborazioni Geochimiche

  Al termine delle prove di pompaggio, in questo contesto, sono state effettuate alcune misurazioni dei parametri intrinsecamente instabili, direttamente al boccaforo mediante strumenti portatili: temperatura, pH, Eh ed alcalinità, oltre alla conducibilità elettrica (CE). Tali misure sono risultate utili nell'agevolare le successive analisi di laboratorio e per la caratterizzazione geochimica dell'acquifero produttivo.

  Sono stati altresì prelevati campioni differenziati, successivamente avviati al laboratorio Ufficiale Iren Acqua Gas.

  I dati prodotti dalle prove in situ e in laboratorio sono utilizzati per determinare la distribuzione statistica delle variabili d'interesse che è esaminata mediante diagrammi di probabilità. La speciazione redox dei costituenti chimici rilevanti è valutata mediante diagrammi Eh-pH, in base all'ipotesi di equilibrio ossido-riduttivo. Il codice EQ3 dotato di

opportuno database termodinamico (comprendente anche le costanti di stabilità dei complessi acquosi formati da differenti metalli con cromato, arsenati e arseniti, oggetto di recente valutazione presso il Laboratorio di Geochimica del Dip.Te.Ris.) è utilizzato per calcolare:

- la speciazione in fase acquosa e dedurre la mobilità e la biodisponibilità dei costituenti chimici di particolare rilevanza ambientale;
- lo stato di saturazione rispetto a fasi minerali rilevanti, per stabilire la reattività ed il grado di evoluzione della soluzione acquosa.

Le elaborazioni Geochimiche sono state condotte dai Prof. Giulio Ottonello e dal Prof. Marino Vetusti Zuccolini.

I risultati dell'elaborazione Geochimica sono riportati al punto 6.6, mentre il dettaglio dello studio è riportato integralmente all'Allegato c.

- Relazione d'Incidenza

Il sito ricade a margine del SIC IT1332717, pertanto è stato necessario elaborare una Relazione d'Incidenza, il cui contenuto è il seguente:

- ✓ Tipologia delle opere.
- ✓ Quadro normativo.
- ✓ Inquadramento nell'ambito della pianificazione territoriale.
- ✓ Inquadramento ambientale e territoriale.
- ✓ Descrizione Degli Elementi Di Interesse.
  - o Scheda Descrittiva Sic IT1332717.
  - o Habitat.
  - o Fauna e vegetazione: descrizione delle principali specie presenti.
- ✓ Analisi dei siti interessati dalle opere.
- ✓ Valutazione delle interferenze.
- ✓ Interventi di mitigazione.

La Relazione d'Incidenza è riportata in Allegato j.

3. QUADRO PROGETTUALE

3.1 Schema storico del campo pozzi di Caperana

I primi studi riguardanti il campo pozzi di Caperana, precedentemente attivato, risalgono al 1916 con i lavori della Commissione Fantoli-Amodei su incarico del Comune di Genova.

Nel 1932 Il comune di Chiavari da incarico all'Ing. Oliva per la progettazione e alla ditta Sacco per la realizzazione di alcuni pozzi allestiti, allora con pompe esterne, di cui rimangono in funzione:

P2 (conferma da R.Lig. Corpi Idrici 9W24):

- Prof.: 50 m;
- Diam.: 300mm;
- Filtri: da 16 a 50m; tipo *"a ponte";* ghiaetto ben gradato (Fiume Po)
- Pompe: 1 pompa B.P. + 1 pompa A.P. => tot. 130 lt/s
- Posizione Pompe: BP a 22 m; A.P. a 19m

P6:

- Prof.: 62 m;
- Diam.: 250mm;
- Filtri: da 16 a 60m ; tipo "a ponte"; ghiaetto ben gradato (Fiume Po)
- Pompe: 1 pompa A.P. Q=>30 lt/s
- PosizionePompe: A.P. a 19m

P4 (*utilizzato solo per integrazione per SAP- Rapallo)***:**

- Prof.: 62 m;
- Diam.: 250mm;
- Filtri: da 16 a 60m ; tipo "a ponte"; ghiaetto ben gradato (Fiume Po)
- Pompe: 1 pompa B.P. Q=>25 lt/s
- PosizionePompe A.P. a 19m

Nel 1975 le pompe esterne sono sostituite con nuove pompe immerse, di migliore rendimento.

Nel periodo 1985 – '88 sono realizzati 3 nuovi pozzi dalla ditta Fratelli Scazzola (Progettista Ing. Traverso).

P1:

- Prof.: 57.1 m;
- Diam.: 1200mm da P.C. a 33m, 760mm da 30m a 55m;
- Filtri: da 33 a 56m; tipo "a ponte" ghiaetto ben gradato (Fiume Po)
- Pompe: 1 pompa B.P. + 1 pompa A.P. => tot. 130 lt/s
- Posizione Pompe: BP a 22 m; A.P. a 19m

P3:

- Prof. 55 m;
- Diam. 1200mm da P.C. a 30m, 760mm da 30m a 55m;
- Filtri: da 30 a 50m; tipo "a ponte"; ghiaetto ben gradato (Fiume Po)
- Pompe; 1 pompa B.P. + 1 pompa A.P. => tot. 130 lt/s
- Posizione Pompe : BP a 22 m; A.P. a 19m

P5:

- Prof. 53 m;
- Diam. 1200mm da P.C. a 33m, 760mm da 30m a 55m;
- Filtri: da 30 a 50m ; tipo “a ponte”; ghiaetto ben gradato (Fiume Po)
- Pompe; 1 pompa B.P. + 1 pompa A.P. => tot. 130 lt/s
- Posizione Pompe : BP a 22 m; A.P. a 19m

Nel 1998 viene fondata la società Idotigullio SpA, controllata dal Comune di Chiavari, alla quale viene affidata la gestione del campo pozzi.

Il 1° Luglio 1999 la Società Idrotigullio Spa viene ceduta ad AMGA che successivamente entra a far parte del gruppo IREN.

3.2 Schema attuale del campo pozzi

Il campo pozzi di Caperana vede oggi attivi i pozzi P1, P2, P3, P5 e P6.

Il rilievo completo della rete e del campo pozzi è riportato in Allegato g, mentre le caratteristiche tecniche delle pompe, sono riportate al paragrafo *6.2.1* che raccoglie le stratigrafie dei 5 pozzi.

3.3 Consumi e consistenza del campo pozzi

3.3.1 Il Servizio erogato da Idro-Tigullio SpA

Idro-Tigullio S.p.A. gestisce il servizio idrico integrato nei seguenti Comuni:

- Castiglione Chiavarese,
- Chiavari,
- Cicagna,
- Favale di Malvaro,
- Lavagna,
- Leivi,
- Lorsica,
- Orero,
- Portofino,
- San Colombano,
- Santa Margherita.

Idro-Tigullio S.p.A., la cui costituzione risale al 1997, è la partecipata dei Comuni di Chiavari, Favale di Malvaro, Lavagna, Leivi, Orero, insieme a IREN Acqua Gas.

La Società gestisce il Servizio Idrico Integrato nell’area di Levante dell'ATO genovese e immette in rete annualmente circa 8,5 milioni di metri cubi di acqua potabile.

Le fonti di approvvigionamento sono costituite da 83 sorgenti e 9 campi pozzi.

La rete di distribuzione, pari a 464 Km di sviluppo, comprende 159 serbatoi e 46 impianti di rilancio. La rete e gli impianti sono telecontrollati 24h su 24 per garantire la funzionalità e la sicurezza del servizio.

E’ altresì prevista l'interconnessione con gli altri acquedotti del Tigullio per far fronte a eventuali

crisi idriche che si dovessero manifestare nei diversi comuni gestiti. Oltre alla rete di distribuzione di acque potabili il gestore, sempre nell'ambito del Servizio Idrico Integrato, garantisce altresì la gestione dei reflui con:

- 453 km di rete fognaria con 53 stazioni di sollevamento;
- 7 impianti di depurazione oltre a 34 altri impianti minori (imhoff/pretrattamenti).

3.3.2 Emungimenti del campo Pozzi di Caperana

In questo contesto il campo pozzi di Caperana rappresenta l'impianto di estrazione di acqua potabile più importante gestito da Idrotigullio con circa l'80% sul totale della estrazioni; la Concessione come grande derivazione e stata assentita dalla Regione Liguria con licenza n° GE/453 per Moduli 3,4 (340 l/s) D.I. 19.01.1976 n.31, il cui intestatario è il Comune di Chiavari.

Allo scopo di individuare l'andamento degli emungimenti per un periodo congruo sono a stati analizzati i dati compresi tra il 2008 e il 2013; per detta analisi sono stati costruiti grafici e tabelle, riportate qui di seguito, che riportano gli andamenti dei consumi totali su base annua, delle portate medie in l/s su base annua, mensile e giornaliera.

ANNO	Totale Anno (m^3)	Consumo Medio anno (l/s)	Incremento Consumi (%)	Picchi Consumo giornaliero (l/s)
2008	6062445	192		249,0
2009	**6455390**	**205**	**+6.8%**	**282,0**
2010	**6560209**	**208**	**+1.5%**	**262,0**
2011	**6365832**	**202**	**-3.0%**	**235,0**
2012	**6835921**	**217**	**+7.4%**	**292,0**
2013	**6822840**	**216**	**-0.5%**	**241,0**

Tabella 3.1 Campo Pozzi di Caperana: consumi totali, medi e picchi giornalieri.

Dall'analisi dei consumi si nota un incremento totale, negli ultimi 5 anni, di circa il 12.5%.

Il confronto dei consumi tra i vari anni rileva un incremento nel 2009, anno particolarmente siccitoso, rispetto all'anno precedente, con +6.8%, e nel 2012 del 7.4% rispetto al 2011; l'andamento si riallinea nel 2013 con un aumento quasi nullo.

La portata media è compresa tra il minimo di 192 l/s nel 2008 ed il massimo di 217 l/s nel 2012, rimanendo al di sotto della portata concessa (340 l/s) del 40%; anche il più alto consumo, verificatosi nel 2012, è minore del 36% rispetto a detta portata.

I picchi di consumo giornaliero si raggiungono ovviamente nei mesi estivi (luglio – settembre) in corrispondenza del massimo flusso turistico e dell'innalzamento delle temperature; settembre 2009 e luglio 2013 hanno registrato i picchi più elevati, rispettivamente con 282 l/s e 292 l/s; il consumo

si è mantenuto sempre al di sotto della portata concessa, per un valore pari al 23%.

La seguente figura 3.1 presenta l'andamento mensile dei consumi giornalieri per gli anni tra il 2008 e il 2013.

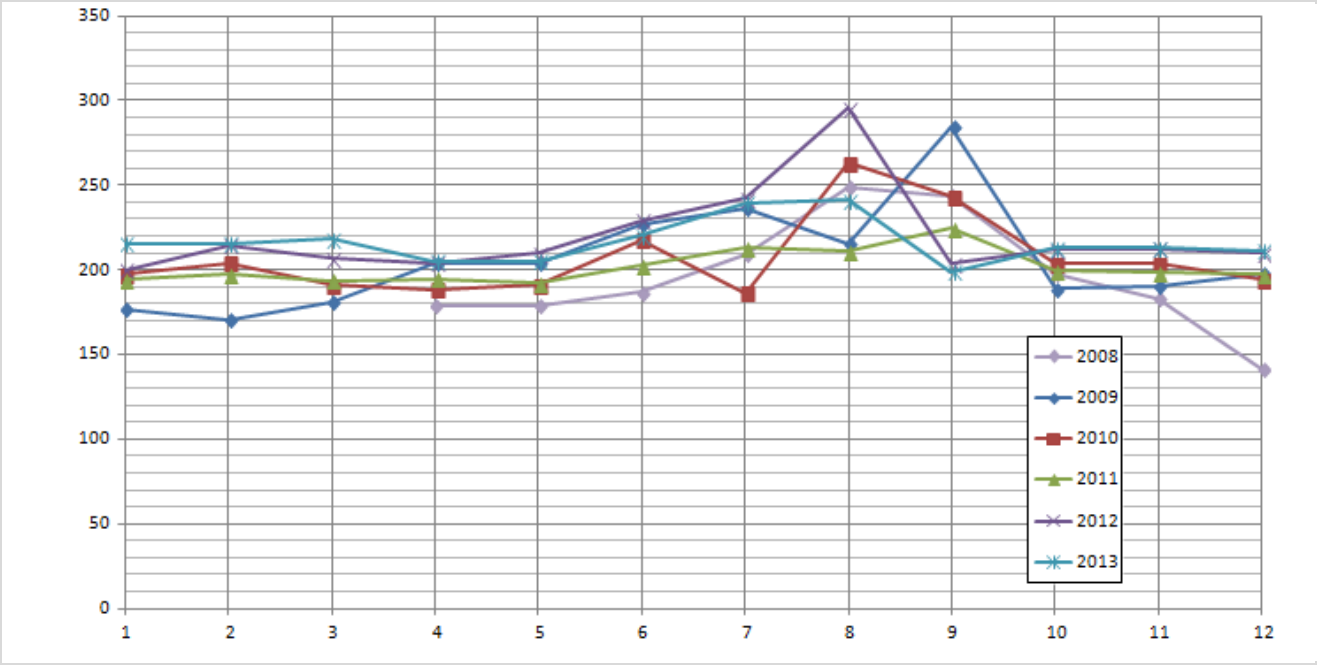


Figura 3.1 Campo Pozzi di Caperana: andamento dei picchi mensili di consumo giornaliero l/s, negli anni dal 2008 al 2013.

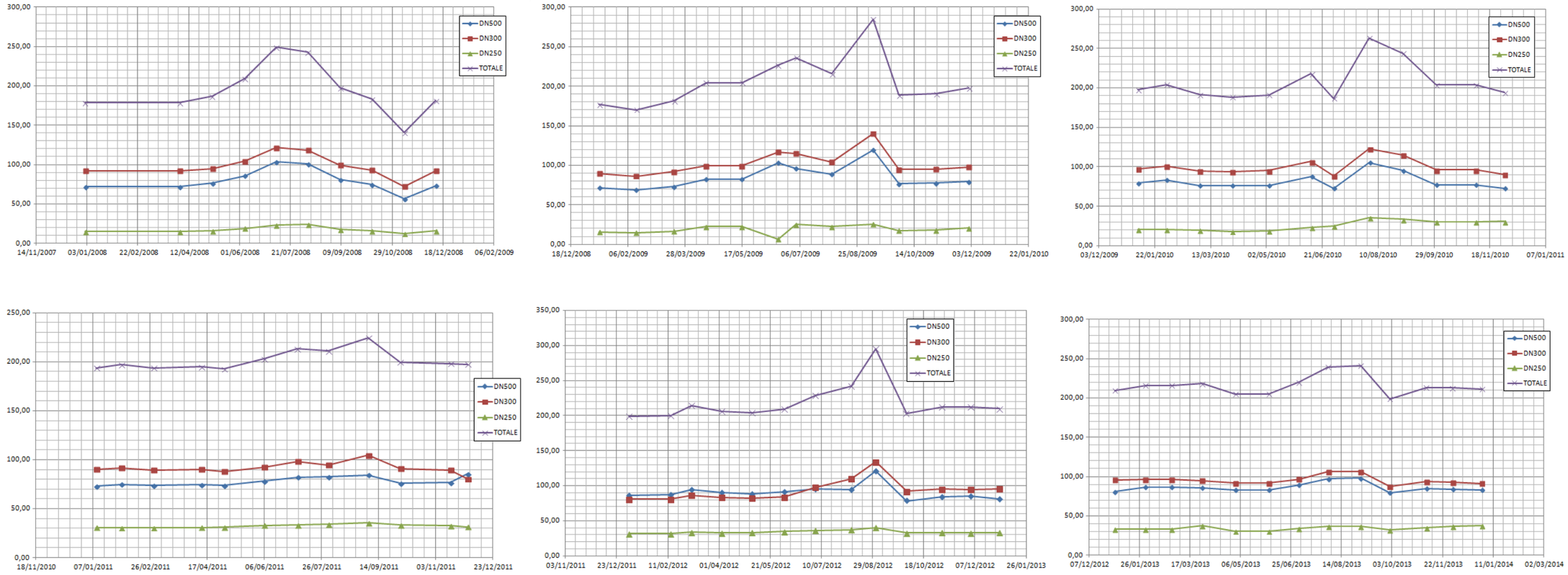


Figura 3.2 Campo Pozzi di Caperana: andamento consumi giornalieri in l/s per gli anni compresi tra il 2008 e il 2013**.**

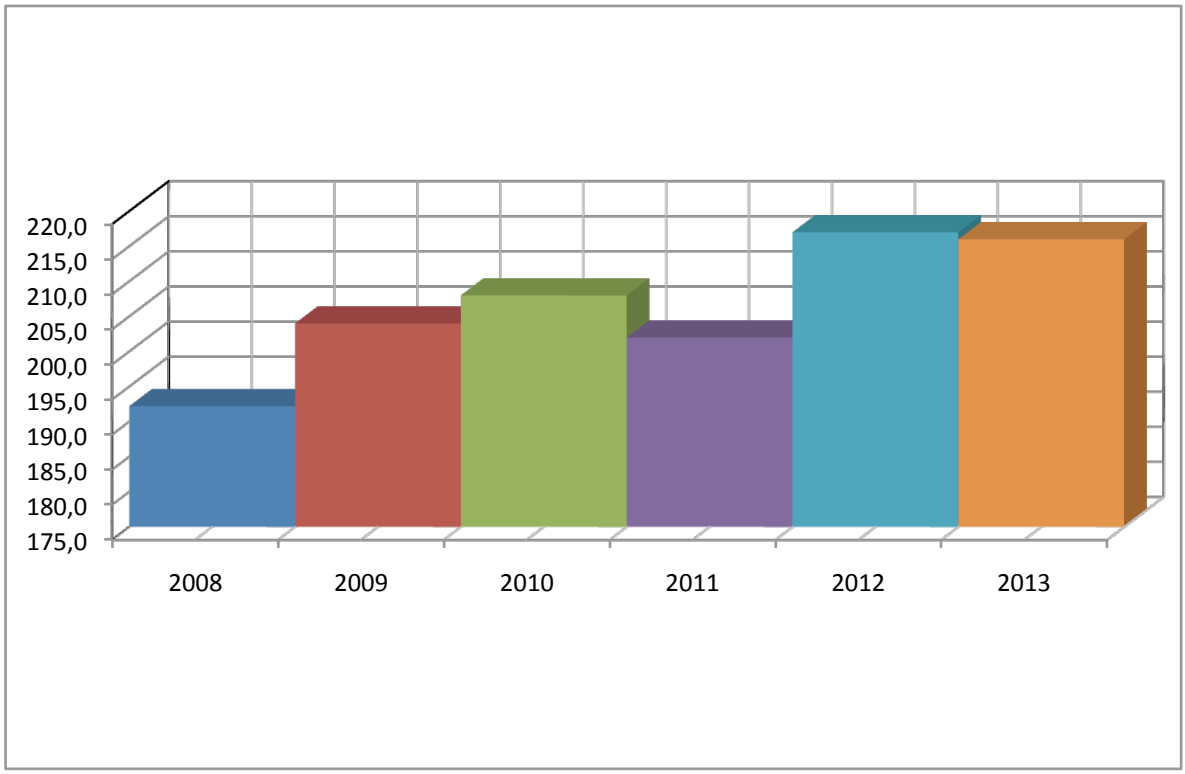


Figura 3.3 Campo Pozzi di Caperana: consumi medi in l/s su base annua.

3.3.3 Qualità delle acque emunte.

Il campo pozzi è soggetto a monitoraggio mediante sonde multiparametriche effettuato da ARPAL e dal Gestore, e da analisi chimiche eseguite sempre dal Gestore mediante il laboratorio IREN. I dati di entrambi i monitoraggi negli anni compresi tra il 2001 e il 2014 sono riportati in Allegato e; non si sono verificati superamenti nei valori di legge e spesso i parametri risultano al di sotto della sensibilità strumentale.

Lungo il corso del Torrente Entella ARPAL ha attivato una rete di monitoraggio dello stato chimico delle acque sotterranee (fig. 3.4 e fig 3.5) i cui risultati, riportati nella Relazione sullo Stato dell'Ambiente in Liguria 2013 (ARPAL), forniscono valori valutati complessivamente come soddisfacenti (fig. 3.6).

Per le caratteristiche e le analisi geochimiche delle acque emunte dal campo pozzi di Caperana si rimanda al paragrafo 6.4.

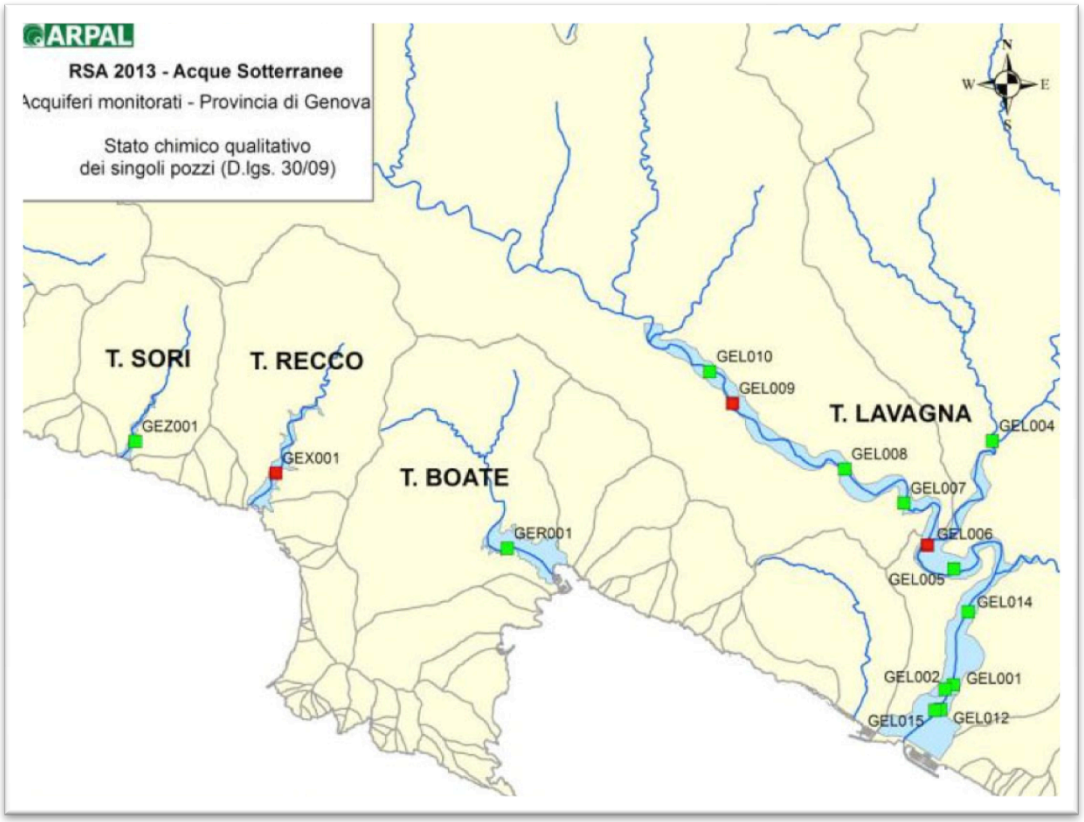


Figura 3.4 Ubicazione dei pozzi facenti parte della rete di monitoraggio delle acque sotterranee di ARPAL.

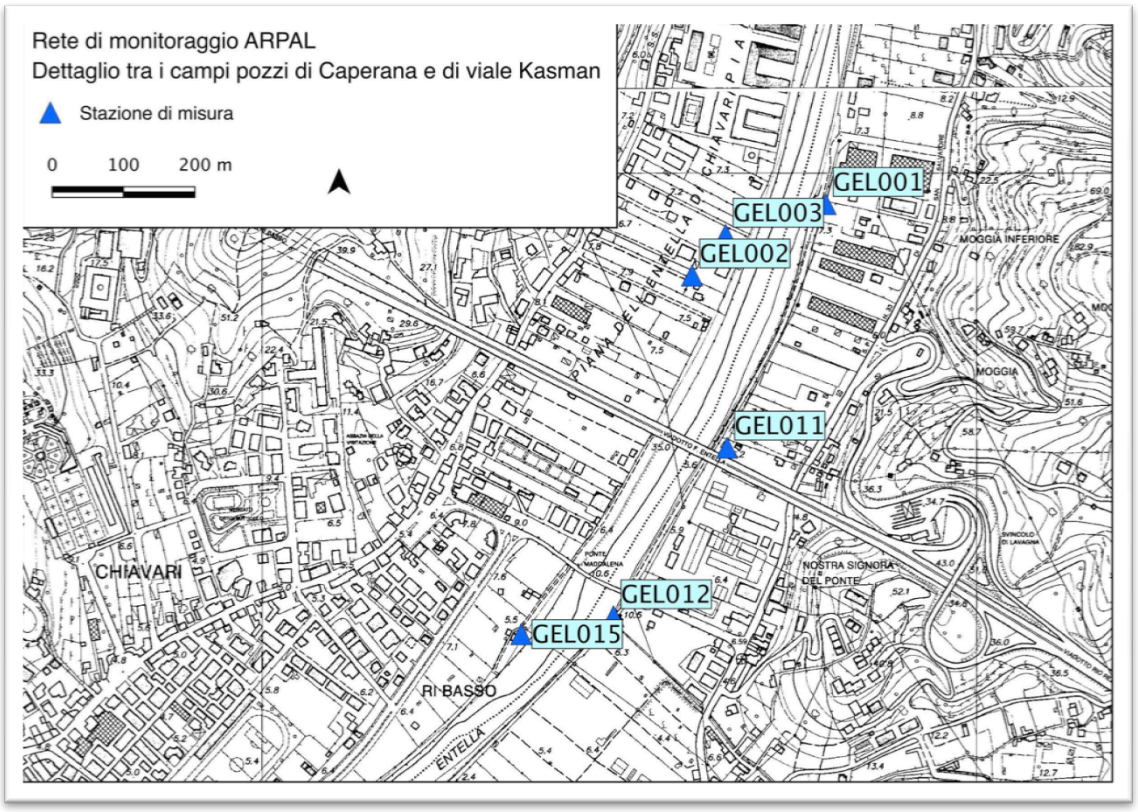


Figura 3.5 Dettaglio dell'ubicazione delle stazioni di monitoraggio di ARPAL nel tratto finale dell'Entella.

Acquifero significativo	Codice stazione	Stato chimico 2011	Stato chimico 2012	Parametri critici D. Lgs. 30/09	Valutazione stato complessivo
T. Cerusa	GEV001				
T. Entella	GEL001				
T. Entella	GEL002				
T. Entella	GEL004				
T. Entella	GEL005				
T. Entella	GEL006			Triclorometano	
T. Entella	GEL007				
T. Entella	GEL008				
T. Entella	GEL009			Dibromoclorometano	
T. Entella	GEL010				
T. Entella	GEL012				
T. Entella	GEL014				
T. Entella	GEL015				

Figura 3.6 Stato chimico desunto dai valori misurati dalle stazioni della rete di monitoraggio del t. Entella negli anni 2011 e 2012 (rapporto sullo Stato dell'Ambiente 2013, ARPAL).

3.3.4 Soggiacenza della falda

Al fine di valutare l'andamento della soggiacenza della falda nel tempo, sono stati acquisiti e analizzati i dati forniti da ARPAL relativi alla sonda multiparametrica posizionata in P1, e denominata GEL002 nella codifica ARPAL, e a quella denominata GEL012 – stazione Maddalena, ubicata nei pressi dell'omonimo ponte.

In figg. 3.7 e 3.8 sono riportati i grafici rappresentativi degli andamenti del massimo e minimo di soggiacenza della falda settimanali per le due stazioni. Tali valori, non essendo possibile effettuare misure indisturbate, possono essere ritenuti indicativi dello stato in condizioni rispettivamente di massimo e minimo di pompaggio nell'arco di ogni intervallo settimanale. Si nota come la stazione Maddalena risulti infatti meno affetta dall'effetto del pompaggio a causa della sua distanza dal campo pozzi, così come testimoniato dalla minore differenza tra i massimi e i minimi.

L'andamento della soggiacenza, com'è del resto naturale, riflette la stagionalità, sia a causa dell'effetto di ricarica determinato dalle precipitazioni, sia per effetto dei diversi livelli di pompaggio.

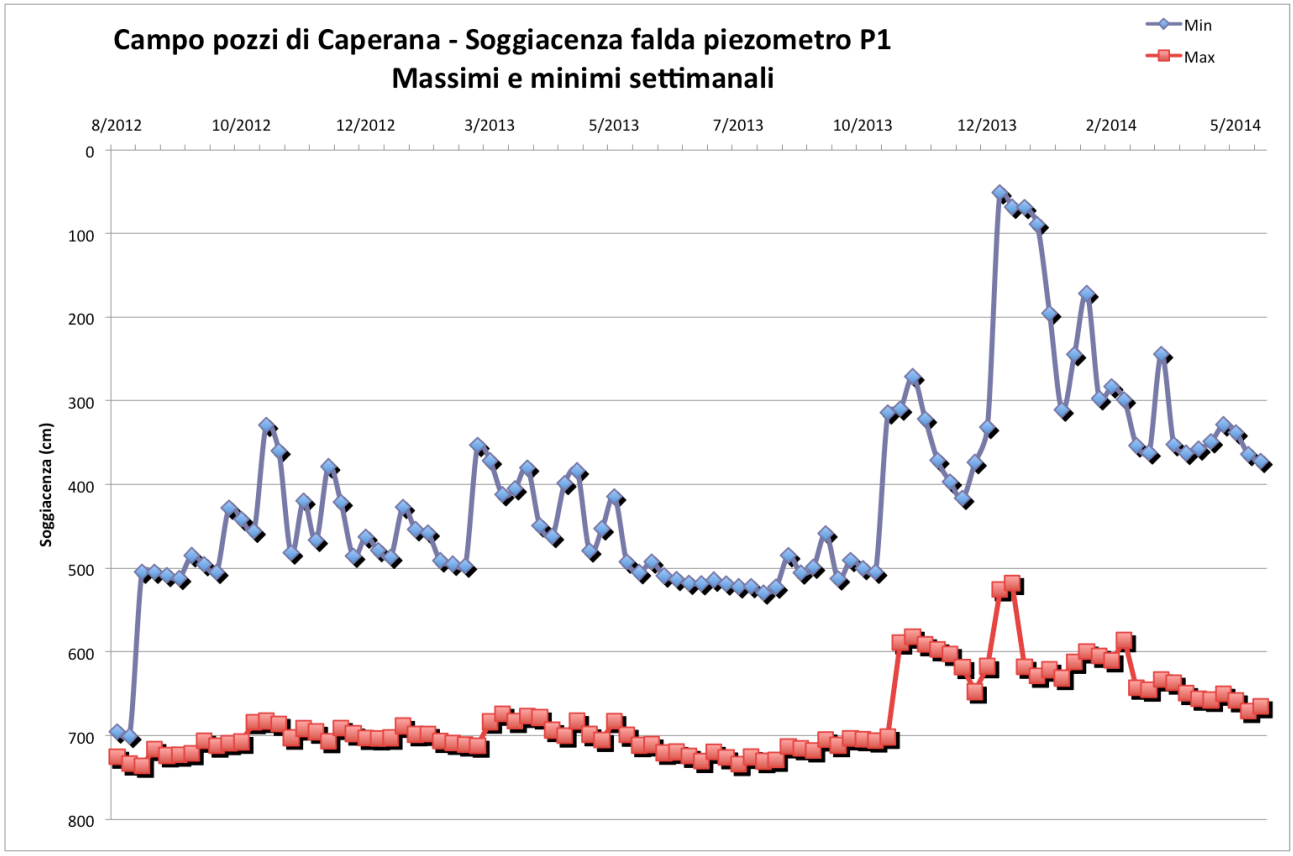


Figura 3.7 Andamento dei valori massimi e minimi settimanali di soggiacenza della falda misurati mediante la sonda multiparametrica installata nel pozzo P1.

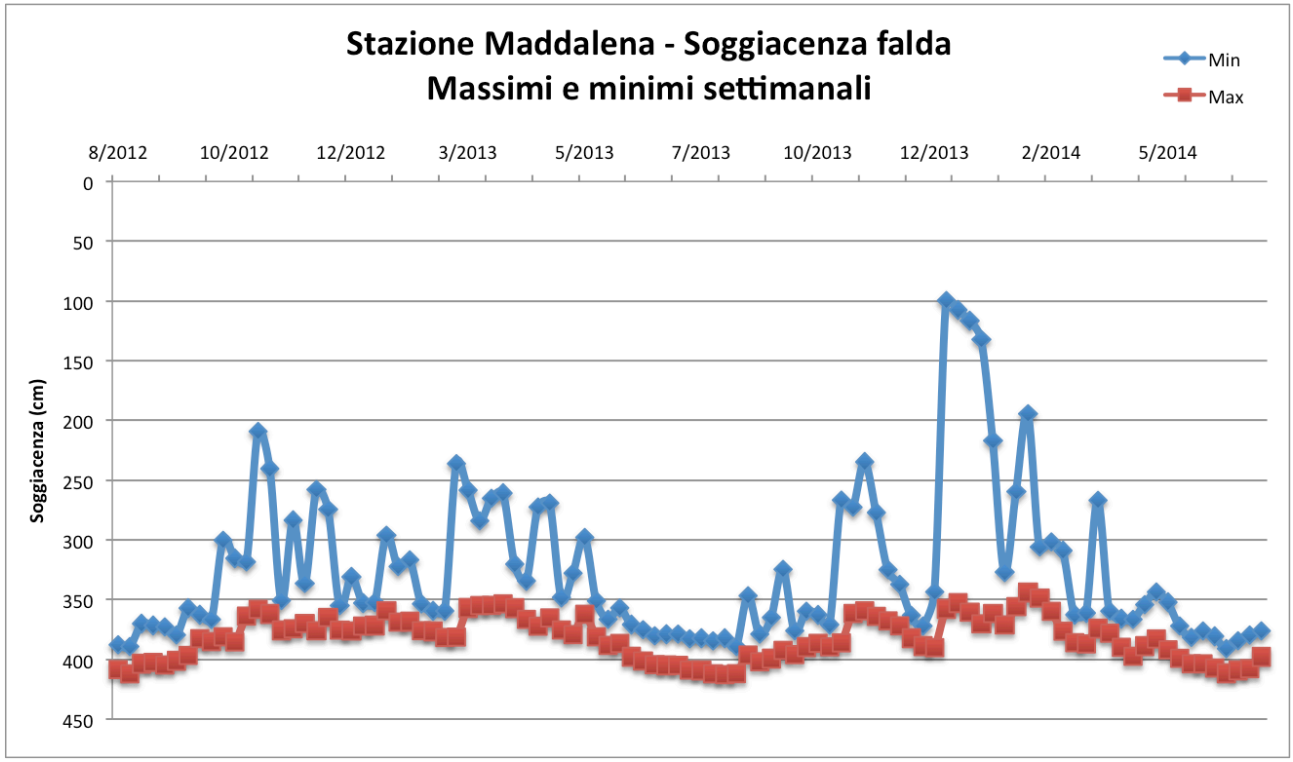


Figura 3.8 Andamento dei valori massimi e minimi settimanali di soggiacenza della falda misurati mediante la sonda multiparametrica installata nel pozzo P1.

3.4 Interferenza di progetti previsti con il campo pozzi di Caperana.

Le scelte relative al *"progetto integrato di riqualificazione urbana relativo alla riorganizzazione del sistema viario – infrastrutturale della piana del fiume Entella, connesso con le opere di difesa idraulica dell'area e relativo al tratto posto a monte del ponte della Maddalena"* e del *"Progetto definitivo del tratto di valle previsto dalla foce fino al ponte della Maddalena, Conferenza dei Servizi Deliberante del 28.06.2013, Det.Dir. 90757 del 06.09.2013)"*, prevedono opere viarie che interferiscono con il Campo Pozzi di Caperana.

Il dettaglio del percorso viario previsto e la posizione del campo pozzi sono riportati in Fig.3.9, da cui si deduce che la parte di monte del campo pozzi che ospita i pozzi P5 e P6 sarà parzialmente occupata dal rilevato stradale, ricoprendo integralmente il pozzo P6 e lambendo il P5 che si troverà a meno di 10m da detto rilevato. Tali posizioni sono incompatibili al loro mantenimento in funzione.

3.4.1 Proposta di spostamento dei pozzi P5 e P6

In considerazione della prevista dismissione dei pozzi P5 e P6 è proposta, a titolo di compensazione, lo spostamento subito a monte del tratto di campo che ospita i pozzi P1, P2, P3 e P4 (si veda Fig. 3.9).

La realizzazione di due nuovi pozzi ha lo scopo di mantenere la funzionalità e la modularità attuali del campo. Inoltre la posizione proposta consentirà di ottimizzare la struttura impiantistica e di collocare in unico sedime tutte le infrastrutture, che si trovano attualmente divise in due sub-aree, migliorando il controllo diretto delle stesse.

Si propone, inoltre, una ulteriore compensazione che preveda la messa in opera di una tubazione di collegamento tra i campi pozzi di Caperana e di Marinco, posto in sponda sinistra del Torrente Entella. Il tubo potrà essere posizionato lungo il nuovo ponte previsto subito a valle del campo pozzi di Caperana.

Questo collegamento permetterebbe una maggiore modularità degli impianti con l'obiettivo di ottimizzare l'utilizzo della risorsa.

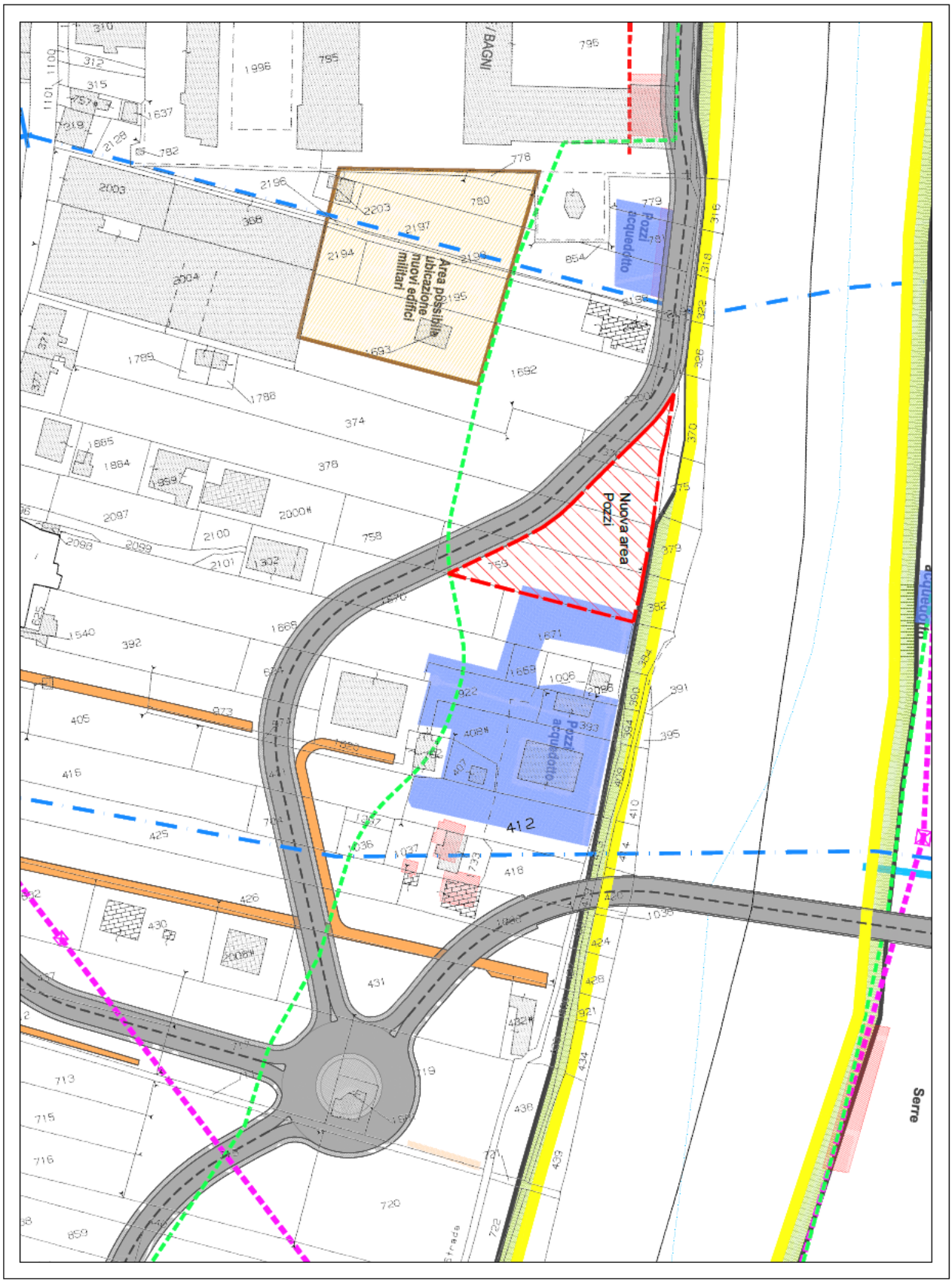


Figura 3.9 Cartografia catastale con indicazione del progetto di infrastruttura di scorrimento lungo l'Entella in sponda destra; in rosso è indicata l'area di dislocazione dei pozzi interessati dal progetto.

4. LA NORMATIVA REGIONALE

Si riportano nel seguito le normative regionali vigenti.

Legge N.14 del 2013 - Disposizioni di adeguamento e modifica della normativa regionale.

Articolo 3 (Regolarizzazione del rinnovo delle concessioni di grandi derivazioni d'acqua).

1. La Regione, entro due anni dalla data di entrata in vigore della presente legge, regolarizza le concessioni di grandi derivazioni d'acqua in essere, in regola con il pagamento del canone alla Regione e per le quali nei termini sono state presentate le domande di rinnovo.
2. Ai fini della definizione dei procedimenti di cui al comma 1 alle domande di rinnovo relative all'esercizio di concessioni, non assoggettate all'epoca del rilascio alla valutazione di impatto ambientale (VIA), si applica la procedura di VIA, qualora ne ricorrano i presupposti.
3. L'utente, che ha presentato domanda di rinnovo, può continuare il prelievo sino all'adozione del relativo provvedimento nel rispetto degli obblighi previsti dall'atto di concessione in corso di rinnovo.
4. La Giunta regionale stabilisce criteri e modalità volti alla semplificazione della procedura di rilascio del provvedimento di concessione di cui al comma 1, qualora la concessione sia oggetto di modifiche non sostanziali.

Il punto 3 stabilisce la necessità della procedura di VIA alla domanda di rinnovo relativa a concessioni non assoggettate, all'epoca del rilascio, a detta valutazione; il rinnovo della concessione del Campo Pozzi di Caperana corrisponde a questo caso.

Aggiornamento delle Norme Tecniche in Materia di Via (Regione Liguria Dipartimento Ambiente Comitato Tecnico Regionale – Sezione per la Valutazione d'impatto Ambientale - Aggiornamento Delle Norme Tecniche, Voto del 26 Giugno 2012 Pag.1/6).

"Derivazioni idriche sotterranee e sonde geotermiche: precisazioni circa le condizioni di assoggettamento alla verifica screening e definizione delle indagini geologiche e idrogeologiche da fornire a supporto della documentazione di VIA."

L'aggiornamento indica i contenuti minimi degli studi geologici e idrogeologici a supporto delle derivazioni di acque sotterranee sottoposte a verifica di assoggettamento alla VIA.

Lo studio è stato sviluppato in maniera attinente a tali indicazioni.

5. QUADRO AMBIENTALE

5.1 Inquadramento geografico e geomorfologico

Il campo pozzi di Caperana è ubicato in sponda destra del torrente Entella, a monte dell'autostrada Genova-Livorno e a una distanza di circa 1,8 km dalla foce (cfr. fig. 5.1).

Il campo si trova sui sedimenti depositati dal sovralluvionamento del torrente Entella, poco a monte dell'apertura dell'ampia piana alluvionale - costiera sulla quale si sono sviluppate le città di Chiavari e Lavagna.

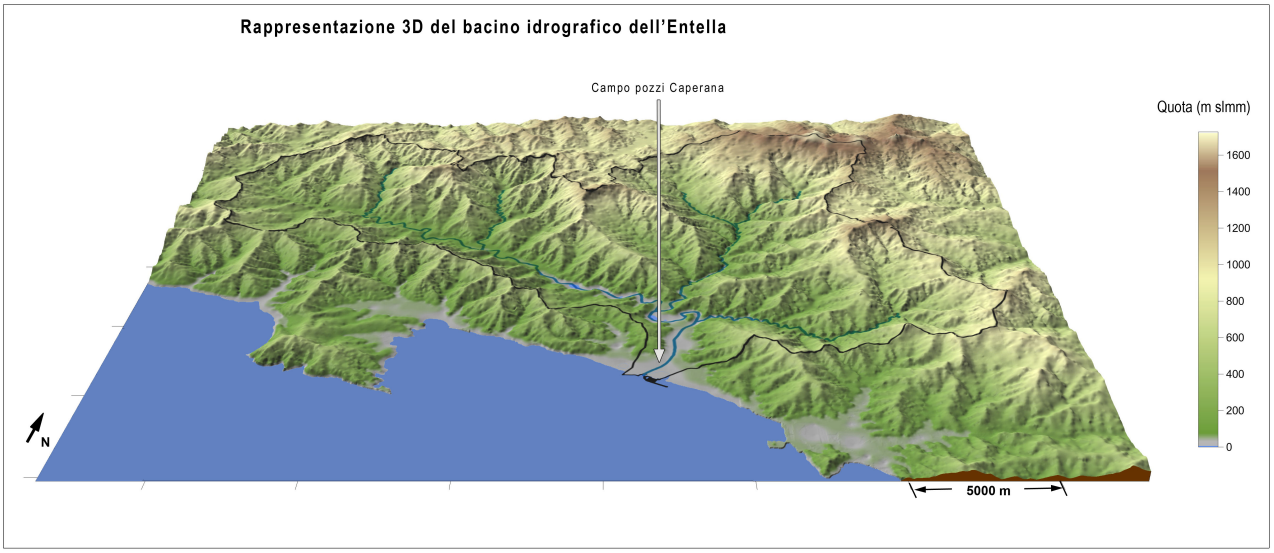


Figura 5.1 Rappresentazione 3D del settore del Tigullio e delle aree limitrofe, con indicazione del campo pozzi di Caperana.

L'asse vallivo del torrente Entella è orientato in direzione Nord-Sud, perpendicolarmente alla linea di costa, così quello del torrente Sturla, uno dei tre tributari maggiori che lo originano. Gli altri due tributari, il Lavagna e il Graveglia, presentano il primo un andamento Ovest/Nordovest-Est/Sudest e dunque parallelo alla linea di costa, ed il secondo un andamento in parte analogo ed in parte perpendicolare alla linea di costa. Tale particolare assetto del reticolo idrografico, comune peraltro a tutto il territorio ligure, risulta impostato sui sistemi di faglie principali orientati proprio parallelamente alla linea di costa ed ortogonalmente a questa (cfr. par. 6.1.1 e figg. 6.7 e 6.8).

Il bacino imbrifero dell'Entella, oltre ad essere uno dei due più vasti del territorio ligure tirrenico con un'estensione di circa 380 km^2, presenta un reticolo idrografico intensamente sviluppato e discretamente gerarchizzato; l'ordine dell'asta principale secondo Strahler è 8. Tale intensa ramificazione, oltre ad essere determinata dall'intensa tettonizzazione del substrato e da un sistema morfogenetico che vede nell'azione incisiva dei corsi d'acqua uno dei fattori dominanti, è influenzata anche dalla natura impermeabile di alcuni litotipi presenti in vasti settori del bacino.

Il bacino è caratterizzato da pendenze medie piuttosto elevate: le uniche zone pianeggianti sono limitate al tratto terminale dei torrenti Entella e Lavagna, mentre a circa 20 km di distanza in linea d'aria, si raggiunge la quota massima di oltre 1700 m s.l.m.m. del monte Aiona.

5.2 Uso del suolo

In figura 5.2 è riportato uno stralcio della carta di uso del suolo in scala 1:10000 anno 2012, redatta da Regione Liguria, con ubicazione del campo pozzi di Caperana.

Come si può vedere i pozzi sono inseriti nell'area compresa tra il corso del torrente e la fascia insediata, a una distanza di circa 250 m dall'autostrada Genova-Livorno. I pozzi sono localizzati su aree di tipo:

- 242 Sistemi colturali e particellari complessi – P3, P5 e P6.
- 1121 Tessuto residenziale discontinuo e mediamente denso – P1 e P2.

Le aree circostanti presentano usi del suolo piuttosto variegati pur in un contesto misto di tipo urbano mediamente denso e colturale. A nord del campo pozzi è presente una vasta area (ex-caserme aeronautica militare – cod. 1213), mentre i versanti che salgono al termine della piana di sovralluvionamento del torrente e fuori dalle aree insediate, sono generalmente impiegati per colture olivicole.

A una distanza minima di circa 150 m dai pozzi (P1) scorre la strada di collegamento con la Valfontanabuona, caratterizzata da un'elevata percorrenza di mezzi anche di tipo pesante, a causa delle numerose e varie attività presenti.

Un assetto analogo, anche per la presenza di un'altra importante viabilità di scorrimento, si trova nella sponda sinistra del torrente, di fronte al campo pozzi.



Dai dati realizzati da Regione Liguria: Uso del Suolo 2012, scala 1:10000. Base cartografica: CTR 1:5000

Figura 5.2 Ubicazione dei pozzi di Caperana sullo **s**tralcio della cartografia di uso del suolo in scala 1:10000, anno 2012 su CTR scala 1:5000 (dai dati realizzati da Regione Liguria).

5.3 Geologia

Il campo pozzi di Caperana è localizzato sui depositi alluvioni (terrazzi recenti) in sponda destra del tratto terminale del torrente Entella a una distanza di circa 1800 m dalla linea di costa. Poco a valle del campo pozzi, la valle dell'Entella si apre sulla piana costiera generata dal progressivo accumulo dei materiali trasportati dal torrente. In figura 5.3 e 5.4 sono riportati rispettivamente gli stralci cartografici della carta geolitologica e geomorfologica (Piano di bacino stralcio – Ambito 16).

Il sito si trova nei pressi della foce del torrente Entella, il cui bacino idrografico con un'estensione di circa 380 km^2, è uno dei due maggiori dell'intero arco ligure. Il substrato del bacino presenta caratteristiche estremamente eterogenee: la val Lavagna è costituita essenzialmente da rocce sedimentarie, mentre la valle Sturla e, ancor più, la valle Graveglia vedono l'importante presenza di rocce ofiolitiche fino alla presenza di una completa successione oceanica per quest'ultima.

L'intero assetto del bacino idrografico è impostato sui sistemi di deformazioni fragili orientati parallelamente e perpendicolarmente alla linea di costa; in particolare su quest'ultima orientazione è impostato il tatto vallivo terminale.

Il substrato dei due versanti della valle, in corrispondenza del campo di Caperana, è costituito da Argilliti della Formazione della Val Lavagna, in sponda destra, e Marne della medesima Formazione e da Argiliti del Gottero, in sponda sinistra. La roccia affiorante/subaffiorante lungo i due versanti presenta caratteristiche discrete di conservazione (cfr. fig. 5.4).

In fig. 5.5 si riporta lo stralcio della carta idrogeologica tratta dal piano di bacino ambito 16. Per gli approfondimenti si rimanda all'analisi di dettaglio della componente idrica, nel capitolo 6.

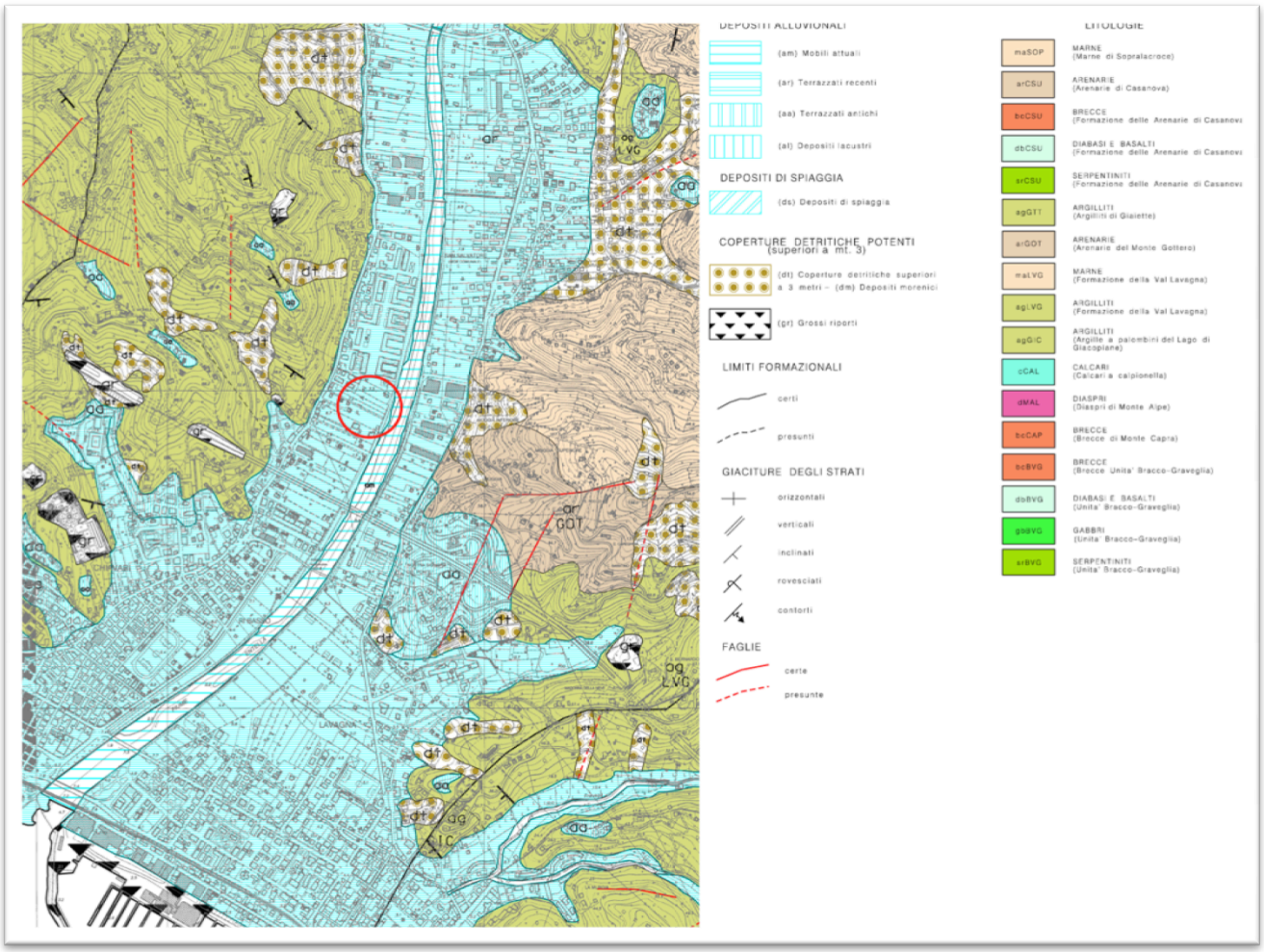


Figura 5.3 Carta geolitologica dell'area di Caperana, tratta dal Piano di bacino stralcio – ambito 16.

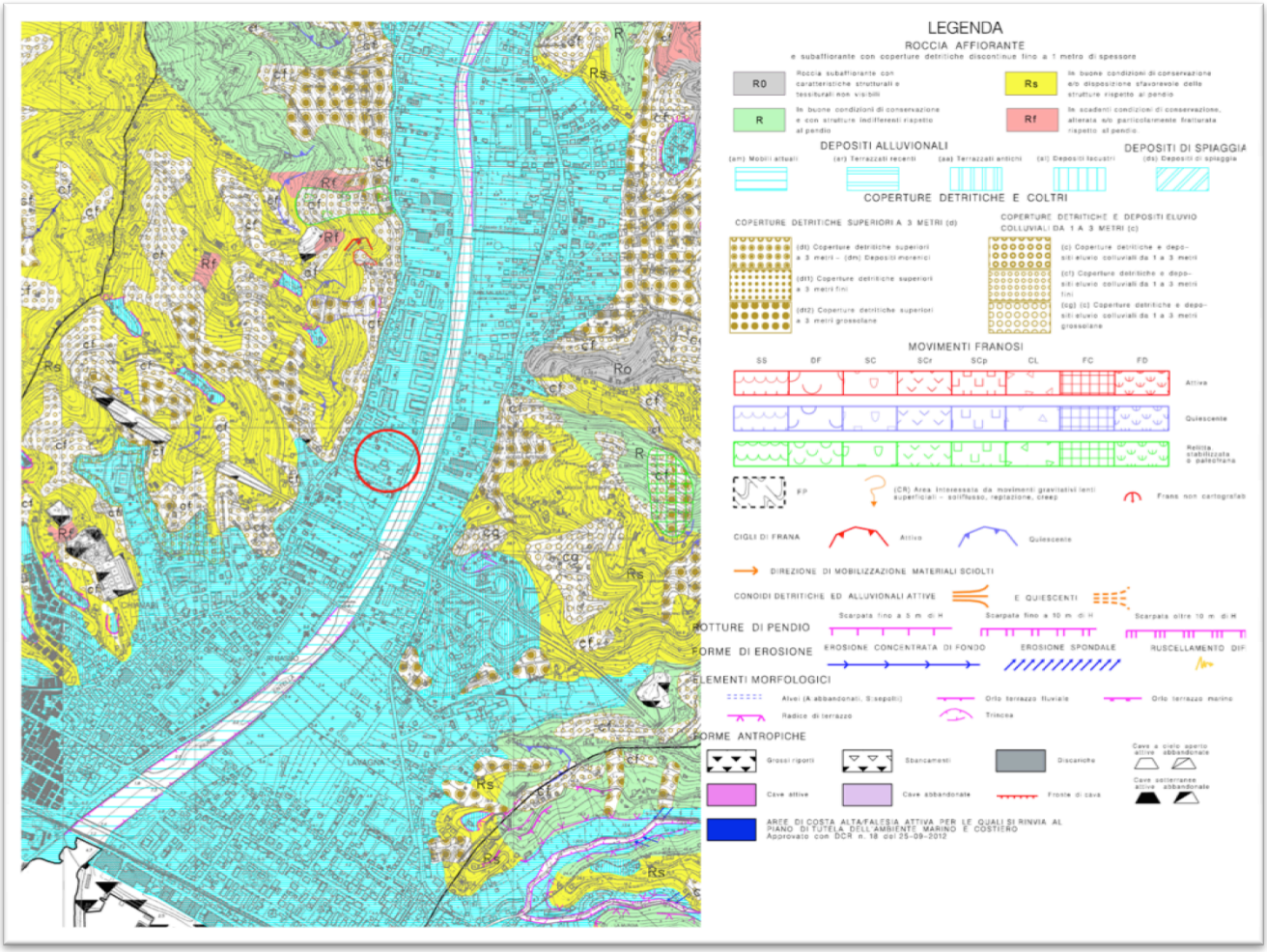


Figura 5.4 Carta geomorfologica dell'area di Caperana, tratta dal Piano di bacino stralcio – ambito 16.

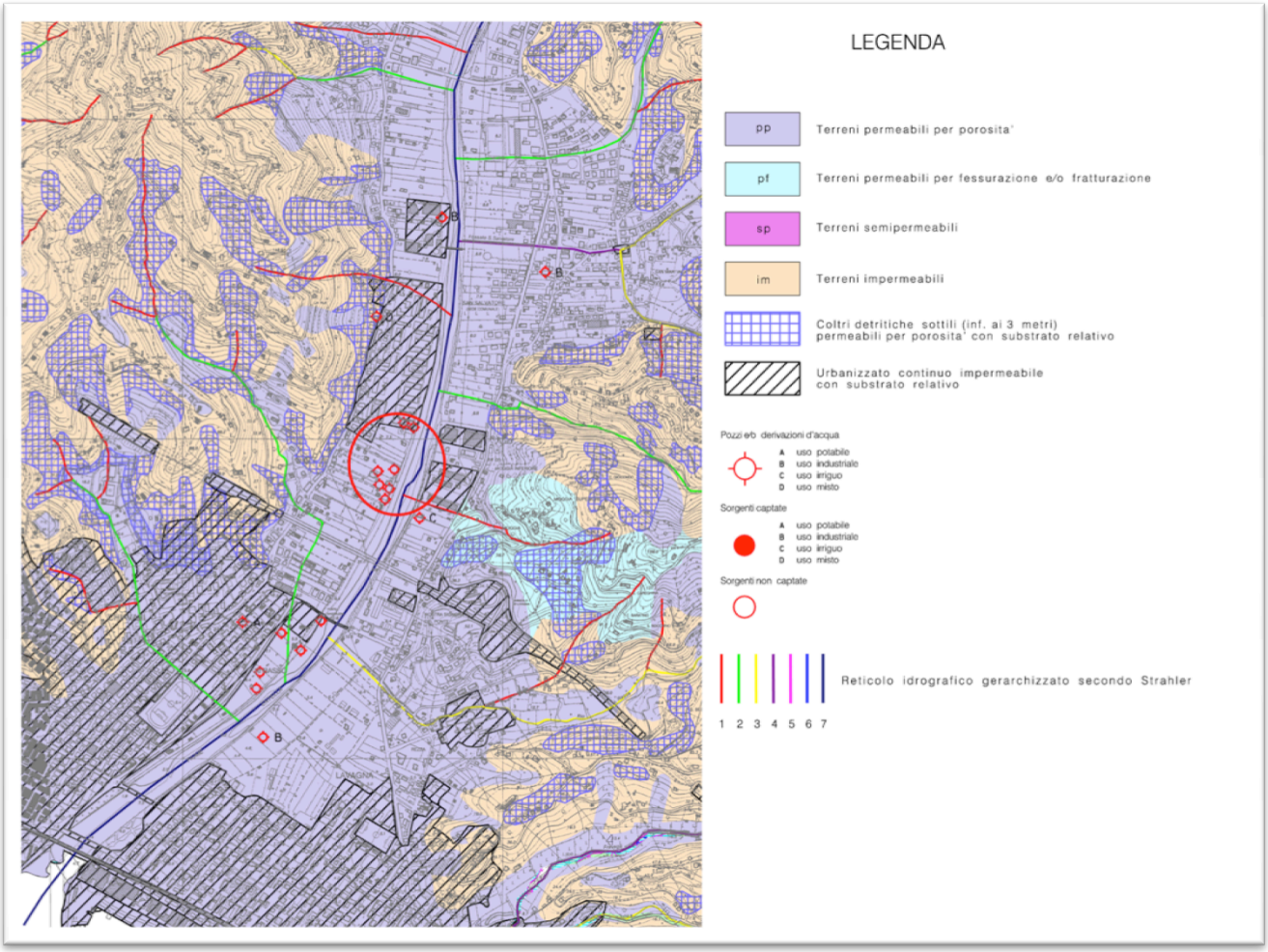


Figura 5.5 Carta idrogeologica dell'area di Caperana, tratta dal Piano di bacino stralcio – ambito 16.

5.4 Acque superficiali

Il torrente Entella, asta di ordine 8 secondo Stahler, dalla confluenza con il torrente Graveglia fino al mare presenta un andamento sub-rettilineo con andamento da Nord-Nordovest a Sud-Sudest.

Il reticolo idrografico presenta caratteristiche che derivano sia dall'impostazione sulle strutture deformative fragili (cfr. 6.1.1) che hanno interessato il substrato, sia sulla natura del substrato che presenta vasti affioramenti di rocce impermeabili e scarsamente permeabili. Malgrado tali condizionamenti il reticolo idrografico, nel complesso, presenta un discreto sviluppo con una densità di drenaggio mediamente elevata e con valori di anomalia gerarchica elevati nel confronto con i bacini idrografici liguri.

In figura 5.5 sono riportate le caratteristiche delle stazioni idrometriche di Caminata in val Graveglia e di Panesi (Entella) posta a monte del sito di Caperana. La figura seguente (5.6) presenta l'estratto dagli annali idrologici edizione del 2009, pubblicato da ARPAL: insieme alle portate giornaliere, si evince il valore massimo di portata misurato nel 1953 e pari a 1990 m^3/s. La relazione generale del Piano di bacino riporta inoltre la stima della portata con T=200 anni. Tale valore si attesta tra i 2700 m^3/s e i 2900 m^3/s.

La figura 5.8 e tabella 5.1 presentano i valori medi di deflusso annuo e mensile alla foce, calcolati con il modello utilizzato nei Piani di bacino sul bilancio idrico (fonte PTA).

BACINO E STAZIONE	Tipo della stazione	CARATTERISTICHE							
		Quota dello zero idrometrico m s.l.m.	Bacino di dominio km^2	DATA della max piena $gg/mm/aaaa$	Altezza di max piena m	Q $m^3\ s^{-1}$	Lat. m	Long. m	Anno inizio osservaz.
ENTELLA									
Graveglia a Caminata	Ir	85.90	41	15/10/1953	3.24	235	4909720	1532710	1931
Entella a Panesi	Me	7.85	364	15/10/1953	7.57	1990	4909900	1528370	2004

Figura 5.6 Caratteristiche delle stazioni di misura di Panesi e di Caminata (Annali idrologici ed. 2009 – ARPAL).

Entella a Panesi (Me)

CARATTERISTICHE DELLA STAZIONE: Bacino di dominio 364 km^2; altitudine max 1680 m s.l.m.; media 548 m s.l.m.; zero idrometrico 7.85 m s.l.m.; inizio delle osservazioni: 19/05/2004. Altezza idrometrica max: 7.57 m (15/10/1953). Altezza idrometrica min: -1.54 m (19/07/2009). Portata max 1990 m^3/s (15/10/1953). Portata min 0.08 m^3/s (23/08/1943)

PORTATE MEDIE GIORNALIERE in m^3/s

GIORNO	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settem.	Ottobre	Novem.	Dicem.
1	16.45	19.03	7.41	27.91	**26.76**	**2.23**	0.80	0.74	1.29	1.29	*1.90*	96.11
2	13.75	43.78	8.87	31.63	21.03	1.84	0.86	*0.67*	1.39	1.07	45.71	46.55
3	11.67	55.49	14.08	26.79	17.28	1.77	0.84	1.04	1.43	1.10	25.02	32.69
4	*10.22*	41.79	16.89	21.21	16.23	1.60	0.62	**1.38**	1.72	1.06	11.20	31.42
5	11.28	87.05	40.17	17.86	14.13	1.65	0.62	1.14	1.05	1.36	7.75	26.31
6	12.15	139.95	40.89	16.14	12.64	1.41	0.92	1.08	0.88	1.39	10.88	22.02
7	22.96	**169.49**	26.56	14.10	11.56	1.48	1.03	1.05	1.00	1.15	9.29	87.62
8	27.55	86.22	20.26	12.67	10.57	1.47	**1.24**	0.83	1.31	1.30	48.34	181.19
9	21.82	55.86	17.85	11.45	8.74	1.20	0.92	0.75	1.30	1.25	27.79	57.94
10	18.73	66.37	14.51	10.99	7.71	1.34	0.89	1.00	1.20	1.78	17.43	37.01
11	16.83	52.71	12.70	9.23	8.24	1.27	0.65	0.98	1.19	1.77	11.85	27.95
12	17.52	40.15	11.02	8.60	7.55	1.07	*0.61*	1.03	0.97	1.95	9.27	22.59
13	16.85	31.99	10.30	*7.84*	7.14	0.95	0.96	1.12	*0.84*	1.30	7.55	19.20
14	16.42	26.14	8.70	8.16	6.58	0.94	0.68	1.13	1.74	*0.97*	18.18	16.33
15	15.87	22.48	7.92	7.98	6.30	1.04	0.67	0.89	1.75	1.11	17.38	14.45
16	14.67	21.13	8.40	12.48	4.83	0.90	0.80	0.87	1.98	1.05	14.74	12.87
17	12.55	19.32	7.69	27.44	4.44	0.86	0.89	1.22	2.23	0.99	11.36	11.89
18	15.09	17.82	7.37	29.69	4.81	0.81	0.68	1.21	1.87	1.04	9.26	10.85
19	43.17	15.78	7.13	22.30	3.73	0.79	0.62	1.07	1.74	1.17	8.43	8.14
20	**459.73**	14.85	6.63	19.84	3.77	0.77	1.05	1.08	1.36	1.11	7.41	*7.28*
21	110.33	13.00	5.21	17.25	3.34	0.77	0.94	1.12	**2.82**	19.57	5.57	10.46
22	57.75	12.10	5.06	15.03	3.30	0.84	0.91	0.95	2.18	**47.22**	5.53	65.99
23	55.98	12.81	5.90	13.51	2.93	0.71	0.92	0.88	2.04	10.94	9.61	179.33
24	62.61	12.04	5.83	11.50	2.80	0.68	0.96	1.00	1.93	5.36	7.67	**289.85**
25	50.00	10.37	5.46	8.73	2.73	0.66	0.71	1.15	1.96	3.84	7.00	248.13
26	41.62	8.00	5.30	13.67	2.36	0.67	0.63	1.23	1.42	3.60	49.66	73.90
27	37.10	7.73	5.49	40.61	2.37	*0.63*	1.00	1.25	1.19	2.78	48.99	44.87
28	31.73	*6.37*	*4.79*	31.72	2.09	0.64	0.94	1.27	1.56	2.72	26.21	34.02
29	27.50		37.02	**47.88**	2.09	0.69	0.98	1.04	1.82	2.48	71.61	28.05
30	24.74		**48.11**	39.00	*1.66*	0.69	0.73	0.86	1.83	2.35	**272.34**	35.88
31	20.47		28.43		2.08		0.94	1.12		1.99		41.41

ELEMENTI CARATTERISTICI PER L'ANNO 2009

	ANNO	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settem.	Ottobre	Novem.	Dicem.
Q max(m^3/s)	459.73	**459.73**	169.49	48.11	47.88	26.76	2.23	1.24	1.38	2.82	47.22	272.34	289.85
Q media(m^3/s)	18.1	42.42	39.64	14.58	19.44	7.48	1.08	*0.84*	1.04	1.57	4.13	27.5	**58.78**
Q min(m^3/s)	0.61	10.22	6.37	4.79	7.84	1.66	0.63	*0.61*	0.67	0.84	0.97	1.9	7.28
Deflusso(mm)	1567.3	312.3	263.4	107.0	138.2	55.3	7.8	*5.8*	7.7	10.9	30.5	195.7	**432.7**
Afflusso meteor.(mm)	2165.2	308.8	242.2	183.9	212.3	*7.3*	46.6	37.6	22.2	92.9	157.7	376.4	**477.3**
Coeffic. di deflusso	0.72	1.01	1.09	0.58	0.65	**7.58**	0.17	0.15	0.35	*0.12*	0.19	0.52	0.91

ELEMENTI CARATTERISTICI PER IL PERIODO 1934-1944, 1946-1975, 1991-1996, 2008

	ANNO	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settem.	Ottobre	Novem.	Dicem.
Q max(m^3/s)	454.00	408.00	418.00	328.00	268.00	246.00	309.00	107.00	79.80	258.00	452.00	426.00	**454.00**
Q media(m^3/s)	14.59	22.02	21.31	18.72	16.71	12.28	6.87	2.12	*1.82*	7.15	15.99	**27.94**	22.80
Q min(m^3/s)	0.01	1.06	0.55	0.73	0.24	0.59	0.26	0.02	*0.01*	0.09	0.24	0.41	1.21
Deflusso(mm)	1261.8	161.7	142.2	137.1	119.0	90.5	48.8	15.6	*13.3*	50.9	117.8	**198.9**	168.1
Afflusso meteor.(mm)	1718.6	162.4	145.2	136.9	141.3	124.7	95.4	*52.6*	80.7	154.4	210.1	**246.0**	169.2
Coeffic. di deflusso	0.73	**1.00**	0.98	**1.00**	0.84	0.73	0.51	0.30	*0.16*	0.33	0.56	0.81	0.99

DURATA DELLE PORTATE

Giorni	2009 m^3/s	Periodo precedente m^3/s
10	87.62	85.63
30	47.22	40.58
60	27.79	22.08
91	17.85	14.09
135	11.56	8.63
182	7.13	5.52
274	1.19	2.10
355	0.67	0.40

SCALA NUMERICA DELLE PORTATE

Altezza idrom. m	Portata m^3/s	Altezza idrom. m	Portata m^3/s	Altezza idrom. m	Portata m^3/s	Altezza idrom. m	Portata m^3/s
-1.54	0.61	-1.18	2.86	-0.61	19.54	0.31	82.52
-1.48	0.59	-1.09	4.36	-0.46	26.77	0.55	104.24
-1.42	0.73	-0.99	6.52	-0.29	36.39	0.82	130.63
-1.35	1.09	-0.88	9.51	-0.11	48.24	1.11	162.23
-1.27	1.77	-0.75	13.86	0.09	63.40	1.45	203.58

per $H > 1.45$ Q=21.368*$(H$+1.681$)^{1.975}$

Figura 5.7 Estratto dagli annali idrologici ed. 2009 per la stazione di Panesi (ARPAL).

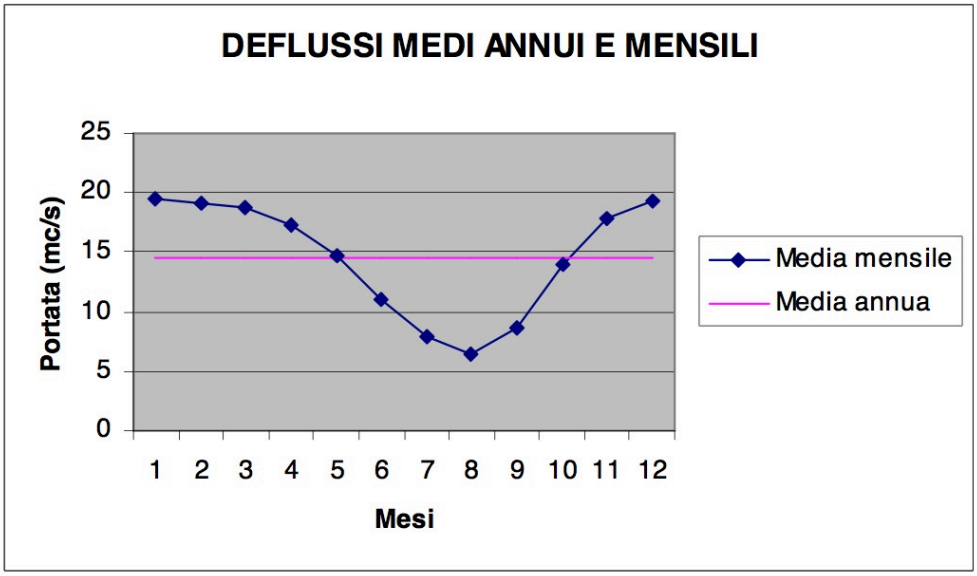


Figura 5.8 Deflussi medi annui e mensili calcolati alla foce dell'Entella (fonte PTA).

	Deflusso (m^3/sec)
Annuo	14,53
Gennaio	19,52
Febbraio	19,03
Marzo	18,72
Aprile	17,3
Maggio	14,68
Giugno	10,98
Luglio	7,88
Agosto	6,35
Settembre	8,69
Ottobre	13,99
Novembre	17,77
Dicembre	19,38

Tabella 5.1 Deflussi medi annui e mensili calcolati alla foce dell'Entella (fonte PTA).

La seguente figura 5.9 presenta uno stralcio della cartografia degli elementi a rischio, secondo la Direttiva alluvioni, elaborata da Regione Liguria; i pozzi, per la loro ubicazione ed importanza rientrano nella categoria degli elementi a rischio di tipo puntuale.

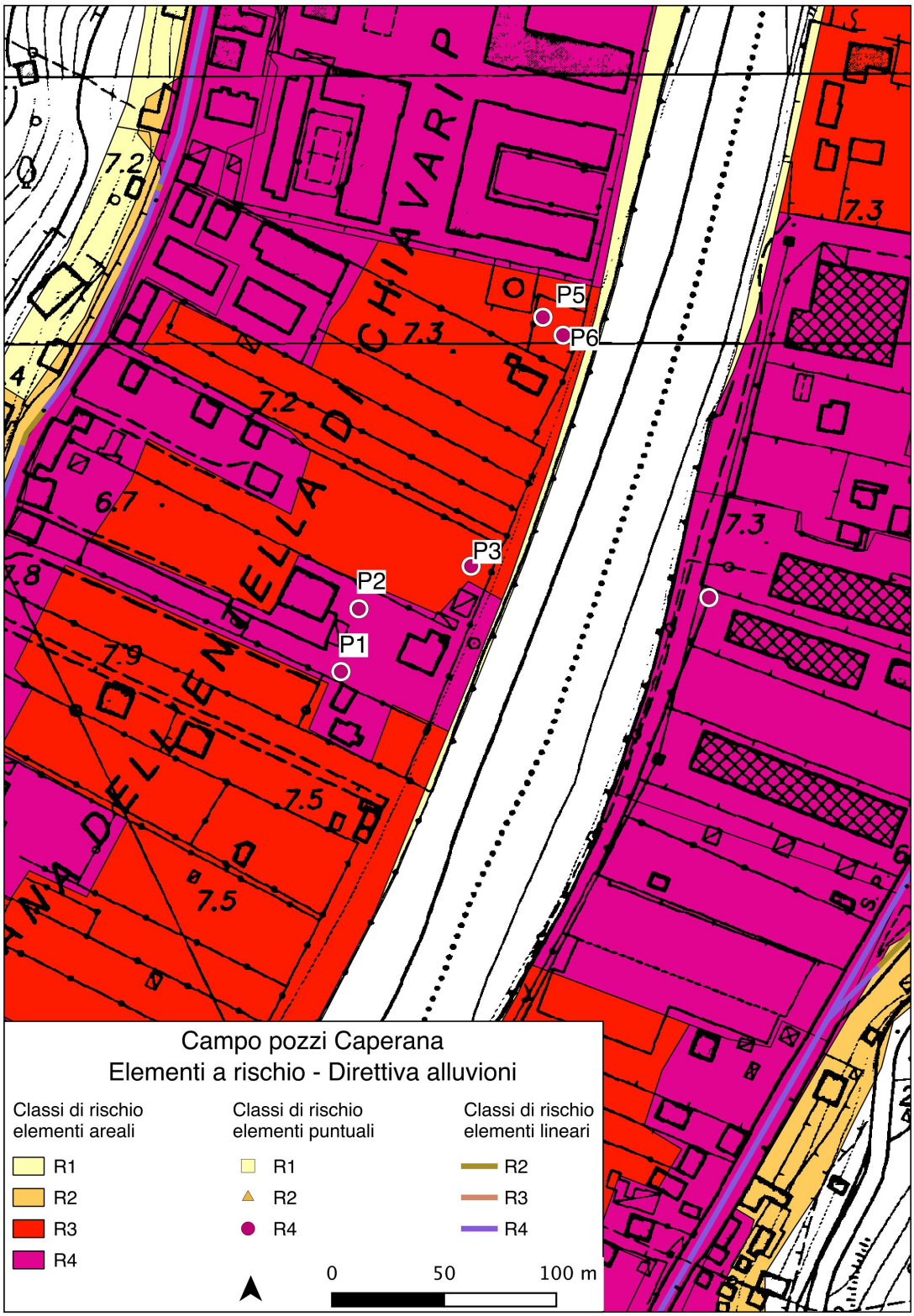


Figura 5.9 Stralcio cartografico degli elementi a rischio secondo la Direttiva alluvioni.

La seguente figura 5.10 riporta i valori degli indicatori di qualità del corpo idrico, tratti dalla Relazione sullo stato dell'ambiente 2013, ARPAL. Gli indicatori, valutati nell'arco temporale dal 2009 al 2011, forniscono un livello qualitativo mediamente buono per le acque di scorrimento superficiale.

Provincia	Denominazione CI	Stato di qualità - LIMeco
GE	F. Entella 2	Elevato

Provincia	Denominazione CI	Stato di qualità - macroinvertebrati
GE	F. Entella 2	Buono

Provincia	Denominazione CI	Stato di qualità - diatomee
GE	F. Entella 2	Elevato

Provincia	Denominazione CI	Stato di qualità - macrofite
GE	F. Entella 2	Moderato

Provincia	Denominazione CI	Stato Chimico 2009-2011
GE	F. Entella 2	Buono

Provincia	Denominazione CI	Stato Ecologico
GE	F. Entella 2	Moderato

Figura 5.10 Valori degli indicatori di qualità del corpo idrico, valutati alla stazione di Ponte Maddalena, poco a valle rispetto al campo pozzi di Caperana (Relazione sullo stato dell'ambiente in Liguria 2013, ARPAL).

5.5 Fauna e biodiversità

Il sito di Caperana si trova a margine del SIC IT1332717 Foce e medio corso del fiume Entella e dunque è sottoposto a procedura di valutazione d'incidenza, la cui relazione si trova in Allegato j. Tutti gli approfondimenti relativi alla fauna si trovano in allegato, al quale si rimanda per una descrizione esaustiva.

L'area d'installazione dei pozzi, secondo i dati relativi alla biodiversità pubblicati da Regione Liguria, è caratterizzata da diffusione sparsa di invertebrati, diffusione sparsa di vertebrati e ricade entro un sito areale di fauna minore (fig. 5.11). I pozzi P1 e P2 ricadono, inoltre, in una tappa di attraversamento per specie di ambienti aperti, secondo la carta della rete ecologica, elaborata da Regione Liguria (fig. 5.12).

Notevole importanza è rivestita dall'avifauna che insiste nell'area e nella fauna ittica. Al fine di valutare la consistenza di specie e di ambienti sono state effettuate osservazioni faunistiche in 20 punti lungo l'asta dell'Entella nel periodo primaverile, i cui risultati integrali sono riportati nella relazione di incidenza, alla quale si rimanda per gli opportuni approfondimenti.

La tabella 5.2 presenta la *check list* dei vertebrati la cui presenza è riscontrata nell'area, corredata dai relativi livelli di protezione.

Gli ambienti riscontrati lungo il tratto terminale del Fiume Entella sono caratterizzati da profonde alterazioni antropiche che si ripercuotono sulle presenze faunistiche, riducendo la possibilità di colonizzazione da parte di specie molto esigenti in quanto a qualità degli habitat, ma non sempre in modo assolutamente negativo per altre specie di interesse conservazionistico o comunque con tendenza alla contrazione dei popolamenti.

Tra gli aspetti più favorevoli alla biodiversità animale si riscontra un'elevata commistione di ambienti diversi che favoriscono la coesistenza di varie nicchie ecologiche.

Si rinvengono poi alcuni ambienti che, pur potendo costituire un valore aggiunto per alcune specie di avifauna, sono purtroppo originati da specie invadenti e alloctone che riducono complessivamente la biodiversità come il caso dei canneti a *Bambuseae sp* o più frequentemente ad *Arundo donax* in cui nidifica con frequenza l'usignolo di fiume (*Cettia cetti*).

L'habitat che pare maggiormente penalizzato dalle alterazioni umane (seppure effettuate in passato ma dagli effetti persistenti) è proprio il fiume Entella. Esso è confinato in arginature pseudo naturali costituite da massicciate in massi ciclopici o addirittura da arginature in conglomerato cementizio. Proprio le arginature in massi risultano molto lineari prive di insenature ed anfratti che potrebbero

essere sede di riproduzione e riparo per pesci ed anfibi.

Il letto del torrente è molto lineare privo di movimentazioni significative e pertanto poco ospitale per gran parte della fauna ittica autoctona.

Tra i disquilibri più evidenti collegati anche a questi aspetti vi è la relativa scarsità di fauna ittica di dimensioni medie e piccole. La naturale abbondanza di giovani ciprinidi costituisce un anello indispensabile nelle catene trofiche dell'ambiente fluviale.

Lungo il tratto indagato, solamente sotto il Ponte della Maddalena grazie alle buche che circondano i pilastri si sono osservate discrete concentrazioni di fauna ittica di dimensioni medio\piccole che in situazioni di naturalità dovrebbero essere distribuite lungo tutto il corso d'acqua e rappresentare una fonte di biomassa a disposizione di una nutrita schiera di predatori.

In generale, durante i 20 punti di rilievo, si è osservato che pur essendo fatti tutti a breve distanza dall'alveo le specie più contattate risultano essere quelle non necessariamente legate alla presenza degli ambienti umidi o acquatici. Questo fatto, potrebbe essere il risultato primo, di un ambiente fluviale eccessivamente compromesso in quanto eccessivamente semplificato dagli interventi antropici succitati.

Oltre alla banalizzazione del corso d'acqua e del suo alveo, che la protezione data dall'inserimento nella "Rete Natura 2000" può solo in minima parte ovviare, si sono constatati notevoli limiti di funzionalità ecologica per i piccoli rii tributari (fossati) che si trovano a scorrere in profonde canalizzazioni, in più casi deturpati da scarichi di dubbia natura. In queste condizioni anche animali molto adattabili come il rospo comune (*Bufo bufo)* sono stati riscontrati solamente in un rio totalmente canalizzato su base e sponde in calcestruzzo, apparentemente privo di scarichi apparenti, all'interno del quale sono state contattate le fasi larvali in minima quantità (girini) sicuramente trasportati a valle dai siti riproduttivi posti più a monte del sito di rilevamento dalla corrente dell'acqua.

Gli stadi larvali del rospo comune rappresentano peraltro, l'unico contatto con specie appartenenti alla classe degli anfibi all'interno dell'intera area indagata a fronte di ricerche mirate soprattutto verso questa classe di animali.

In merito ai rettili stupisce l'assenza di osservazioni relativamente al ramarro (*Lacerta bilineata*) pur riscontrandosi nella porzione alta del transetto ed in sponda destra ambienti apparentemente vocati ad ospitare questa comune specie di rettile. Onnipresente invece la lucertola muraiola (*Podarcis muralis*), abbondante al punto da essere oggetto di predazione con ricerca attiva da parte di alcuni merli mentre, il geco comune (*Tarentola mauritanica*) è risultato assai più localizzato e legato alla presenza di manufatti umani.

L'avifauna rappresenta la porzione sostanziale della presente indagine faunistica. I rilievi ricadono temporalmente in un periodo (il mese di aprile) normalmente favorevole per l'osservazione delle specie stanziali quando sono in attività pre-riproduttive o, in funzione dell'andamento stagionale, già nidificanti. Non di rado è comunque possibile osservare specie di passo sovente in sosta migratoria.

Le specie dominanti sono ovviamente rappresentate dal gabbiano reale (*Larus michahellis*) seguite dal gabbiano comune (*Chroicocephalus ridibundus*) e dal piccione torraiolo (*Columba livia var. domestica*), le ultime due solo per numero complessivo d'individui e non per frequenza di campionamento.

Tra le più ricorrenti specie troviamo il merlo (*Turdus merula*) con densità talvolta molto elevate e con prima nidificazione in fase conclusiva, la tortora dal collare (*Streptopelia decaocto*), l'usignolo di fiume (in media una coppia ogni 150-200m) , il germano reale (*Anas platyrhynchos*), la capinera (*Sylvia atricapilla*) , il verzellino (*Serinus serinus*) e la passera d'Italia (*Passer domesticus italiae*).

Altro passeriforme riscontrato con ottimi livelli di presenza è il verdone (*Carduelis chloris*), favorito da buona variabilità ambientale e diffusione di conifere in ambiente urbano o periurbano.

Per le specie legate all'ambiente fluviale, oltre al già citato usignolo di fiume che frequenta sia i canneti a canna comune (*Arundo donax*) sia le macchie di rovo (*Rubus hirtus*)e le sterpaglie presenti lungo gli argini, si sono rinvenute le 3 più comuni specie di ardeidi che soprattutto ad inizio aprile erano per lo più intente a spostarsi lungo l'asta fluviale per seguire i loro percorsi di migrazione. Si sono osservati aironi cenerini (*Ardea cinerea*), aironi bianchi maggiori (*Ardea alba=Casmerodius albus*) e garzette (*Egretta garzetta*).

Tra i rapaci, che sono risultati scarsissimi, risulta di interesse la presenza, per altro ridottissima, del gheppio (*Falco tinnunculus*).

Le alberature a pioppo nero e robinie senescenti sono particolarmente adatte all'assiolo (*Otus scops*) specie frequente anche in ambienti urbani.

Assenza significativa è quella dei picidi e ciò malgrado le consistenti necromasse "in piedi" spesso dovute alla presenza dei vecchi pioppi in cui troverebbero alimento per l'abbondanza di fauna xilofaga. Solo da zone distanti dall'alveo, in un paio di casi si è ascoltato il richiamo del picchio verde (*Picus viridis*).

Non sono stati contattati mammiferi selvatici durante i sopralluoghi né loro segni di presenza.

Con estrema abbondanza si è rilevata la presenza di un grosso insetto che frequenta ogni tipo di vegetazione arbustiva o erbacea: la cavalletta egiziana. Questa specie non fosse per l'incostante presenza dovuta alle sue fluttuazioni annue potrebbe costituire un valido richiamo per i predatori come assioli, civette, allocchi.

Altra specie oltremodo abbondante è il gasteropode *Helix aspersa* accompagnata da varie altre specie che costituisce presupposto di vitali popolazioni di coleotteri predatori come carabidi e lucciole.

Per quanto concerne le aree di captazione si sono talvolta osservati ambienti interessanti con numerosi elementi utili alla biodiversità (siepi, presenza di edera, piccole aree prative), valorizzati dalle recinzioni che consentono a varie specie di uccelli di nidificare in situazioni di minor disturbo.

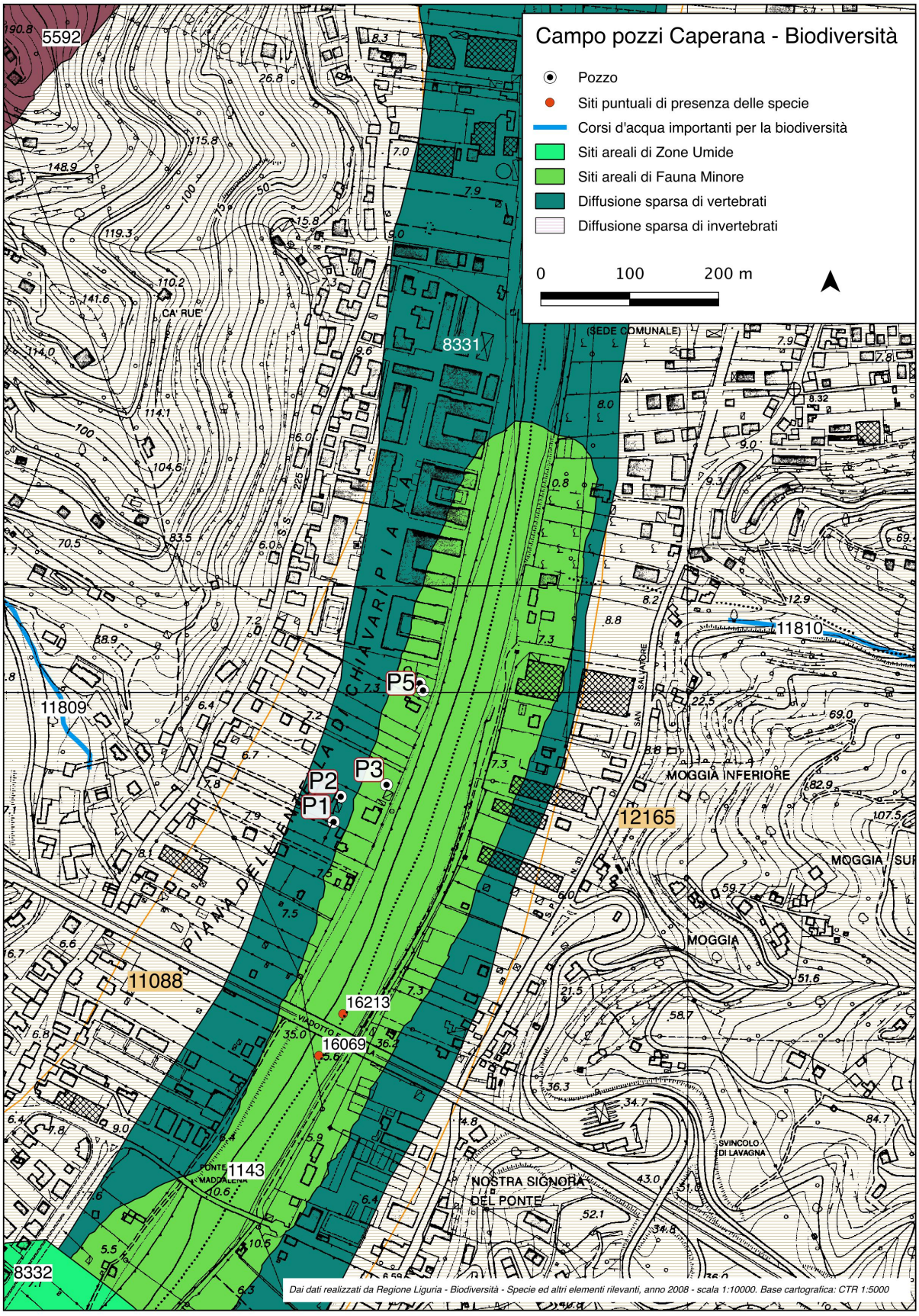


Figura 5.11 Stralcio cartografico della carta della biodiversità con ubicazione del campo pozzi (dai dati realizzati da Regione Liguria – Biodiversità – Specie ed altri elementi rilevanti, anno 2009 – scala 1:10000).

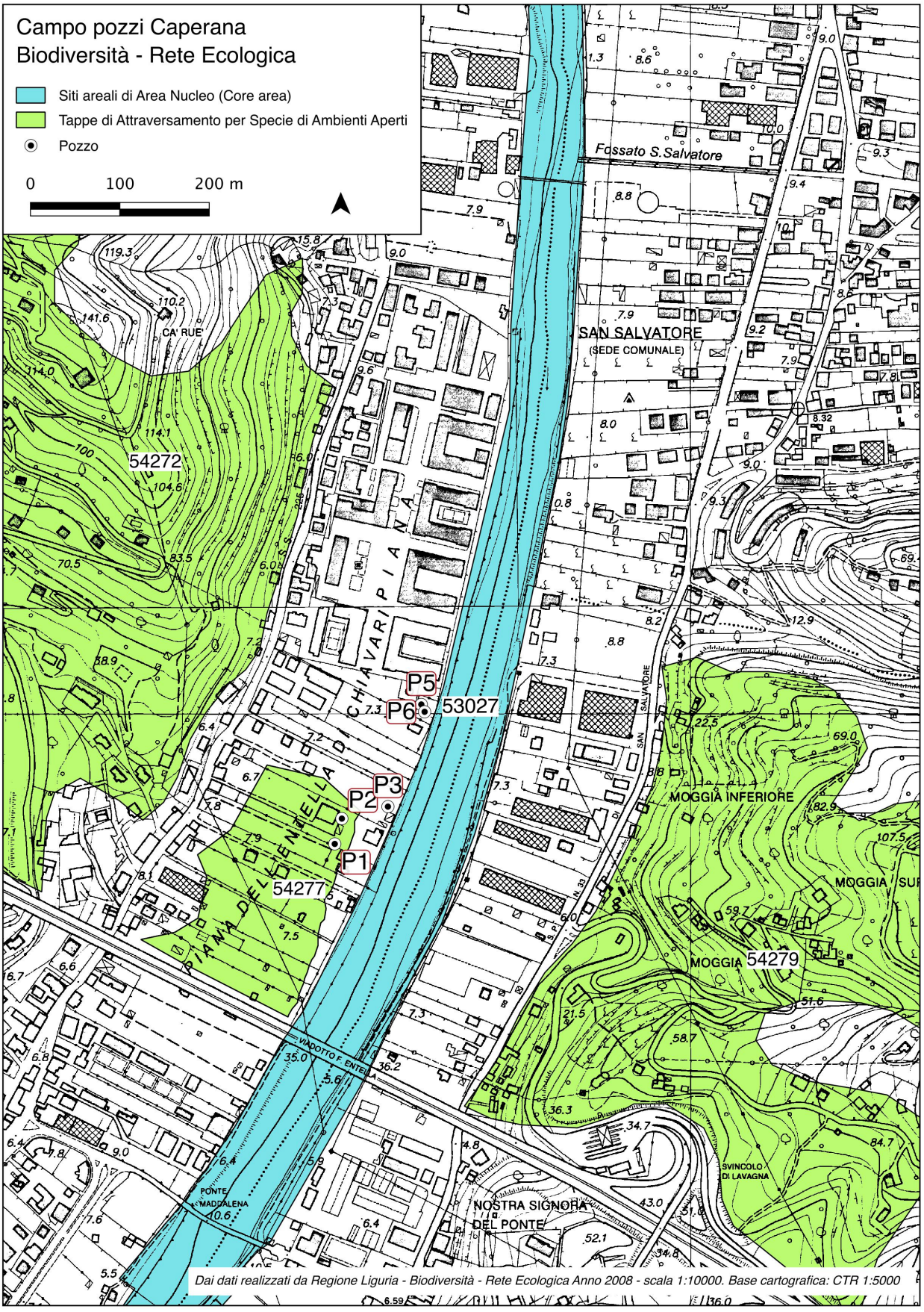


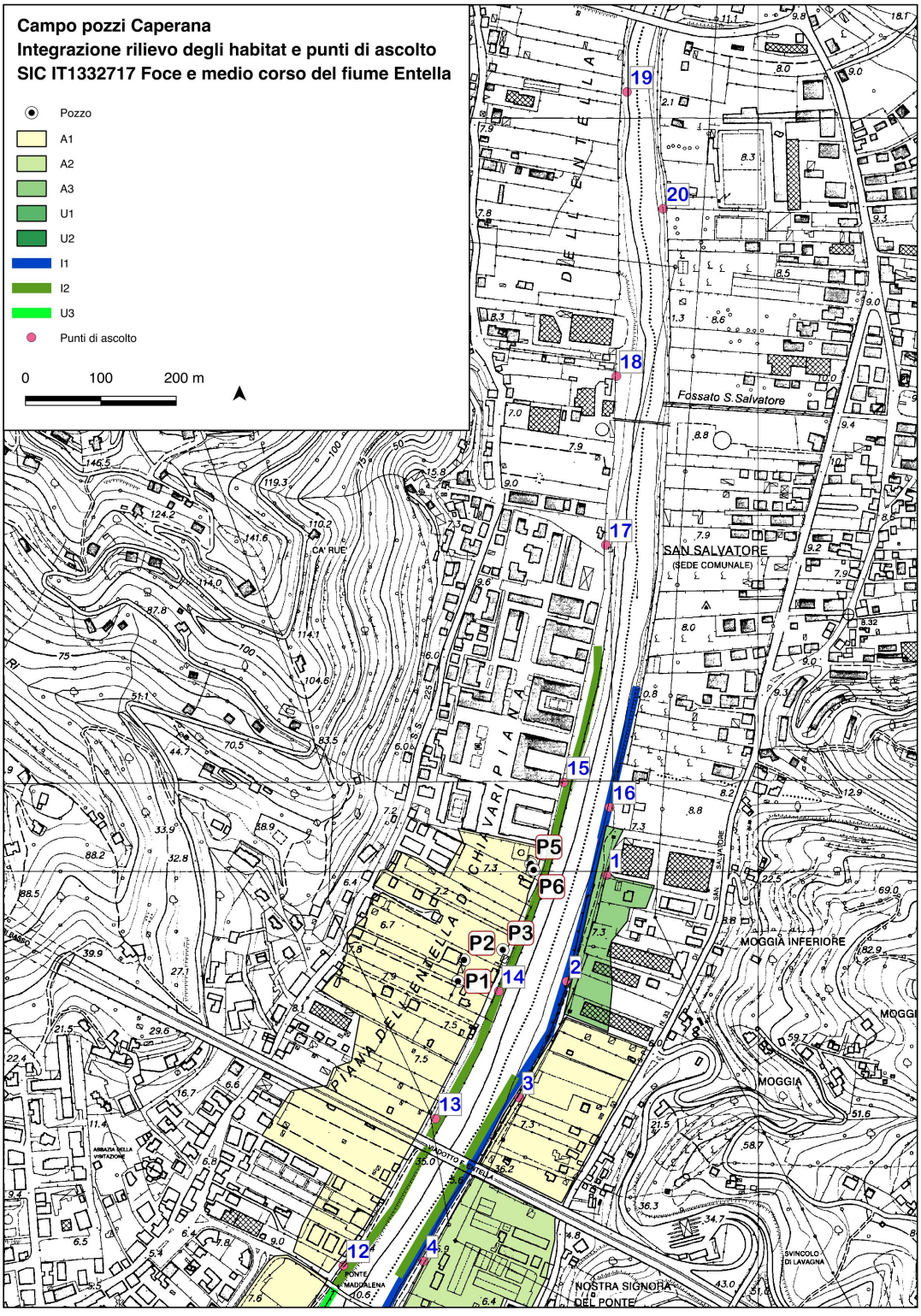
Figura 5.12 Stralcio cartografico della carta della rete ecologica con ubicazione del campo pozzi (dai dati realizzati da Regione Liguria – Rete ecologica, anno 2008 – scala 1:10000).

SPECIE	DIRETTIVA UCCELLI	HABITAT	BERNA	LEGGE REGIONALE
Cormorano - *Phalacrocorax carbo*				×
Germano reale - *Anas platyrhynchos*				
Moriglione - *Aythya ferina*				×
Garzetta - *Egretta garzetta*	×		×	×
Airone bianco maggiore - *Ardea alba*	×		×	×
Airone cenerino - *Ardea cinerea*				×
Gheppio - *Falco tinnunculus*			×	×
Piro piro boschereccio - *Tringa glareola*	×		×	×
Pantana - *Tringa nebularia*				×
Gabbiano com. - *Chroicocephalus ridibundus*				
Gabbiano reale - *Larus michahellis*				
Gallinella d'acqua - *Gallinula chloropus*				×
Folaga - *Fulica atra*				
Piccione dom. - *Columba livia var. domestica*				
Tortora dal coll. - *Streptopelia decaocto*				
Martin pescatore - *Alcedo atthis*	×		×	×
Rondone - *Apus apus*				×
Picchio verde - *Picus viridis*			×	×
Rondine - *Hirundo rustica*			×	×
Ballerina gialla - *Motacilla cinerea*			×	×
Ballerina bianca - *Motacilla cinerea*			×	×
Pettirosso - *Erithacus rubecula*			×	×
Codirosso – *Phoenicurus Phoenicurus*			×	×
Merlo - *Turdus merula*				
Usignolo di fiume - *Cettia cetti*			×	×
Luì bianco - *Phylloscopus bonelli*			×	×
Capinera - *Sylvia melanocephala*			×	×
Cinciallegra - *Parus major*			×	×
Taccola - *Corvus monedula*				
Cornacchia grigia - *Corvus cornix*				
Gazza - *Pica pica*				
Passera d'Italia - *Passer domesticus itali.*				
Fringuello - *Fringilla coelebs*				
Verzellino - *Serinus serinus*			×	×
Verdone - *Carduelis chloris*			×	×
Cardellino - *Carduelis carduelis*			×	×
Parrocc.d collare - *Psittacula krameri*				×
Geco comune - *Tarentola mauritanica*				×
Lucertola muraiola - *Podarcis muralis*			×	×
Biacco - *Hierophis viridiflavus*			×	×
Natrice dal collare - *Natrix natrix*				×
Rospo comune - *Bufo bufo*				×
Barbo comune - *Barbus plebejus*		×	×	
Cavedano - *Leuciscus cephalus*				
Vairone - *Leuciscus souffia*		×	×	×
Carpa - *Cyprinus carpio*				
Trota - *Salmo trutta*				

Tabella 5.2 *Check List* dei vertebrati riscontrati nell'area e relativo livello di protezione.

5.6 Vegetazione e habitat

Al fine di definire i caratteri vegetazionali sono state effettuate osservazioni in situ i cui risultati hanno concorso alla valutazione degli habitat e che si riporta nel seguito. Per la localizzazione degli habitat descritti si faccia riferimento alla figura 5.13.



Dai dati realizzati da Regione Liguria - Base cartografica: CTR 1:5000

Figura 5.13 Cartografia degli habitat nell'areale del campo pozzi; per la descrizione si faccia riferimento al testo; i pallini rossi indicano i siti di monitoraggio per i quali si rimanda alla valutazione di incidenza – allegato j.

HABITAT A CARATTERE URBANO (U)

Si tratta di formazioni vegetali del tutto antropiche o di formazioni vegetali fortemente antropizzate che vengono gestite alla stregua del verde urbano vero e proprio.

Rientrano in questa categoria di habitat i parchi urbani, le alberature lineari, le piante sparse.

HABITAT U1 - Parchi urbani a pino domestico

Questo habitat è localizzato in prossimità della foce del torrente Entella all'interno del tessuto urbano della città di Chiavari lungo la sponda destra del citato torrente.

La componente vegetale di codesto habitat è costituita dal pino domestico (*Pinus pinea*) che si presenta ad un stadio evolutivo di maturità, pertanto fruttificante, con altezze ricomprese tra 15 e 20 m, chiome folte e spazialmente coprenti (grado di copertura pari a circa il 100%), fusti sufficientemente proporzionati nel loro rapporto altezza/diametro.

Lo stato fitosanitario delle piante non presenta problematiche particolari.

La componente arborescente di tale habitat è legata alla presenza di serie di siepi di pittosporo (*Pittosporum artense*) nonché nella zona di battigia alla presenza di alcune piante, li giunte spontaneamente, di olmo campestre (*Ulmus minor*).

L'area sottochioma si presenta del tutto impermeabilizzata attraverso una diffusa bitumazione.

L'habitat si estende su di un'area decisamente limitata ed è stato riscontrato in un solo sito all'interno dell'area indagata.

HABITAT U2 - Parchi urbani a vegetazione mista

Il presente habitat è stato riscontrato in un solo sito all'interno dell'area di indagine, dove rappresenta una piccola frazione superficiale rispetto al complesso di indagine.

Il parco urbano a vegetazione mista è ubicato in sponda sinistra del torrente Entella in prossimità della foce del citato torrente.

Esso è costituito da un mosaico di specie vegetali arboree ed arbustive spesso alloctone disposte secondo un progetto architettonico paesaggistico all'interno del quale non vengono propriamente rispettate le specifiche esigenze varietali.

Le specie vegetali che si riscontrano all'interno di tale habitat sono riconducibili a: magnolia sempreverde (Magnolia grandiflora), pino domestico (*Pinus pinea*), leccio (*Quercus ilex*) e nella porzione a diretto contatto con la sponda del torrente Entella pioppo nero (*Populus nigra*).

Così come è varia la composizione vegetale è pure varia l'età delle piante e le loro caratteristiche dendrometriche.

Unica costante, è quella di una copertura molto rada a tratti lacunosa, che in quanto tale ha permesso di ottenere superfici significative a prato. La componente erbacea è costituita in prevalenza da graminoidi ornamentali in varietà nane ovvero, da un limitata componente di leguminose (*Trifolium var. repens*) stolonifere e da alcune infestanti tipiche dei giardini coltivati.

HABITAT U3 - Filari di piante arboree igrofile

Si tratta di un habitat la cui estensione lineare è decisamente significativa lungo la sponda destra del torrente Entella.

La specie vegetale che edifica i filari di piante igrofile è riconducibile unicamente al pioppo nero (Populus nigra).

Questo filare di piante è ubicato direttamente lungo la linea spondale del torrente Entella e fa parte della componente a verde di una ampia pista ciclabile.

Tutte le piante che lo compongono hanno un'età piuttosto avanzata e con il trascorrere del tempo hanno subito un numero piuttosto elevato d'interventi di contenimento della chioma tutt'oggi ben documentabili guardando i fusti e le ramificazioni principali.

L'altezza di queste piante è generalmente contenuta entro i 10 m mentre il diametro dei fusti non di rado supera 1 m. Considerato che il legno del pioppo è un legno "dolce" ovvero particolarmente appetito a carie e insetti lignicoli. Vuoi per l'avanzata età delle piante che ne riduce le difese, sia per i successivi interventi di potatura che hanno creato ferite difficilmente rimarginabili, il fusto e ramificazioni principali si presentano non di rado cariate e/o attaccati da una molteplicità di insetti lignicoli che creano fessurazioni e cavità all'interno di essi.

La loro situazione fitosanitaria non è sicuramente tra le migliori seppure nella stragrande maggioranza dei casi le piante presentino ancora un buon vigore vegetativo.

Con certezza questa formazione, oggi artificiale, deriva direttamente dalla vegetazione ripariale presente al momento della costruzione delle arginature del torrente Entella di cui queste piante rappresentano gli esemplari di maggiore pregio che sono stati "salvati" dalle opere edilizie.

La presenza contestuale dell'argine artificiale in sponda e dell'ampia pista ciclabile impermeabilizzata che mediamente presenta una larghezza di circa 5 metri fa sì che queste piante siano contestualizzate all'interno di una superficie prettamente antropica oggettivamente poco ospitale per il comparto vegetale.

Laddove le ramificazioni più basse delle piante raggiungono il pelo libero dell'acqua esse costituiscono una valida zona di riposo per l'ittiofauna ma, a causa delle loro esigue dimensioni, non sono in grado di fornire un punto privilegiato di caccia per l'avifauna acquatica di medie e grandi dimensioni.

HABITAT A CARATTERE NATURALIFORME TENDENZIALMENTE IGROFILI (I)

Sono questi gli habitat più prossimi alla naturalità che si sviluppano lungo gli argini del torrente Entella o in prossimità di essi.

Queste formazioni sono comunque in molti casi fortemente antropizzate a causa della grande vicinanza dell'ambiente urbano dal quale derivano fonti di inquinamento materiale e vegetale.

Alcuni di essi sono stati ricostituiti del tutto artificialmente a seguito d'ingenti opere di difesa spondale, altri hanno fatto seguito a una rinaturalizzazione spontanea degli argini del torrente.

Al loro interno è stato possibile osservare la maggiore quantità delle specie animali rilevate in seguito al monitoraggio.

HABITAT I1 - Canneti ripari

Questo habitat superficialmente è piuttosto esteso soprattutto in sponda sinistra, dove separa per lungo tratto la linea di greto del torrente Entella dalla pista ciclabile.

Si tratta di una componente ambientale di chiara origine antropica, con ogni probabilità legata alla riqualificazione ambientale delle costruite scogliere a difesa degli argini, che successivamente ha trovato espansione anche al di fuori dei siti di originale piantumazione.

La specie edificatrice è la canna comune (*Arundo donax*), una specie ampiamente diffusa ma ciò nonostante alloctona in quanto introdotta in Europa dall'Asia.

Le formazioni vegetali in esame si presentano ancorché igrofile molto dense e prive di una vera gestione.

All'interno del canneto la densità dei fusti ed il loro grado di copertura è tale che l'impenetrabilità è quasi assoluta nonché, l'unica specie riscontrabile è proprio l'Arundo donax. Solo nelle porzioni di bordura è possibile osservare la presenza di altre specie vegetali (arbustive ed erbacee) che trovando maggiore luce e minore competitività intraspecifica riescono a vegetare con un qual certo rigoglio. Tra le specie arbustive che sono state riscontrate si annoverano il rovo (Rubus irtus) rientrante nelle vegetazione autoctona e il sambuco (Sambucus australis) vegetale del tutto alloctono. Le specie erbacee sono riconducibili ad alcune graminoidi ad ampia diffusione quali l'orzo murino (Hordeum murinum), il loietto (Lolium perenne), l'erba mazzolina (Dactylis glomerata), la festuca arundinacea (Festuca arundinacea), la consolida tuberosa (Symphytum tuberosum) quest'ultimo particolarmente diffuso sia come areale che come percentuale di superficie coperta.

HABITAT I2 - Formazioni ripariali

Questo habitat rappresenta la formazione vegetale più prossima a quella che naturalmente si dovrebbe riscontrare nel complesso in esame.

Esse sono arealmente molto ristrette e parzialmente antropizzate, ubicate in prevalenza tra la striscia dei canneti e il greto mobile del torrente Entella oppure, nelle migliori condizioni formano una stretta fascia che separa gli orti urbani dal greto mobile.

La loro ubicazione è stata rilevata al di fuori del contesto urbano stretto, prevalentemente in sponda sinistra e a monte del viadotto autostradale.

Le specie arboree rilevate nell'ambito di tale formazione sono, in ordine di frequenza rilevata, il pioppo nero (*Populus nigra*), il salice bianco (*Salix alba*), l'olmo campestre (*Ulmus minor*). Tra le specie arbustive mancano completamente i salici caratteristici dei ghiaioni mobili mentre sono frequenti il sambuco (*Sambucus nigra*) e il nocciolo (*Corylus avellanae*), specialmente quest'ultimo ubicato nelle porzioni meno soggette a inondazioni. Grande porzione del sottobosco di tali formazioni è occupata dal rovo (Rubus irtus) mentre sono piuttosto ridotte le superfici di sottobosco semplicemente ricoperte da vegetazione erbacea. Laddove presente la copertura erbacea è prevalentemente costituita da graminoidi delle condizioni mesofile del genere *Festuca*, *Lolium*, *Dactylis* e *Hordeum*, da *Juncacee*, *Composite* e *Borraginacee*.

La componente arborea è generalmente in uno stadio di giovane perticaia dove gli individui a maggiore sviluppo tendono a dominare i restanti che a loro volta assumono portamenti più distorti rispetto la verticale. Sono proprio questi individui dominati che hanno la maggiore valenza ecologica in quanto divengono posatoi per l'avifauna acquatica e non solo. Inoltre, le loro ramificazioni giungendo a lambire il pelo libero dell'acqua costituiscono zone di rifugio per l'ittiofauna.

La vegetazione arbustiva ed in prevalenza la componente che è in grado di spingersi fino alla linea di battigia (rovo e juncaceae) laddove assume caratteri di copertura ed intrico non eccessivi offre siti di nidificazione nonché funge da dormitorio per gran parte dell'avifauna acquatica che caratterizza il sito oggetto di indagine.

La giovane età della componente arborea assieme alle dimensioni ristrette e sottoposte a disturbo antropico con ogni probabilità sono la causa della generale assenza di siti di nidificazione di ardeidi all'interno dell'area d'indagine.

HABITAT A CARATTERE AGRARIO (A)

Nonostante il carattere prettamente urbanizzato dell'area d'indagine esistono in questo contesto aree coltivate nonché giardini pertinenziali di singole abitazioni o di complessi residenziali.

Queste aree rappresentano spesso una fascia "cuscinetto" tra l'ambiente urbano vero e proprio, caratterizzato dalla presenza continua o quasi della componente residenziale e la fascia a vegetazione igrofila che caratterizza per larga parte le sponde destre e sinistre del torrente Entella.

La componente a carattere agrario può essere ricondotta a due tipologie colturali: gli orti urbani e le colture agricole intensive all'interno delle quali ricadono anche le colture protette in serra e tunnel.

HABITAT A1 - Orti urbani

Si tratta di appezzamenti di terreno coltivati a colture agrarie in un contesto non professionale. Gli orti urbani sono caratterizzati da una limitata estensione, ricompresa in un ranch di valori che varia da poche decine di metri quadrati ad alcune centinaia, da una miscela casuale e spesso disordinata tra le diverse cultivar di orticole.

Spesso negli orti urbani è presente una miscela del tutto occasionale e casuale tre il frutteto e le colture orticole che insistono sullo stesso appezzamento.

Per la maggiore gli orti urbani si localizzano in sponda destra del torrente Entella dove vanno a formare una "fascia cuscinetto" tra il tessuto urbano vero e proprio e la pista ciclabile.

La loro scarsa specializzazione colturale e il contesto di limitata professionalità rappresentano senza ombra di dubbio un grande vantaggio a favore della biodiversità animale e vegetale, che trova in essi fonte di rifugi e cibo.

Spesso alla componente agraria si associa anche una componente ornamentale caratterizzata da piante anche molto diverse tra loro. Tale componente ornamentale è spesso fonte di diffusione di specie ornamentali alloctone all'interno di ambienti naturali o naturali formi che subiscono così una crescente antropizzazione.

Ciò non toglie che la componente ornamentale alloctona, in alcuni casi come ad esempio quello delle grosse palme, fornisce importanti siti di riproduzione e pernottamento soprattutto per l'avifauna autoctona; così come alcune specie floreali quali ad esempio il gelsomino invernale attraggono irresistibilmente una molteplicità di apoidei e lepidotteri autoctoni favorendo così il mantenimento di un elevato livello di biodiversità.

In questi orti inoltre, lo scarso uso di anticrittogamici di sintesi e concimi minerali favorisce l'evoluzione di una ampia meso e macrofauna terricola che a sua volta è preda prediletta di molti uccelli insettivori.

HABITAT A2 - Colture agricole intensive

Lungo la sponda sinistra del torrente Entella è presente una superficie piuttosto estesa che è caratterizzata da colture agricole a carattere intensivo e professionale.

E' questo un habitat che, maggiormente degli altri precedentemente visti, subisce l'ingombrante presenza dell'uomo che lo modifica e lo manipola, anche nelle sue componenti naturali più interne, al fine di estrapolarne la maggiore produzione possibile.

Si tratta di aree coltivate prevalentemente a colture orticole generalmente in piena area ma occasionalmente anche in coltura protetta (serre e tunnel) dove la produttività del suolo è estremizzata mediante l'impiego di fertilizzanti di sintesi, antiparassitari e principi diserbanti ad

ampio spettro.

All'interno di questi habitat spesso si assiste ad una semplificazione estrema dell'ecosistema a cui altrettanto spesso, corrispondono marcati squilibri tra forme viali competitrici. Ciò non vuole dire che in questi "habitat" siano privi di vita naturale ma più semplicemente che, all'interno di essi il complesso delle correlazioni tra esseri viventi viene alterato dall'attività antropica.

HABITAT A3 - Incolti produttivi e improduttivi

Nel contesto dell'area in esame sono piuttosto frequenti superfici che agronomicamente vengono classificate come incolti produttivi ovvero, aree potenzialmente sfruttabili da un punto di vista agronomico ma che allo stato attuale non sono coltivate.

Questi sono habitat spesso fluttuanti annualmente (sotto l'aspetto della locazione) in quanto rappresentano le superfici di riposo agrario derivanti dalla turnazione agronomica delle colture orticole, oppure posso essere maggiormente stabili e quindi rappresentare stadi di abbandono definitivo delle stesse colture orticole in differenti stadi di colonizzazione della vegetazione spontanea.

La vegetazione che caratterizza gli incolti produttivi derivanti da turnazione agronomica è caratterizzata da una copertura erbacea di varie graminoidi annuali o poliennali che al loro interno possono ospitare composite, borraginacee, juncacee ad ampia diffusione e a carattere invasivo in grado di colonizzare il suolo nudo nell'arco di un solo anno.

La vegetazione che caratterizza altresì le aree completamente abbandonate dall'attività agricola è piuttosto variabile e funzione degli anni che ad oggi sono trascorsi dal momento della cessazione della coltivazione. Mediamente si tratta di una vegetazione più evoluta rispetto alla semplice vegetazione erbacea. Trattasi, per lo più, di una tipologia arbustiva strisciante caratterizzata in prevalenza da rovo e vitalba associata a graninoidi poliennali ad ampio spettro. All'interno di questi habitat, grazie alle loro caratteristiche di bassa interferenza delle attività e della presenza dell'uomo è possibile riscontrare la presenza di molte delle specie animali riscontrate in sede di monitoraggio.

5.7 Caratteristiche climatiche

Secondo la classificazione climatologica di W. Koeppen, la costa ligure, e dunque il sito di Caperana-Chiavari, presenta i caratteri tipici del clima temperato caldo, in cui la presenza del mare tende a smorzare gli estremi stagionali a causa della maggiore inerzia termica della massa acquea rispetto a quella continentale. Tali caratteri sono testimoniati dall'analisi effettuata sui dati della stazione della rete di monitoraggio meteo idrologico regionale di ARPAL che si trova presso il sito di Caperana, di cui, in figura 5.14, è riportata la scheda anagrafica/climatologica, relativamente ai dati disponibili a partire dal febbraio del 2001.

Stazione: CHIAV				
Localizzazione				
Descrizione	**CHIAVARI - CAPERANA**			
Longitudine	**Gradi° Primi' Secondi''**	**9° 20' 43.692''**	**Gradi.decimi di grado**	**9.34547**
Latitudine	**Gradi° Primi' Secondi''**	**44° 19' 19.776''**	**Gradi.decimi di grado**	**44.32216**
Altezza sul livello del mare (m)	**6**			
	Situazione climatica della stazione a partire dal 02/2001			
	Giorno più freddo	**05/02/2012**	*Temperatura media (°C): -0.6*	
	Temperatura più bassa (°C)	**-4.8**	*Giorno: 20/12/2009*	
	Anno più freddo	**2010**	*Temperatura media (°C): 14*	
	Giorno più caldo	**26/07/2004**	*Temperatura media (°C): 32.9*	
	Temperatura più alta (°C)	**35.2**	*Giorno: 21/08/2011*	
	Anno più caldo	**2009**	*Temperatura media (°C): 14.9*	
	Massima intensità del vento (m/s)	**10.5**	*Giorno: 14/04/2001*	
	Massima raffica (m/s)		*Giorno:*	
	Massima precipitazione in 24 ore (mm)	**248.6**	*Giorno: 05/09/2011*	
	Giorno più piovoso	**04/09/2011**	*Precipitazione cumulata (mm): 174.4*	
	Anno più piovoso	**2010**	*Precipitazione cumulata (mm): 1634*	
	Anno più secco	**2006**	*Precipitazione cumulata (mm): 786.7*	

copyright 2005 Regione Liguria
Regione Liguria - piazza De Ferrari 1 - 16121 Genova
tel. +39 010 54851 - fax +39 010 5488742
redazione

Figura 5.14 Scheda anagrafica/climatologica della stazione di Chiavari Caperana (ARPAL).

Sebbene un'analisi climatologica richieda dati relativi a un periodo di trenta anni, si ritiene che i dati disponibili e analizzati fino al dicembre 2013, permettano di fornire un quadro sufficiente a descrivere i caratteri climatici del sito.

Le figure seguenti presentano i risultati dell'analisi svolta sui valori mensili delle precipitazioni cumulate e temperatura media. L'elaborazione del diagramma ombrotermico secondo Bagnouls e Gaussen (cfr. fig. 5.15) permette di evidenziare il periodo arido dell'anno nel mese di agosto, durante il quale si verifica la concomitanza tra i valori massimi delle temperature medie ed il minimo delle precipitazioni cumulate medie. Le precipitazioni medie durante il periodo autunnale raggiungono i valori più elevati; tali valori si mantengono alti anche durante l'inverno e la prima parte della primavera. L'andamento della media del numero di giorni piovosi segue lo stesso andamento della piovosità.

In tabella 5.3 è riportato il valore delle precipitazioni annuali per gli anni compresi dal 2003 al 2013 (fig. 5.16 a sinistra): nel periodo il valore medio è risultato superiore a 1150 mm, raggiungendo in 4 occasioni valori superiori a 1400 mm.

In figura 5.16 (destra) è riportata l'analisi dei picchi di piovosità nel periodo di disponibilità dei dati, su intervalli di 1, 3, 6, 12 e 24 ore. Il diagramma evidenzia come i picchi di precipitazione abbiano raggiunto per 8 anni su 13 valori superiori ai 35 mm/ora con un massimo di 55,6 mm/ora nel 2013. I valori misurati su 3 ore si presentano superiori ai 40 mm in tutti gli anni ad eccezione del 2003 e del 2004. Inoltre le osservazioni sui periodi maggiori, 12 e 24 ore, evidenziano valori molto elevati con picchi rispettivamente prossimi ai 200 mm e ai 250 mm, entrambi raggiunti nel 2011.

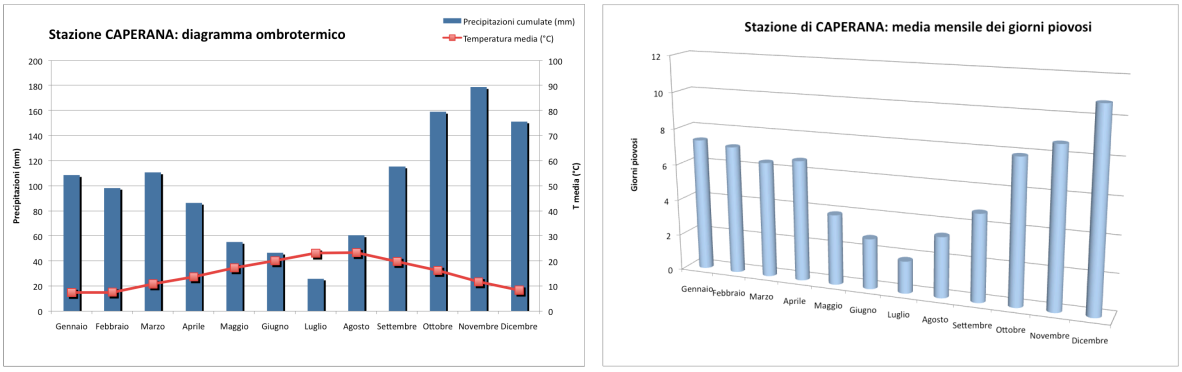


Figura 5.15 diagramma ombrotermico (a sinistra) del sito di Caperana, desunto dai dati della stazione ARPAL tra il gennaio 2002 ed il dicembre 2013; a destra la media mensile dei giorni piovosi.

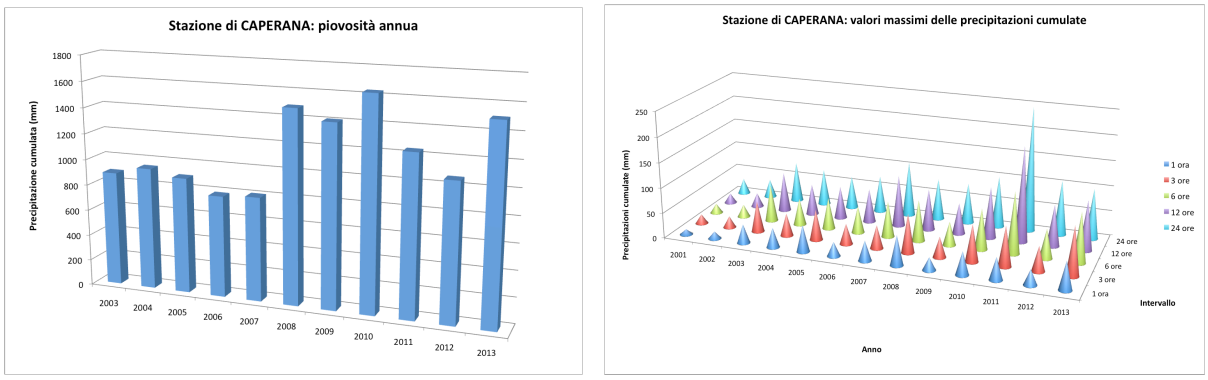


Figura 5.16 A sinistra: valori medi della piovosità mensile desunti dai dati della stazione ARPAL tra il 2002 ed il 2013; a destra i valori di piovosità massima delle precipitazioni cumulate in periodi di 1 h, 3 h, 6 h, 12 h e 24 h.

Anno	Piovosità (mm)
2003	889,4
2004	947
2005	898
2006	786,7
2007	805,6
2008	1491,2
2009	1409
2010	1634
2011	1240,2
2012	1064,6
2013	1507

Tabella 5.3 Piovosità annuale misurata alla stazione di Caperana nel periodo 2003-2013 (dati ARPAL).

5.8 Qualità dell'aria

Il sito di Caperana si trova a margine del torrente Entella in sponda destra in area residenziale/colturale, in un contesto nel quale la qualità dell'aria risulta affetta dal traffico veicolare della vicina arteria di collegamento con la val Fontanabuona e dell'autostrada Genova-Livorno che si trova a circa 300 m a valle del sito.

L'attività del campo pozzi non prevede emissioni e dunque non comporta influenze sulla qualità dell'aria che invece è affetta in particolare dall'andamento del traffico veicolare lungo le due direttrici sopra citate.

5.9 Rumore

Il sito di Caperana, per la sua ubicazione, si trova ad essere soggetto al rumore determinato dal traffico veicolare che percorre la limitrofa via di collegamento con la val Fontanabuona e l'autostrada. L'attività del campo pozzi non determina influenze sul rumore.

La figura 5.17 presenta la zonizzazione del rumore effettuata dal Comune di Chiavari e tratta dagli elaborati di corredo del progetto preliminare del PUC. Si noti come il campo pozzi ricada in classe III e, limitatamente, in classe IV.

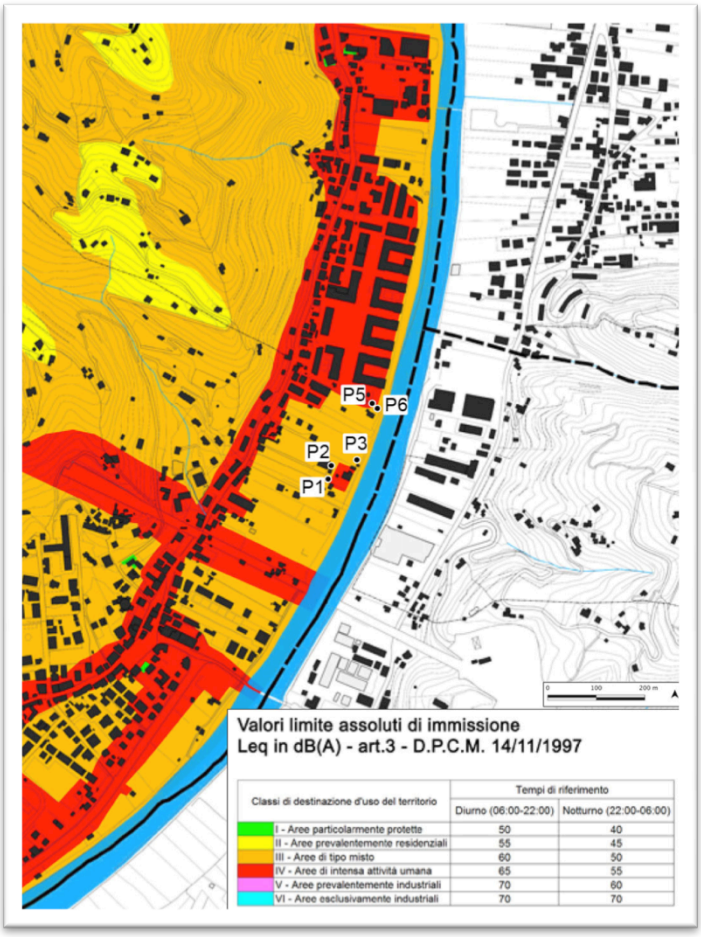


Figura 5.17 Zonizzazione del rumore – Comune di Chiavari, elaborati di corredo al PUC, progetto preliminare.

5.10 Paesaggio

Il sito di Caperana si trova nel fondovalle in corrispondenza dell'apertura della piana alluvionale del torrente Entella ad una distanza di circa 1800 m dalla linea di costa. Il contesto periurbano è contraddistinto da un tessuto residenziale discontinuo mediamente denso con coltivi, al quale si contrappone, in sponda sinistra, la presenza di insediamenti commerciali, artigianali e in parte coltivi. I versanti che digradano dallo spartiacque che limita il bacino idrografico, in prossimità del sito, sono caratterizzati dalla presenza di insediamenti sparsi e da aree adibite prevalentemente alla coltivazione dell'olivo.

In figura 5.18 è riportata la cartografia dei vincoli architettonici e delle bellezze singole e d'insieme nell'areale circostante Caperana. Il sito soggetto a vincolo architettonico più vicino è l'ex-Abbazia di Ri posta a oltre 300 m di distanza.

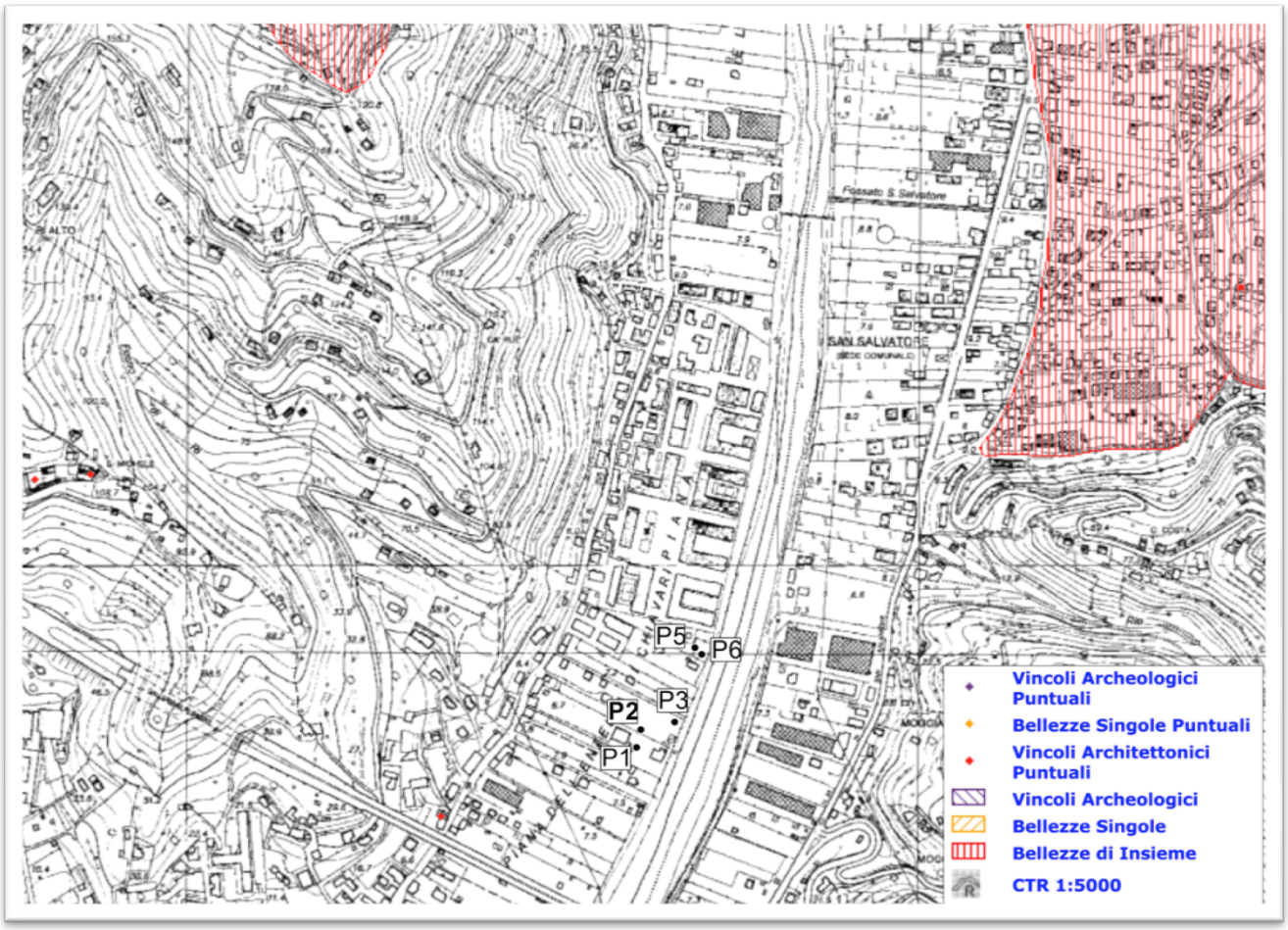
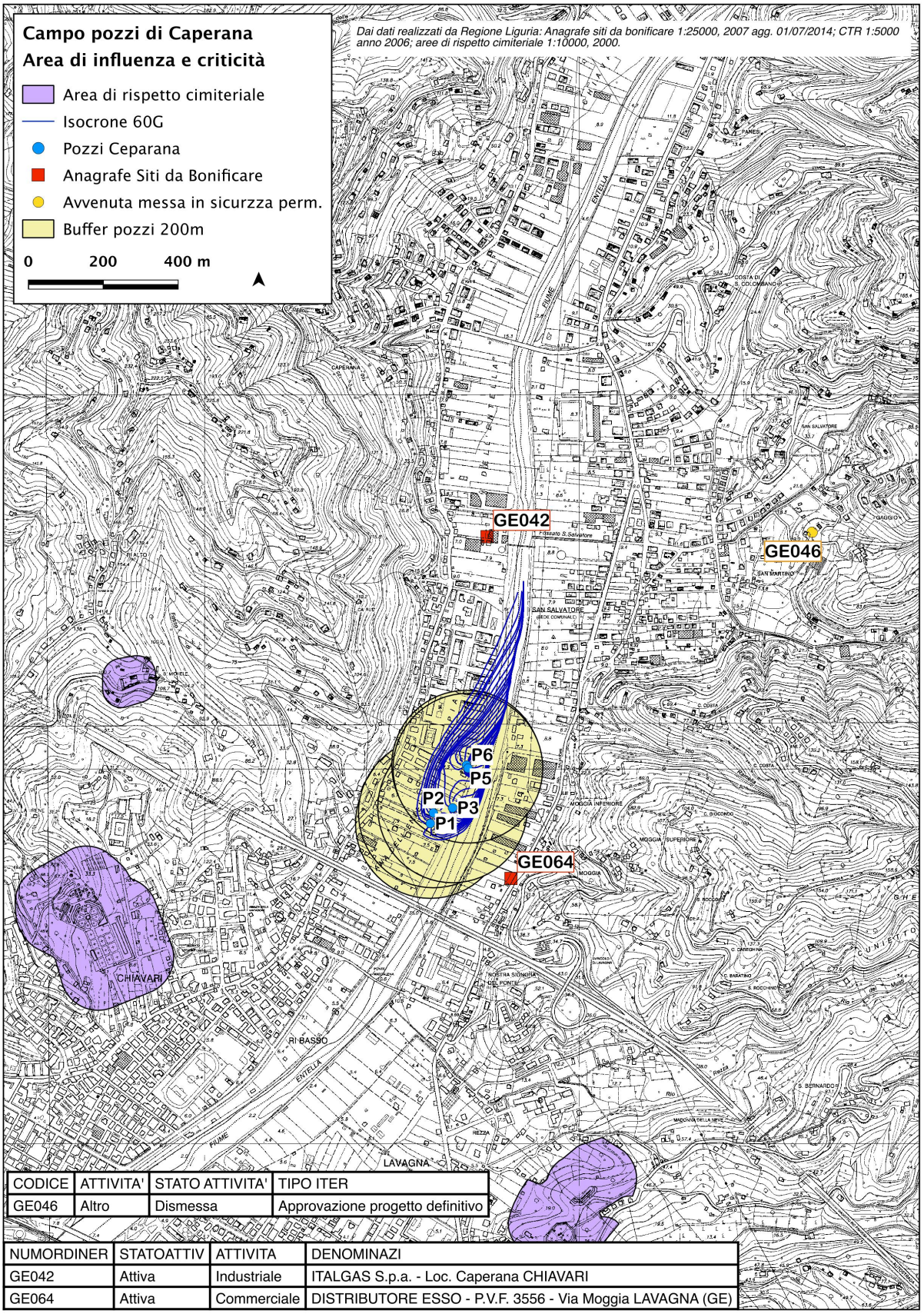


Figura 5.18 Stralcio cartografico dell'area del campo pozzi con localizzazione dei vincoli architettonici.

5.11 Siti da bonificare e altre aree d'influenza

La figura 5.19 presenta la localizzazione dei siti presenti nell'areale dei pozzi di Caperana, estratti dall'anagrafe dei siti da bonificare e le aree di rispetto cimiteriale. Si può osservare come questi siti si trovino all'esterno dell'area *buffer* di 200 m dal campo pozzi. La figura riporta altresì le linee isocrone a 60 giorni ottenute dal processo di modellazione, per il quale si rimanda al capitolo 6.3 ed all'Allegato b.



CODICE	ATTIVITA'	STATO ATTIVITA'	TIPO ITER
GE046	Altro	Dismessa	Approvazione progetto definitivo

NUMORDINER	STATOATTIV	ATTIVITA	DENOMINAZI
GE042	Attiva	Industriale	ITALGAS S.p.a. - Loc. Caperana CHIAVARI
GE064	Attiva	Commerciale	DISTRIBUTORE ESSO - P.V.F. 3556 - Via Moggia LAVAGNA (GE)

Figura 5.19 Siti da bonificare, aree di rispetto cimiteriale e buffer a 200 m dai pozzi.

6. ANALISI DI DETTAGLIO DELLA COMPONENTE AMBIENTE IDRICO

6.1 Analisi dei dati bibliografici

L'analisi della componente idrogeologica è avvenuto consultando le seguenti relazioni redatte per l'area in cui è presente il campo pozzi di Caperana:

- Commissione Fantoli-Omodei, istituita fra il Novembre 1916 e il Febbraio 1917 su incarico del Comune di Genova.
- Prof. Ing. Marcello Lelli (Agosto - Settembre 1955): studio redatto su incarico del Comune di Chiavari e della Commissione Fantoli-Omodei fra il Novembre 1916 e il Febbraio 1917 su incarico del Comune di Genova.
- Studio magistrale sull'idrogeologia del T. Entella "*L'idrologia del bacino del t. Entella (Liguria Orientale) nel quadro di un programma di gestione e protezione delle falde acquifere nella provincia di Genova – Atti del 3° Convegno Internazionale sulle Acque Sotterranee (Palermo 1-5 novembre 1975)* di Cortemiglia G.C., De Stefanis A., Marini M e Terranova R."

I circa 250 rilievi piezometrici effettuati sull'allineamento di 5 pozzi, hanno fornito un valore uniforme del gradiente che ha permesso di dedurre, lungo la direzione del flusso, una pendenza media pari a **i = 2.4 ‰**.

Le due presunte falde, identificate come profonda e superficiale, risultano in comunicazione; queste sono le conclusioni riportate dalla commissione Fantoli-Omodei:

> *..."la falda profonda è in diretta, immediata, rapida ed eccezionalmente pronta comunicazione con quella sotterranea freatica a, attraverso questa, con la stessa corrente superficiale del Torrente Entella. La direttrice di tale corrente profonda è parallela a quella del Torrente."...*

Attraverso le numerose prospezioni geoelettriche effettuate, lo Studio magistrale sull'idrogeologia del T. Entella (1975) include numerose e rilevati sezioni (cfr. figg. 6.1, 6.2, 6.4)

Lo studio riporta :

> ..."*le alluvioni fino alla distanza dalla foce di 2-2.5 km sono costituite da soli due acquiferi senza l'interposizione continua di livelli argillosi"...*

E' stata altresì realizzata una carta della resistività delle piane del T. Entella che indica una significativa diminuzione della granulometria da monte a valle che concorda con i valori derivati dalle prove di pompaggio, eseguite nel presente studio, che indicano permeabilità minori rispetto a valori rilevati in pozzi più a monte (Panesi).

Tra le sezioni derivate delle indagini geoelettriche, svolte nell'ambito di detto studio (presenti nel PdB stralcio), sono state estratte le più interessanti per l'area interessata dal campo pozzi, riportate nelle figure seguenti.

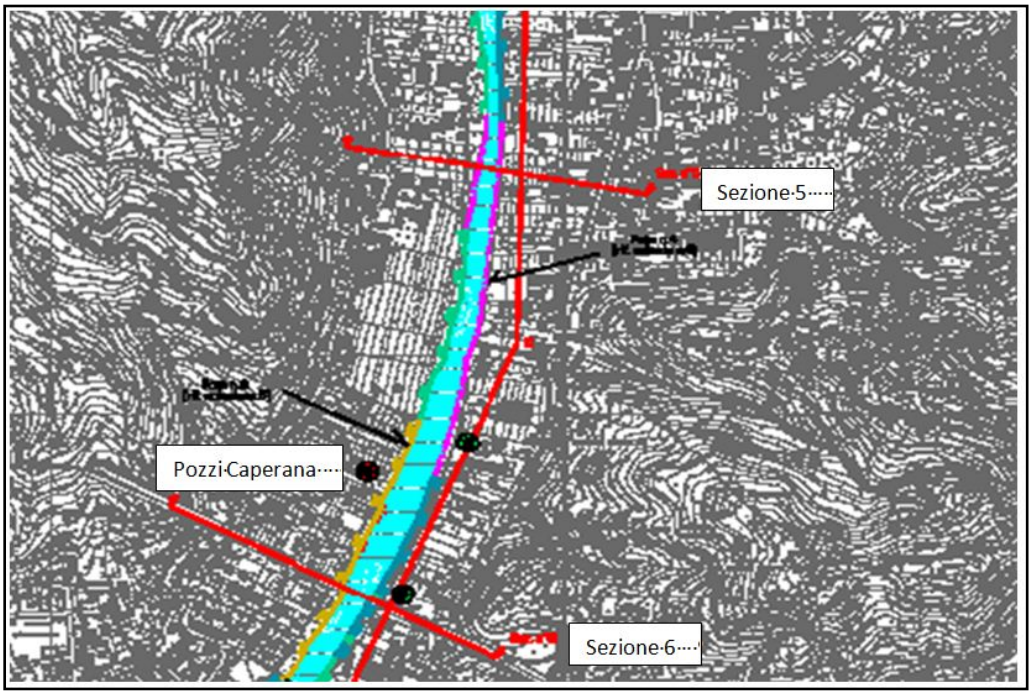


Figura 6.1 Ubicazione delle sezioni geologico stratigrafiche (De Stefanis A., De Stefanis P., 2003); tratto dal Piano di bacino stralcio sul bilancio idrico del torrente Entella.

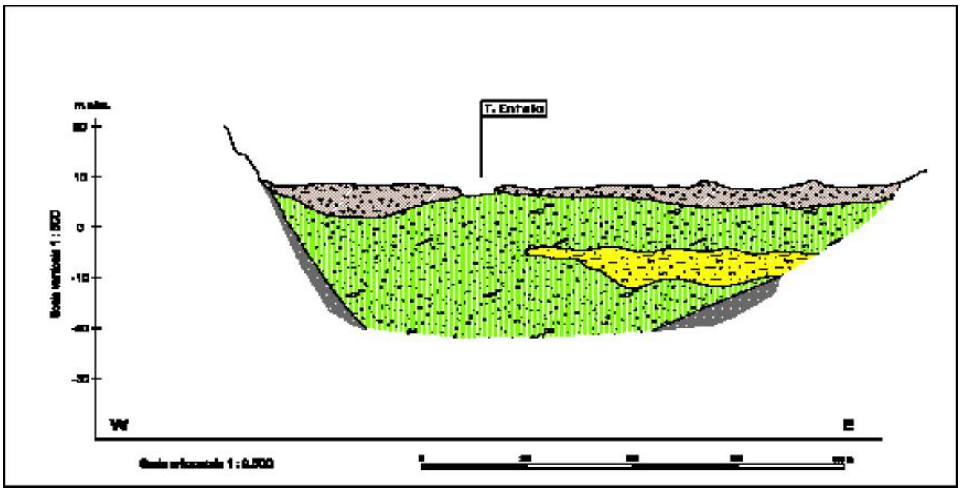


Figura 6.2 Sezione 5 (De Stefanis A., De Stefanis P.,2003).

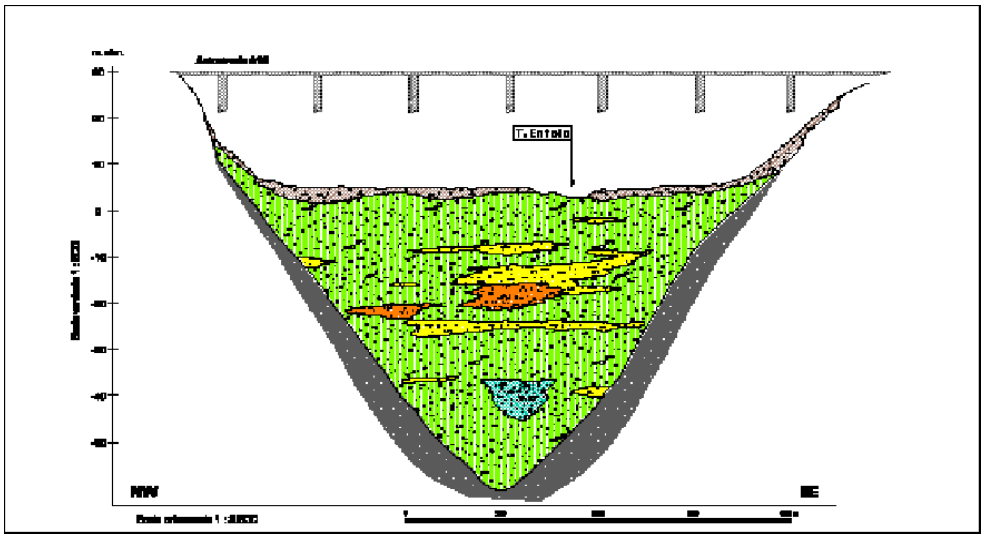


Figura 6.3 Sezione 6 (De Stefanis A., De Stefanis P.,2003).

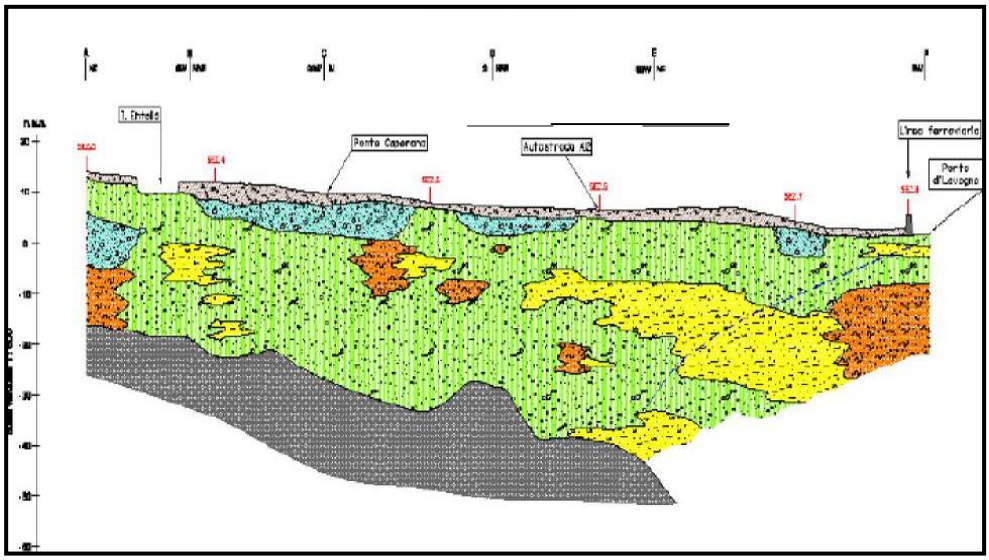


Figura 6.4 Sezione geologica longitudinale ricavata dall'interpretazione dei sondaggi elettrici verticali (SEV).

Nelle figure da 6.2 e 6.4 in azzurro e verde sono rappresentati i materiali più permeabili, mentre in giallo e arancione quelli più fini e meno permeabili.

La linea tratteggiata in blu rappresenta l'interfaccia dell'intrusione salina. (da Piano di bacino stralcio sul bilancio idrico del torrente Entella e riportato nel progetto RESMAR ARPAL-Sottoprogetto Modello di flusso dell'acquifero alluvionale del torrente Entella).

L'esame della documentazione permette di dedurre quanto segue.

La sezione longitudinale del torrente evidenzia come l'ingressione marina riguardi la parte terminale del corpo idrico, tuttavia, con l'aumento dello sfruttamento della falda è stata riscontrata in un pozzo adiacente al ponte della Maddalena una apprezzabile variazione del chimismo delle acque sotterranee, dovuto a un lieve aumento delle concentrazioni di Cl e di Na a causa dell'avanzamento del cuneo salino. Questo pozzo è posto poco a valle del viadotto autostradale a circa 1 km dalla linea di costa.

L'intrusione salina tuttavia è rimasta limitata al suddetto pozzo e pertanto nella Relazione Stato

Ambiente 2012 l'acquifero dell'Entella è stato classificato come "in buono stato".

I recenti studi effettuati da L. Sergiampietri (2000 -2007) per conto di Acque Potabili, sul Basso Entella, con la realizzazione di numerosi SEV (sondaggi elettrici verticali), rilevano un alto del basamento roccioso subito a monte del Campo Moggia, con un sollevamento di circa 10 m localizzato tra Ponte Maddalena e a valle del Campo Pozzi di Caperana; la sua presenza influenza la progressione del cuneo salino. (cfr. figg. 6.5, 6.6)

Anche questo studio conferma le discontinuità dei livelli argillosi presenti, particolarmente in corrispondenza del Campo Pozzi di Caperana.

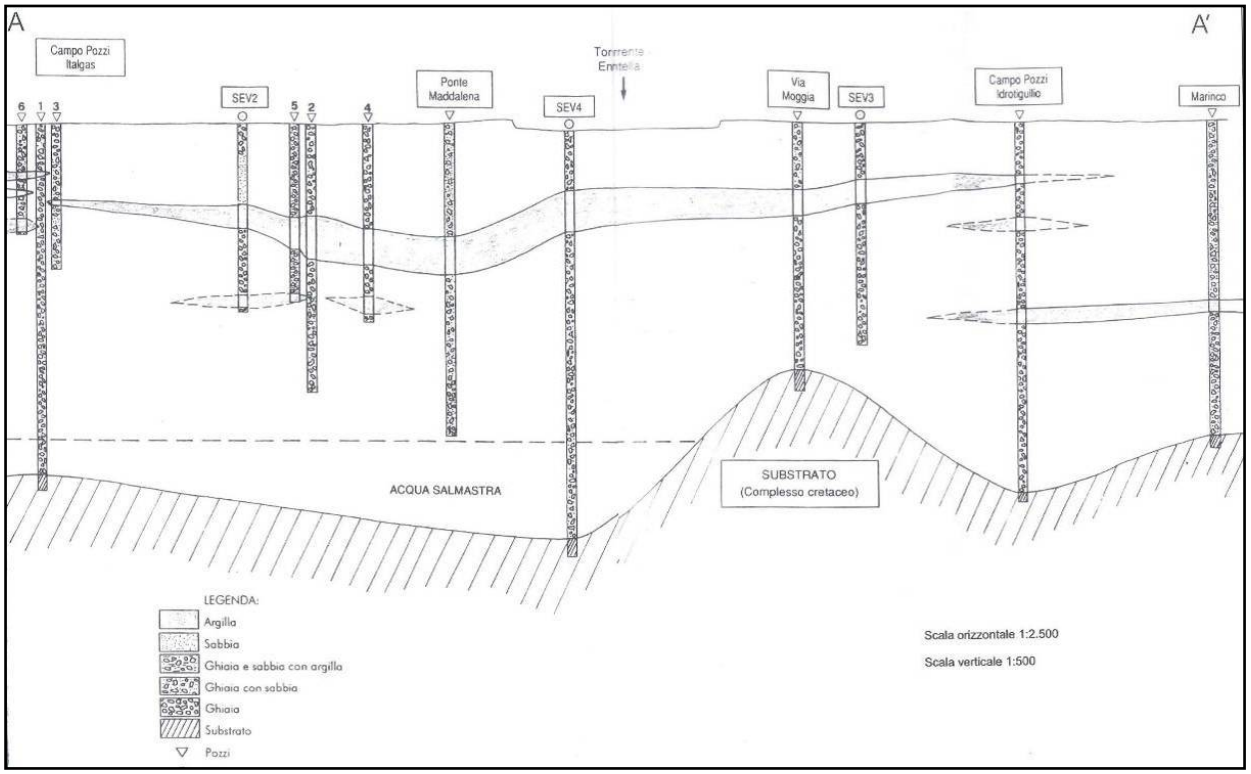


Figura 6.5 Sezione geologica longitudinale ricavata dall'interpretazione dei sondaggi elettrici verticali (SEV); tratto da L. Sergiampietri 2000-2007.

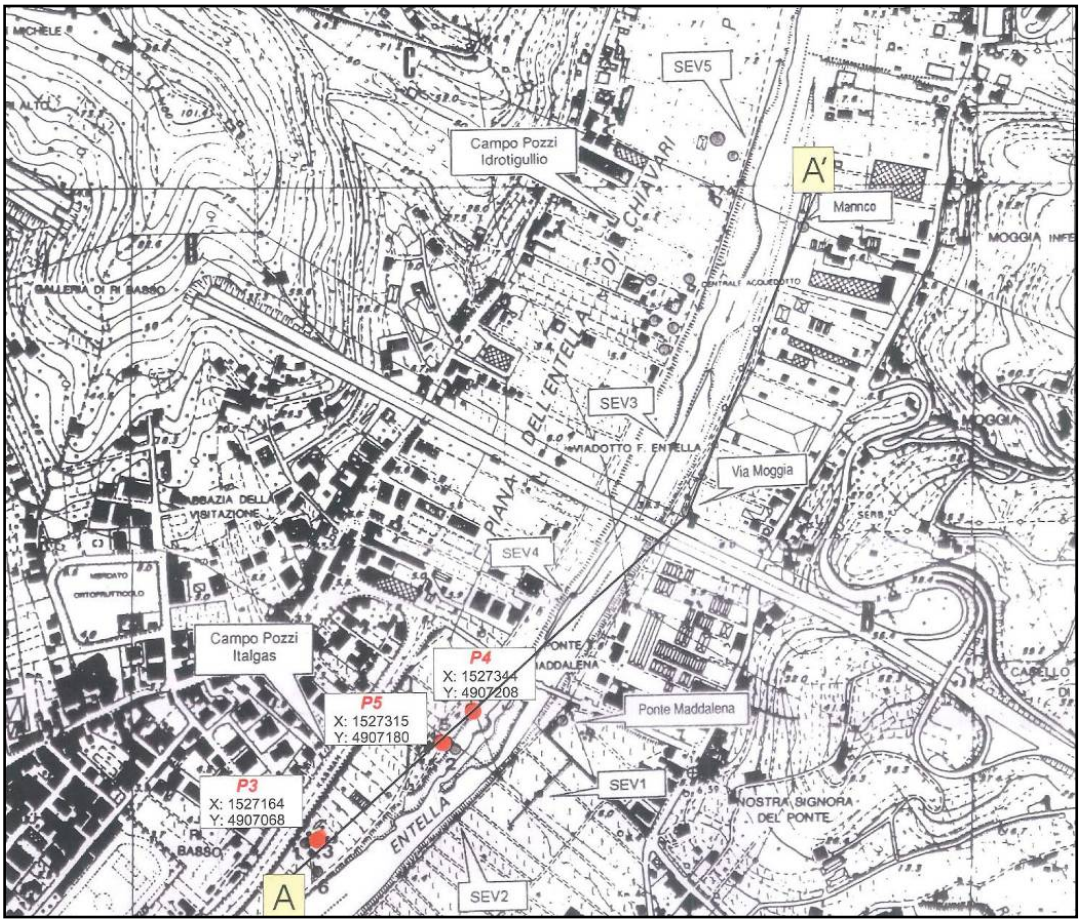


Figura 6.6 Ubicazione delle indagini SEV sezioni geologico stratigrafiche (L. Sergiampietri 2000-2007).

6.1.1 Considerazioni di sintesi

Queste considerazioni concordano e sono condivisibili in ragione delle indagini effettuate e delle informazioni disponibili comunque limitate, spazialmente, al settore oggetto del presente studio; queste indicano l'esistenza di livelli argillosi presenti, ma apparentemente discontinui.

La discontinuità è giustificata dalla storia deposizionale delle alluvioni che ha visto l'alternanza di periodi di calma a deposizione in periodi di maggior energia con la presenza di episodi erosivi rilevanti, anche da parte delle aste minori laterali; questa dinamica deposizionale ha determinato la presenza di relitti argillosi anche estesi.

La presenza di questi relitti, sebbene discontinui, a diverse quote ha determinato una protezione attiva delle acque di flusso profondo da potenziali fenomeni di inquinamento provenienti dallo scorrimento superficiale. Tale comportamento deriva dagli aumentati percorsi delle eventuali particelle inquinanti che diminuiscono così la loro capacità di raggiungere il "target".

La scelta, corretta, di posizionare i filtri a profondità mai inferiori ai 30 m nei pozzi più recenti (P1, P3 e P5) e a 16 m in quelli più datati (P2 e P6) ha perciò una doppia valenza:

- Sfruttare la protezione offerta dalle discontinuità presenti nel corpo alluvionale.
- Utilizzare il formidabile potere filtrante di un pacco alluvionale ghiaioso sabbioso spesso diverse decine di metri.

La combinazione di queste due condizioni ha consentito di ottenere acque di buona qualità, adatte al

consumo umano, pur in zone ad elevata pressione antropica.

Fattori deposizionali rilevanti sono stati determinati dagli effetti dell'attività neotettonica che ha interessato questo settore ligure, inducendo un reticolo idrografico diffusamente impostato lungo faglie e fratture in buona parte a piano sub-verticale, con andamento a blocchi sostanzialmente quadro/rettangolari (cfr. figg. 6.7, 6.8) e dall'interazione tra il corso d'acqua ed il mare.

Queste condizioni hanno influenzato la tipologia del corpo alluvionale, particolarmente importante in termini di spessori, e il costituirsi, a partire da circa 2 km dalla foce, di orizzonti intermedi apparentemente discontinui di materiali prevalentemente fini argilloso - limoso - sabbiosi interposti tra alluvioni grossolane, ghiaioso sabbiose più antiche e quelle superficiali più recenti.

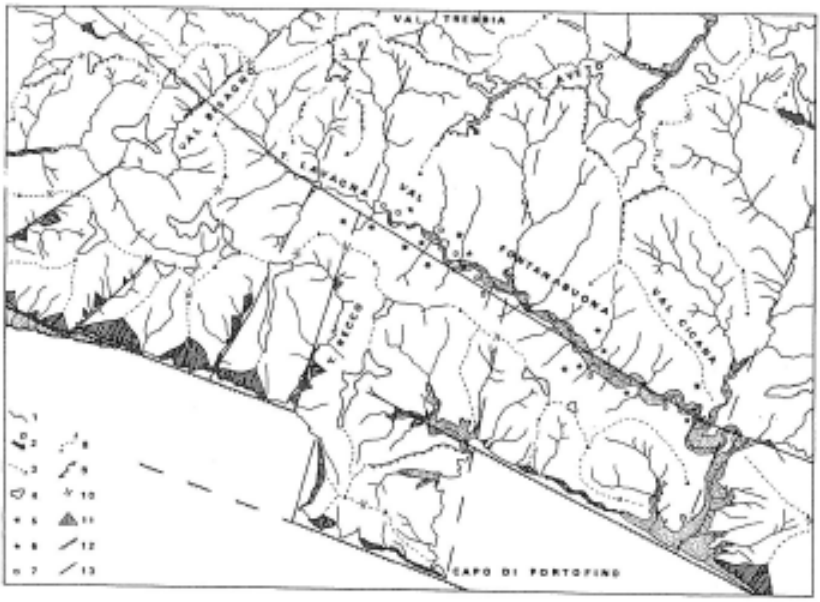


Figura 6.7 Schema della suddivisione in blocchi del territorio oggetto dello studio (modificato da Brancucci e Motta 1988).

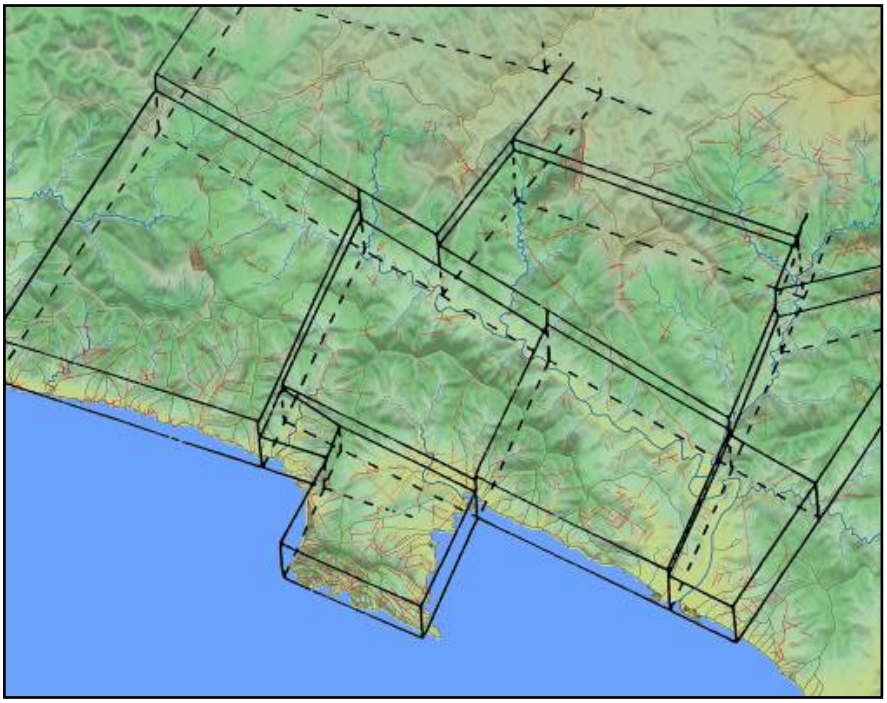


Figura 6.8 Schema indicativo della dissezione del substrato in blocchi rielaborato secondo il modello interpretativo di Brancucci e Motta (1988).

Da una distanza di circa 2,5 km fino alla foce è stata identificata la presenza di un orizzonte intermedio (interposto alla matrice ghiaiosa, sempre dominante) presumibilmente anche qui discontinuo, prevalentemente argilloso e limoso - sabbioso, che comporta condizioni di artesianesimo per i pozzi più profondi (che raggiungono i 20-30 metri).

Si configura pertanto, anche in questo caso, un acquifero a due falde parzialmente separate, almeno a livello locale, da livelli argillosi che, attraverso i meccanismi indicati precedentemente, dovrebbero preservare la potabilità delle acque della falda sottostante.

Tale ricostruzione trova conferma nelle sezioni stratigrafiche ricostruite in lavori successivi (De Stefanis 2003; Cavicchi 2004 e Sergiampietri 2000-2007) in cui sostanzialmente dal punto di vista stratigrafico si ribadisce la situazione prima descritta.

A valle del grande meandro di Carasco, dove gli spessore dei depositi alluvionali si attestano tra i 15 – 20m, questi si approfondiscono gradualmente (pur presentando locali risalite del substrato) fino a raggiungere i 50 m ed oltre all'altezza dell'autostrada per poi presumibilmente approfondirsi ulteriormente fino alla foce.

Il volume del corpo alluvionale stimato nel presente lavoro ammonta a $95x10^6$ m^3 concordando con gli studi consultati.

6.2 Configurazione del corpo acquifero nel settore del campo pozzi di Caperana e sue caratteristiche Idrogeologiche

Per definire in dettaglio la configurazione e le caratteristiche idrogeologiche del corpo acquifero che ospita il Campo pozzi di Caperana sono state sviluppate alcune attività di ricerca e di campo illustrate nei punti seguenti.

La ricostruzione del modello geologico/idrogeologico del corpo acquifero ospitante è avvenuta attraversa le seguenti attività:

- analisi delle informazioni derivate dagli studi ricordati nei punti precedenti;
- razionalizzazione delle stratigrafie dei pozzi presenti e attivi nel campo pozzi interessato al rinnovo della concessione;
- utilizzo di indagini realizzate nelle vicinanze del campo pozzi;
- rilievo topografico di dettaglio con le monografie di tutti i pozzi;
- indagine geofisica.

Nel seguito sono riportate i risultati delle attività svolte.

6.2.1 Stratigrafie dei pozzi e loro localizzazione

Le stratigrafie ottenute da sondaggi effettuati in studi precedenti e le informazioni relative ai punti di emungimento sono state omogeneizzate e razionalizzate; il risultato di tale elaborazione è riportato nelle figure seguenti, insieme alla sezione geologica interpretativa lungo i pozzi P1, P3 e P6 e allo stralcio del rilievo topografico di dettaglio dell'area del campo pozzi, riportato integralmente in allegato i.

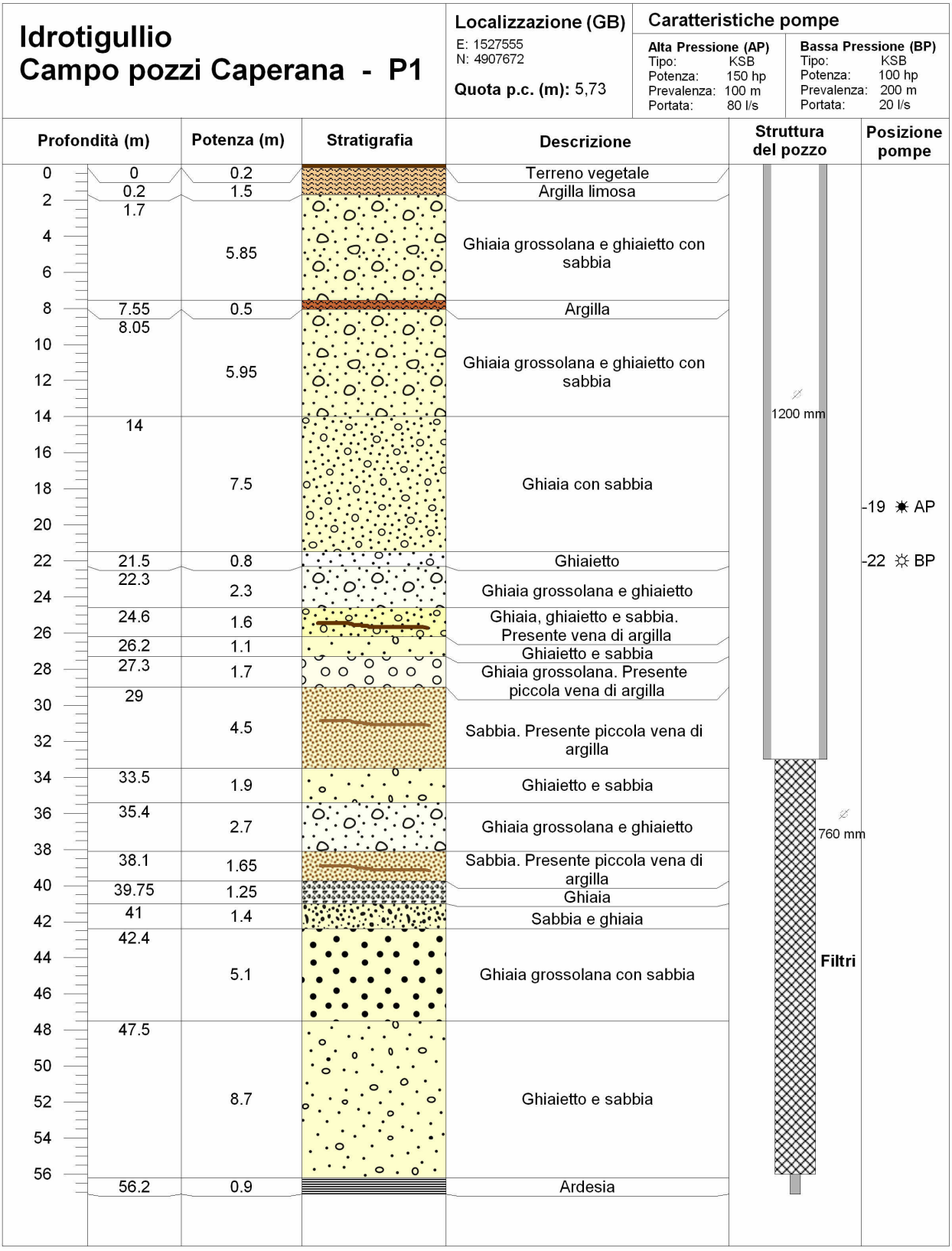


Figura 6.9 Stratigrafia del pozzo P1.

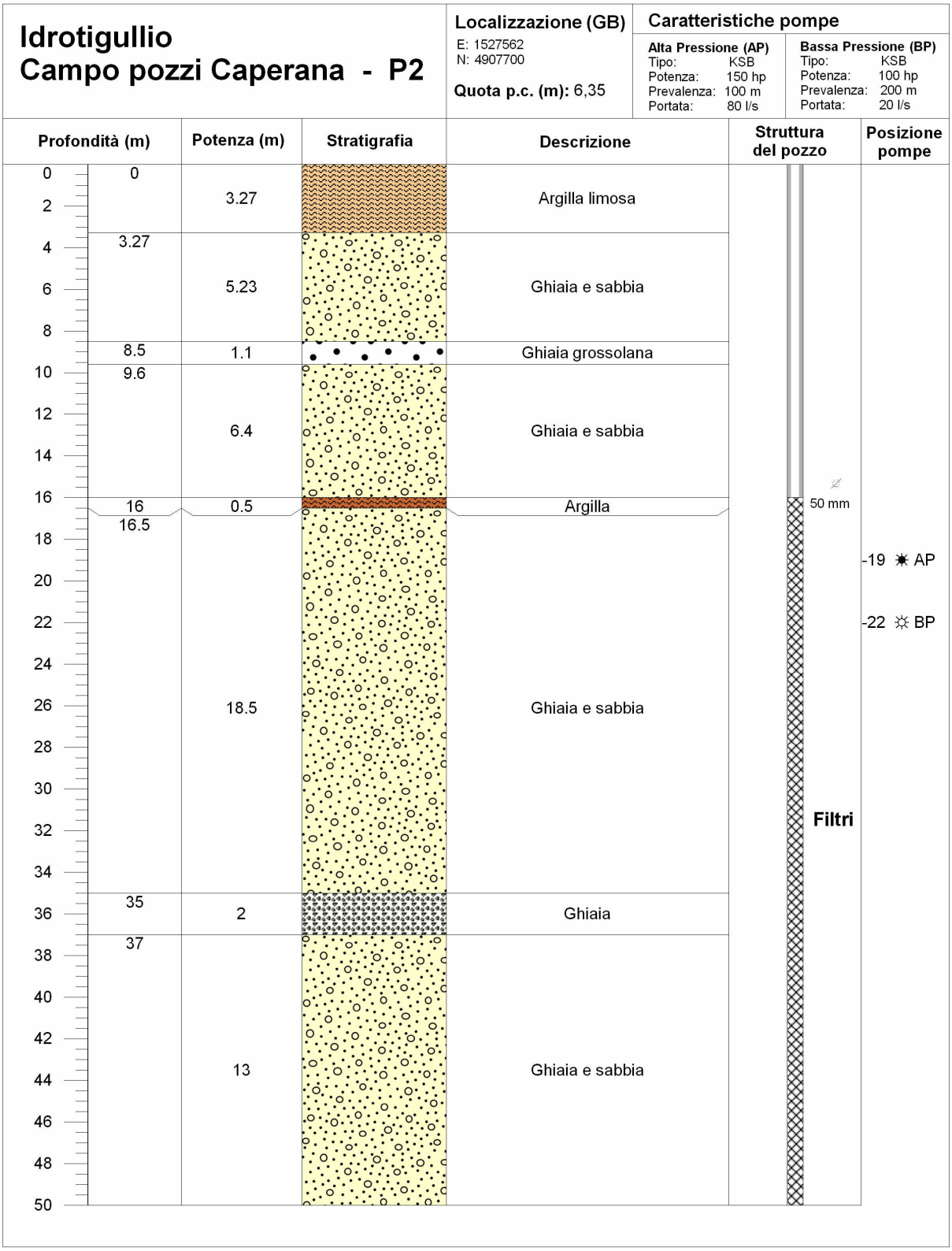


Figura 6.10 Stratigrafia del pozzo P2.

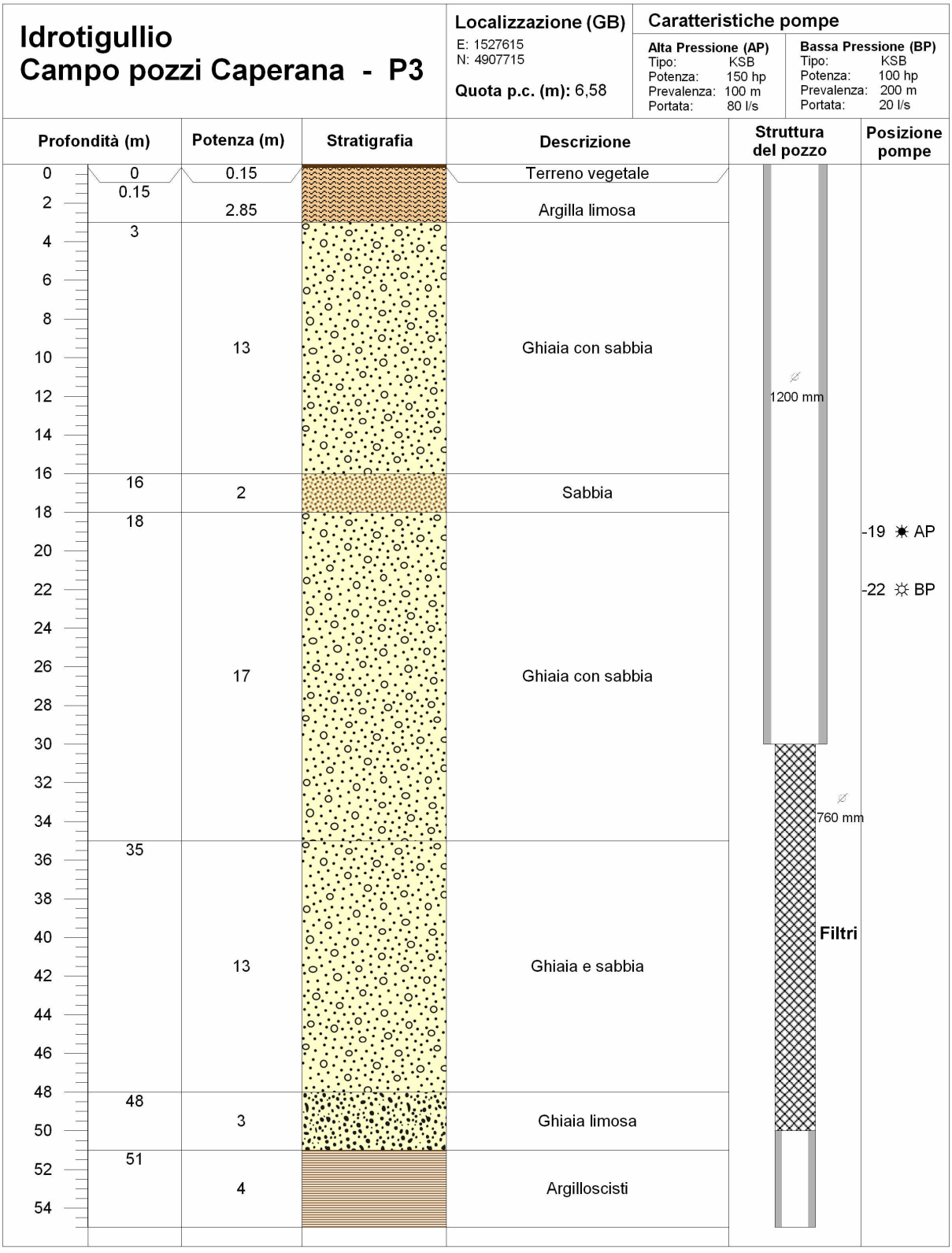


Figura 6.11 Stratigrafia del pozzo P3.

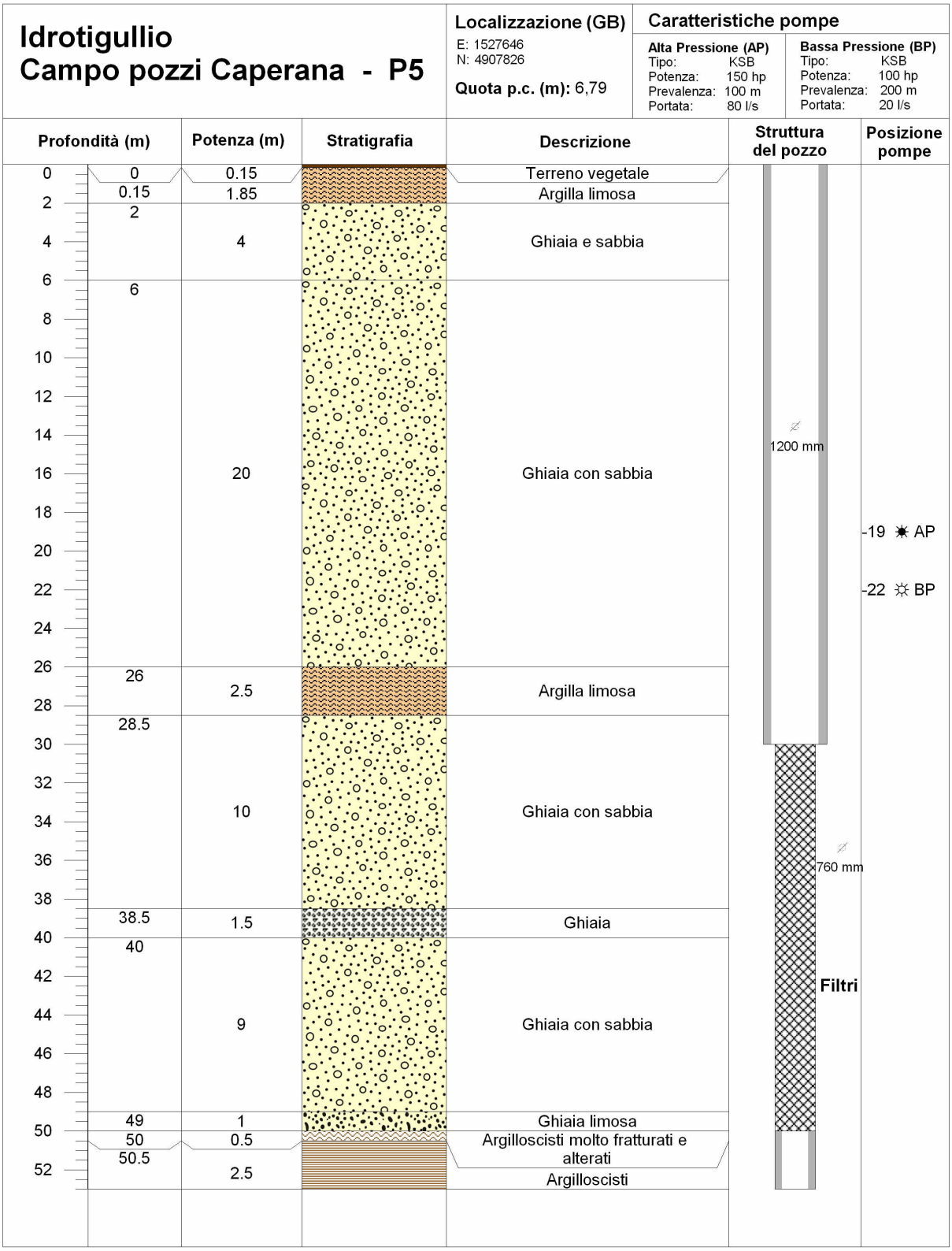


Figura 6.12 Stratigrafia del pozzo P5.

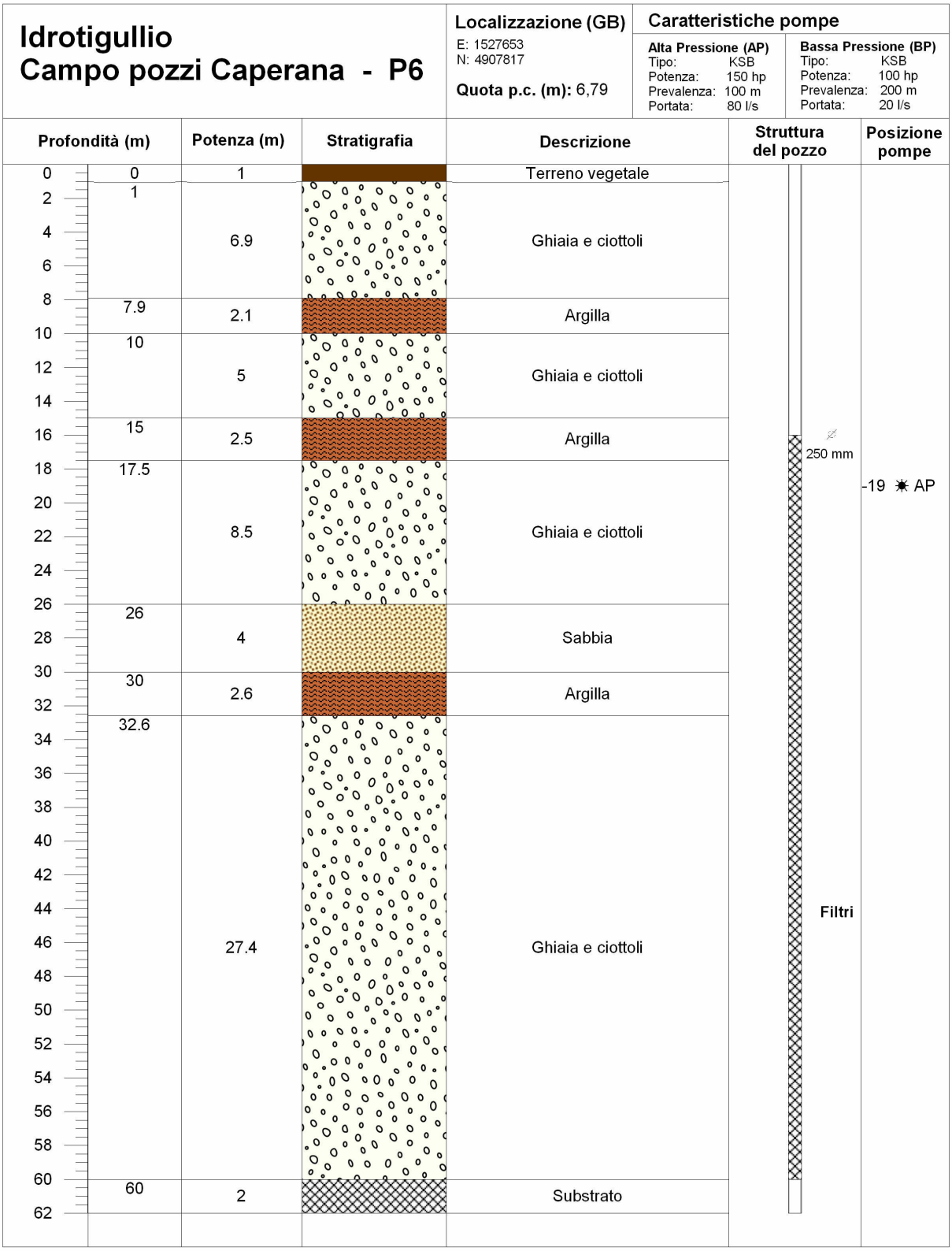


Figura 6.13 Stratigrafia del pozzo P6.

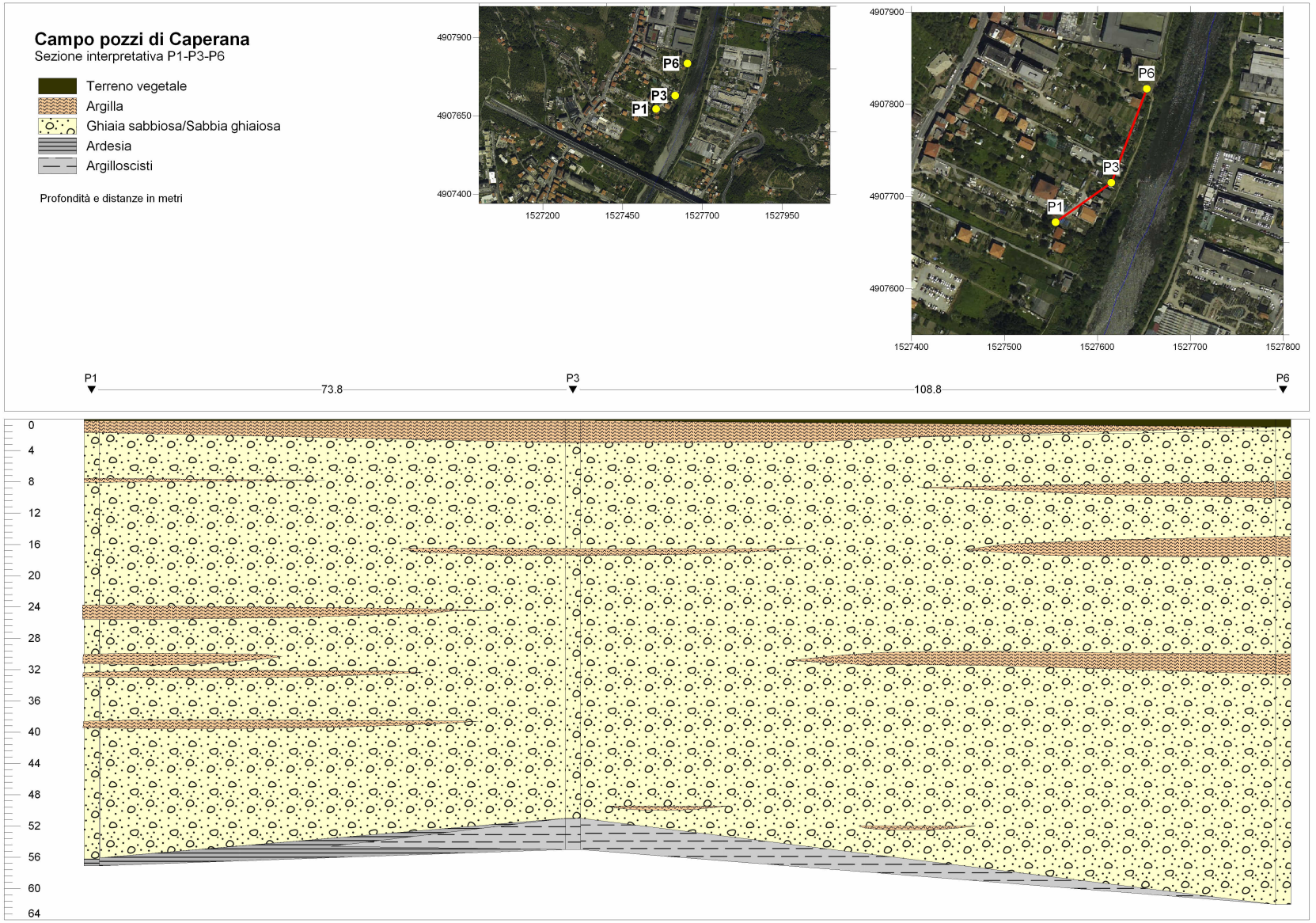


Figura 6.14 Sezione geologica interpretativa tra i pozzi P1-P3-P6.

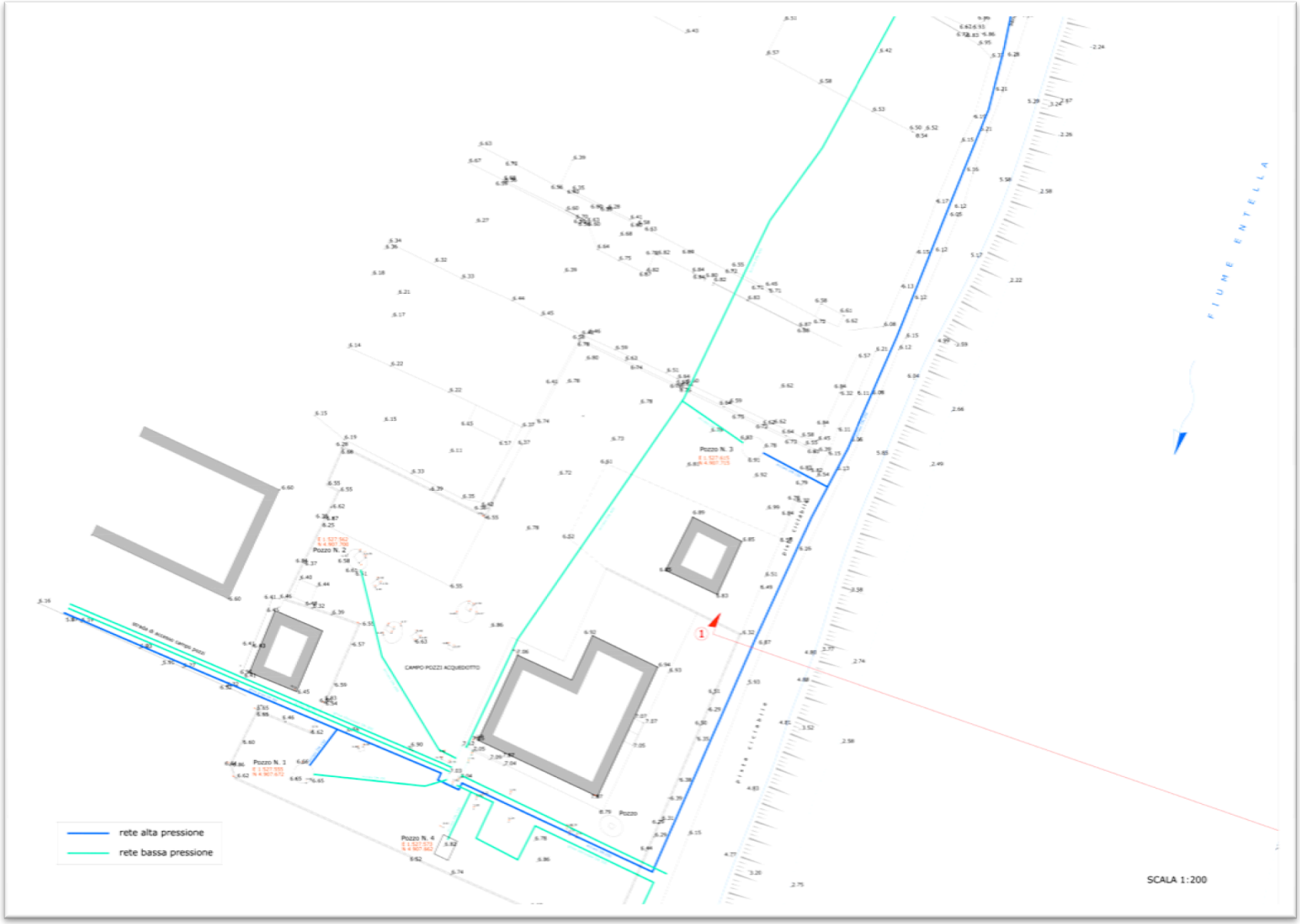


Figura 6.15 Posizione dei pozzi P1, P2 e P3



Figura 6.16 Posizione dei pozzi P5 e P6.

6.2.2 L'indagine Geofisica.

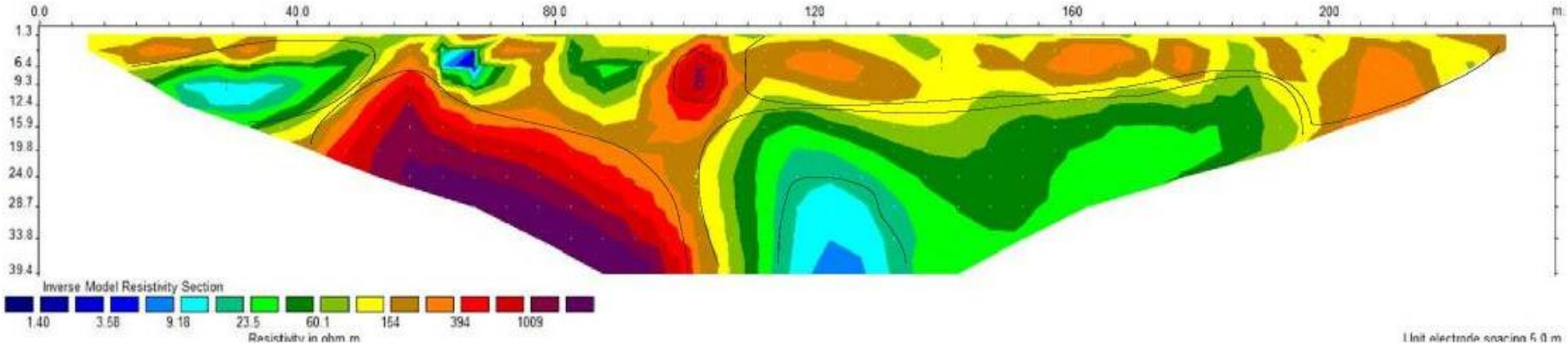
Allo scopo di definire ed integrare le informazioni stratigrafiche derivate dalla terebrazione dei pozzi, dalle varie indagini e dai sondaggi geognostici realizzati in zona, è stata eseguita un'indagine sismica di tipo Noise Analysis Surface Waves NASW su onde di taglio e un'indagine di tomografia elettrica. La correlazione dei due diversi metodi d'indagine permette di definire una stratigrafia di massima: stabilire la variazione di granulometria e il differente grado di addensamento e saturazione del terreno e valutare profondità e caratteristiche, in termini di fratturazione e alterazione, del substrato.

L'utilizzo di tutti questi dati ha permesso di ricostruire in modo sostenibile il modello geologico/idrogeologico del sito che ospita il campo pozzi.

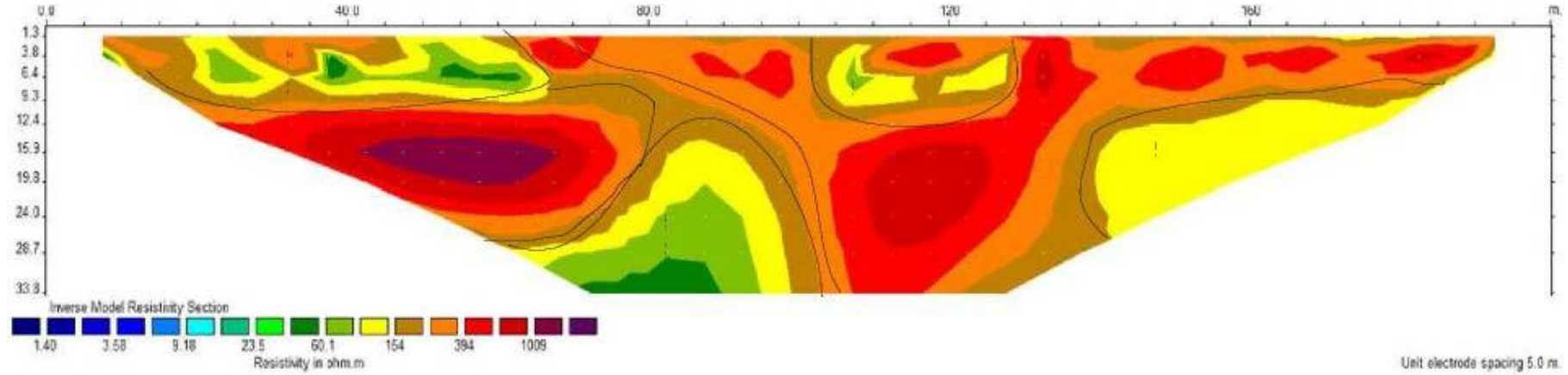
Il dettaglio dell'indagine Geofisica, della loro ubicazione e dei risultati ottenuti è presentato all'Allegato d.



Figura 6.17 Campo pozzi di Caperana e indagini esistenti(fonte Regione Liguria); i triangoli rossi indicano i pozzi, i pallini marroni i sondaggi disponibili, i pallini gialli i nuovi sondaggi eseguiti per il progetto Arpal di monitoraggio del settore; le stese 1 e 2 indicano l'indagine NAWS e la tomografia geoelettrica.



Profilo 1



Profilo 2

Figura 6.18 Sezioni ottenute mediante tomografia elettrica (si veda la fig. 6.16 per l'ubicazione delle tracce).

Nel profilo 1 si evidenziano misure di resistività che possono rappresentare la presenza di alluvioni fini sature da 6 - 9 m di profondità circa ed in modo più evidente dalla metrica 100 alla metrica 200 m; è visibile, inoltre, un contatto dalla profondità di circa 9 m ed alla progressiva 100 m, in cui si passa da resistività di 1000-1200 ohm m dai 40 fino ai 100 m di lunghezza a resistività nell'ordine dei 10-60 ohm m dalla progressiva 100 m alla progressiva 200 m. Tale variazione può essere rappresentativa di variazioni di granulometria e di addensamento e di maggiore presenza di acqua nel settore in cui la resistività è minore.

Il profilo 2 è caratterizzato maggiormente da aree a resistività variabili da 200 a 1000 ohm m (resistività caratteristica di alluvioni più grossolane) e mostra basse resistività, nell'ordine di qualche decina di ohm m nella parte centrale, a profondità di circa 16 m ed in alcuni settori più superficiali a 4-6 m di profondità (materiale a grana più fine).

6.2.3 Prove di portata

Allo scopo di identificare la potenzialità del deposito acquifero sono state realizzate due prove di pompaggio a tre diversi livelli di portata su pozzi in diverse posizioni del campo indagato.

La prima prova è stata eseguita sul settore di valle del campo con l'utilizzo di un pozzo e due piezometri; la seconda prova è stata eseguita sul settore di monte su un pozzo singolo (cfr. figg. 6.19, 6.23 e 6.24); i dati salienti sono riportati di seguito.

Prova su P1 - pz1 e pz2

Lo schema di prova è stato il seguente: Pozzo 1 Emungimento; piezometro pz1; piezometro pz2.

La posizione è riportata nel seguente stralcio topografico.

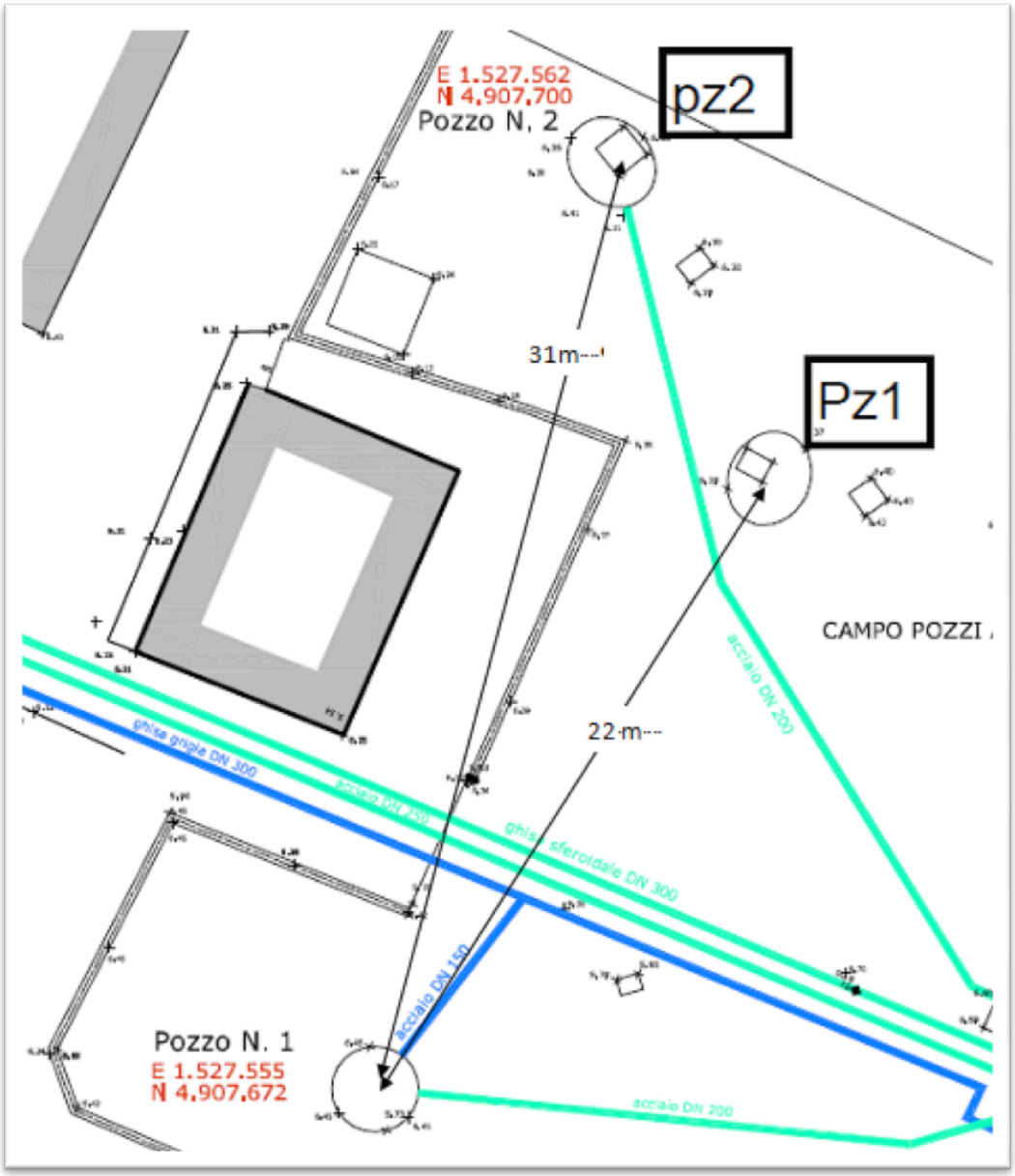


Figura 6.19 Stralcio del rilievo topografico dedicato con posizioni dei punti.

Il dettaglio di pozzo e piezometri è il seguente:

P1:

- Piano campagna: 6,45 m slmm;
- Prof. 57,1 m;
- Diam. 1200mm da P.C. a – 33m, 760mm da – 30m a 56m;
- Filtri: da 33 a 56m; tipo *"a ponte",* ghiaetto ben gradato (Fiume Po)
- Pompe; 1 pompa B.P. + 1 pompa A.P. => tot. 130 lt/s
- PosizionePompe: BP a -22 m ; A.P. a 19m

pz1:

- Piano campagna: 6,29 m slmm
- Prof. : 50 m;
- Diam.: 300mm ;
- Filtri: da 16 a 50m
- Stratigrafia: simile a P1

pz2 (P2):

- Piano campagna: 6,35 mslmm
- Prof. : 50 m;
- Diam.: 300mm ;
- Filtri: da 16 a 50m; tipo "a ponte
- Stratigrafia: simile a P1

La stratigrafica schematica utilizzata è riportata nella figura seguente.

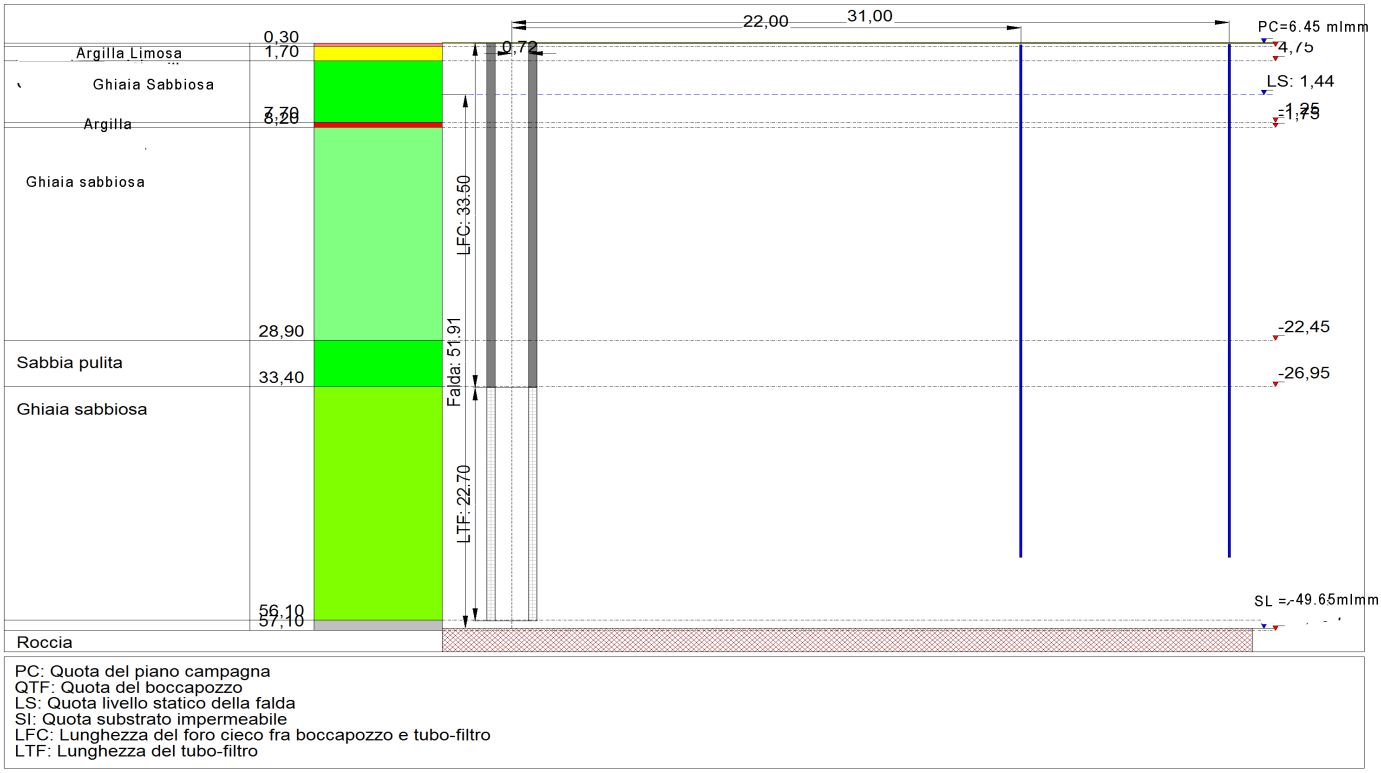


Figura 6.20 Stratigrafia schematica utilizzata.

Il pozzo P1, viste le condizioni stratigrafiche e idrogeologiche del deposito alluvionale che lo ospita e dalle caratteristiche del pozzo stesso, è da considerare: Completo in falda semi libera,

Il dettaglio delle teorie applicate, delle prove di portata e i risultati derivati sono riportati in Allegato f.

La prova è stata iniziata dopo un lungo periodo di pompaggio (oltre i 30 gg) nel pozzo P1.

I dati relativi agli scalini di portata sono i seguenti:

Gradino Nr.	Data	Ore	Minuti	Secondi	Portata (m^3/h)	Abbassamento nel pozzo (m)
1	20/12/2013	8	6	0	270	1,07
2	21/12/2013	15	34	0	378	1,52
3	22/12/2013	20	10	0	540	2,63

Tabella 6.1 Gradini di portata - abbassamento in P1.

Gradino Nr.	Abbassamento in pz1 (m)	Abbassamento in pz2 (m)
1	0,21	0,12
2	0,27	0,14
3	0,43	0,18

Tabella 6.2 Gradini di portata - abbassamento in pz1 e pz2.

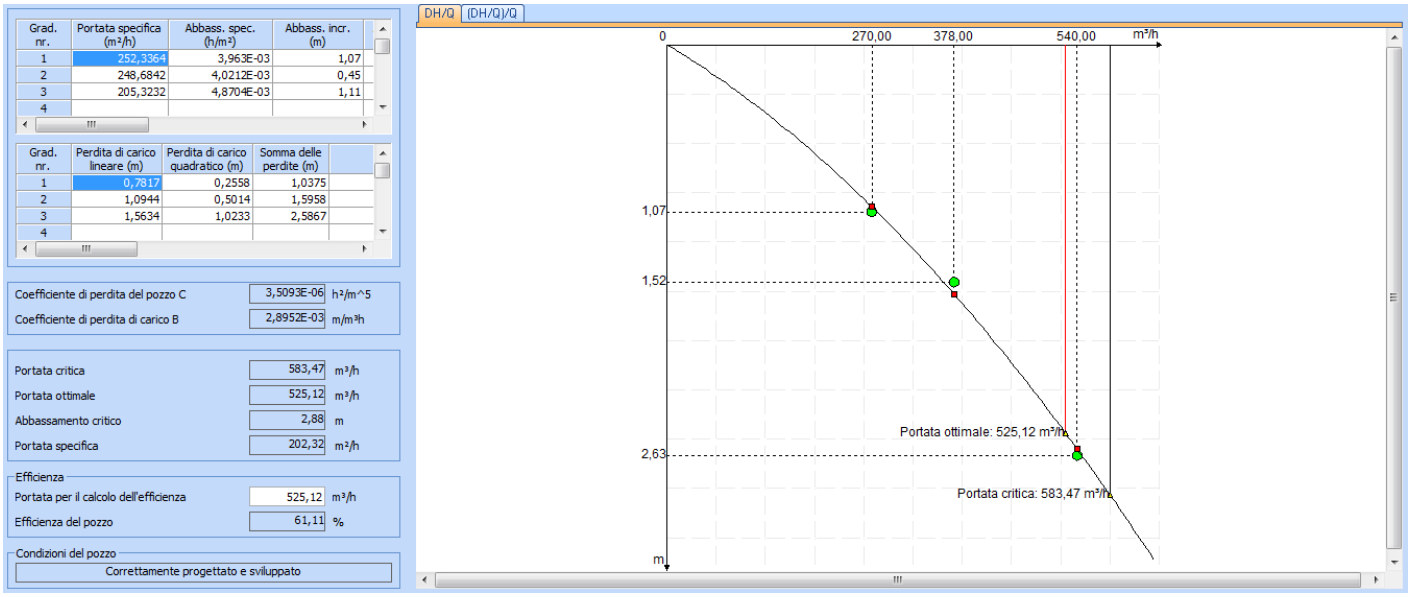


Figura 6.21 Elaborazione analitica a gradini di portata.

Gradino Nr.	Portata specifica del pozzo(m²/h)	Abbassamento specifico nel pozzo (h/m²)	Abbassamento Incrementale P1 (m)
1	252,3364	3,963E-03	1,07
2	248,6842	4,0212E-03	0,45
3	205,3232	4,8704E-03	1,11

Tabella 6.3 Elaborazione analitica a gradini di portata.

Gradino Nr.	Perdita di carico lineare (m)	Perdita di carico quadratico (m)	Somma delle perdite (m)
1	0,7817	0,2558	1,0375
2	1,0944	0,5014	1,5958
3	1,5634	1,0233	2,5867

Tabella 6.4 Elaborazione analitica a gradini di portata.

Risultati Analisi:

- Coefficiente di perdita del pozzo C 3,5093E-06 h²/m^5
- Coefficiente di perdita di carico B 2,8952E-03 m/m³h
- Portata per il calcolo dell'efficienza 525,12 m³/h
- Efficienza del pozzo 61,11 %
- Condizioni pozzo : Correttamente progettato e sviluppato
- Portata critica: 583,47 m³/h
- Portata ottimale 525,12 m³/h
- Abbassamento critico 2,88 m
- Portata specifica 202,32 m²/h
- Raggio d'influenza da 81 a 133 m (imposti su 1° e 2° scalino)

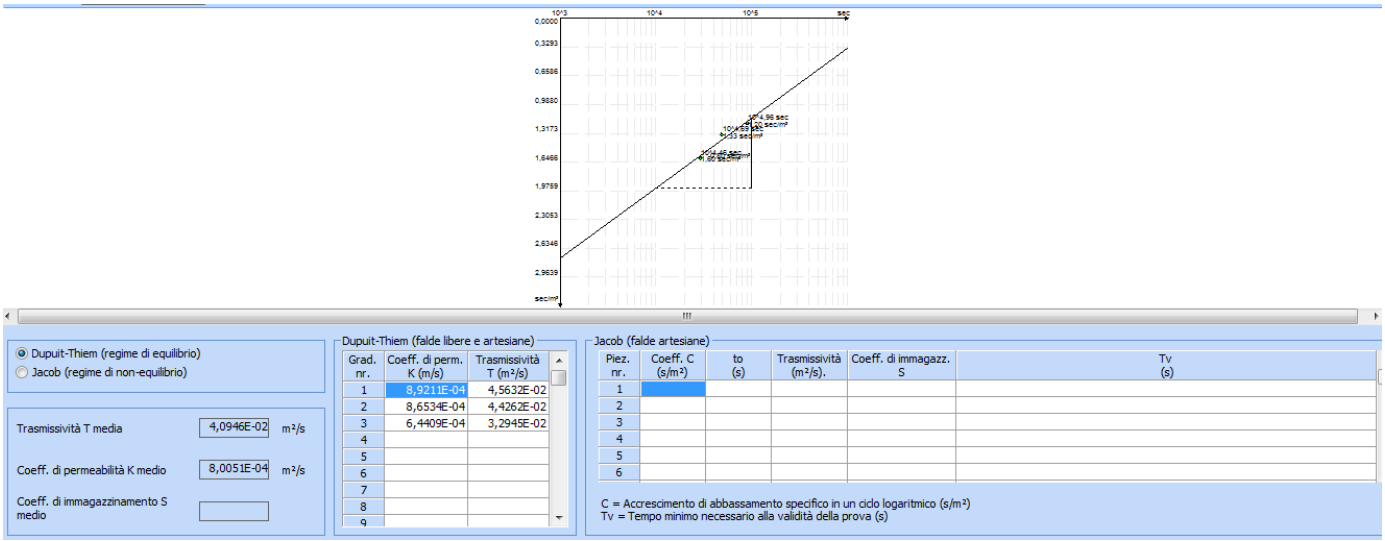


Figura 6.22 Elaborazione a gradini di portata su stazioni di prova.

Gradino Nr.	Coefficiente di permeabilità **k** (m/s)	Trasmissività **T** (m²/s)
1	8,9211E-04	4,5632E-02
2	8,6534E-04	4,4262E-02
3	6,4409E-04	3,2945E-02

Tabella 6.5 Coefficienti di Permeabilità e Trasmissività Metodo di Dupuit-Thiem.

Valori medi adottati:

- Trasmissività **T** media 4,0946E-02 m²/s
- Coefficiente di permeabilità **k** medio 8,0051E-04 m/s

Prova di pompaggio realizzata su P5 singolo

La seconda prova è stata eseguita seguendo la stessa modalità di scalini di portata della prima, ma su un pozzo singolo P5, posizionato nel settore di monte del Campo Pozzi di Caperana (cfr. fig. 6.17).

Il pozzo P5, viste le condizioni stratigrafiche e idrogeologiche del deposito alluvionale che lo ospita e le caratteristiche del pozzo stesso è da considerare:

- Completo
- In falda semi libera.

Allo scopo di caratterizzare il complesso acquifero sono state effettuate due prove di pompaggio:

1. A scalini di portata
2. A portata costante con rilievo dei tempi di risalita.

Dettaglio del pozzo P5:

- Piano campagna 6,781mslmm
- Prof. 53 m;
- Diam. 1200mm da P.C. a – 33m , 760mm da – 30m a 51m;
- Filtri: da 30 a 50m; tipo “a ponte”; ghiaetto ben gradato (Fiume Po)
- Pompe; 1 pompa B.P. + 1 pompa A.P. => tot max Q =. 130 lt/s
- Posizione Pompe : BP a -22 m ; A.P. a -19m
- Livello statico - 1.80 m da p.c.

La fig. 6.23 riporta la stratigrafia del pozzo.

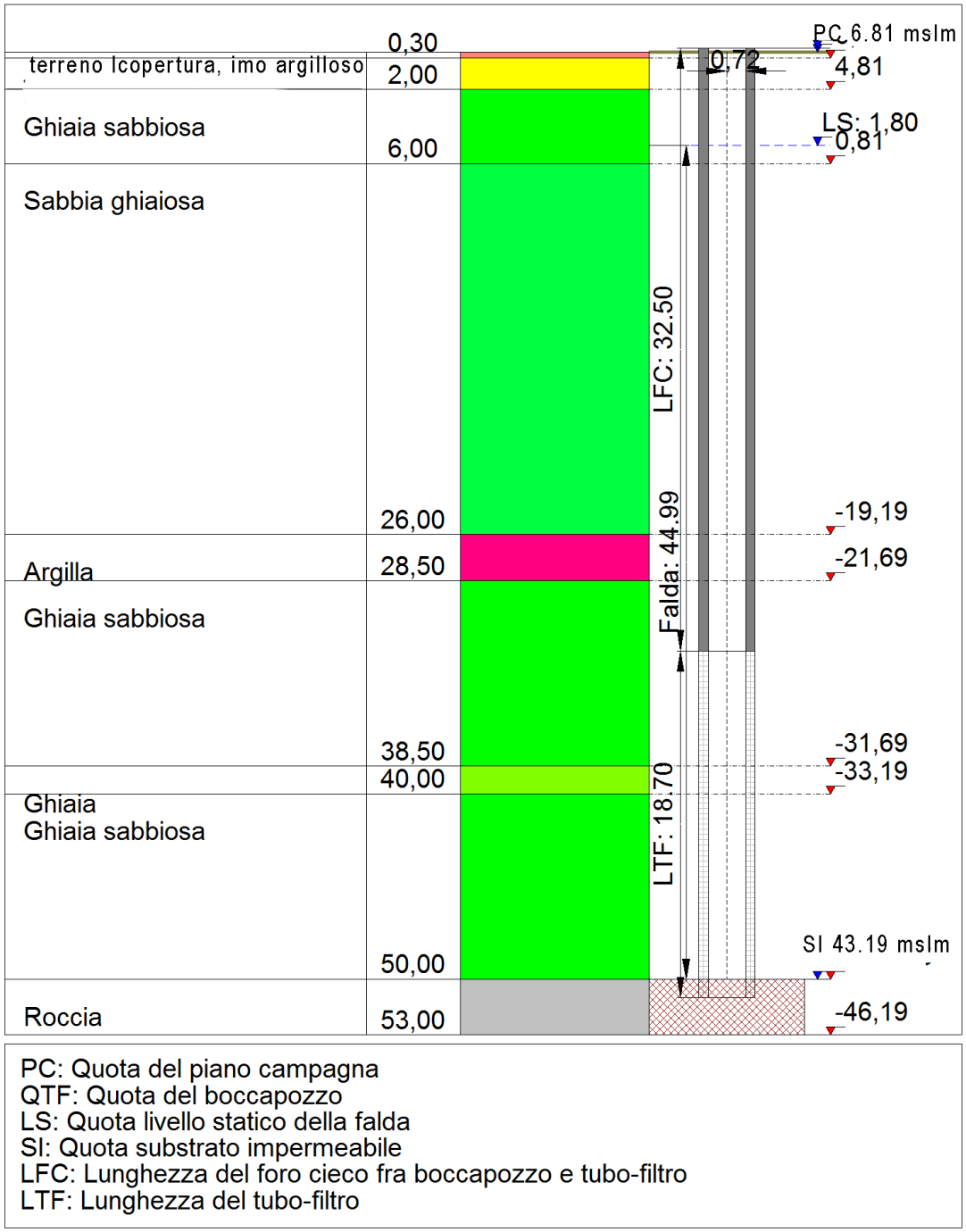


Figura 6.23 Stratigrafia schematica.

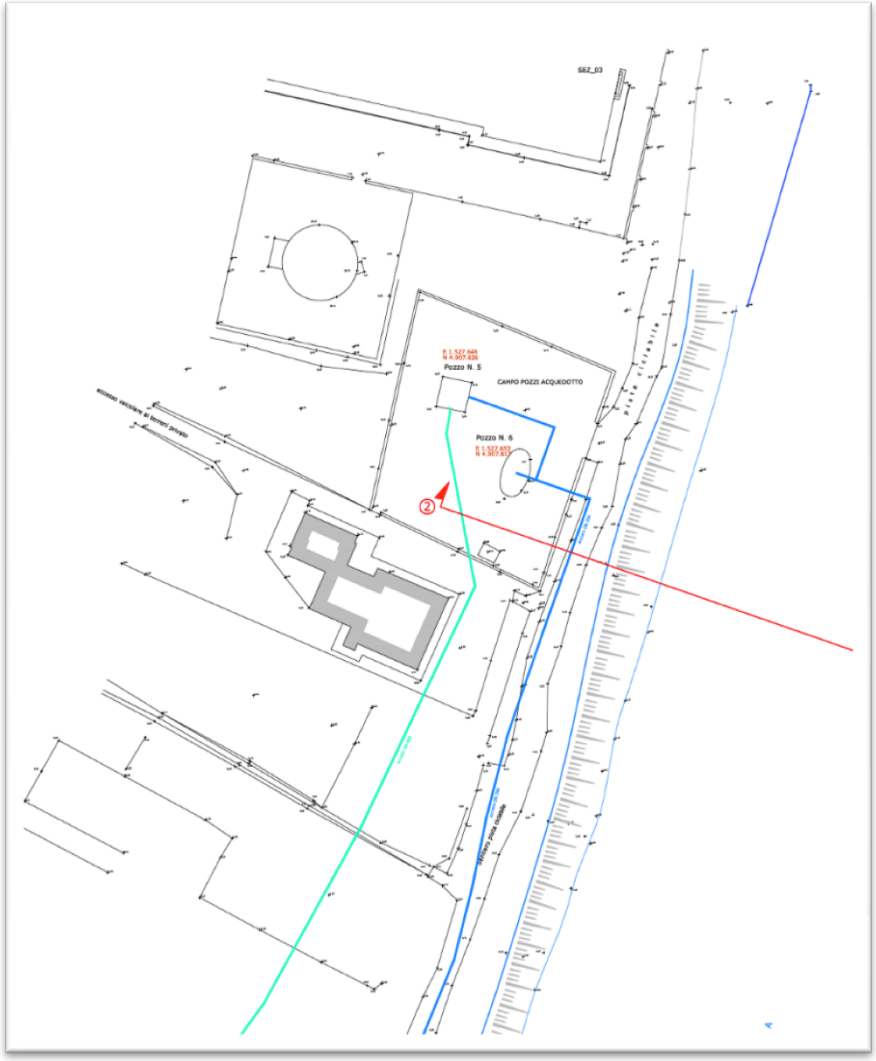


Figura 6.24 Stralcio rilievo dedicato.

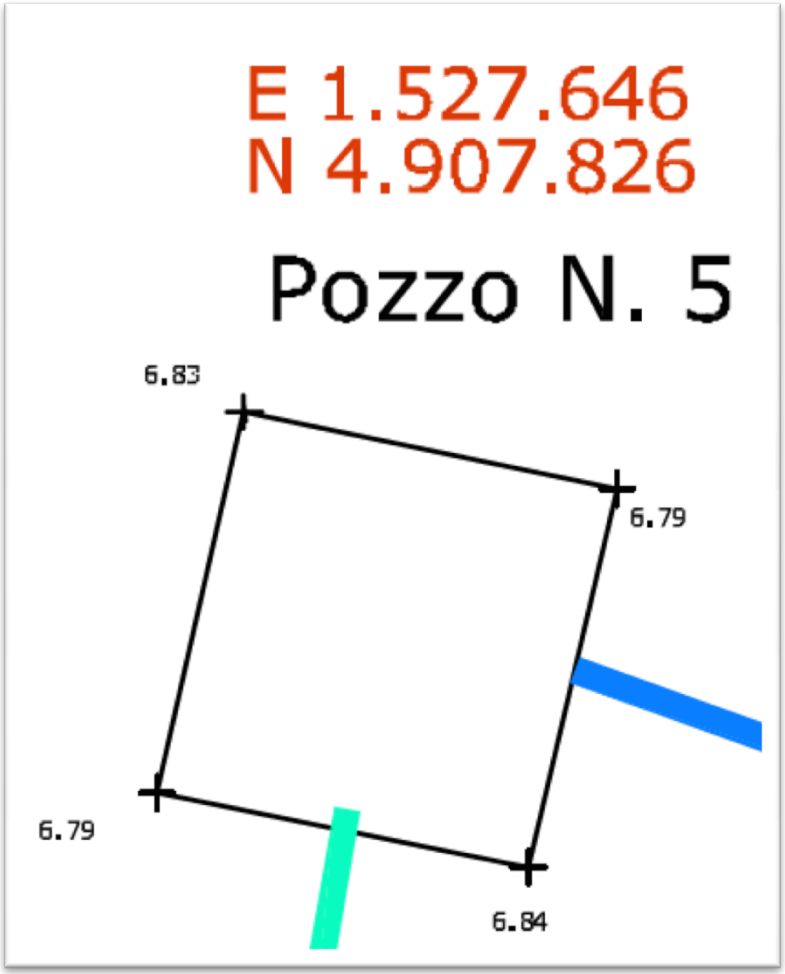


Figura 6.25 Dettaglio posizione pozzo 5.

Gradino Nr.	Data	Ore	Minuti	Secondi	Portata (m^3/h)	Abbassamento nel pozzo (m)
1	20/12/2013	9	11	0	90	0,68
2	21/12/2013	14	27	0	144	1,29
3	22//2014	11	20	0	290	2,51

Tabella 6.6 Gradini di portata abbassamento in P1.

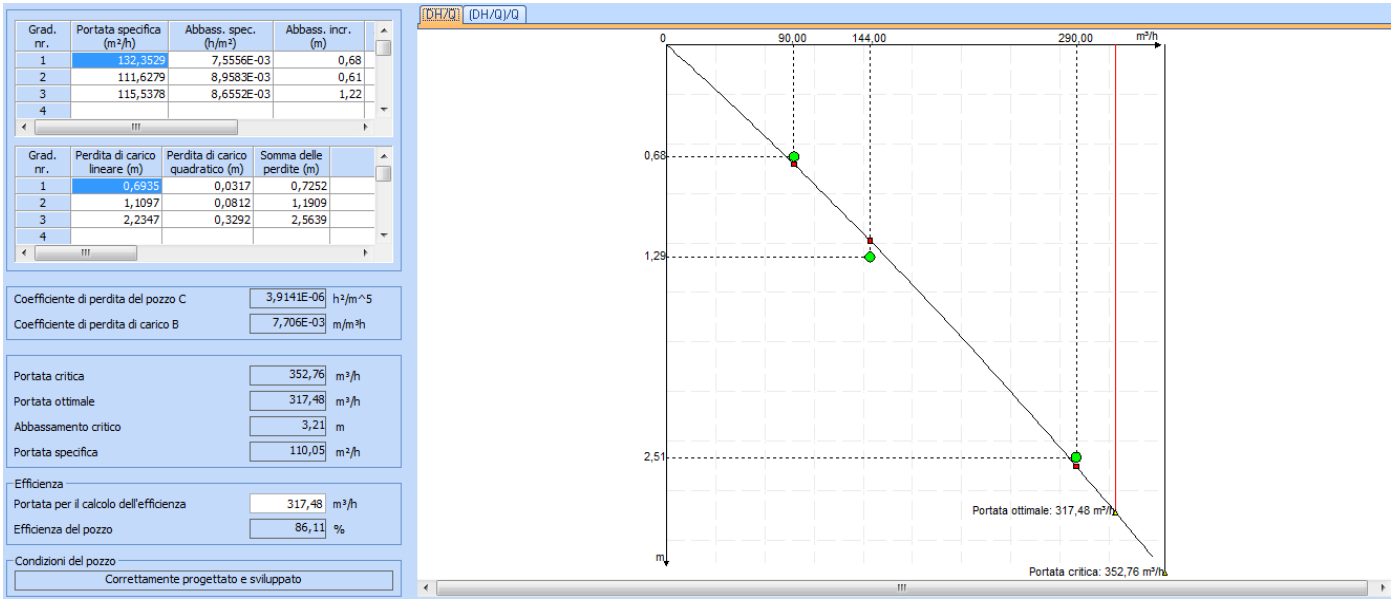


Figura 6.26 Elaborazione analitica a gradini di portata.

Gradino Nr.	Portata specifica del pozzo(m^2/h)	Abbassamento specifico nel pozzo (h/m^2)	Abbass. Incrementale nel pozzo (m)
1	132,3529	7,5556E-03	0,68
2	111,6279	8,9583E-03	0,61
3	115,5378	8,6552E-03	1,22

Tabella 6.7.

Risultati:

- Coefficiente di perdita del pozzo C: 3,9141E-06 h²/m^5
- Coefficiente di perdita di carico B: 7,706E-03 m/m³h
- Portata per il calcolo dell'efficienza: 317,48 m³/h
- Efficienza del pozzo: 86,11 %
- Condizioni Pozzo P5 : Correttamente progettato e sviluppato

Gradino Nr.	Perdita di carico lineare (m)	Perdita di carico quadratico (m)	Somma delle perdite (m)
1	0,6935	0,0317	0,7252
2	1,1097	0,0812	1,1909
3	2,2347	0,3292	2,5639

Tabella 6.8

- Portata critica: 352,76 m³/h
- Portata ottimale: 317,48 m³/h
- Abbassamento critico: 3,21 m
- Portata specifica: 110,05 m²/h

Dati relativi alla portata costante

- Portata : 290,00 m³/h
- Abbassamento nel pozzo: 2,51 m

Fase n.°	Ore	Minuti	Secondi
1	14	0	0

Tabella 6.9 Fase di abbassamento.

Fase n.°	Ore	Minuti	Secondi
1	0	55	0

Tabella 6.10 Fase di risalita.

6.2.4 Valori di Permeabilità "k" e trasmissività "T"

In funzione del metodo di elaborazione utilizzato, le prove hanno condotto ai seguenti risultati:

Elaborazione a gradini di portata su pozzo singolo

- Raggio d'azione presunto del pozzo 60,00 m
- Coefficiente di permeabilità k 4,9528E-04 m²/s
- Trasmissività T 2,2283E-02 m²/s

Elaborazione a portata costante con il metodo di Dupuit-Thiem

- Raggio d'azione R 60,00 m
- Coefficiente di permeabilità k 5,1655E-04 m/s
- Trasmissività T 2,324E-02 m²/s

6.2.5 Considerazioni sui valori ottenuti

Portata critica

Il "punto critico" (raggio di curvatura minimo) che evidenzia il valore della depressione piezometrica corrispondente alla portata critica Qc del pozzo (valori che sanciscono il passaggio da un regime di equilibrio ad uno turbolento con conseguenti perdite di carico della falda) apparentemente non è stato nettamente raggiunto durante la prove, per cui è stata impostata una portata critica sostenibile.

Coefficiente di permeabilità "k"

Il coefficiente di permeabilità "k" calcolato è compatibile con le caratteristiche stratigrafiche del settore idrogeologico investigato e corrispondono ai valori tipici dei depositi alluvionali riscontrati (cfr. figg. 6.27 e 6.28).

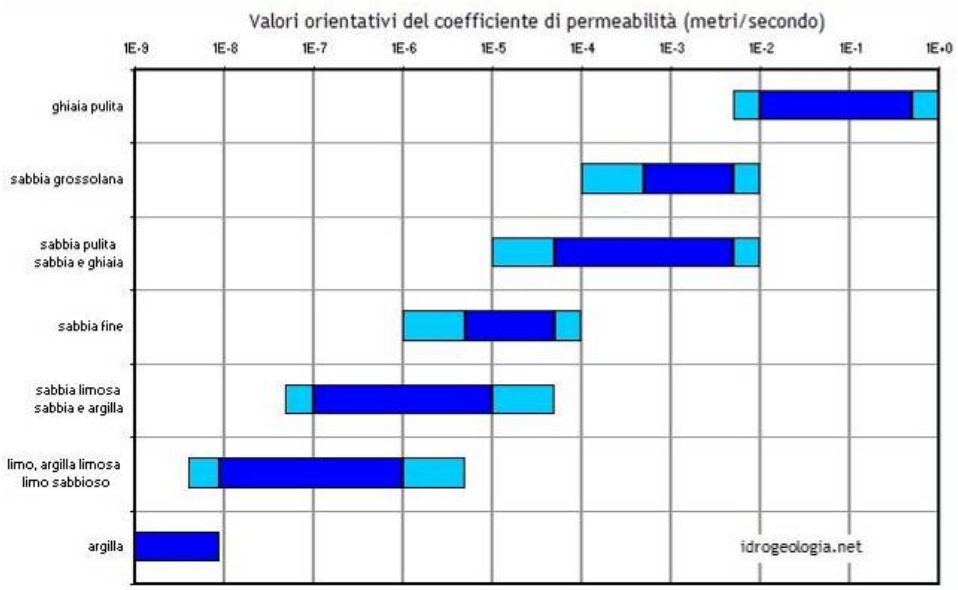


Figura 6.27 Valori tipici orientativi del coefficiente di Permeabilità (m/s).

La Fig.6.27 riporta i valori tipici del coefficiente di permeabilità orizzontale (k_h) per una serie di terreni sciolti a granulometria decrescente dalle ghiaie alle argille. Per via della natura usualmente stratificata dei terreni, il valore del coefficiente di permeabilità verticale (k_v) è di solito inferiore al oscilla da 2 a 20 ma può arrivare fino a 100 in presenza di terreni molto stratificati.

I valori riportati in colore blu rappresentano la fascia di variazione di permeabilità più usuale, mentre i valori riportati in colore azzurro indicano la fascia di variazione un po' più estrema. E' opportuno comunque precisare che il reale valore del coefficiente di permeabilità di uno specifico campione di terreno può anche essere esterno al campo di variabilità riportato in figura. I valori di riferimento per le varie litologie possono variare leggermente ma tali differenze non sono significative in quanto occorre sempre considerare il livello puramente orientativo dell'informazione.

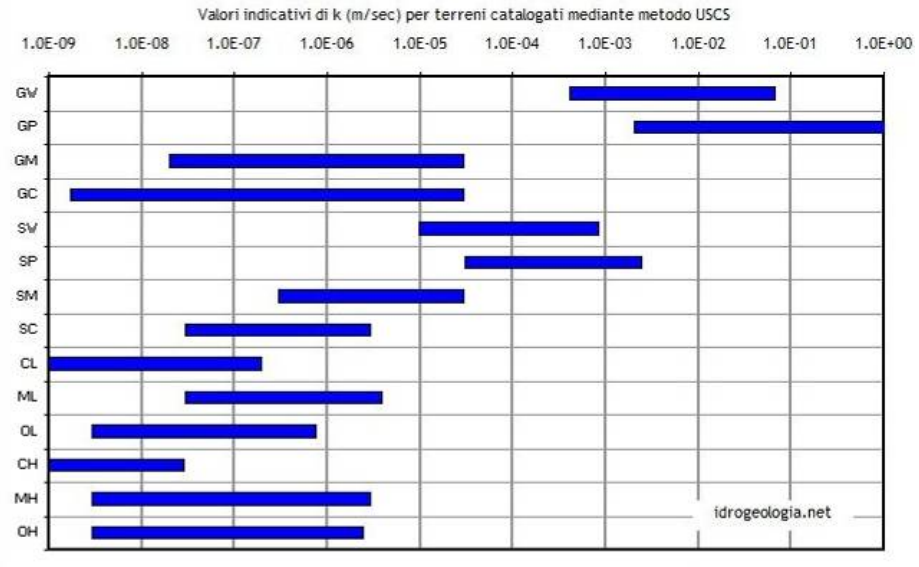


Figura 6.28 Valori indicativi di k (m/s) per terreni catalogati mediante metodo USCS.

La figura 6.28, tratta anch'essa da un'elaborazione di dati bibliografici, mostra i valori indicativi di permeabilità per una serie di terreni classificati mediante il metodo Unified Soil Classification.

La permeabilità misurata durante la prova di emungimento corrisponde a un valore medio tra permeabilità orizzontale (k_h) e permeabilità verticale (k_v) per cui Coefficiente di permeabilità k=8,0051E-0 4m/s corrisponde granulometricamente, in considerazione di un valore medio tra k_h e k_v, ad una ghiaia e sabbia e sabbia pulita e GW per USCS (ghiaia ben assortita granulometricamente) che corrispondono alla tipologia dei materiali presenti nel deposito alluvionale studiato.

Bibliografia essenziale di riferimento

- Peck **R.B.,** Terzaghi K. (1974): ***Geotecnica.*** UTET (Torino), pp 1-643 - *ISBN 88-02-03010-3*
- Celico P. (1990): ***Prospezioni Idrogeologiche.*** Liguori (Napoli), pp 1-735 - *ISBN 88-207-1331-4*
- Colleselli F., Colombo P. (1996): ***Elementi di Geotecnica.*** Zanichelli (Bologna), pp 1-500 - *ISBN 88-08-09784-6*
- Lancellotta R. (1987): ***Geotecnica.*** Zanichelli (Bologna), pp 1-531 - *ISBN 88-08-04362-2*
- Custodio E. (2005): ***Teoria elementare di fluodinamica in mezzi porosi.*** In: Idrologia sotterranea, a cura di:
- Custodio E., Llamas **M.R..** Dario Flaccovio Editore (Palermo), pp 429-586 - *ISBN 88-7758-623-0*

6.3 Modello dell'Acquifero alluvionale che ospita il campo pozzi di Caperana

6.3.1 Premessa

Lo studio ha avuto lo scopo di approfondire le conoscenze sul deflusso di falda per il settore del campo pozzi di Caperana nel comune di Chiavari, posto in sponda destra del tratto terminale del Fiume Entella a circa 1,7 km dalla foce; a tale scopo è stato usato un modello di flusso alle differenze finite quale supporto alla richiesta di rinnovo alla concessione di utilizzo del campo pozzi suddetto.

Lo studio è presentato integralmente in Allegato b, in questo paragrafo sono sintetizzati i risultati ottenuti con particolare attenzione all'estensione dell'influenza degli emungimenti.

Il campo pozzi si inserisce nel contesto più ampio dell'acquifero alluvionale del tratto terminale delle valli Lavagna, Sturla e Graveglia, comprendente indicativamente il settore che si estende da Carasco alla linea di costa, per una lunghezza complessiva di circa 8 km a partire dalla foce.

Il modello realizzato rappresenta un'evoluzione di precedenti modelli allestiti specificatamente per la valutazione delle condizioni di deflusso e di intrusione di acqua marina nel settore di foce del Fiume Entella realizzati per Mediterranea della Acque S.p.A. per migliorare la gestione dei campi pozzi lungo l'Entella. Le analisi modellistiche di tale settore sono in continua evoluzione e vengono aggiornate alle luce di nuove informazioni utili alla comprensione dei fenomeni in atto.

In tale settore sono presenti numerosi pozzi idropotabili che, nella tratta prossima alla linea di costa (sino a circa 1,5 km da quest'ultima) rischiano di raggiungere periodicamente condizioni critiche, soprattutto nel periodo estivo, per l'ingressione di acqua salmastra; per questo motivo alcuni pozzi sono già stati dismessi.

La ricostruzione, tramite un modello di flusso e trasporto tridimensionale del settore del campo pozzi di Caperana, è stato di supporto alla comprensione dei meccanismi di deflusso delle acque sotterranee, ed alla definizione dei settori di alimentazione e relative tempistiche (isocrone) per una migliore tutela delle caratteristiche di qualità. Per ragioni di completezza il modello, come detto in fase di continuo affinamento, è esteso a tutto il corpo alluvionale poroso (indicativamente gli ultimi 8 km di tratto fluviale) ed include anche l'idrostruttura rocciosa che ospita il corpo alluvionale.

Per la realizzazione del modello ci si è avvalsi delle indagini pregresse, dei dati bibliografici disponibili e dell'utilizzo di un modello di flusso matematico numerico appositamente allestito per la definizione degli scenari conseguenti all'utilizzo delle acque sotterranee, il codice di calcolo impiegato è Visual Modflow Version: 2011.1 Premium, Schlumberger Water Services.

Propedeutica all'allestimento del modello matematico è stata la ricostruzione delle caratteristiche del corpo alluvionale indagato, cioè la definizione del substrato roccioso e delle principali caratteristiche del corpo sedimentario, resa possibile mediante:

- Conoscenze pregresse del settore, in particolare i dati bibliografici ricercati e disponibili;
- Informazioni contenute nella cartografia geologico-idrogeologica ufficiale (Piano di Bacino Ambito 16, Fiume Entella – Prov. Genova) e su informazioni sulle derivazioni reperite presso la Provincia di Genova (settori Difesa del Suolo e Derivazioni di Acque);
- Precedenti studi predisposti per Mediterranea delle Acque (in particolare: Studio preliminare delle caratteristiche di flusso della porzione terminale dell'acquifero alluvionale del Torrente Entella, Ver 1.1, Giugno 2010 e Itec Engineering, Genova; Risorse idriche del Tigullio, Bilancio Idrologico dell'Entella, Agosto 2010, (cfr. Allegato i).
- Studi e indagini appositamente eseguiti in sito quali:
  - Indagini geofisiche - prospezioni geoelettriche (cfr. 6.2.2 e l'Allegato d).

- Prove di pompaggio di medio/lunga portata a scalini di pressione, con stazioni di rilevamento multiple e prova su pozzo singolo e su gruppi di pozzi disponibili (cfr. 6.2.3 e l'Allegato f).
- Rilevamento Topografico di dettaglio del campo pozzi e di tutte le sue opere (cfr. l'Allegato g).

Il modello presentato in questo studio, tra i vari elaborati, è stato selezionato in quanto riproduce in condizioni stazionarie la situazione estiva, che corrisponde al caso maggiormente cautelativo in quanto si è in condizioni di assenza di ricarica per prevalere dell'evapotraspirazione sull'infiltrazione efficace, di minimo apporto da parte dei corsi d'acqua afferenti le alluvioni oggetto di indagine e di massimo prelievo dai campi pozzi.

Poiché la finalità dello studio è il rinnovo della concessione di sfruttamento del campo pozzi, sono state utilizzate le portate mensili massime estive emunte da tale settore considerando, per maggiore completezza del quadro d'insieme, anche gli effetti dei pozzi limitrofi di cui è nota la concessione a derivare acqua (fonte Provincia di Genova).

L'analisi modellistica presenta il vantaggio di poter valutare, in via preliminare e sempre più approfondita in funzione del miglioramento del livello di conoscenza, anche gli impatti dei campi pozzi adiacenti, quali: Moggia, Marinco e viale Kasman. Per tali pozzi si sono usate condizioni cautelative per quanto riguarda gli emungimenti, considerando lo sfruttamento massimo concesso per ognuno di essi. Infine sono stati considerati tutti i pozzi a partire da Carasco sino alla foce di cui è stata reperita traccia.

Per le considerazioni relative al cuneo salino, il rapporto si avvale degli esiti di modelli allestiti nel 2010 e fine 2011.

6.3.2 Contesto geologico ed idrogeologico generale di riferimento e modello concettuale del sito

Il sito si colloca in una porzione piuttosto antropizzata in corrispondenza del tratto terminale del Fiume Entella. In particolare il settore di studio parte subito a monte della confluenza tra i torrenti Lavagna e Sturla (zona di Carasco) ed arriva sino alla foce (comuni di Chiavari e Lavagna) per una lunghezza complessiva del tratto fluviale di 8 km circa ed una superficie di circa 5-6 Km^2.

Il reticolo idrografico del bacino è sostanzialmente controllato da lineazioni tettoniche a direzione appenninica e antiappenninica, pressapoco perpendicolari tra di loro, su cui si sono impostati il Torrente Lavagna ed i suoi principali affluenti. Ne consegue che la distribuzione delle grandi valli antiche è legata, almeno in parte, a importanti direttrici tettoniche. Significativa caratteristica del corso d'acqua è la presenza di meandri incassati lungo tutto lo sviluppo del fondovalle principale. Questo fenomeno si spiega con l'abbassamento del livello erosivo di base del fiume, in seguito al quale i meandri tendono a incassarsi.

L'Entella, lungo il suo primo tratto (fino alla confluenza del Torrente Graveglia), assume direzione all'incirca Est-Ovest, per poi passare a una direzione NE-SW che mantiene sino alla foce, compresa fra gli abitati di Chiavari e Lavagna. L'alveo risulta inciso nelle alluvioni di fondo valle con un andamento sostanzialmente rettilineo ed una sezione caratterizzata da una parte centrale più profonda (alveo di magra e di morbida) e da due ampie aree golenali caratterizzate da un elevato grado di urbanizzazione. Nel bacino si riscontrano pendenze modeste, dovute alla vasta pianura alluvionale (ove è riscontrata una diffusa presenza di insediamenti civili ed industriali) ed a versanti di tipo collinare.

Il substrato roccioso nel settore di interesse è costituito prevalentemente da:

- Marne della formazione della Val Lavagna;
- Argilliti (formazione della Val Lavagna);
- Argilliti (argille a palombini della formazione del lago di Giacopiane);
- Arenarie (formazione del Gottero, affioramenti limitati).

Da un punto di vista della permeabilità, ad eccezione dei limitati affioramenti delle arenarie della formazione del Gottero che sono permeabili a un livello medio-basso essenzialmente per fratturazione, il substrato roccioso è costituito da rocce pressoché impermeabili.

Al di sopra del substrato roccioso si trovano i depositi alluvionali attuali, recenti ed antichi che costituiscono un importante acquifero che viene sfruttato per scopi idropotabili ed è oggetto del presente studio. Preliminarmente al modello di flusso è stato costruito il modello tridimensionale dell'andamento del substrato roccioso (*bedrock* o contatto roccia-depositi alluvionali).

In particolare le analisi modellistiche del tratto indagato fanno stimare che il corpo acquifero alluvionale (cfr. la seguente 6.29) potrebbe avere un volume di oltre circa 370 milioni di metri cubi (in tale stima sono comprese anche le alluvioni prospicienti la linea di costa lato mare ed incluse nel modello di calcolo per una tratta di poco meno di 1,5 km).

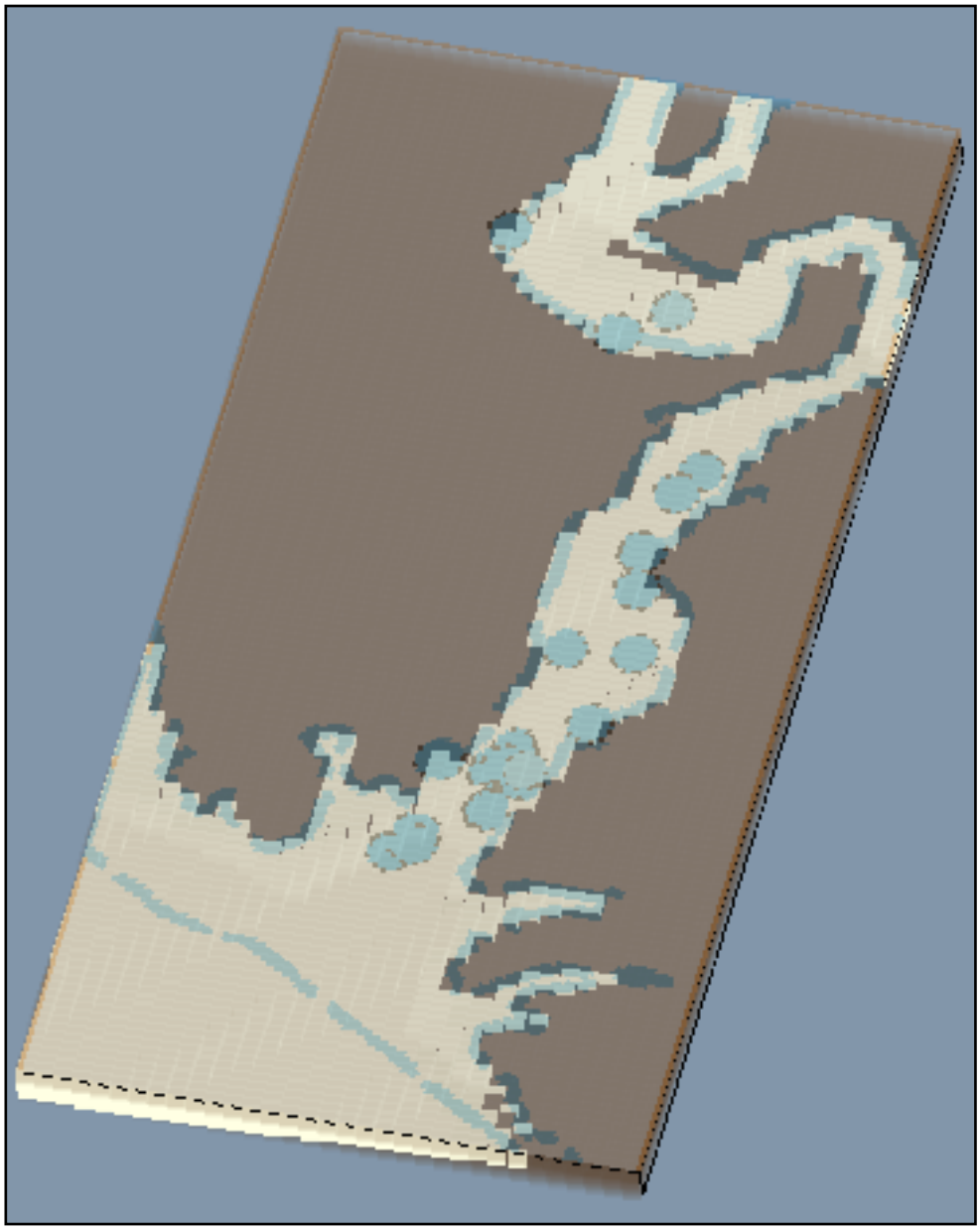


Figura 6.29 Vista del modello tridimensionale del corpo acquifero propedeutico all'allestimento del modello di flusso in esame (studio in via di approfondimento); i pallini blu rappresentano i pozzi in concessione, la linea azzurra tratteggiata è la linea di costa, la linea azzurra continua rappresenta i limiti dei depositi alluvionali (colore beige chiaro, in marrone il substrato roccioso).

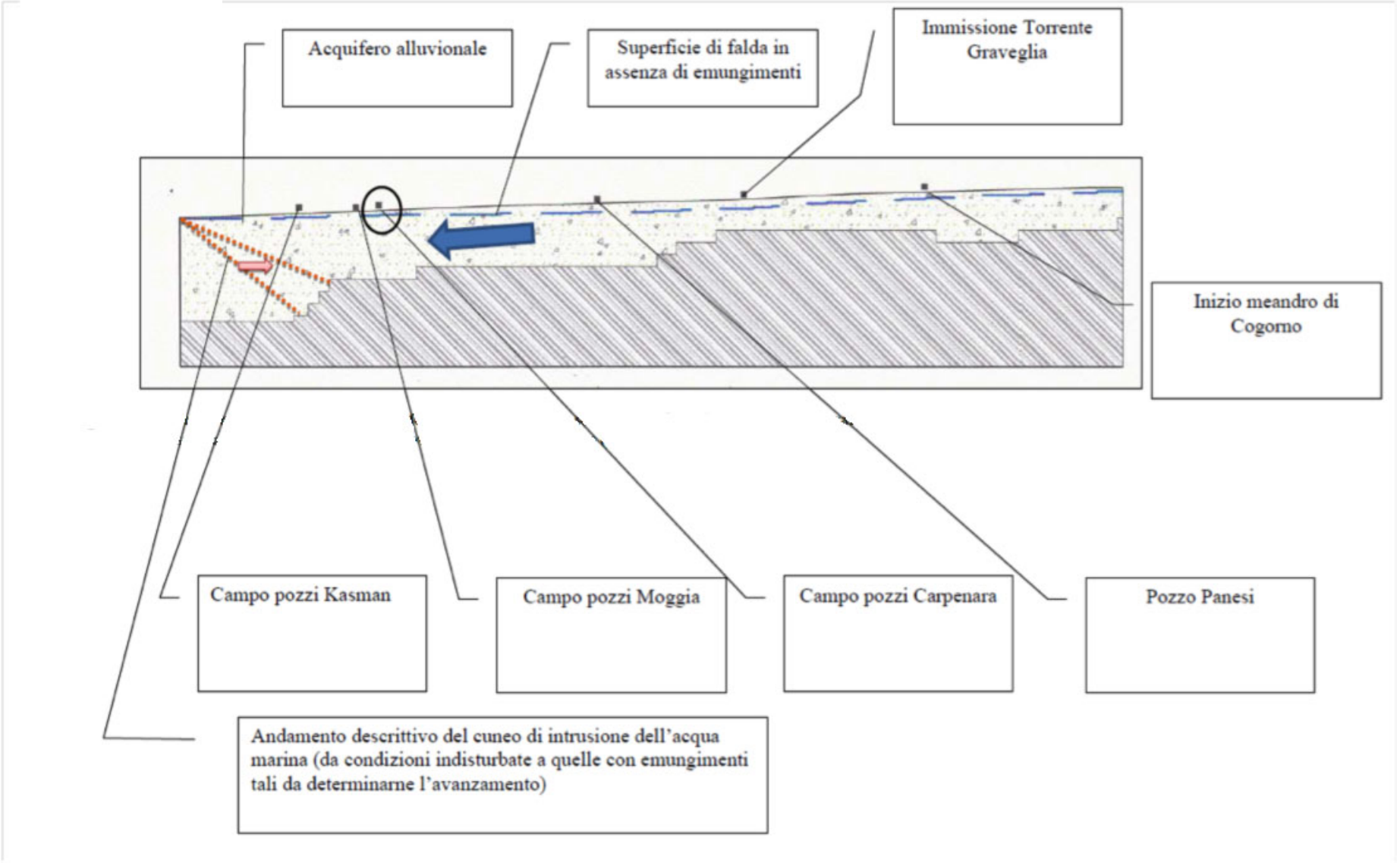


Figura 6.30 Sezione longitudinale interpretativa dalla zona di foce a Carasco del flusso di falda e del substrato roccioso (scala orizzontale 1:4000, esagerazione scala verticale=10); indicato con l'ovale la zona di interesse.

Nella figura sono anche indicati qualitativamente i meccanismi di ingressione del cuneo salino in conseguenza dei pompaggi così come confermati delle modellazioni effettuate in occasione di studi precedenti (da ipotetiche condizioni iniziali completamente indisturbate da opere di captazione a quelle attuali con in essere gli sfruttamenti concessi).

I dati disponibili descrivono un acquifero composto prevalentemente da ghiaie e ghiaietto in matrice sabbiosa con locali lenti di limi e argille, limi sabbiosi (talora passanti a sabbia debolmente limosa) e livelli di ghiaie e ghiaie grossolane. Si segnala che alcune relazioni riportano la presenza di un livello continuo di materiali fini che andrebbe a separare i depositi alluvionali in un corpo superiore e uno inferiore a partire dal settore di foce sino indicativamente al ponte autostradale. I dati stratigrafici analizzati e quelli delle indagini geofisiche eseguite appositamente, unitamente a considerazioni legate al tipo di ambiente di sedimentazione ad alta energia, sembrerebbero non confermare la continuità di tale orizzonte.

Modello concettuale del contesto geologico del settore campo pozzi Caperana

Nel settore d'interesse sono state eseguite alcune indagini di dettaglio, in particolare, oltre alla ricerca bibliografica (prevalentemente carotaggi e stratigrafie disponibili), sono state eseguite n. 2 indagini tomografiche elettriche (corredate da n. 2 indagini NASW - Noise Analysis of Surface Waves). Oltre a quanto sopra indicato, sono state trovate informazioni verbali dai gestori dell'acquedotto. L'insieme e l'ubicazione dei dati raccolti sono illustrati nella figura seguente.



Figura 6.31. Campo pozzi di Caperana (fonte Regione Liguria) e indagini esistenti; i triangoli rossi indicano i pozzi, i pallini marrone i sondaggi disponibili, i pallini gialli i nuovi sondaggi eseguiti per il progetto regionale di monitoraggio del settore, in arancione le stese di tomografia elettrica.

L'insieme delle indagini eseguite mostra, nel settore del campo pozzi, la presenza di un substrato roccioso a circa 50 m dal piano campagna; la successione stratigrafica si compone di materiali scarsamente permeabili (limi ed argille) per i primi metri di copertura a cui seguono potenti intervalli di sabbie e ghiaie prevalenti. La separazione tra i primi e i secondi, in corrispondenza dei pozzi 5 e 6, è costituita da un intervallo di 2,5 m di argilla limosa posto alla profondità di circa 26 m dal piano campagna. Infine, a copertura del substrato roccioso, si ripresentano materiali fini di un certo spessore (da 1 a 3 m circa in funzione del sondaggio).

Le stratigrafie dei pozzi, confermate altresì dalle informazioni verbali raccolte dai gestori dell'acquedotto, riguardano il settore di valle del campo pozzi (pozzi 1, 2 e 3) ed in quello di monte (pozzi 5 e 6) nei quali viene segnalata la presenza discontinua di livelli argillosi con spessori tra 0,5 m e 2.0 m di spessore a profondità comprese tra i 10 e 30 m dal piano campagna.

In sintesi si deduce quanto segue:

- Vi sia la presenza di lenti di materiali fini, presenti nei primi 30 metri di alluvioni, a partire dal piano campagna;
- Tali lenti non dovrebbero avere una continuità laterale; e questo risulta sia dai sondaggi, sia dalle indagini geofisiche che dalle stratigrafie dei pozzi. In particolare, secondo le indagini geofisiche, sembrerebbe che tale continuità laterale sia pari a circa 40 – 80 m, (cfr. la figura seguente) in accordo con la possibile genesi dei sedimenti su cui deve aver avuto una certa influenza il regime fluviale continentale dotato di notevole variabilità laterale e grande energia (tutti elementi che concorrono ad una limitata estensione areale dei depositi di materiali fini).

Questo contesto ben si accorda con la recente storia geologica regionale in cui gli effetti dell'attività neotettonica interessante questo settore ligure, con suddivisione in blocchi, ha indotto un reticolo idrografico fitto e spesso diffusamente impostato lungo faglie e fratture, in buona parte a piano sub verticale e con una morfologia dei bacini idrografici tributari della piana caratterizzata da vallecole con versanti acclivi, a pendenza notevole e che si ergono sino a qualche centinaio di metri di quota.

L'assetto stratigrafico dei depositi alluvionali testimonia un ambiente di sedimentazione con passaggio tra il dominio marino-costiero e quello fluviale, a seguito di sensibili oscillazioni del livello del mare estese anche in età olocenica, in cui i depositi provenienti dei bacini idrografici tributari della piana vanno a interrompere la continuità di sedimentazione. La seguente figura mostra una sezione stratigrafica di dettaglio interpretativa del settore di interesse.

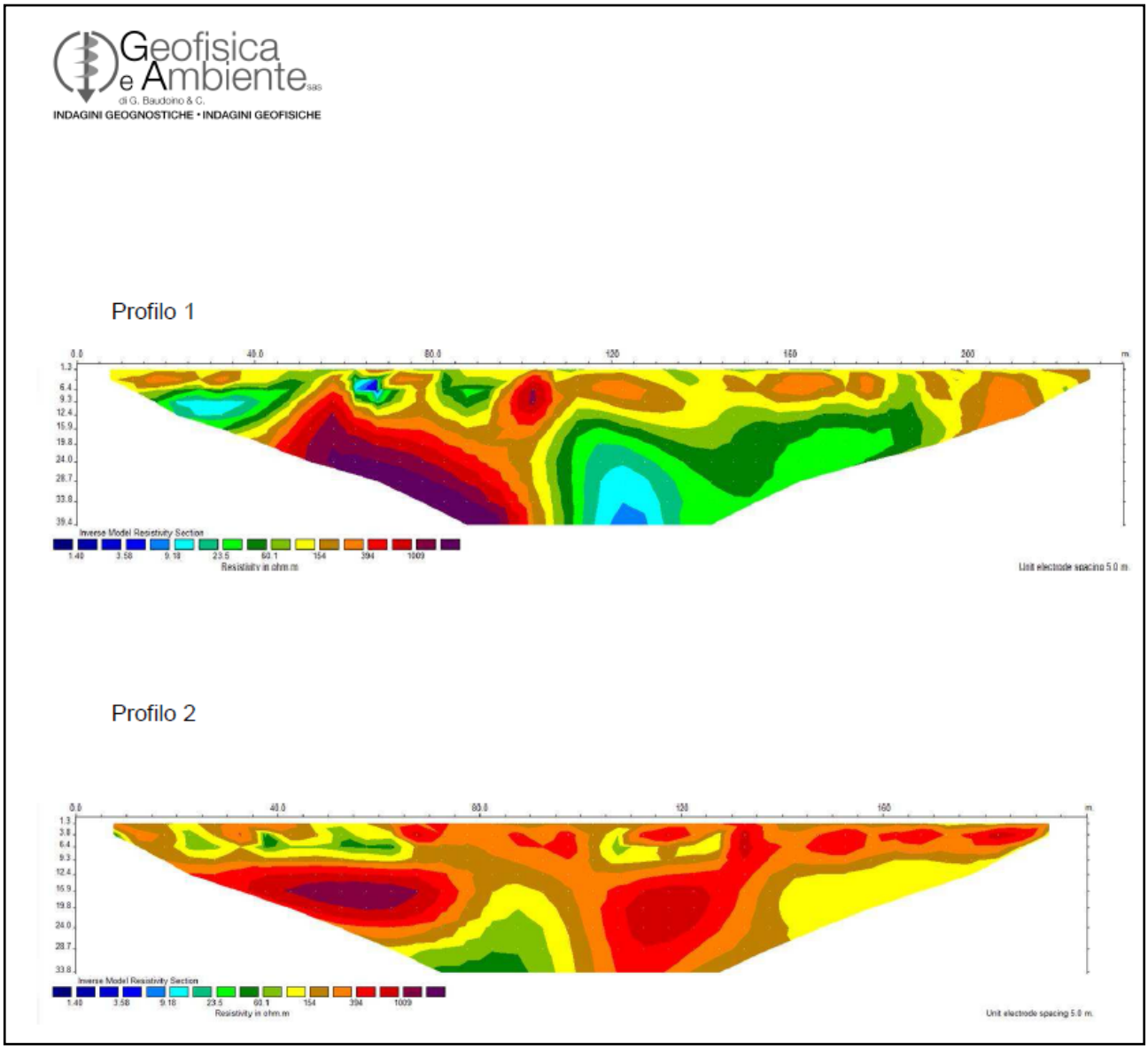


Figura 6.32 Sezioni tomografiche elettriche (posizionamento in figura 6.31) in cui si nota come i depositi sedimentari siano caratterizzati dalla presenza di corpi lenticolari al loro interno. Dal confronto con le stratigrafie disponibili (pozzo 3 e pozzo 5 di Caperana) sembrerebbe che il colore giallo indichi le sabbie, il verde i materiali fini ed il rosso i depositi ghiaiosi (fonte: Geofisica ed Ambiente, indagine geofisica di tipo noise analysis surface waves - nasw - e di tomografia elettrica eseguita nel comune di Lavagna, Zona Caperana, marzo 2014).

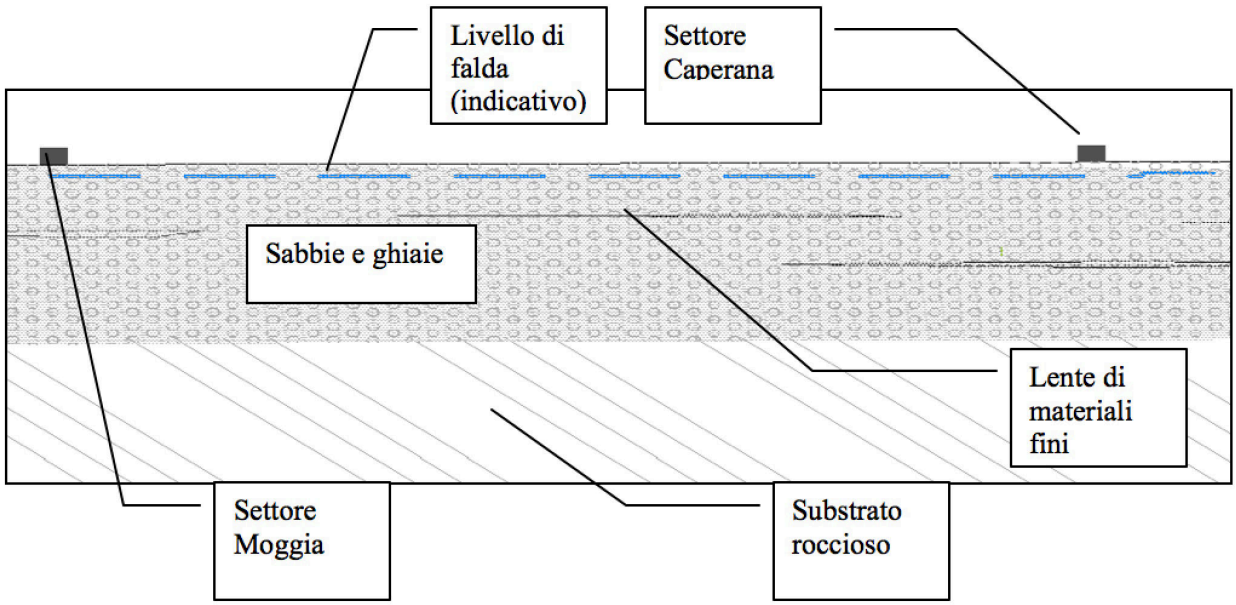


Figura 6.33 Sezione stratigrafica interpretativa del contesto del campo pozzi di Caperana (scala 2.000, ubicazione della sezione in fig. 6.31).

6.3.3 Caratteristiche del modello e condizioni al contorno

Nel caso in esame è stato implementato un modello tridimensionale, Visual Modflow Version: 2011.1 Premium, Schlumberger Water Services, nel settore compreso tra il meandro di Carasco sino alla zona di foce che ha simulato/permesso di verificare la situazione di deflusso di falda in condizioni estive stazionarie con regimi massimi di portate dai vari campi pozzi e minimi di apporti dai corsi d'acqua provenienti dai tributari Sturla, Lavagna e Graveglia. Il bilancio tra precipitazioni ed evapotraspirazione indica inoltre apporti nulli nel periodo estivo.

Per la taratura del modello si sono assunti i valori medi estivi per i pozzi numero 1 e 3 del campo di Caperana, pari rispettivamente a 0,8 e 0,9 metri sul livello medio marino.

Il modello è focalizzato nel settore in cui insiste il campo pozzi di Caperana, la dimensione orizzontale delle celle a maglia quadrata/rettangolare ha dimensioni variabili da 10 m di lato in corrispondenza del campo pozzi di Caperana sino a sino a 50 m di lato; sul piano verticale il modello si compone di 2 livelli in cui la superficie di separazione è quella del substrato roccioso; tutte le celle del modello sono attive in modo da poter considerare gli eventuali interscambi tra substrato roccioso e depositi alluvionali; l'estensione verticale va da 150 m sotto il livello medio marino sino alla sommità delle colline circostanti.

Le condizioni al contorno non sono state prese in considerazione, ad eccezione che per la zona a mare, le condizioni a carico costante, data l'estrema prossimità del campo pozzi ai limiti del modello; l'ipotesi di carico costante nel caso in esame potrebbe influire sensibilmente sui risultati della modellazione.

Ci si è avvalsi dello studio idraulico del settore (Itec Engineering, Genova, Risorse idriche del Tigullio Bilancio Idrologico dell'Entella, Agosto 2010 si veda All. i.) con le portate mensili di ogni tributario dell'Entella.

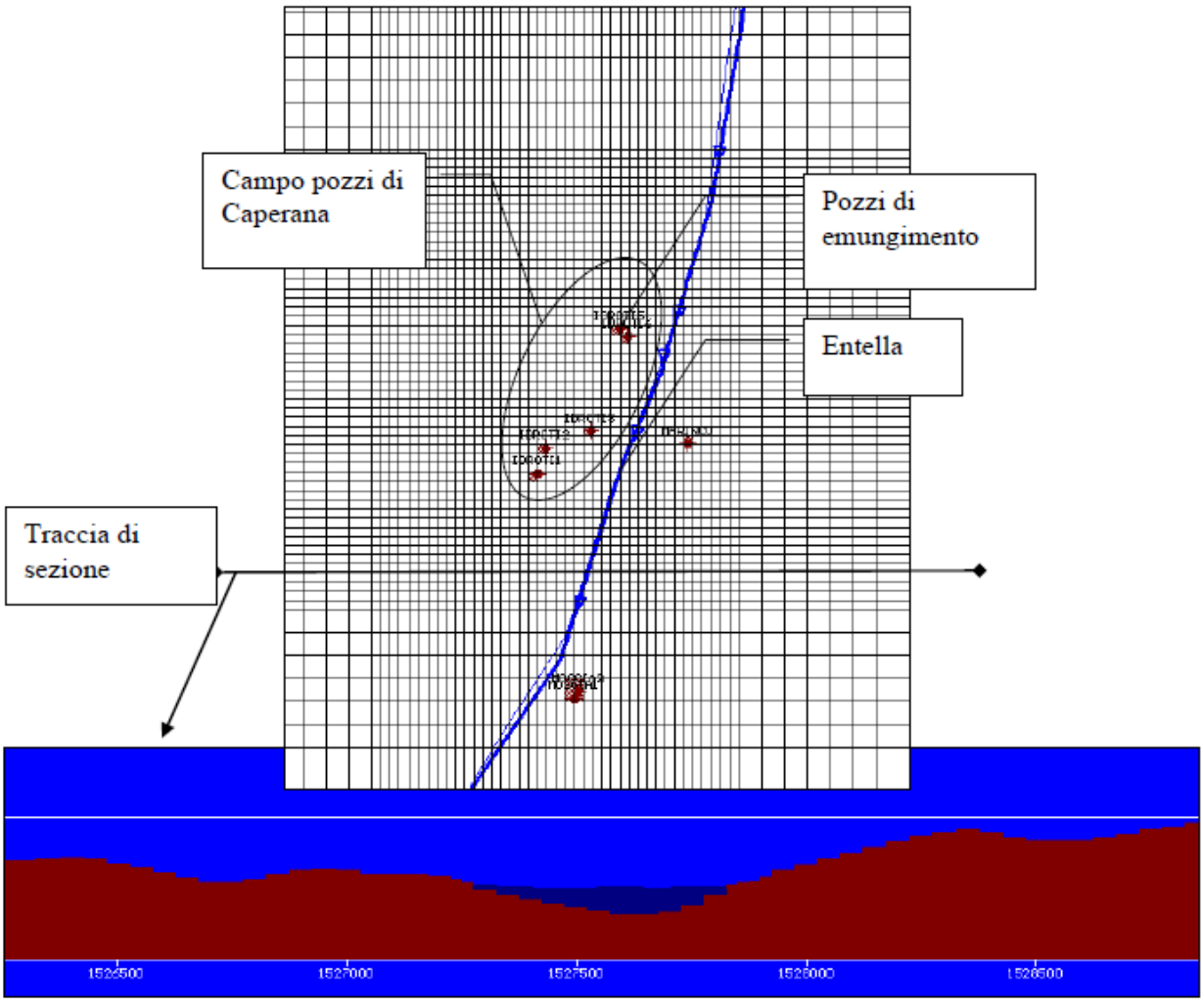


Figura 6.34 Viste schematiche, in pianta della griglia di riferimento e sezione rappresentativa: in colore blu i depositi alluvionali e, in rosso, il substrato roccioso.

Gli apporti sono stati ripresi dallo studio Itec che definisce i seguenti valori minimi per quanto riguarda il periodo estivo:

- 0,75 m^3/secondo per il torrente Lavagna (valore medio minimo estivo, registrato nel mese di agosto);
- 0,45 m^3/secondo per il torrente Sturla (valore medio minimo estivo, registrato nel mese di luglio);
- 0,24 m^3/secondo per il torrente Graveglia (valore medio minimo estivo, registrato nel mese di luglio).

Il corrispondente deflusso di falda, nelle sezioni di ingresso dei torrenti Lavagna, Sturla e Graveglia sembrerebbe essere complessivamente pari a circa 1400 l/s; per ragioni cautelative non viene considerato nel presente modello.

Come già accennato l'infiltrazione efficace nel periodo estivo è risultata nulla.

6.3.4 Parametri idraulici dell'acquifero e taratura

Le condizioni medie di minimo estivo di 0,8 e di 0,9 m sul livello medio marino in corrispondenza dei pozzi numero 1 e 3 di Caperana, risultanti da vari anni di campagne di monitoraggio, sono state utilizzate quale riferimento di taratura per la ricostruzione delle caratteristiche di conducibilità idraulica del corpo sedimentario.

La conducibilità idraulica è stata inizialmente impostata a partire dai risultati delle prove di pompaggio condotte in sito che danno un valore medio pari a circa 8 10-4 m/s, in particolare, dopo una serie di operazioni di calibrazione (tecnica di *trial and error*), la migliore ricostruzione del corpo sedimentario si è ottenuta assumendo tre diverse zone con differenti caratteristiche idrauliche. Le principali caratteristiche adottate sono indicate nella tabella seguente.

Ubicazione materiale	Conducibilità idraulica orizzontale (Direzioni X ed Y) [m/s]	Conducibilità idraulica verticale (Direzione Z) [m/s]
Settore circostante il campo pozzi di Caperana	8E-4	8E-5
Settore di foce e centrale dell'acquifero alluvionale	0.008	0.008
Settore di monte (da Carasco sino a valle della confluenza con il rio Graveglia)	0.03	0.03
Substrato roccioso (argilloscisti prevalenti)	5E-8	5E-8

Tabella 6.11. Caratteristiche idrogeologiche di conducibilità idraulica (permeabilità) assegnate ai diversi materiali costituenti il modello.

6.3.5 Le condizioni di sfruttamento dell'acquifero

Per le condizioni di sfruttamento dell'acquifero si è fatto riferimento ai dati ufficiali di concessione di derivazione delle acque, integrati con informazioni fornite dai Gestori.

Nelle simulazioni si sono cautelativamente considerati gli emungimenti concessi ad eccezione dei campi pozzi di Caperana e Moggia in cui si sono adottati valori massimi del periodo estivo, tra quelli forniti dal Gestore.

Dall'elenco concessioni di derivazione acqua da pozzo e quantità concesse dalla Provincia di Genova presenti nel settore di riferimento, complessivamente, sembrerebbero risultare concessi poco meno di circa 900 l/s.

6.3.6 Risultati della modellazione: le isocrone relative al campo pozzi di Caperana

Le isocrone sono state calcolate tramite il modello di flusso della falda che parte dal meandro di Carasco e arriva oltre la foce; il modello è focalizzato nel settore in cui insiste il campo pozzi di Caperana ed ha celle di lato quadrato/rettangolare di dimensioni variabili da 10 m sino a 50 m di lato.

Il modello include:

- Le alluvioni e il substrato roccioso; le alluvioni variano lateralmente ma non sulla verticale ed hanno conducibilità idrauliche variabili da $3*10^{-2}$ m/s a $8*10^{-5}$ m/s, il substrato roccioso ha conducibilità idrauliche dell'ordine di grandezza di 10^{-8} m/s;
- Le portate medie mensili estive dei principali rami che alimentano l'Entella (Lavagna, Sturla e Graveglia) e ricarica nulla dalle precipitazioni (secondo la valutazione del bilancio tra evapotraspirazione ed infiltrazione per la stazione di Panesi).

Il modello è stato usato per calcolare i tempi di arrivo nei pressi del campo pozzi di Caperana (settore esterno ai pozzi – a partire da circa 15 m di distanza da questo - in modo da avere una valutazione maggiormente cautelativa). I tempi di arrivo sono stati calcolati con linee di flusso definite tramite ipotetiche particelle trasportate per sola avvezione dalle acque di falda senza alcune interazione con le matrici circostanti, in modo da ottenere indicazioni sulla zona di rispetto delle captazioni valutata secondo il criterio temporale (il criterio geometrico richiede una zona di 200 m di raggio attorno all'opera di presa).

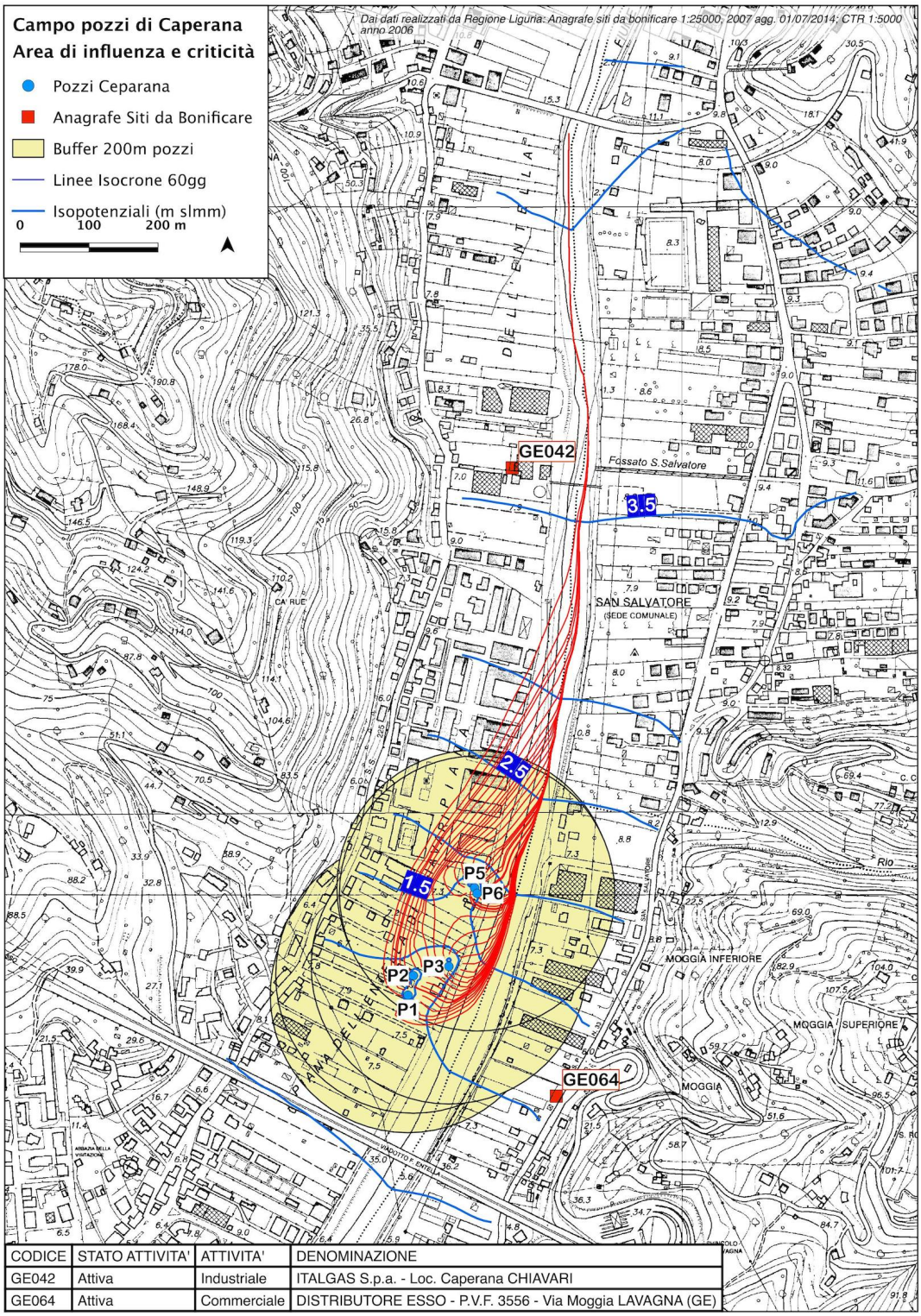
Di seguito si riportano le varie isocrone ricavate dal modello; nelle figure è indicata in azzurro la piezometria media relativa al periodo estivo (luglio-agosto) con valori in m sul livello medio marino ed equidistanza pari a 0,5 m, così come risultante dal modello adottato.

L'inviluppo delle isocrone sino al punto di confluenza con l'Entella va a coinvolgere una porzione di territorio avente un'estensione areale di circa 0,06 km^2 e un'estensione massima verso monte pari a circa 700 m (l'estensione laterale massima è pari a circa poco meno di 170 m).

Le figure seguenti indicano le varie isocrone calcolate per vari periodi di tempo (rispettivamente: 60 giorni, 75, 100, 180 e 365 giorni) da cui si può notare come oltre i 60 giorni circa le varie linee si dirigano verso l'Entella.

Isocrone dei 60 giorni del campo pozzi di Caperana

La figura seguente fornisce un'interpretazione delle isocrone (linee rosse) dei 60 giorni corrispondenti, secondo il criterio temporale, alla ***zona di rispetto ristretta***, calcolate cautelativamente a partire dall'esterno del campo pozzi (scala grafica); in azzurro la piezometria media relativa al periodo estivo (luglio-agosto) con valori in m sul livello medio marino ed equidistanza pari a 0,5 m.

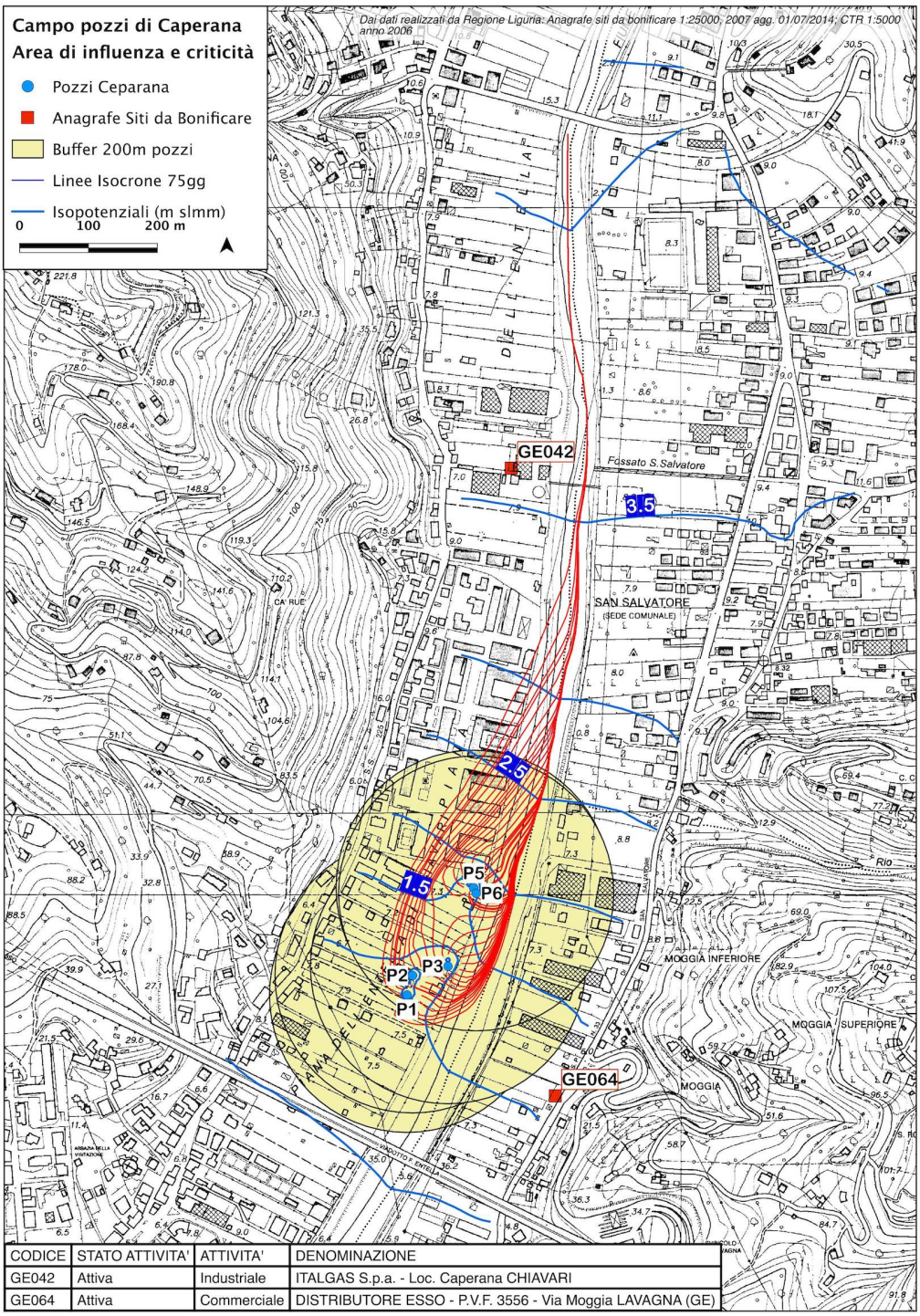


CODICE	STATO ATTIVITA'	ATTIVITA'	DENOMINAZIONE
GE042	Attiva	Industriale	ITALGAS S.p.a. - Loc. Caperana CHIAVARI
GE064	Attiva	Commerciale	DISTRIBUTORE ESSO - P.V.F. 3556 - Via Moggia LAVAGNA (GE)

Figura 6.35 Isocrone a 60 giorni (linee rosse); in blu le equipotenziali in metri sul livello medio marino (equidistanza 0,5 m).

Isocrone dei 75 giorni del campo pozzi di Caperana

La figura seguente fornisce un'interpretazione delle isocrone (linee rosse) dei 75 giorni corrispondenti, secondo il criterio temporale, al ***tempo minimo di sicurezza*** (equivalente al ***tempo di sopravvivenza di buona parte dei virus più comuni trasportati in acqua)***, calcolate cautelativamente a partire dall'esterno del campo pozzi (scala grafica); in azzurro la piezometria media relativa al periodo estivo (luglio-agosto) con valori in m sul livello medio marino ed equidistanza pari a 0,5 m.



CODICE	STATO ATTIVITA'	ATTIVITA'	DENOMINAZIONE
GE042	Attiva	Industriale	ITALGAS S.p.a. - Loc. Caperana CHIAVARI
GE064	Attiva	Commerciale	DISTRIBUTORE ESSO - P.V.F. 3556 - Via Moggia LAVAGNA (GE)

Figura 6.36 Isocrone a 75 giorni (in rosso) – tempo minimo di sicurezza per la sopravvivenza di buona parte dei virus più comuni trasportati in acqua; in blu le equipotenziali in metri sul livello medio marino (equidistanza 0,5 m).

Isocrone dei 100 giorni del campo pozzi di Caperana

La figura seguente fornisce un'interpretazione delle isocrone (linee rosse) dei 100 giorni corrispondenti, secondo il criterio temporale, al ***tempo massimo di sicurezza*** (equivalente al tempo ***di sopravvivenza di buona parte dei virus più comuni trasportati in acqua***), calcolate cautelativamente a partire dall'esterno del campo pozzi (scala grafica); in azzurro la piezometria media relativa al periodo estivo (luglio-agosto) con valori in m sul livello medio marino ed equidistanza pari a 0,5 m.

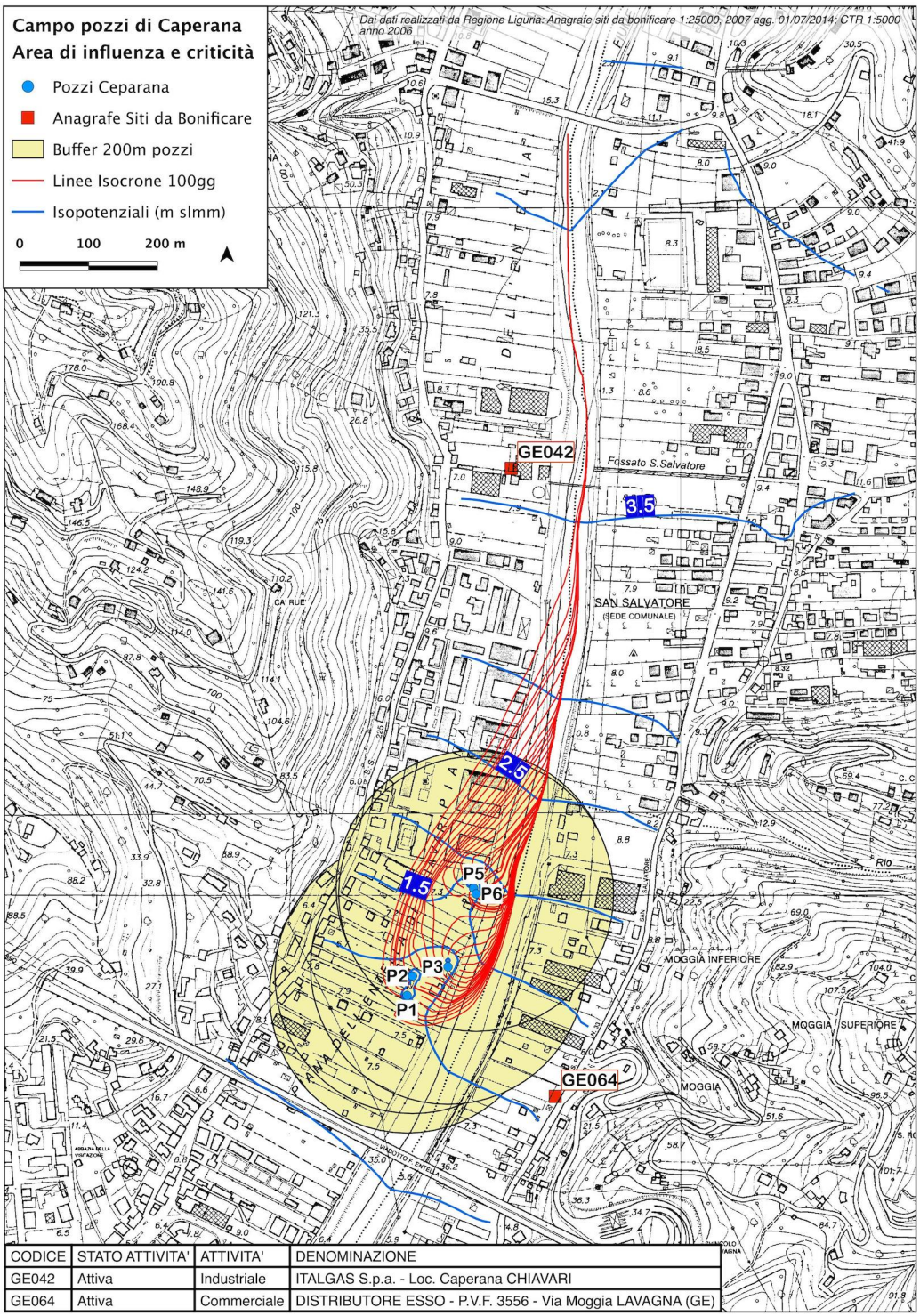
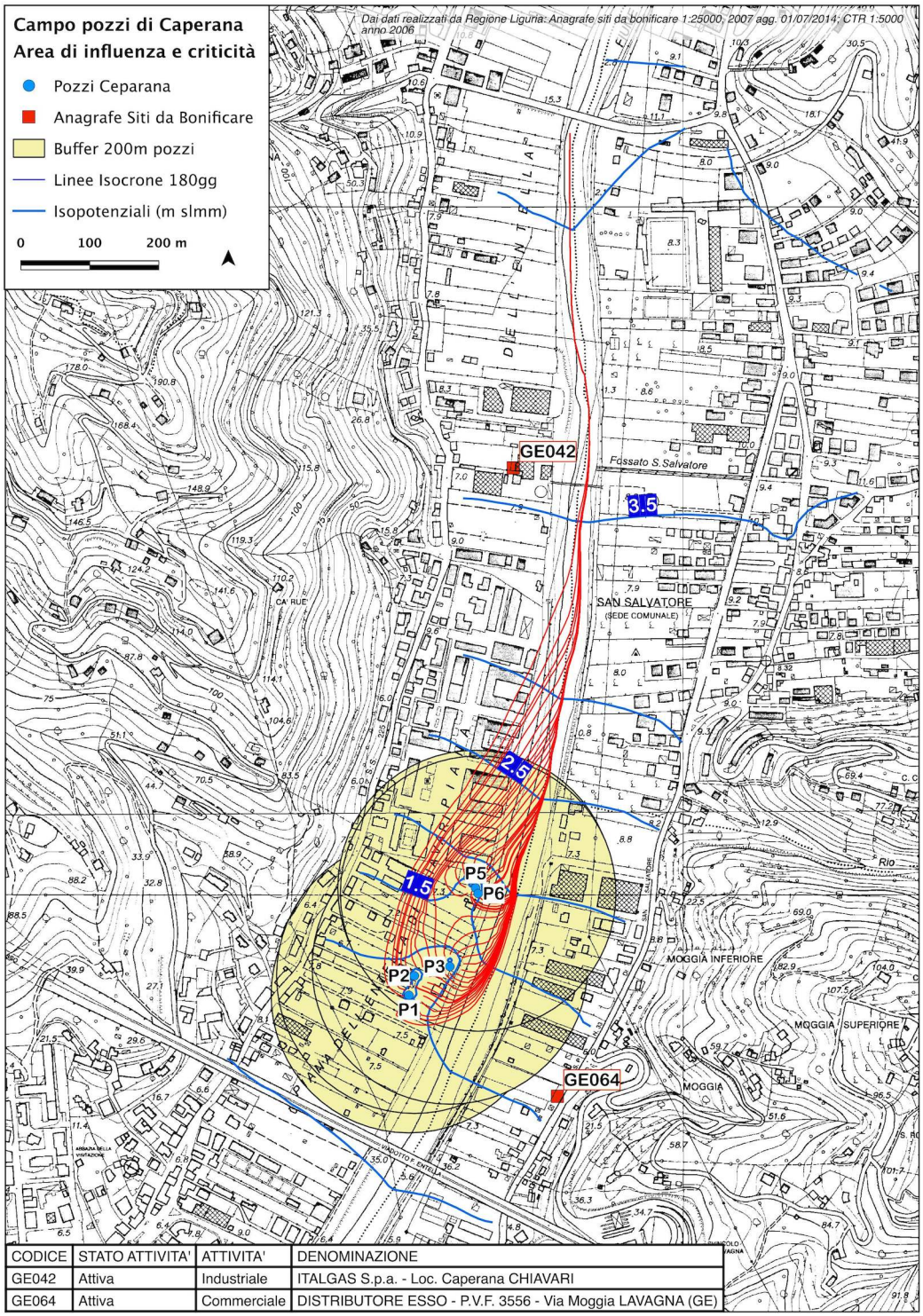


Figura 6.37 Isocrone a 100 giorni (linee rosse) – tempo massimo di sicurezza per la sopravvivenza di buona parte dei virus più comuni trasportati in acqua; in blu le equipotenziali in metri sul livello medio marino (equidistanza 0,5 m).

Isocrone dei 180 giorni del campo pozzi di Caperana

La figura seguente fornisce un'interpretazione delle isocrone (linee rosse) dei 180 giorni corrispondenti, secondo il criterio temporale alla ***zona di rispetto allargata a 180 giorni***, calcolate cautelativamente a partire dall'esterno del campo pozzi (scala grafica); in azzurro la piezometria relativa al periodo estivo (luglio-agosto) con valori in m sul livello medio marino ed equidistanza pari a 0,5 m.



CODICE	STATO ATTIVITA'	ATTIVITA'	DENOMINAZIONE
GE042	Attiva	Industriale	ITALGAS S.p.a. - Loc. Caperana CHIAVARI
GE064	Attiva	Commerciale	DISTRIBUTORE ESSO - P.V.F. 3556 - Via Moggia LAVAGNA (GE)

Figura 6.38 Isocrone a 180 giorni (linee rosse) - zona di rispetto allargata a 180 giorni; in blu le equipotenziali in metri sul livello medio marino (equidistanza 0,5 m).

Isocrone dei 365 giorni del campo pozzi di Caperana

La figura seguente fornisce un'interpretazione delle isocrone (linee rosse) dei 365 giorni corrispondenti, secondo il criterio temporale, alla ***zona di rispetto allargata a 365 giorni***, calcolate cautelativamente a partire dall'esterno del campo pozzi (scala grafica); in azzurro la piezometria relativa al periodo estivo (luglio-agosto) con valori in m sul livello medio marino ed equidistanza pari a 0,5 m.

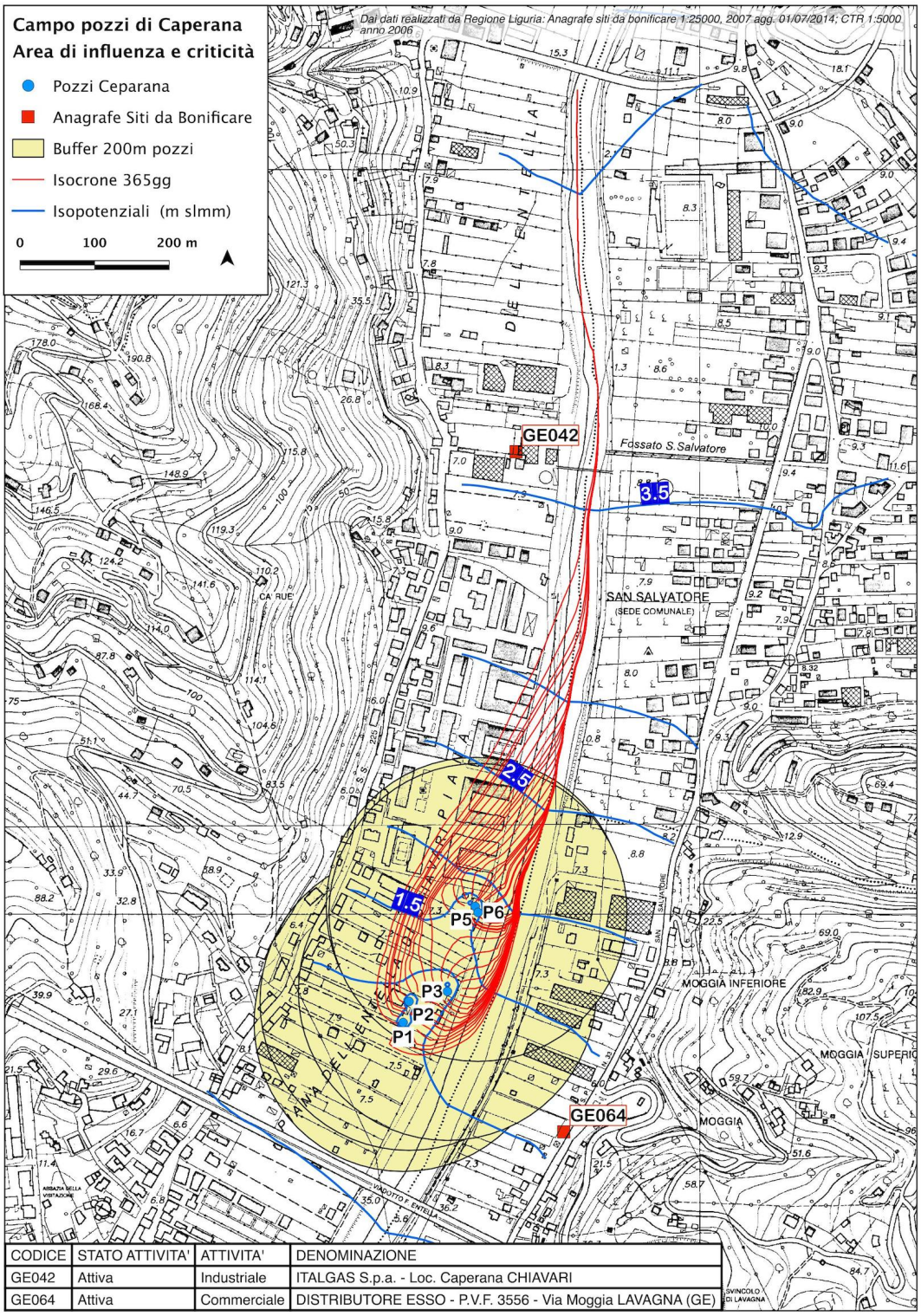


Figura 6.39. Isocrone a 365 giorni (linee rosse) - zona di rispetto allargata a 180 giorni; in blu le equipotenziali in metri sul livello medio marino (equidistanza 0,5 m).

6.3.7 Considerazioni sulle isocrone e relativa zona di cattura

Le isocrone precedentemente illustrate mostrano le linee di flusso che vanno ad alimentare i pozzi di Caperana. La rappresentazione mediante isocrone è di tipo bidimensionale con vista dall'alto; va considerato che i pozzi di Caperana hanno i filtri alla profondità di circa 30 e 16 m dal piano campagna (rispettivamente in pozzi numeri 1, 3, 5 e 2, 6).

Nelle condizioni attuali, con una falda con gradiente del 2.4 per mille circa – ossia con linee di flusso quasi orizzontali - queste rappresentano i tempi di arrivo per eventuali contaminanti che si trovassero grossomodo alla profondità dei filtri. Quindi non è considerato né il tempo necessario per raggiungere la profondità dei filtri né, trattandosi di particelle assolutamente non reattive, il tempo di ritardo nel moto delle particelle per l'eventuale interazione tra contaminante e matrici (solide e/o liquide).

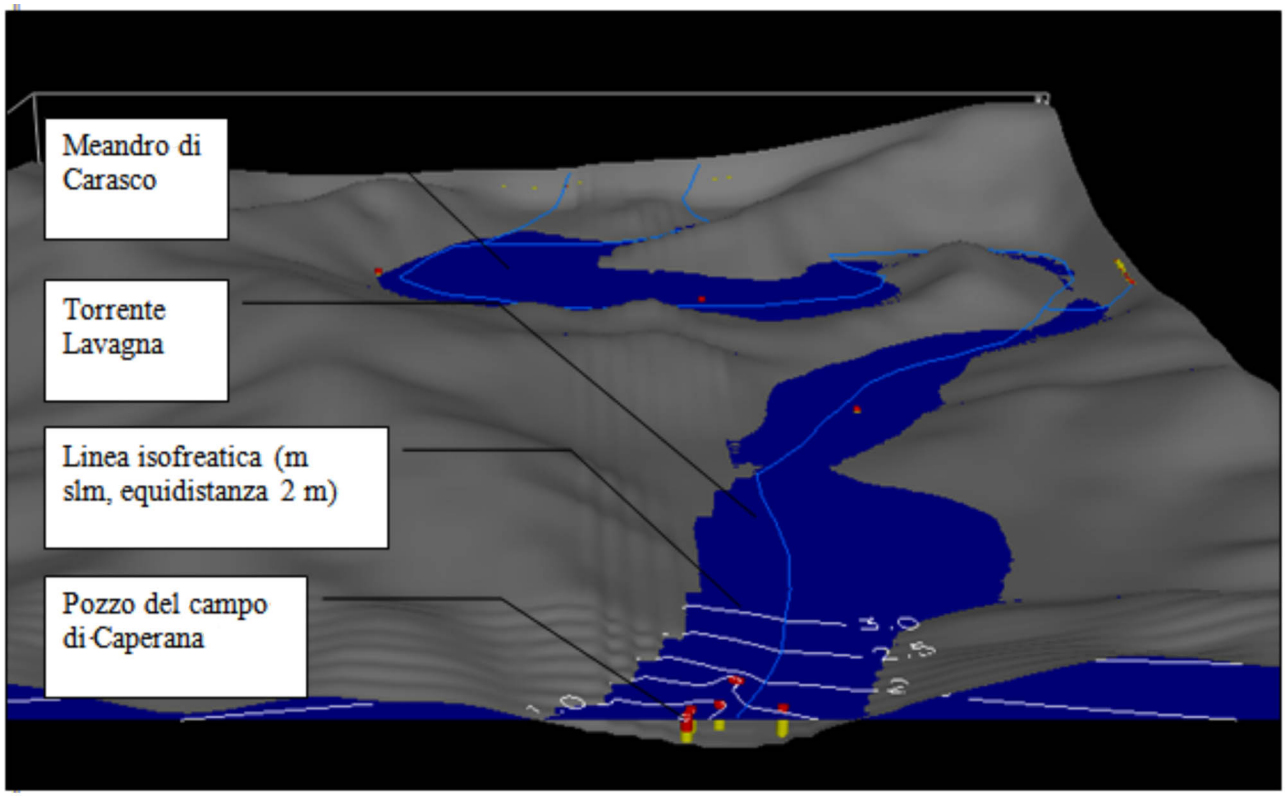


Figura 6.40. Vista prospettica della falda a partire dal campo pozzi di Caperana: in blu la superficie di falda, in grigio il substrato roccioso; i pozzi sono rappresentati con cilindri rossi (in giallo il settore con i filtri).

Ne consegue che l'inviluppo delle linee isocrone definisce un'area estremamente cautelativa, in quanto, nel caso in esame e tralasciando gli eventuali tempi necessari ad attraversare lo spazio insaturo, non si tiene conto di:

- Profondità dei filtri e quindi, con un flusso di falda quasi orizzontale (gradiente del 2.4 per mille circa) della necessità che l'eventuale contaminante raggiunga la profondità dei filtri;
- Eventuali tempi di ritardo per interazioni chimiche tra possibili sostanze idroveicolate e l'acquifero e/o la falda;
- Percorsi non rettilinei conseguenti alle particolarità deposizionali dei depositi alluvionali presenti nella valle, caratterizzati dalla rilevante presenza di lenti irregolari di materiali fini che inducono andamenti intrecciati con un forte aumento dei percorsi e conseguenti perdite di carico.

Le figure seguenti mostrano, in sezione Est-Ovest e indicativamente Nord-Sud, parte di quanto sopra esposto.

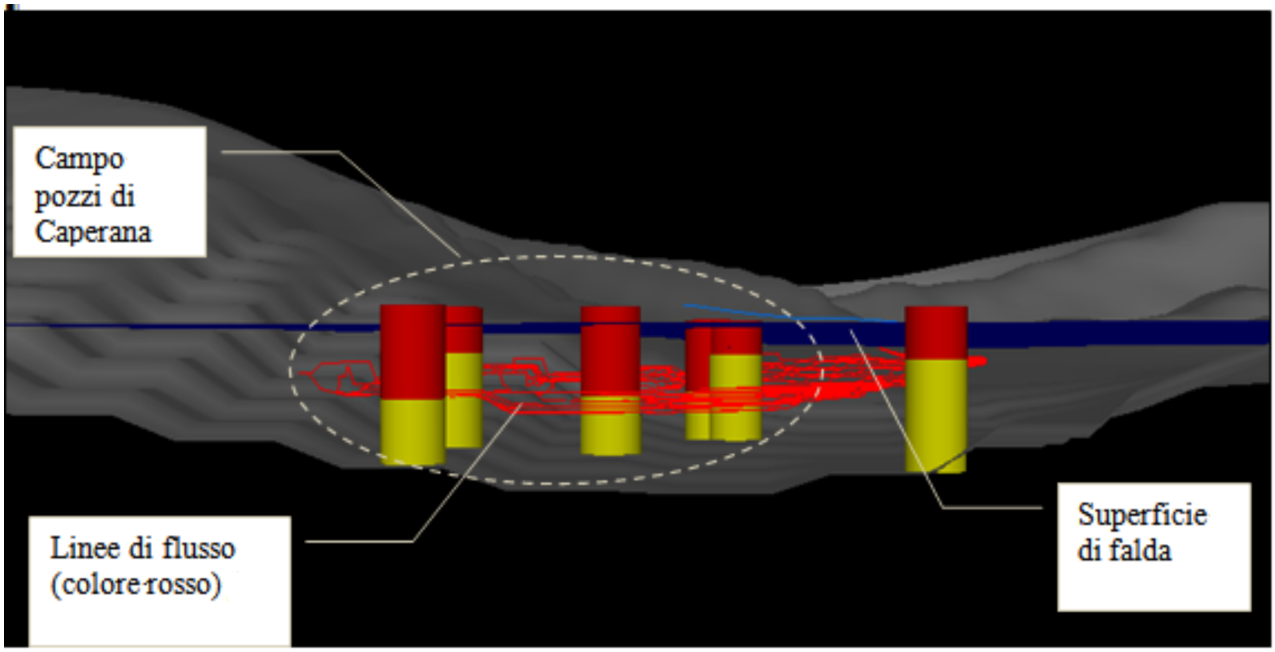


Figura 6.41 Vista da valle verso monte (superficie di taglio verticale con direzione Est – Ovest) delle linee isocrone – colore rosso - ai pozzi di Caperana (parte filtrante in colore giallo, parte non filtrante in colore rosso); la zona blu rappresenta la superficie di falda, in grigio il substrato roccioso.

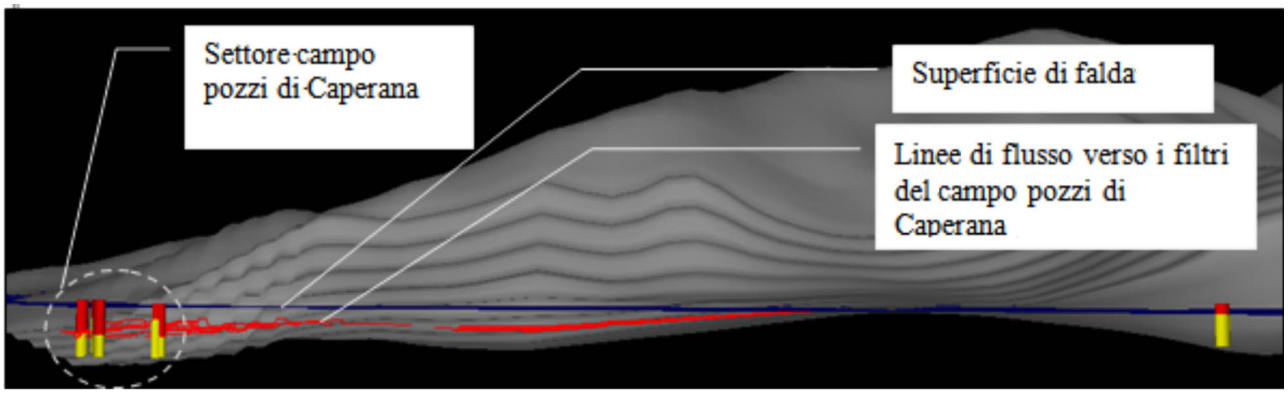


Figura 6.42 Sezione prospettica indicativamente da valle (sinistra) a monte (destra) con vista prospettica verso Est, fattore di esagerazione verticale 2; si nota la profondità delle linee di flusso di alimentazione del campo pozzi (colore rosso) nei confronti della falda idrica (colore blu),), in grigio il substrato roccioso, i pozzi rappresentati con dei cilindri (parte filtrante in colore giallo, parte non filtrante in colore rosso).

Dalle sezioni longitudinali di cui in figura 6.42 si nota come le linee di flusso si trovino al di sotto della superficie di falda per la maggior parte del percorso verso la parte filtrante dei pozzi

6.3.8 Considerazioni sull'ingressione del cuneo salino

Le considerazioni di seguito elencate derivano da precedenti modelli e studi condotti negli anni 2010 – 2011, mirati ad una prima verifica dell'impatto dei prelievi concessi nei confronti del cuneo salino.

Tali modelli avevano come riferimento una campagna di misura della piezometria condotta nell'anno 1991 (periodo autunnale) in assenza di interferenze antropiche (cfr. la figura seguente).

In particolare per quanto riguarda la piezometria statica è stata presa a riferimento per la taratura una campagna di misure che ha interessato l'intero settore di riferimento dal meandro di Carasco sino alla foce del Fiume Entella, eseguita nell'ottobre 1991 in condizioni di assenza di emungimenti dall'acquifero alluvionale.

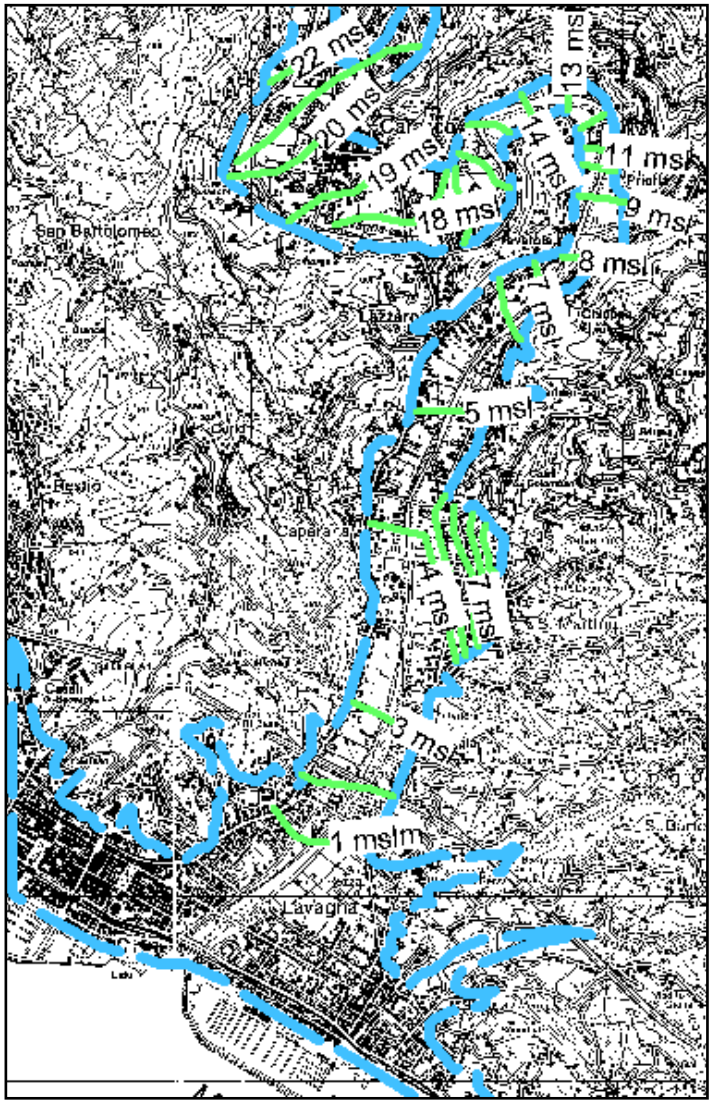


Figura 6.43 Piezometria statica anno 1991; linee isopieze in colore verde, equidistanza 1 m.

Inserendo nel modello gli emungimenti dei pozzi censiti si ottiene una stima dell'effetto dell'ingressione del cuneo salino determinato dall'attività antropica.

Nel seguito sono illustrati i risultati ottenuti da tali scenari di modellazione.

Per verificare le condizioni di ingressione dell'acqua salata in seguito all'attivazione dei diversi campi pozzi è stato adottato un regime di pompaggio di tipo cautelativo: si sono assunti i valori

massimi concessi per tutti i campi pozzi ad eccezione di quelli di viale Kasman e Moggia, in cui sono stati considerati i valori medi ed i valori massimi limitatamente al solo periodo estivo, da metà giugno a fine settembre; le condizioni di partenza sono quelle di una falda in regime indisturbato dai pompaggi.

La tabella successiva mostra le portate assunte nelle simulazioni per quanto riguarda i pozzi di viale Kasman e di Moggia nei vari periodi di sfruttamento (invernale e primaverile, estivo – da metà giugno a fine settembre - e autunnale).

Tempo inizio (giorni)	Tempo fine (giorni)	Periodo	Portata complessiva attuale da Kasman m^3/giorno	Portata complessiva attuale da Moggia m^3/giorno	Totale Kasman + Moggia m^3/giorno
0	165	Invernale-primaverile	~15.550	~5.960	~21.510
165	270	Estivo	21.600	~7.930	~29.530
270	365	Autunnale-invernale	15.550	~5.960	~21.510

Tabella 6.12 Portate di riferimento assunte nel modello per i campi pozzi di Kasman e Moggia nei diversi periodi.

Tale contesto dovrebbe simulare (con un approccio cautelativo) la situazione attuale.

Le figure seguenti riportano una serie di sezioni orizzontali a profondità crescenti che mostrano la posizione del cuneo salino in diversi periodi dell'anno: alla fine del periodo di emungimenti massimi estivi e alla fine dell'anno, successivamente alla ricarica dei mesi di ottobre, novembre e dicembre.

Condizioni 5 m sotto il livello medio marino - Situazione al termine del periodo estivo e al termine dell'anno.

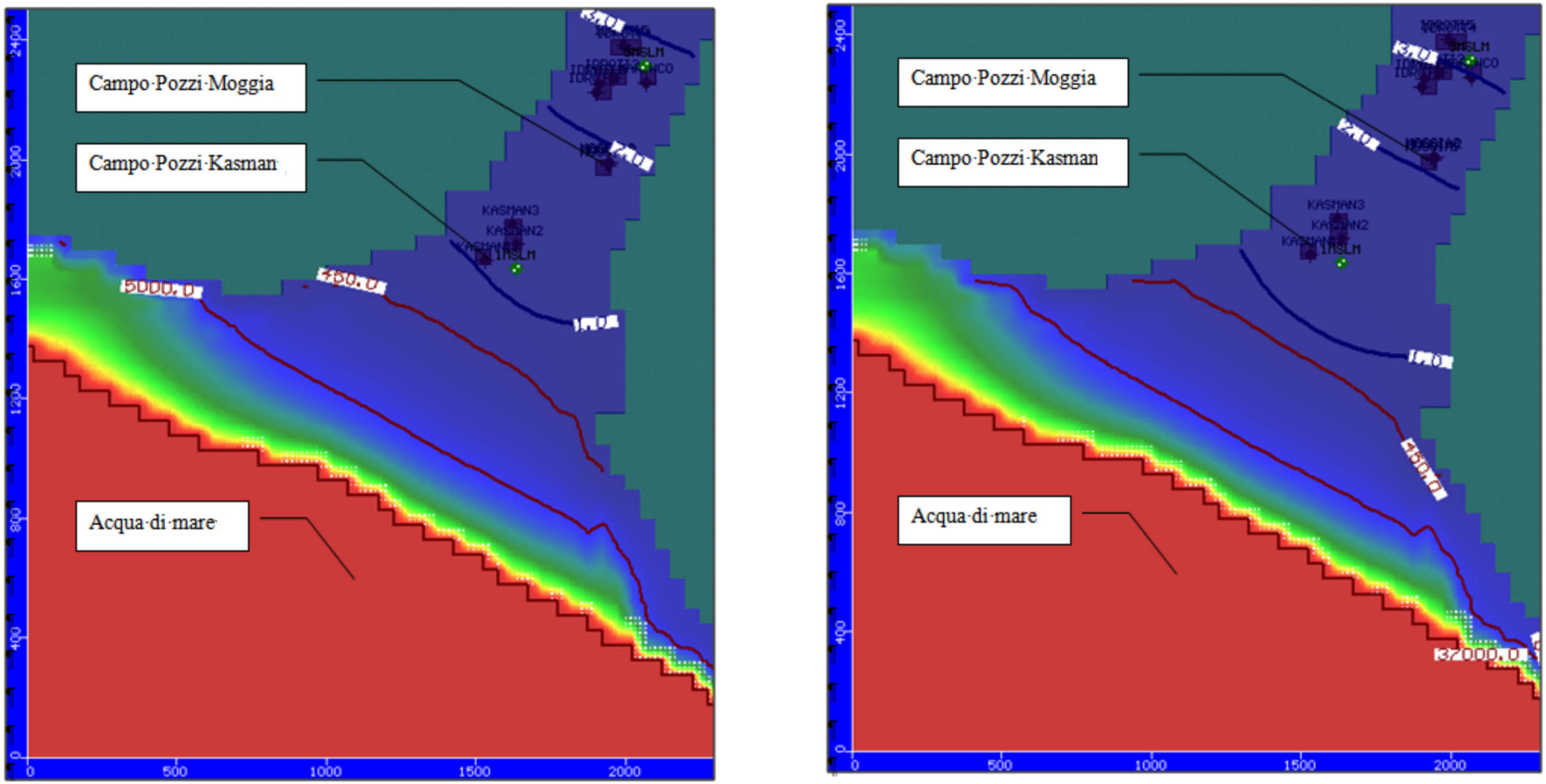


Figura 6.44 Piezometria del settore terminale del Fiume Entella secondo i risultati delle modellazioni eseguite (valori delle isofreatiche in metri slm, equidistanza 1m, colore blu) come ipotizzata essere al termine del periodo estivo, 5 m a sinistra e a fine anno a destra, sotto il livello medio marino; in marrone le isoconcentrazione (valori in mg/l).

Condizioni 15 m sotto il livello medio marino - Situazione al termine del periodo estivo ed al termine dell'anno.

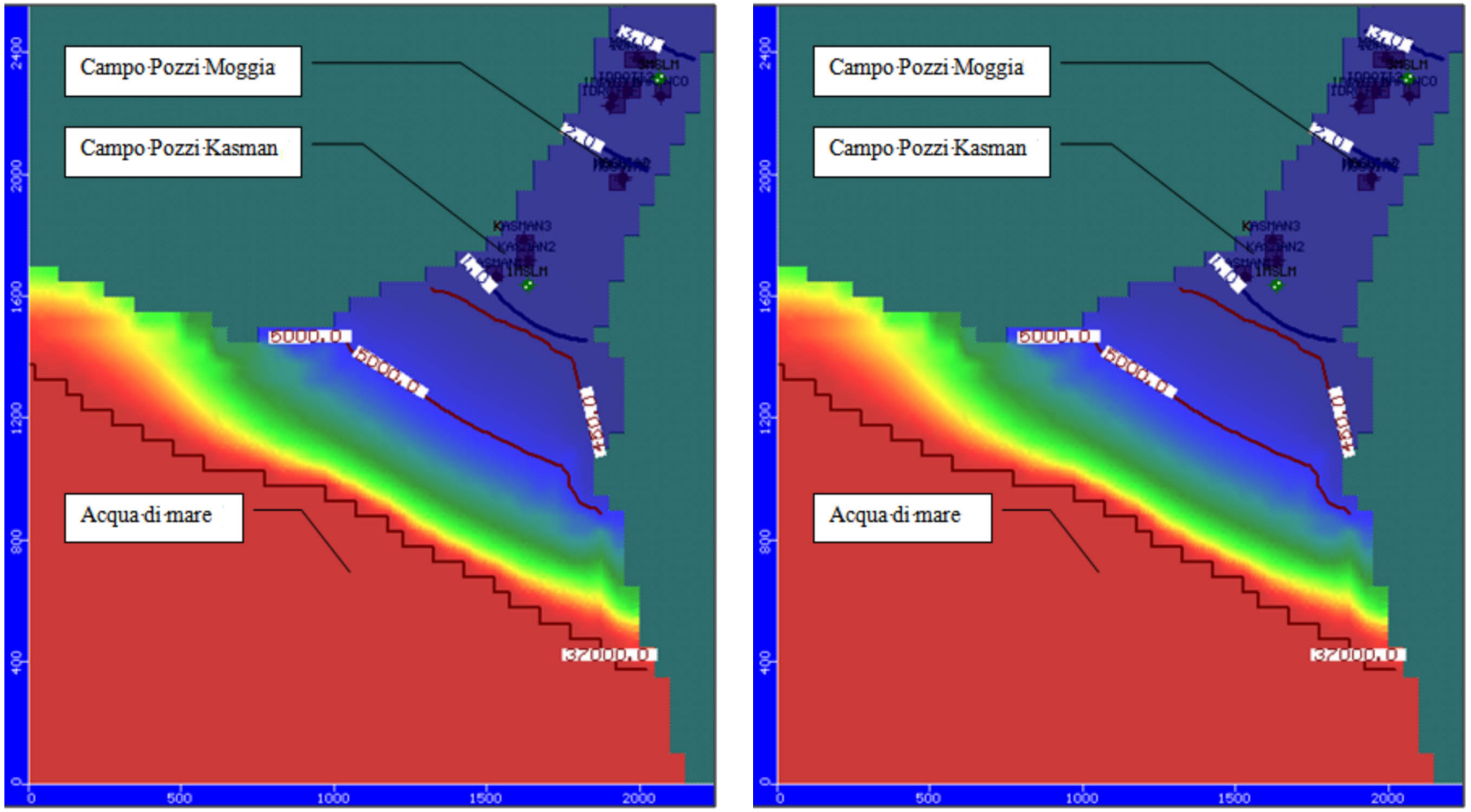


Figura 6.45 Piezometria del settore terminale del Fiume Entella secondo i risultati delle modellazioni eseguite (valori delle isofreatiche in metri slm, equidistanza 1m, colore blu) come ipotizzata essere al termine del periodo estivo, 15 m a sinistra e a fine anno, a destra, sotto il livello medio marino; in marrone le isoconcentrazione (valori in mg/l).

Condizioni 45 m sotto il livello medio marino -Situazione al termine del periodo estivo ed al termine dell'anno

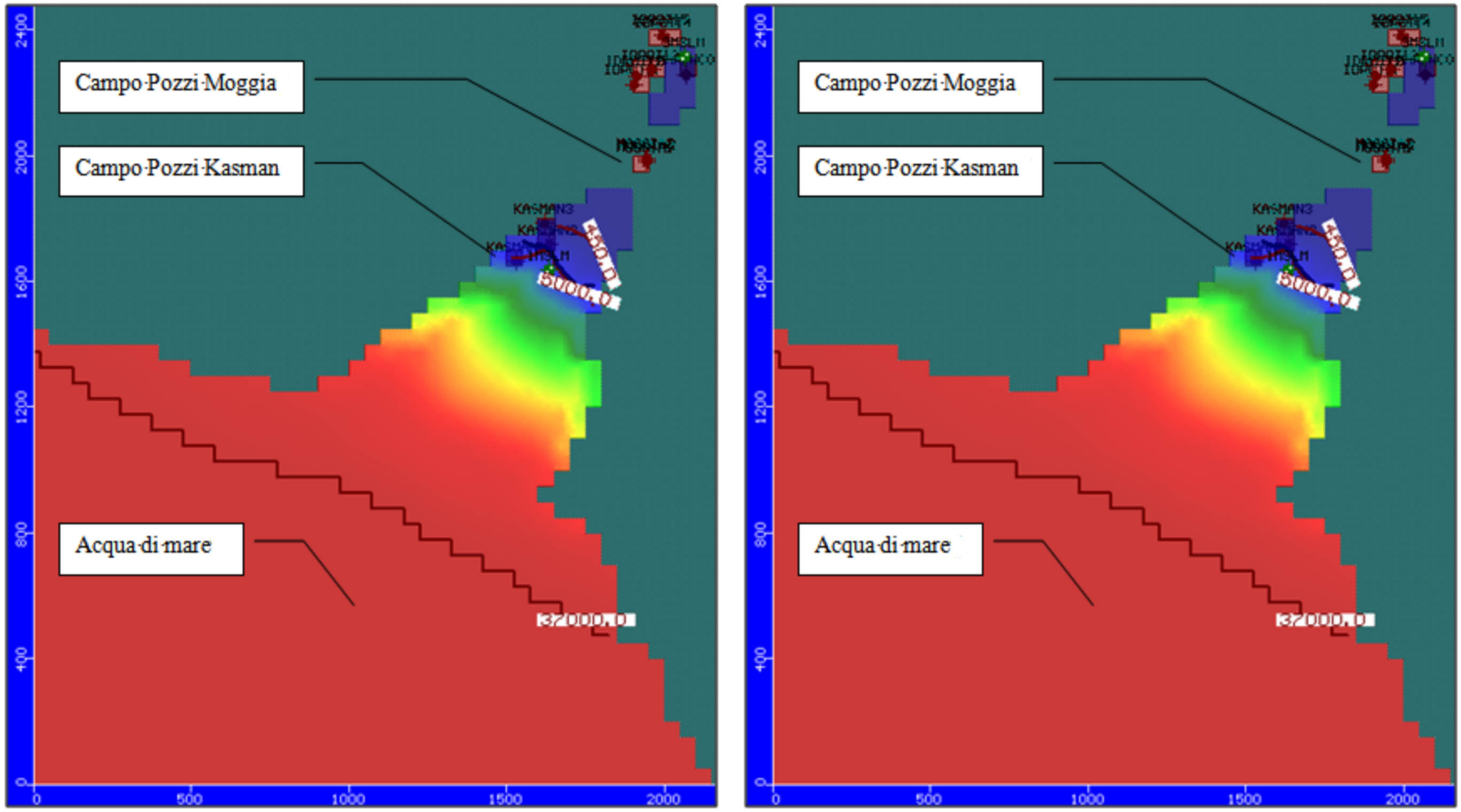


Figura 6.46 Piezometria del settore terminale del Fiume Entella secondo i risultati delle modellazioni eseguite (valori delle isofreatiche in metri slm, equidistanza 1m, colore blu) come ipotizzata essere al termine del periodo estivo, 45 m a sinistra e a fine anno, a destra sotto il livello medio marino; in marrone le isoconcentrazione (valori in mg/l).

L'ingressione del cuneo salino verso campo pozzi Kasman.

Nel seguito si illustrano una serie di sezioni, orientate Nord-Sud e passanti per il campo pozzi di viale Kasman, che mostrano l'evoluzione temporale (nell'arco di un anno) del fenomeno di ingressione del cuneo salino in conseguenza dei pompaggi, a partire indicativamente dalla condizioni di regime di deflusso di falda indisturbato (condizioni in assenza di pompaggi).

Dalle sezioni si evince quanto segue:

- Il raggiungimento di condizioni di equilibrio tra i 150 e i 165 giorni di pompaggio;
- Si origina una progressiva ingressione del cuneo salino (oltre a quella storica iniziale dovuta all'avvio dei vari campi pozzi) a partire dal periodo di intenso emungimento estivo (dopo circa 165 giorni);
- L'ingressione conseguente al pompaggio estivo è parzialmente recuperata con il ritorno a regimi medi di portate emunte nel periodo autunnale.

A seguire una serie di sezioni poste indicativamente da monte a valle lungo il settore di viale Kasman, illustrano il fenomeno di ingressione del cuneo salino in conseguenza dei pompaggi attuali (modellazione con approccio cautelativo).

Nelle sezioni seguenti il campo pozzi di viale Kasman è indicato con una colonna verticale bianca e le colorazioni seguono la legenda; sulla sinistra la linea di costa, sulla destra l'acquifero.

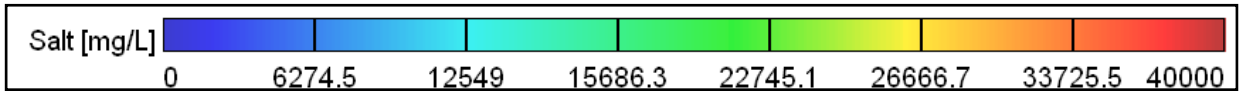
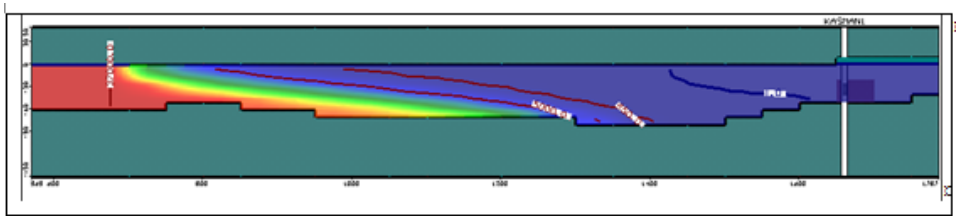
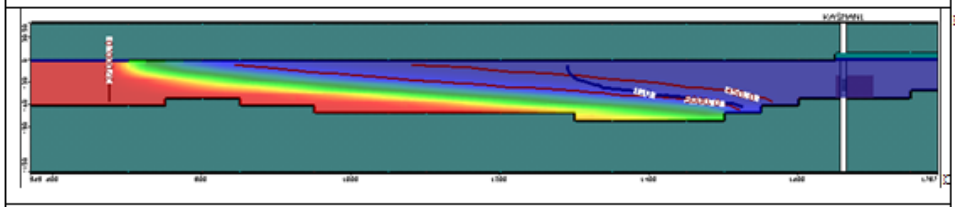


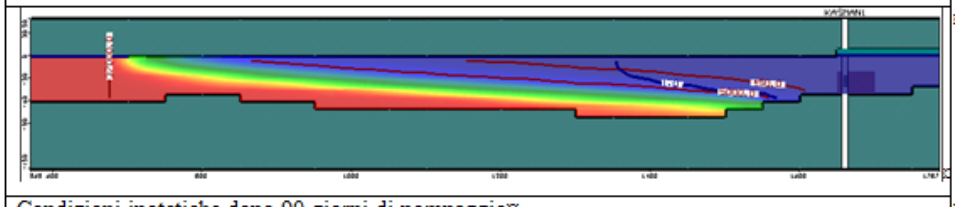
Figura 6.47 Legenda, colorazioni di isoconcentrazione per le sezioni seguenti.



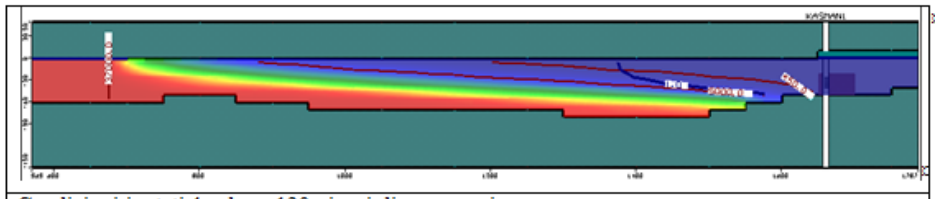
Condizioni ipotetiche quasi iniziali (dopo 30 giorni di pompaggio a partire da condizioni indisturbate in assenza di pozzi operativi)



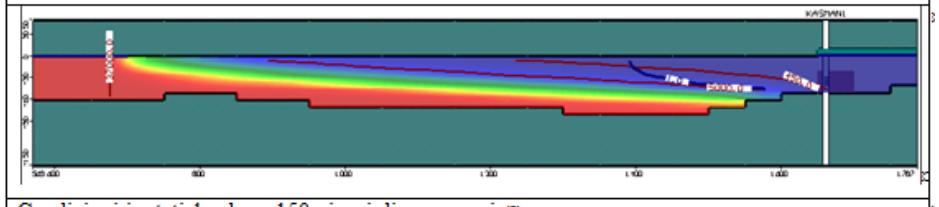
Condizioni ipotetiche dopo 60 giorni di pompaggio



Condizioni ipotetiche dopo 90 giorni di pompaggio



Condizioni ipotetiche dopo 120 giorni di pompaggio



Condizioni ipotetiche dopo 150 giorni di pompaggio

Figura 6.48 Sezioni Nord Sud passanti per il campo pozzi viale Kasman (Chiavari), rappresentative delle condizioni di ingressione del cuneo salino in conseguenza dei pompaggi, il campo pozzi di viale Kasman è indicato con una colonna verticale bianca e le colorazioni seguono la legenda in fig. 6.46; sulla sinistra la linea di costa, sulla destra l'acquifero.

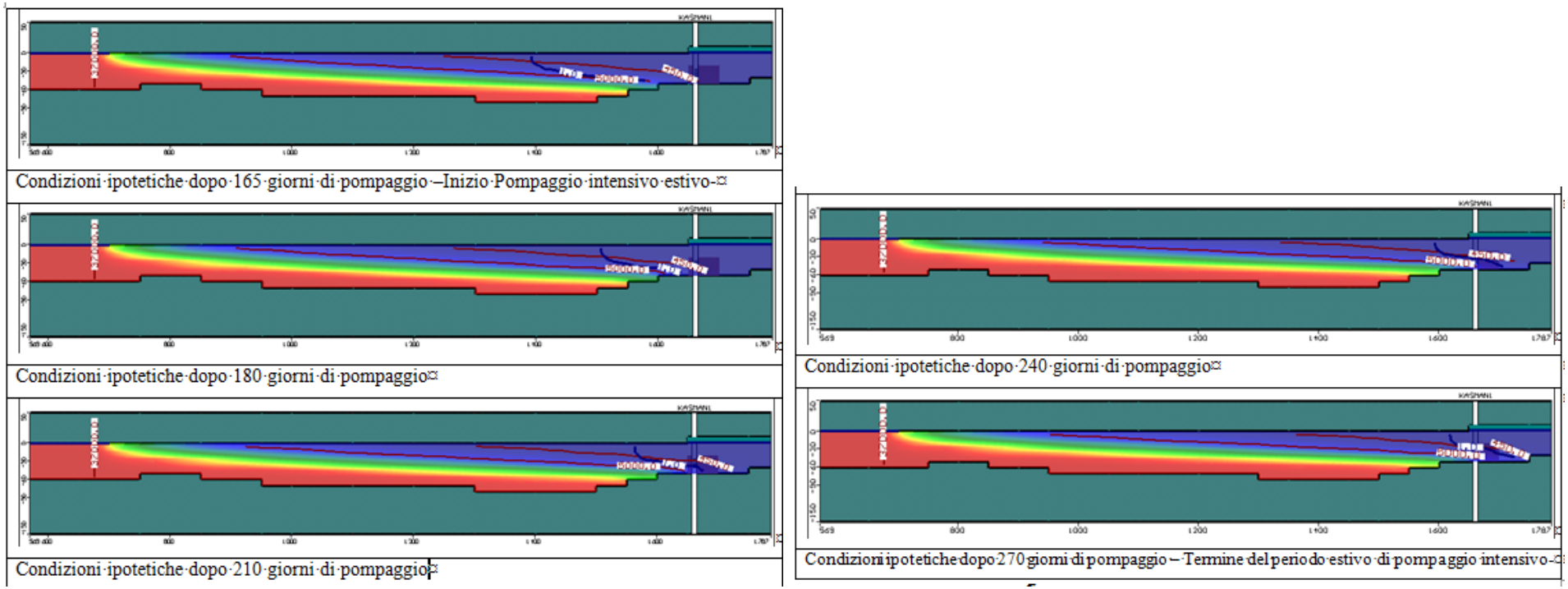


Figura 6.49 Sezioni Nord Sud passanti per il campo pozzi viale Kasman (Chiavari), rappresentative delle condizioni di ingressione del cuneo salino in conseguenza dei pompaggi, il campo pozzi di viale Kasman è indicato con una colonna verticale bianca e le colorazioni seguono la legenda in fig. 6.46; sulla sinistra la linea di costa, sulla destra l'acquifero.

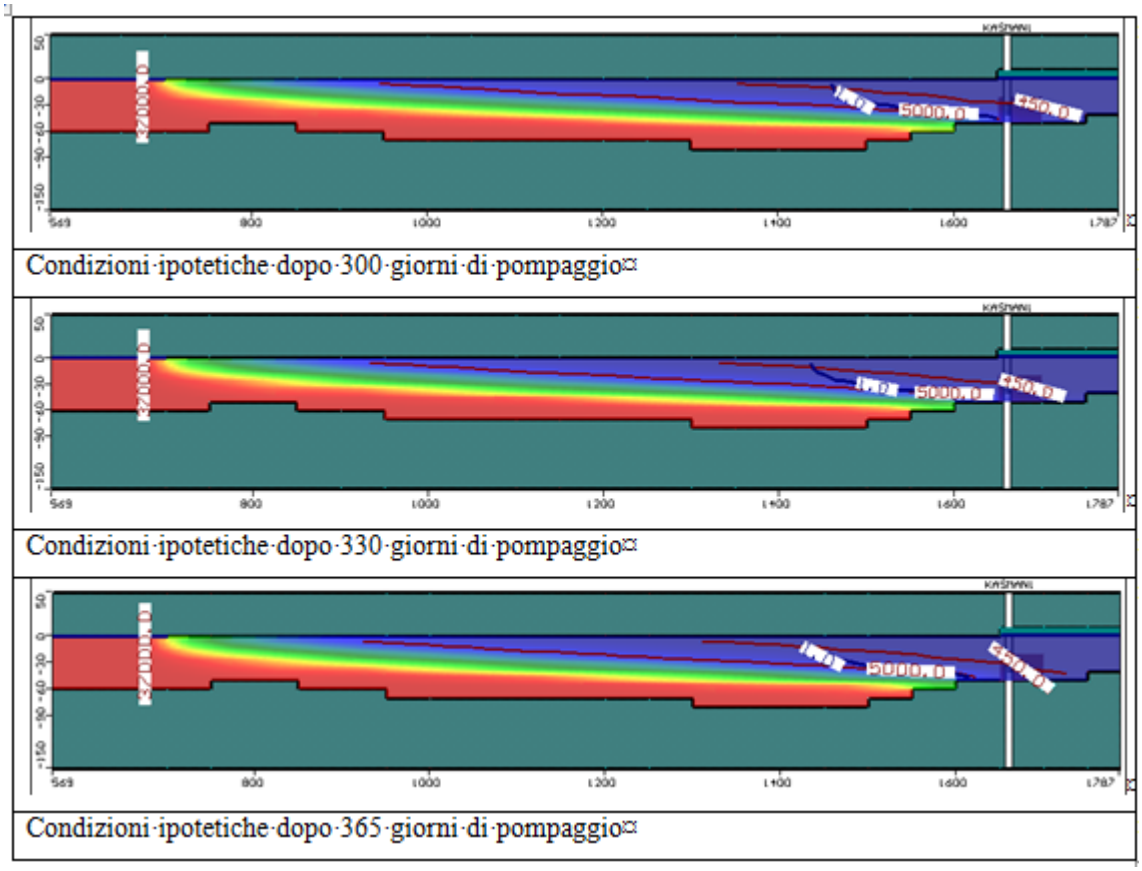


Figura 6.50 Sezioni Nord Sud passanti per il campo pozzi viale Kasman (Chiavari), rappresentative delle condizioni di ingressione del cuneo salino in conseguenza dei pompaggi, il campo pozzi di viale Kasman è indicato con una colonna verticale bianca e le colorazioni seguono la legenda in fig. 6.46; sulla sinistra la linea di costa, sulla destra l'acquifero.

Da tali analisi si evince quanto segue:

- Il notevole effetto di richiamo del cuneo salino da parte dei pozzi allestiti; tale effetto si è verificato soprattutto durate il secolo scorso;
- Un avanzamento estivo durante le fasi di emungimento massimo dei campi pozzi presenti; tale effetto sembrerebbe essere recuperato nel successivo periodo autunnale ed invernale.

Dagli studi a oggi compiuti risulta inoltre che l'avanzamento del cuneo salino è comunque contrastato dalla presenza di un alto morfologico del substrato roccioso e dalla configurazione stessa del rifrattore roccioso che sale progressivamente spostandosi da mare verso monte.

6.3.9 Considerazioni conclusive

È stato appositamente allestito un primo modello matematico a soluzione numerica tridimensionale di flusso di falda per valutare le condizioni di deflusso dell'acquifero alluvionale del Fiume Entella (tratto con lunghezza indicativa di circa 8 km).

Il modello è stato costruito sulla base dei dati reperiti: concessioni di sfruttamento, precedenti rapporti e modelli relativi al settore, valori comunicati dalle società acquedottistiche, studi appositamente dedicati (cfr. la bibliografia per maggiori dettagli).

Il modello ripropone le principali idrostrutture del settore: l'acquifero alluvionale ed il substrato roccioso che lo contiene e relativo contatto reciproco; il substrato roccioso, data la natura delle rocce presenti, è considerato praticamente impermeabile ai fini del presente studio. Il modello permette di simulare il deflusso di falda nell'acquifero nelle condizioni di massimo emungimento estivo in condizioni stazionarie.

Le analisi eseguite hanno permesso di definire le isocrone e la zona di ricarica del campo pozzi di Caperana che ha un'estensione di circa 0,06 chilometri quadrati ed è localizzata immediatamente a monte del campo pozzi stesso, con una estensione massima in direzione grossomodo settentrionale pari a circa 700 m; la massima estensione in direzione perpendicolare è pari a circa poco meno di 170 m. Va segnalato che tale area è stata definita in modo estremamente cautelativo in quanto non si tiene conto della profondità dei filtri dei pozzi presenti (16 o 30 m dal piano campagna a seconda del pozzo), della possibilità di percorsi non rettilinei in seguito alle modalità deposizionali e di storia geologica dei depositi sedimentari e delle possibili interazioni tra matrici coinvolte (quali ad esempio acqua – acqua e/o acqua – sedimento).

Il modello presentato nel rapporto e relative risultanze rappresenta la sintesi ed il risultato attuale di vari modelli allestiti nel tempo e tuttora in fase di affinamento (via via che si rendono disponibili nuove conoscenze ed approfondimenti nel settore oggetto di studio).

Sono stati, infine, utilizzati gli esiti di precedenti studi e analisi modellistiche (anni 2010 e fine 2011) per definire gli impatti dei campi pozzi nei confronti dell'ingressione del cuneo salino.

L'impatto è stato significativo in occasione dell'attivazione di tali pozzi, avvenuta nel secolo scorso; attualmente sembrerebbe vigere un regime di equilibrio dinamico che determina avanzamenti del cuneo durante i pompaggi estivi ed una ritirata nel successivo periodo autunnale ed invernale.

Tale regime di equilibrio porta l'acqua salmastra ad arrivare al limite del campo pozzi di viale Kasman al termine del periodo estivo; l'avanzamento del cuneo salino risulta comunque contrastato naturalmente dalle caratteristiche morfologiche e di posizione del rifrattore roccioso al di sotto del corpo alluvionale.

La definizione di questo limite appare tranquillizzante rispetto al suo possibile avanzamento resta comunque importante mitigare questo fenomeno attraverso la possibile attenuazione del picco dei prelievi estivi.

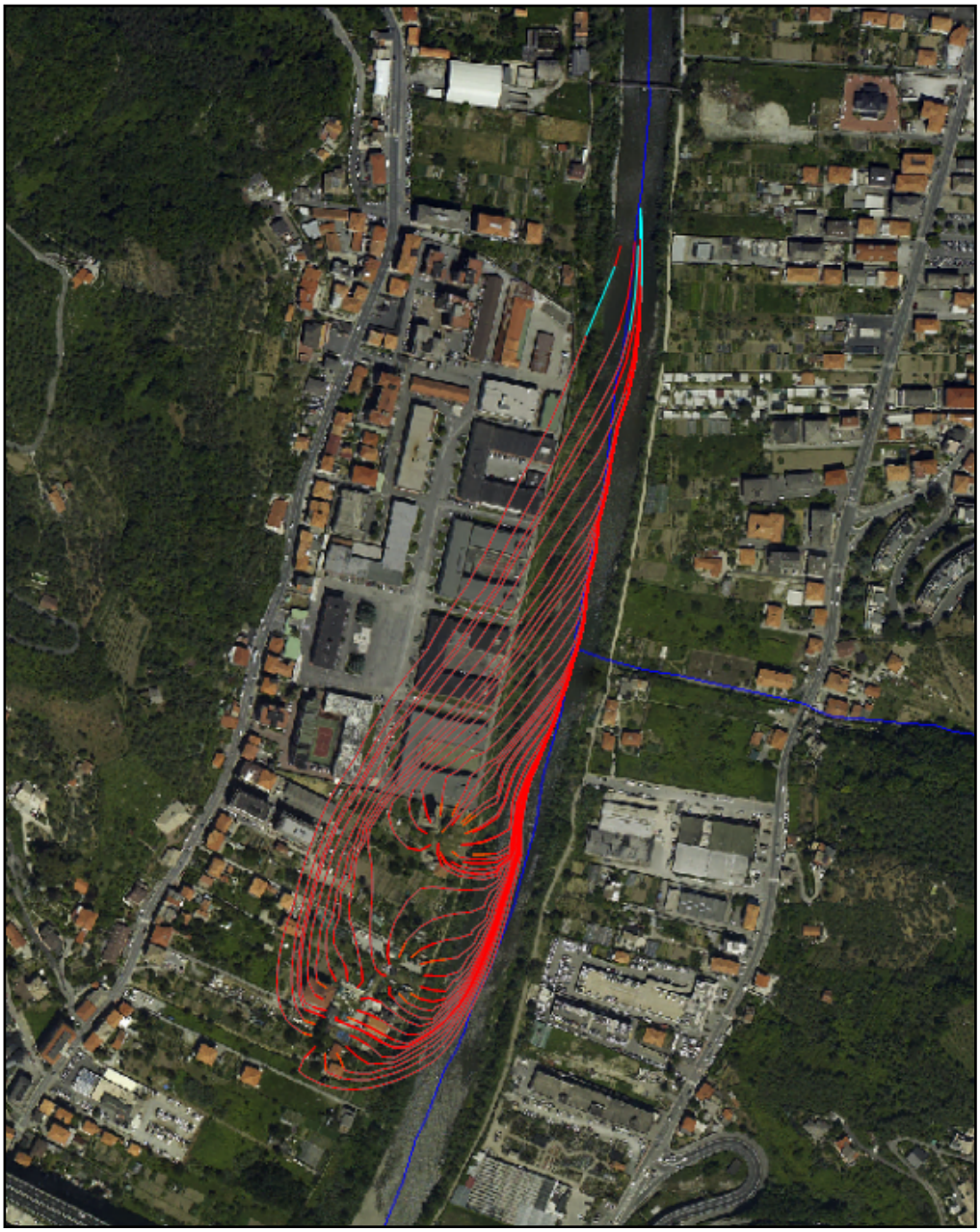


Figura 6.51 Vista indicativa su ortofoto della porzione di territorio (ottenuta dall'inviluppo delle linee rosse) sovrastante le linee di flusso di falda (linee rosse) coinvolte nell'alimentazione del campo pozzi di Caperana.

6.4 Studio geochimico

In data 07/05/2014 è stata inviata al Laboratorio di Geochimica (LGCH) dal committente (Studio Professionale *"G S "* di Genova) una nuova analisi [CAP01] del pozzo 1 di Caperana, già analizzata in un passato recente [come campione MA04] oggetto di una relazione di fine Convenzione nel 2011.

6.4.1 Dati analitici: modalità di acquisizione ed interpretazione

Sui campioni sono state effettuate misure in situ dei parametri labili e, su diverse aliquote di campionamento, analisi di laboratorio su componenti minori ed in tracce. Le misure in-situ hanno riguardato: temperatura, pH, Eh, Solidi Totali Disciolti (TDS), O_2 disciolto. Per il campionamento e le successive analisi di laboratorio sono stati utilizzati opportuni contenitori pre-trattati al fine di evitare contaminazioni.

Per i campioni destinati ad analisi inorganiche si è proceduto ad una operazione di filtraggio con filtri in acetato di cellulosa da 0.45 mm. L'acqua filtrata è stata raccolta in tre distinti contenitori:

- Una bottiglia in PET da 0.5 l per l'analisi degli anioni, del carbonio organico totale, della durezza totale;
- Una bottiglia da 100 ml per la determinazione dell'alcalinità dei carbonati;
- Una bottiglia da 100 ml cui è stato addizionato 1 cc di HNO_3 concentrato (65%) al fine di evitare la flocculazione dei metalli disciolti.

Per i campioni destinati alle analisi batteriologiche ed organiche, l'acqua è stata collezionata direttamente senza previa filtrazione in quattro distinti contenitori:

- Bottiglia sterile da 0.5 l trattata con sodio tio-solfato per analisi batteriologiche (coliformi totali, coliformi fecali e streptococchi fecali);
- Fiala in vetro pirex da 40 ml per analisi di idrocarburi (benzene, toluene, xilene);
- Fiala in vetro da 5 ml a chiusura ermetica (campioni prelevati con pipetta sterile in materiale plastico) contenente sodio tio-solfato, per analisi T.H.M.;
- Bottiglia in vetro da 250 ml per analisi degli A.O.X.

I campioni, nel lasso di tempo intercorrente tra campionamento e spedizione ai laboratori analitici sono stati mantenuti a bassa T (3 °C).

I valori degli elementi maggiori e dei parametri labili sono riportate in tabella 6.13.

Tabella (1): Parametri chimico fisici, labili ed elementi maggiori per i campioni studiati. In grassetto: misurazioni in situ. Le analisi sono state condotte dai laboratori IREN (Genova) e fornite dal committente. Viene riportato anche il campione siglato MA04 come riferimento, rappresentativo del medesimo acquifero e oggetto del rapporto precedente.

Parametro	MA04	CAP01
T (°C)	**14.90**	**14.5**
pH	**7.48**	**8.40**
Eh (mV)	**60**	**96**
O_2 disciolto	**0.50**	**3.5**
COND. (µS/cm)	**320**	**333**
TDS (mg/l)	**155**	**160**
NO_3 (mg/l)	3.10	4.0
NO_2 (mg/l)	<0.01	<0.01
NH_4 (mg/l)	<0.02	<0.02
Cl (mg/l)	11.20	8.60
SO_4 (mg/l)	10.40	10.6
Alc (HCO_3) (mg/l)	136.25	138.75
fosf. Solubile P_2O_5 (mg/l)	26.00	<20.00
SiO_2 (mg/l)	11	9.5
Na (mg/l)	9.2	7.9
Fe (mg/l)	<0.001	0.023
Mg (mg/l)	7.70	6.7
Ca (mg/l)	44	40.4
K (mg/l)	0.8	0.7
Cr (mg/l)	0.002	0.004
Pb (mg/l)	0.002	0.003
Al (mg/l)	<0.001	0.011
Ni (mg/l)	<0.001	0.001

Tabella 6.13 Valori degli elementi maggiori e dei parametri labili.

Per ciò che concerne i parametri labili, il confronto tra il valore di Eh (misurato con elettrodo in Pt) e O_2 disciolto (sonda polarografica a membrana di teflon, con catodo in Pt ed anodo in AgCl) rispeto ai campioni dei pozzi oggetto del rapporto precedente denota un deciso spostamento verso condizioni più ossigenate (da 0.5 a 3.5 mg/l) con un miglioramento delle proprietà ossidanti rispetto al campione MA04, che, ricordiamo, rappresenta un campione del medesimo acquifero ma analizzato in altra data (gennaio 2010) (Figura 6.52). Il pH incrementa di una unità passando da 7.48 a 8.40.

I cationi e gli anioni principali mostrano un contenuto assoluto minore rispetto al campione MA04 mentre l'Al che non era stato rilevato, nel campione CAP01 è pari a 11 ppb. Le specie inorganiche a base fosforo non sono state rilevate.

Per quanto riguarda gli elementi in tracce il Fe (23 ppb) sale sopra il limite di rilevabilità. La presenza di un tenore di O_2 più elevato porta ad un leggerissimo aumento di NO3 ma non si notano variazioni per le specie azotate più ridotte che rimangono sotto il limite di detezione.

Il Cr pur aumentando si mantiene sempre sotto il limite di 5 ppb.

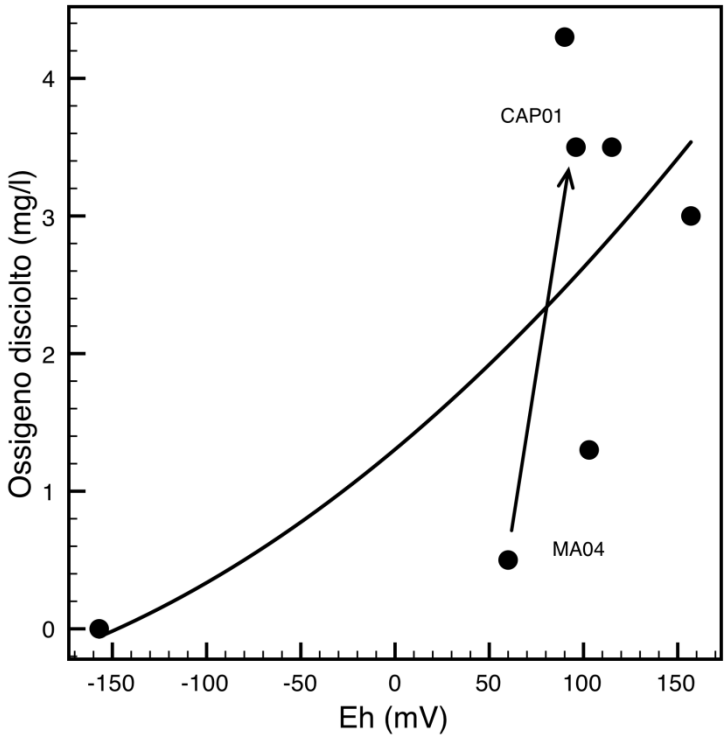


Figura 6.52 Valore di Eh di sistema in rapporto al tenore in O_2 disciolto.

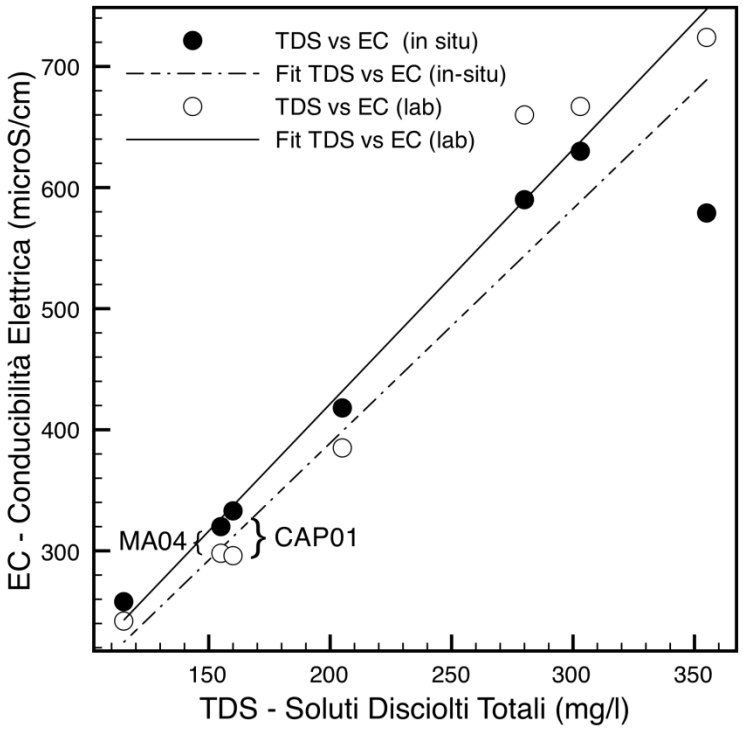


Figura 6.53 Misure di conducibilità (in-situ ed in laboratorio) in rapporto al valore TDS.

La figura 6.53 riporta il medesimo set di campioni da cui si evince che il contenuto di soluti disciolti e il valore di conducibilità è sostanzialmente inalterato tra MA04 e CAP01.

Nel grafico sono riportate due rette di regressione per mettere a confronto i dati di conducibilità acquisiti in-situ ed in laboratorio.

Le analisi dei componenti in tracce sono riportate in tabella 6.13. In base ai dati analitici IREN si rileva che il Cromo totale incrementa il suo contenuto passando da 2 a 4 ppb e che il Nickel diventa rilevabile al di sopra del limite di detezione, pur rimanendo al di sotto dei limiti di legge.

- Classificazione commerciale: immutato rispetto a MA04

- Sintesi batteriologica e parametri di legge

In Appendice è raccolta la documentazione analitica del laboratorio IREN relativa a vari parametri chimici normati dalle vigenti leggi ed all'analisi batteriologica.

In estrema sintesi si evince quanto segue. Vengono riportati solo gli analiti con un valore di parametro superiore al limite di detezione.

- Parametri chimici ai sensi del D.Lgs. 30 del 2009

Organici - tutti al di sotto del limite di rilevabilità, pertanto entro i limiti di legge

Cromo - non eccede il limite di 50 mg/l (Cr totale)

Piombo - non eccede il limite di 10 mg/l

Nickel - non eccede il limite di 20 mg/l

NO_3 - non eccede il limite di 50 mg/l

- Parametri indicatori ai sensi del D.Lgs. 30 del 2009 e D. Lgs. 31 del 2001

Alluminio- entro il limite stabilito di 200 mg/l (D. Lgs. 31 del 2001)

Ferro- entro il limite stabilito di 200 mg/l (D. Lgs. 31 del 2001)

Solfato - entro il limite stabilito di 250 mg/l

Sodio - entro il limite stabilito di 200 mg/l (D. Lgs. 31 del 2001)

Batteri c. – non presenti

- Parametri microbiologici ai sensi del D.Lgs. 30 del 2009

Escherichia coli - non presenti

6.4.2 Calcoli di speciazione

I risultati dei calcoli di speciazione condotti con il codice PHREEQC 3.0 sono riportati per esteso in Appendice e ne vengono qui riassunti i risultati salienti per comodità.

Campione CAP01

Sono state assegnate in input le condizioni di pH, Eh di sistema, O_2 disciolto e temperatura misurate in situ. In particolare le condizioni redox sono state impostate sul valore di Eh di sistema misurato in-situ. Il calcolo indica uno sbilanciamento di carica pari ll'1,66%, entro i limiti di variabilità del +/-5% per cui non si modifica la modalità di imposizione del bilancio di carica.

Il calcolo converge al metodo ibrido Newton-Raphson in 9 passi. La soluzione ha forza ionica vera pari a 4.127×10^{-3}. L'alluminio è presente in soluzione in forma preponderante come $[AlO_2]^-$ e subordinatamente come $[HAlO_2]_{aq}$ (due ordini di grandezza inferiore). Il calcio è essenzialmente presente in forma ionica (95%) e subordinatamente come carbonato di calcio (2%). Il cloro è ovviamente presente quasi esclusivamente in forma ionica, così come potassio e sodio. Il magnesio è presente prevalentemente in forma ionica e subordinatamente come bicarbonato. Lo ione solfato (non complessato) rappresenta la quasi totalità dello zolfo in soluzione. Il campione è in equilibrio in carbonati (aragonite, calcite), leggermente sottosaturo per la magnesite e silice amorfa.

6.4.3 Conclusioni

Le caratteristiche principali del campione CAP01 sono del tutto simili al campione MA04. Si tratta di un'acqua la cui origine è principalmente derivante da acque di pioggia di regioni costiere che ha proceduto per reazioni di scambio irreversibili all'interno di reservoirs principalmente costituiti da depositi calcareo-marnosi misti riconducibili alla Formazione del Monte Antola.

La presenza di Fe^{3+} conferma una interazione dell'acqua con eventuali intercalazioni di lenti argillitiche in condizioni ossidanti.

Inoltre le variate condizioni ossido-riduttive verso Eh più positivo (rispetto a MA04), l'incremento della concentrazione di NO_3 e dell'ossigeno disciolto e la leggera diminuzione della concentrazione degli elementi maggiori suggerisce una diluizione dell'acqua di falda da parte delle acque di pioggia conseguente alla ricarica dell'acquifero.

6.5 Sostenibilità dello sfruttamento

Le elaborazioni condotte nell'ambito del "Piano di Bacino Stralcio sul bilancio idrico, il bacino del fiume Entella, Approvato con D.C.P. n°19 del 15.04. 2009, riportano queste considerazioni essenziali, condivisibili:

"La sostenibilità dello sfruttamento degli acquiferi alluvionali rappresenta uno dei nodi cruciali nell'ambito della problematica pianificazione della gestione delle risorse idriche. I mutamenti climatici attuali che investono il nostro pianeta, si manifestano a livello regionale con una tendenza alla tropicalizzazione del clima che si va sempre più caratterizzando per inverni talvolta miti e comunque generalmente poveri di precipitazioni (soprattutto nevose, le più importanti a livello di ricarica delle falde) ed estati caratterizzate da temperature medie tendenzialmente elevate per le nostre latitudini.

Il connubio fra andamento climatico sfavorevole e aumento della domanda d'acqua per gli usi più

comuni (irriguo, umano, industriale, ecc.) porta sempre più spesso a crisi idriche, soprattutto in concomitanza con la stagione estiva. Alla luce di tali considerazioni di carattere generale si intuisce come i serbatoi idrici costituiti dagli acquiferi alluvionali giochino un ruolo di primo piano nell'economia della gestione delle risorse idriche di una provincia come quella di Genova, in primo luogo per la loro posizione, ossia in corrispondenza dei centri urbani maggiormente sviluppati, in secondo luogo poiché costituiscono le più importanti riserve naturali d'acqua dolce attualmente conosciute e sfruttate.

"Il bacino del Fiume Entella, in particolare, è caratterizzato da un acquifero di subalveo di primaria importanza per i comuni di Chiavari e Lavagna. Analizzando la banca dati delle derivazioni complessivamente considerate nell'ambito del presente Piano di Bacino sul Bilancio Idrico si evince come il prelievo da pozzi (ciò che direttamente interessa la falda di subalveo), in tale bacino costituisce la seconda voce di prelievo. Il grafico e la tabella riportati indicano infatti che la voce derivazioni con il 77,0% dei prelievi è quella che incide maggiormente, seguita dai pozzi con il 20,7% e infine dalle sorgenti con il 2,3%."

Questo dato tuttavia non ci permette di escludere l'ipotesi di uno sfruttamento comunque intensivo ai danni della falda di subalveo del Fiume Entella. In realtà occorre evidenziare come la portata al secondo complessivamente derivata esclusivamente dai pozzi che ricadono come ubicazione all'interno del limite dell'acquifero alluvionale ammonti a 773,78 l/s.

E' necessario sottolineare che le derivazioni ad uso idroelettrica e industriale , che rappresentano il 73% totale del prelevato, vengono rilasciate in alveo a valle degli impianti, concorrendo attivamente alla ricarica della falda.

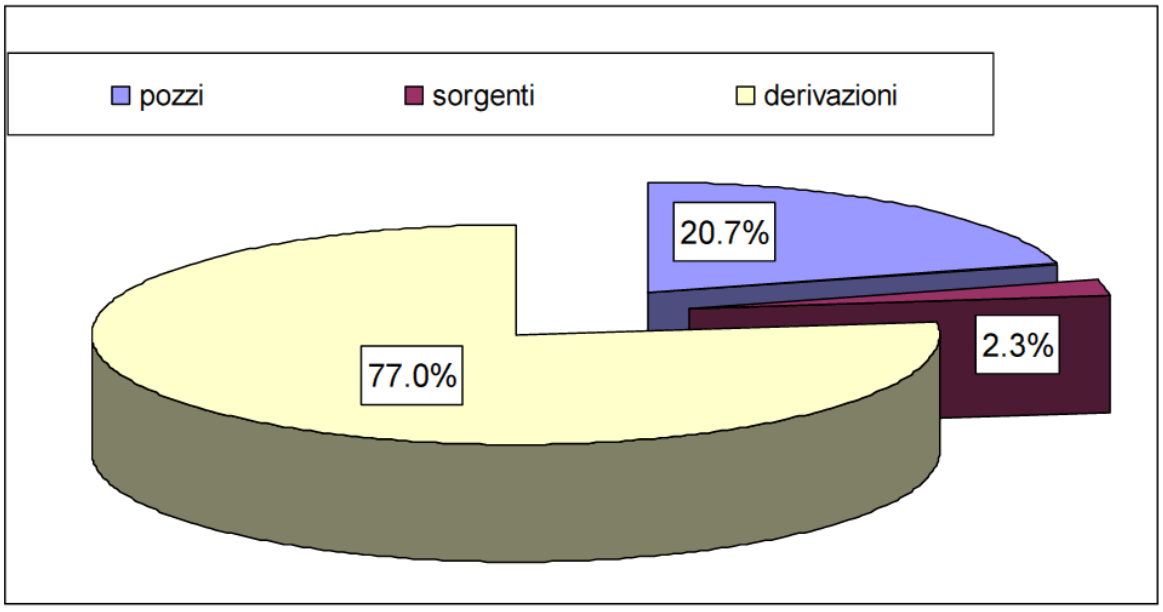


Figura 6.54 Grafico che mostra la distribuzione tipologica del prelievo nel bacino del Fiume Entella. Si osserva come la maggior parte dell'utilizzo d'acqua provenga dalle derivazioni.

	Portata [l/s]	Portata %
Pozzi	792.5	20.7
Sorgenti	87.5	2.3
Derivazioni	2943.41	77.0
Totale	3823.41	100.0

Tabella 6.14 Distribuzione tipologica del prelievo nel bacino del Fiume Entella

PORTATE [l/s]									
USO:	Consumo umano	industriale	idroelettrico	Igienico e assimilati	irriguo	pescicoltura	irrigazione aree sportive e verde pubbl.	altro	Tot.
Derivazioni	46.28	6.68	2775.64	0.00	114.56	0.00	0.00	0.25	2943
Pozzi	744.21	40.02	0.00	2.29	5.98	0.00	0.00	0.00	793
Sorgenti	31.77	2.37	0.00	2.19	50.34	0.00	0.00	0.00	87
Totale	822.26	49.07	2775.64	4.48	170.88	0.00	0.00	0.25	3823

Tabella 6.15 dettaglio Aliquote prelevate, suddivise per utilizzo(fonte ARPAL Res-mar 2013)

6.6 L'acquifero del Torrente Entella, la risorsa a disposizione, la sostenibilità e le criticità di estrazione

L'acquifero di subalveo dell'Entella può contare sull'alimentazione dei sottobacini dei torrenti Lavagna, Sturla, Graveglia ed Entella stesso per un totale di circa 380 km^2, valore che ne fa il bacino più esteso, sul territorio ligure, dopo quello del torrente Centa.

Il deflusso in falda è regolato e determinato dai depositi alluvionali che diventano realmente consistenti in corrispondenza della piana di Carasco e, a seguire, lungo la valle dell'Entella con volumi che superano i 100 milioni di m^3 e spessori medi di poco inferiori ai 50 m; uno studio idraulico dell'intero bacino è stato redatto recentemente da ITEC Engineering nell'ambito di studi preliminari per l'ottimizzazione gestionale dei campi pozzi gestiti da Idrotigullio SpA ed Acque Potabili SpA, Gruppo IREN (si veda Allegato i).

Lo studio ha tenuto conto delle elaborazioni eseguite in studi precedenti e indica come elemento di novità un deflusso medio in falda di circa 1400 l/s, prima di Panesi. Questo corrisponde a un totale di circa 44 milioni m^3/anno, conservativo, rispetto a quanto disponibile alla foce.

Il dato concorda con la capacità di portata dell'acquifero alla foce dell'Entella, determinato dal modello preliminare che prevede un valore compreso tra circa 1 e 2.0 m^3/s come variazione stagionale.

Le velocità medie di transito in falda che, in questa prima fase di studio, sono valutate con ampia approssimazione in 10 m/gg (in posizione prossima alla foce), perciò il ritardo, rispetto ai deflussi superficiali, è tale da garantire una presenza continua di risorsa comunque consistente. La variabilità delle portate nel corpo acquifero dipendono soprattutto dai gradienti e dal carico trasmesso con ovvie riduzioni ai minimi in periodo estivo.

6.6.1 Lo stress alla falda nel settore prossimo alla foce

Nella sezione del basso Entella, il prelievo, riferito ai campi pozzi i Caperana, Moggia Marinco e Viale Kasman, mediamente corrisponde a 500 l/s, mentre nel periodo estivo, il picco di emungimento medio nel periodo di fine Luglio e Agosto si attesta su circa 650 l/s (si veda Tab. 6.16), raggiungendo il picco massimo di oltre 700 l/s e, per alcuni giorni in Agosto, mentre il deflusso in falda tende a ridursi a valori solitamente inferiori a 1000 l/s, alla sezione considerata.

In questa situazione lo stress al corpo idrico appare tangibile e si traduce nel richiamo del cuneo salino, provocando un picco d'intrusione nel deposito alluvionale in periodo estivo.

Il cuneo apparentemente si riallinea alla posizione di inizio estate al ripristino delle condizioni di minor consumo di fine estate e il flusso in falda, durante la stagione piovosa, ritorna a valori medi di oltre 1500 l/s.

Le dinamiche dell'intrusione marina sono state analizzate ed il dettaglio di queste analisi è riportato al capitolo *6.3.9* .

Campi pozzi	Totale Anno (m3)	Consumo Medio annuo (l/s)	Picchi Consumo giornaliero (l/s)
Caperana	6517106	207	260
Moggia	2363668	75	96
Marinco*	225000	7	20
Kasman	5751397	182	240
Altri**	1000000	32	40
Tot.	**15857171**	**503**	**656**

*uso saltuario

**piccoli pozzi ad uso agricolo non autorizzati , larga stima emungimenti

Tabella 6.16 Emungimenti in l/s reali medi e picchi basso Entella, riferiti agli ultimi 5anni, (valori dedotti da informazioni fornite dai gestori e dati ATO)

7. QUADRO PROGRAMMATICO

Il presente capitolo illustra gli aspetti pianificatori e normativi e le relazioni dell'opera con le norme ambientali e con i vigenti piani e programmi territoriali e ambientali.

7.1 Siti di interesse comunitario (Sic) e Zone di protezione speciale (Zps)

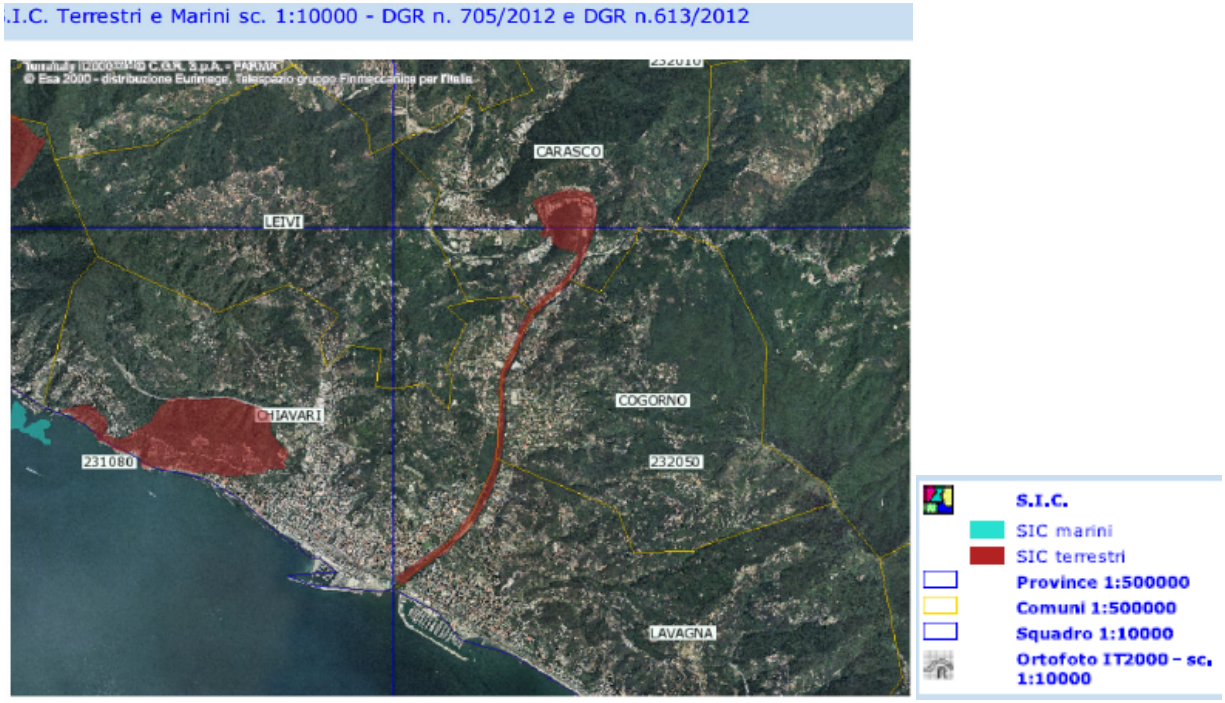


Figura 7.1 Localizzazione S.I.C.

La Regione contribuisce significativamente alla realizzazione della Rete Natura 2000 valorizzando la biodiversità attraverso la costituzione di una **rete estesa di Siti di interesse comunitario (Sic) e Zone di protezione speciale (Zps)** e attraverso altre azioni volte alla tutela e alla valorizzazione delle emergenze naturalistiche della nostra regione.

La Liguria è caratterizzata da un'elevata biodiversità grazie alla presenza di **tre regioni biogeografiche**: mediterranea, continentale e alpina.

In adempimento alla "direttiva habitat" la Regione ha individuato sul proprio territorio, gli habitat e le specie da tutelare ai sensi di tale direttiva comunitaria e ha proposto la costituzione di **125 Sic e 7 Zps**.

Tutti i siti della Liguria, sono stati validati dalla Commissione europea che ha pubblicato la lista dei Siti d'interesse comunitario, suddivisi per:

- regione biogeografica alpina (comprendente 14 siti liguri)
- regione biogeografica continentale (comprendente 11 siti liguri)
- regione biogeografica mediterranea (comprendente 99 siti liguri).

La superficie della Rete Natura 2000 ligure è pari a circa 138.000 ettari per i Sic terrestri e 20.000 ettari per le Zps, in gran parte sovrapposte alle aree dei Sic. Da considerare inoltre i 26 siti marini, per una superficie di circa 7.000 ettari.

I siti della rete hanno dimensioni eterogenee - dagli 8 ai 15.834 ettari - e caratteristiche eterogenee. Ogni sito costituisce un'unità territoriale che assicura la conservazione di un complesso di habitat, *biotopi* e valori naturalistici e permette il mantenimento di un alto grado di biodiversità.

Dei 175 habitat della "direttiva habitat" rilevati in Italia ben 72 (**41%**) sono individuati in Liguria e molti di essi sono **habitat prioritari**.

Il Torrente Entella (foce e medio corso) è individuato come SIC IT1332717, l'importanza del sito è prevalentemente ornitologica, per cui è stata rilevata la forte vulnerabilità nei confronti di canalizzazioni ed altre opere idrauliche (si veda allegato A.1).

7.2 PTCP – Piano Territoriale di Coordinamento Paesistico

I principali piani territoriali di livello regionale vigenti sono:

- il Piano territoriale di coordinamento paesistico (Ptcp), il Consiglio regionale, con la delibera n.18 del 2 agosto 2011, ha approvato la variante di salvaguardia della fascia costiera;
- il Piano territoriale di coordinamento della costa, la Giunta regionale, con la delibera n.936 del 29 luglio 2011, ha adottato la variante di aggiornamento.

Entrambi i piani sono stati redatti e approvati con le procedure della legge regionale n.39 del 1984.

È in corso di elaborazione il Piano territoriale regionale (Ptr), previsto dalla legge urbanistica regionale, che costituirà il quadro di riferimento complessivo delle politiche territoriali.

Il Piano territoriale di coordinamento paesistico è uno strumento - previsto dalla legge numero 431 del 1985 - preposto a governare sotto il profilo paesistico le trasformazioni del territorio ligure. La Regione Liguria è stata la prima a dotarsi di un Piano paesistico: adottato nel 1986 e approvato nel 1990 (delibera del consiglio regionale n.6 del 25 febbraio 1990), il Ptcp è esteso all'intero territorio regionale.

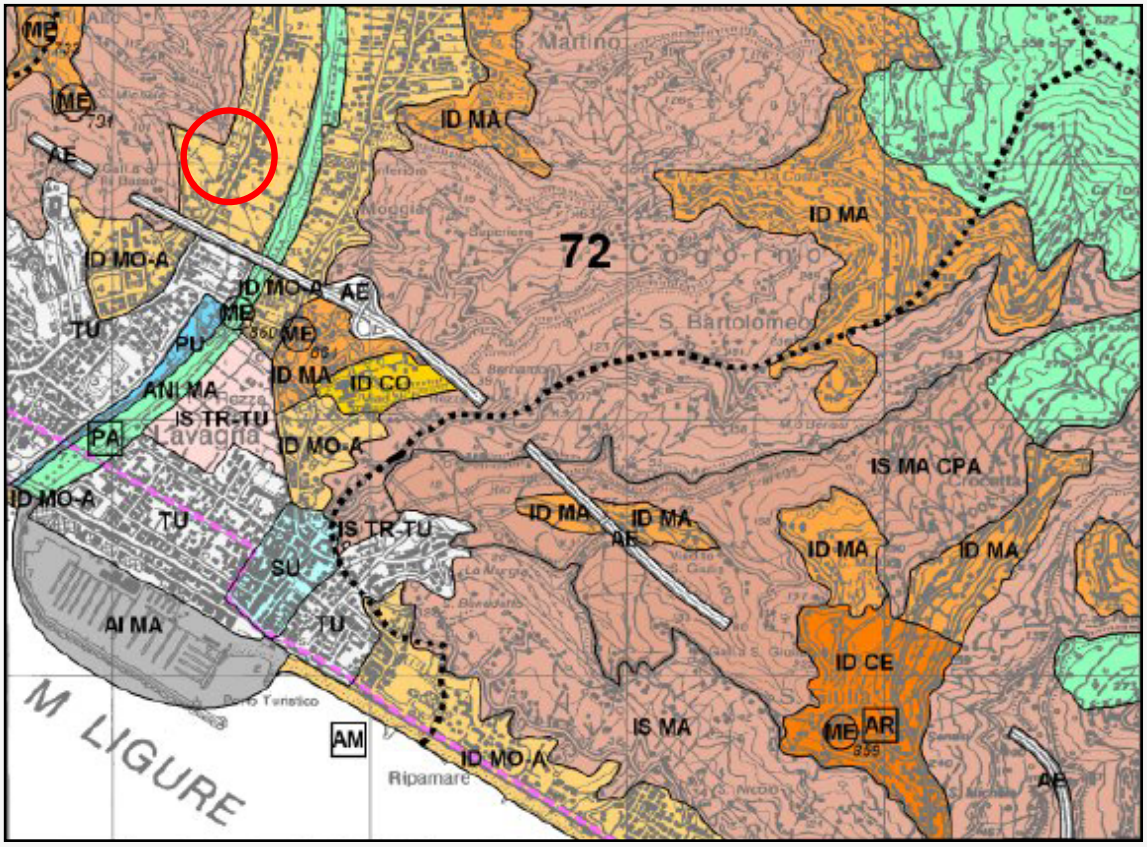
Il Piano è stato redatto sulla base di un complesso di studi propedeutici e di analisi che hanno consentito di leggere e interpretare il territorio ligure a livello di ambiti paesistici sovracomunali e alla scala locale (1:25.000) con riferimento a tre assetti del territorio:

- assetto insediativo
- assetto geomorfologico
- assetto vegetazionale.

L'intervento di progettazione in oggetto ricade nell'Ambito Territoriale n. 72 "Entella" del PTCP della Regione Liguria *(*si veda allegato A.2) rispettivamente per:

- l'assetto insediativo in zona ID-MO-A (Insediamenti Diffusi di Modificabilità di tipo A), di cui all'art. 46 (si veda allegato A.3)
- l'assetto geomorfologico in zona MO-B (Modificabilità di tipo B), di cui all'art. 67 (si veda allegato A.3)
- l'assetto vegetazionale in zona COL-ISS-MA (Colture Agricole Impianti Sparsi in Serre di Mantenimento), di cui all'art. 60 (si veda allegato A.3).

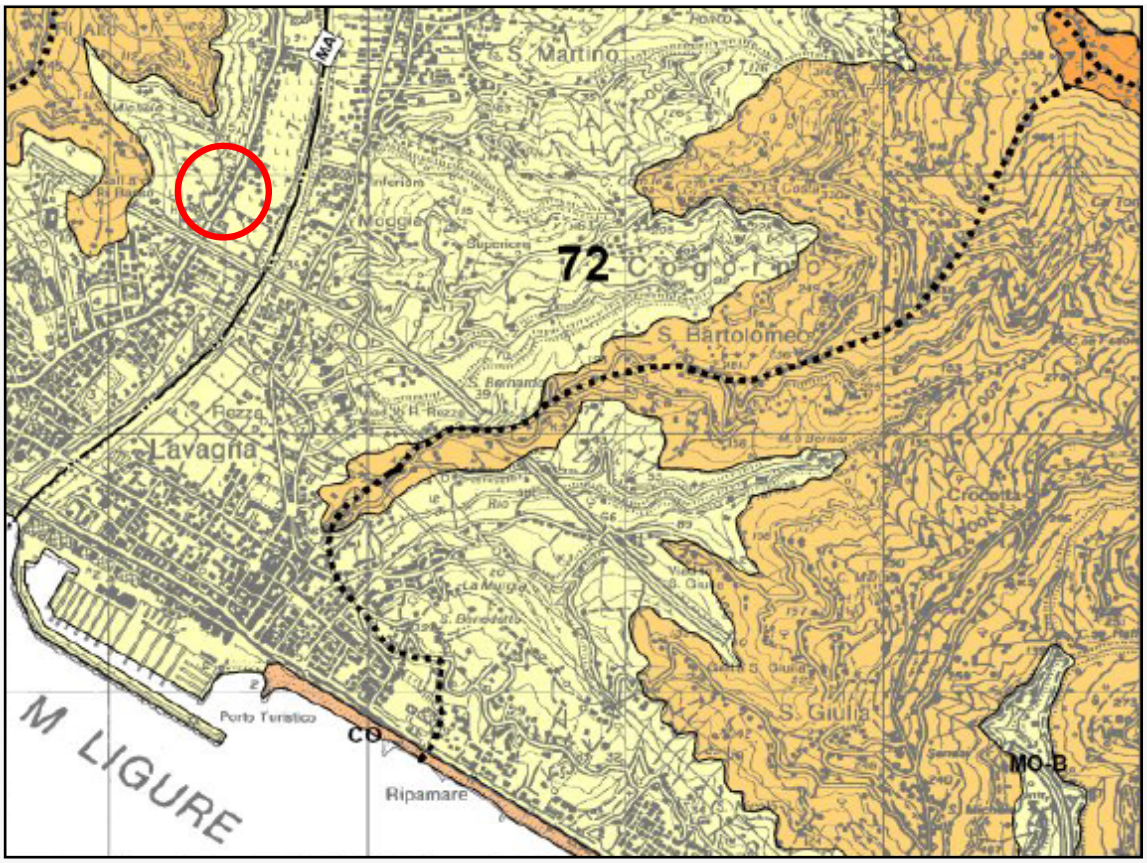
Assetto insediativo



COMPONENTI / REGIMI NORMATIVI		Area non insediata	Insediamento sparso	Insediamento diffuso	Nucleo isolato	Area urbana	Attrezzature impianti	Manufatti emergenti e sistemi
		ANI	IS	ID	NI	AU	AI	ME
CONSERVAZIONE	CE	ANI CE	IS CE	ID CE	NI CE	PU		ME SMEn
MANTENIMENTO	MA	ANI MA	IS MA sat IS MA CPA IS MA	ID MA	NI MA	SU IU	AI MA	
CONSOLIDAMENTO	CO			ID CO	NI CO		AI CO	
MODIFICABILITA' TIPO A	MO-A			ID MO-A	NI MO-A			
MODIFICABILITA' TIPO B	MO-B	ANI MO-B	IS MO-B					
TRASFORMABILITA'	TR	ANI TR-ID, NI, TU, AI	IS TR-NI, TU, AI, ID	ID TR-TU				
ART. 38 - NORME DI ATTUAZIONE						TU		
TRASFORMAZIONE	TRZ	TRZ						

Figura 7.2 Stralcio della zonizzazione del P.T.C.P. per l'Assetto Insediativo e relativa Legenda.

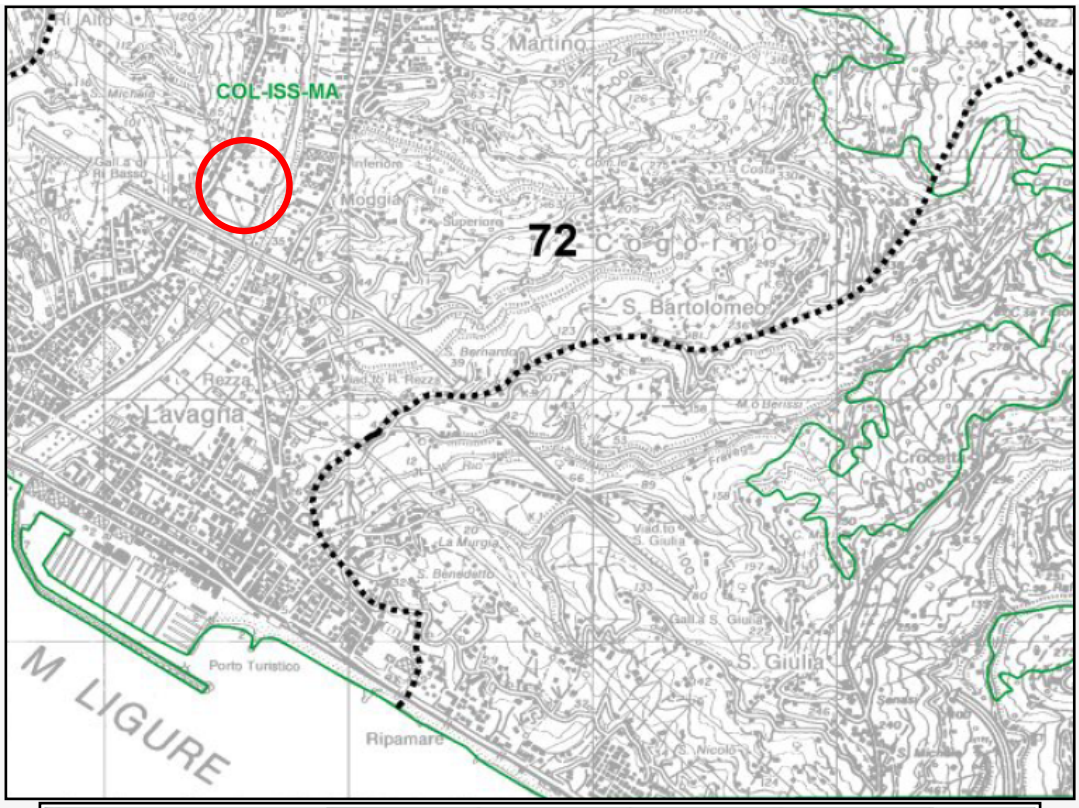
Assetto geomorfologico



REGIMI NORMATIVI		CAVE	
CONSERVAZIONE	CE	A CIELO APERTO	Ca
MANTENIMENTO	MA	IN SOTTOSUOLO	Cs
CONSOLIDAMENTO	CO	CORSI D'ACQUA	RN
MODIFICABILITA' TIPO A	MO-A	INDICAZIONI DI RECEPIMENTO GRANDI INFRASTRUTTURE	
MODIFICABILITA' TIPO B	MO-B	F FERROVIARIE S STRADALI E AUTOSTRADALI TS TECNOLOGICHE E SPECIALI	
TRASFORMAZIONE	TR	P PORTUALI A AEROPORTUALI	

Figura 7.3 Stralcio della zonizzazione del P.T.C.P. per l'Assetto Geomorfologico e relativa Legenda.

Assetto vegetazionale



COMPONENTI / REGIMI NORMATIVI		Colture		Bosco di angiosperme		Bosco di conifere				Zone miste
		COL		BA		BC		PR		—
		Insediamenti sparsi serre	Insediamenti diffusi serre	Termofile	Mesofile	Termofile	Mesofile	Termofila	Mesofila	⁄
		COL ISS	COL IDS	BAT	BAM	BCT	BCM	PRT	PRM	⁄
CONSERVAZIONE	CE	—	—	CE						
MANTENIMENTO	MA	COL ISS	—	—	—	BCT MA	BCM MA	PR-MA		BAT,BCT MA
								—	PRM MA	
CONSOLIDAMENTO	CO	—	COL IDS	BA-CO		BCT CO	BCM CO	—	—	BAT,BCT CO
				BAM CO	BAT CO					BCM,BAM CO
				BA (VRI)-CO						
MODIFICABILITA'	MO	—	—			BCT MO-BAT	BCM MO-BAM	—	—	—
TRASFORMAZIONE	TRZ					BCT TRZ BAT	BCM TRZ BAM	PR-TRZ-BA		PR,BC TRZ-BA
								PRT-TRZ BA	PRM-TRZ BAM	PRT,BCT TRZ-BAT
								PRT-TRZ BAT	PRM-TRZ BAM BCM	
								PRT-TRZ-BAM		PRT,BC TRZ-BA

BAT - BOSCO DI ANGIOSPERME TERMOFILE: leccio, roverella, orniello

BCT - BOSCO DI CONIFERE TERMOFILE: pinastro, pino d'Aleppo, pino domestico

BAM - BOSCO DI ANGIOSPERME MESOFILE: carpino nero, orniello, ciliegio, noce, castagno, maggiociondolo, aceri, rovere, cerro, sorbo montano, frassino maggiore, salicone, pioppo tremulo, maggiociondolo alpino, sorbo degli uccellatori, betulle, faggio

BCM - BOSCO DI CONIFERE MESOFILE: pino silvestre, tasso, abete bianco

VRI - VEGETAZIONE RIPARIA: ontano nero, salici, pioppo bianco

N.B. - Le specie indicate nella presente legenda individuano i boschi cui tendere, non le essenze da impiegare direttamente nei rimboschimenti. L'impiego localizzato di esemplari di specie consolidatrici (robinia, ontano napoletano) o di conifere a rapido accrescimento (pino strobo, abete di Douglas), nell'ambito dei piani di assestamento forestale, deve essere definito a livello non locale ma puntuale.

Figura 7.4 Stralcio della zonizzazione del P.T.C.P. per l'Assetto Vegetazionale e relativa Legenda.

7.3 PTC della Costa – Piano Territoriale di Coordinamento della Costa

Il Piano territoriale di coordinamento della costa costituisce il riferimento delle azioni regionali per la **tutela** e la **valorizzazione** del litorale, delle spiagge e dei tratti costieri urbanizzati.

La Regione Liguria ha adottato, con la delibera di Giunta n.936 del 29 luglio 2011, la **variante di aggiornamento del Piano territoriale di coordinamento della Costa**, che contiene proposte di modifica riferite ai porti turistici, agli impianti nautici minori e ai cantieri navali.

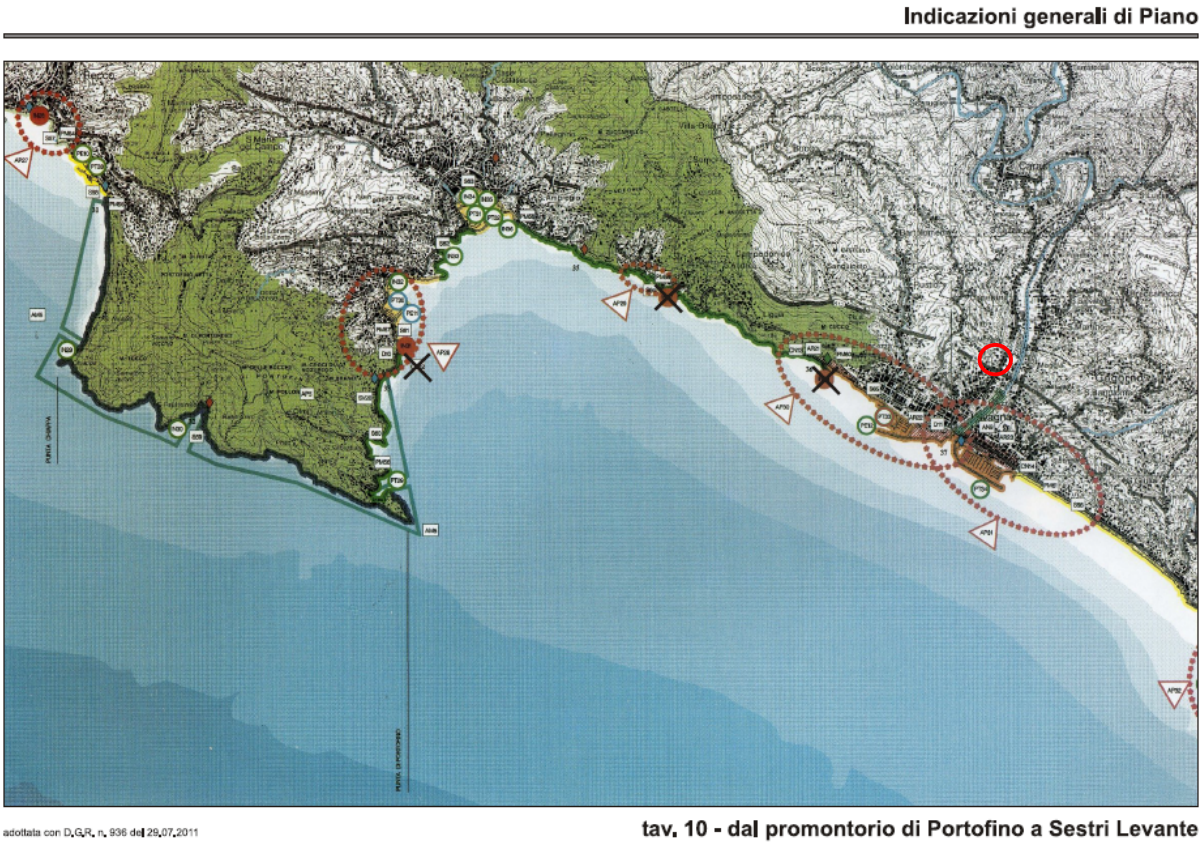


Figura 7.5 Stralcio del Piano territoriale di coordinamento della costa.

Quest'ambito si estende su tutto il litorale di Chiavari, dalla colonia Piaggio alla foce dell'Entella. Qui la costa, dalla falesia delle Grazie sino al porto, si caratterizza per la forte erosione degli arenili, su cui le consistenti opere di difesa longitudinali non hanno avuto esito soddisfacente.

Inoltre l'ambito presenta molteplici problemi di riqualificazione urbanistica, tra questi il tratto della colmata e del Lido sino alla foce dell'Entella, area che è stata oggetto di un concorso di idee conclusosi nel 1997 e in fase di avanzata definizione progettuale.

In questo contesto si inserisce anche la necessità di valutare sempre in forma coordinata gli interventi che interessano la foce dell'Entella, si richiama al proposito lo studio realizzato ai sensi della l.r. 9/1993 anche al fine di migliorare la possibilità di alimentare le spiagge dei due centri costieri (si veda l'allegato A.4).

7.4 PTR – Piano Territoriale Regionale

Con la dgr n.1579 del 22 dicembre 2011 la Giunta regionale ha approvato il Documento preliminare del progetto di Piano, avviando così il procedimento di adozione del Piano Territoriale Regionale.

Il nuovo **Piano Territoriale Regionale** si colloca nel quadro dell'aggiornamento e della semplificazione normativa in materia di paesaggio, urbanistica e edilizia e della razionalizzazione delle procedure amministrative in materia di governo del territorio.

Il percorso per l'adozione di un Piano territoriale unico, mira a ricomprendere in sé i contenuti oggi frammentati in strumenti diversi.

Il Documento preliminare è stato oggetto di discussione e approfondimento da parte della Commissione di lavoro per la formazione del Piano e costituisce la base su cui è stata elaborata la prima bozza del progetto di Piano.

7.5 PTC – Piano Territoriale di Coordinamento della Provincia di Genova

Il Piano Territoriale di Coordinamento della Provincia di Genova è stato approvato con Deliberazione del Consiglio Provinciale n. 1 del 22 gennaio 2002.

L'intervento a progetto ricade nell'Ambito n. 2.2 "ENTELLA" del PTC della Provincia di Genova, di cui si rimanda alle schede allegate, riferite a:

- Tavola DF.7 "Aree di protezione bio-naturalistica: piano faunistico/venatorio – S.I.C., zone di protezione Speciale – aree protette provinciali"; (si veda allegato A.5)
- Tavola S.2 "Sistema del verde a livello provinciale"; (si veda allegato A.6)
- Scheda "Grado di stabilità ambientale e suscettività alle trasformazioni"; (si veda allegato A.7)
- Scheda "Tema 5.5 – Paesaggio" (si veda allegato A.8).

7.6 PRG – Piano Regolatore Generale del Comune di Chiavari

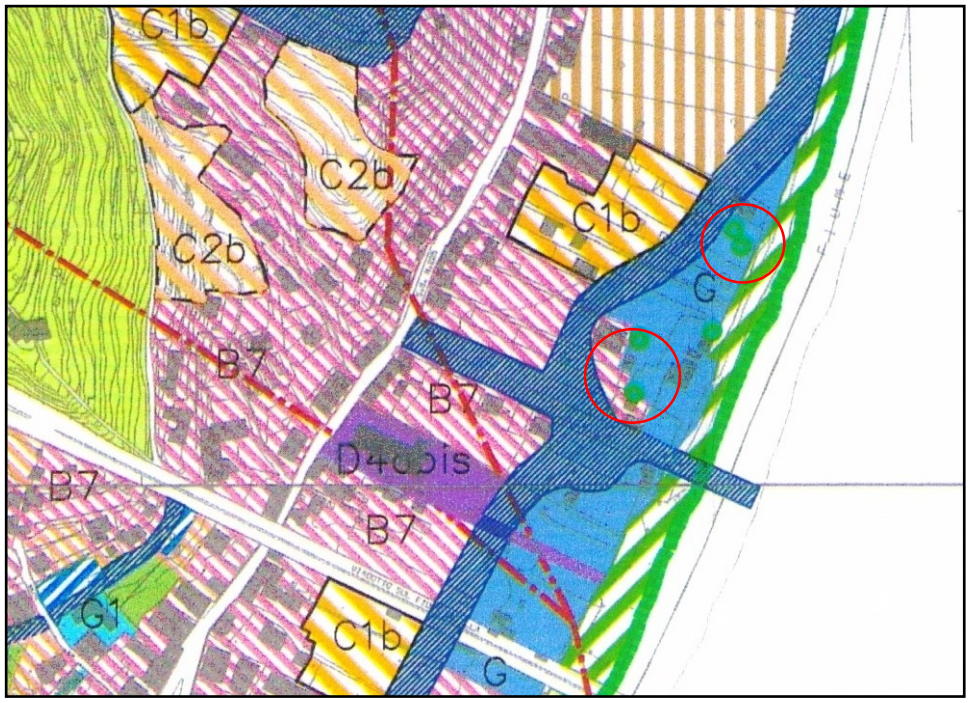
Le opere a progetto ricadono, prevalentemente, in zona G del Piano Regolatore Generale del Comune di Chiavari di cui all'art. 33 "ZONA TERRITORIALE SPECIALE RISERVATA O DA RISERVARE AD ATTREZZATURE E IMPIANTI COMUNALI E DI INTERESSE COMUNE (DA G1 A G6 E N)", così definite all'art. 22.03:

"Le Zone territoriali omogenee, di cui nell'art. 22.02. sono integrate nelle presenti Norme con la zona speciale Gn. destinata alle opere di urbanizzazione secondaria, come definite nel precedente artt. 10.02, in quanto individuate negli elaborati grafici della Variante generale:

> *22.03.1. il suolo, già attrezzato all'entrata in vigore delle presenti Norme, con impianti comunali attraverso la classificazione di questi ultimi di cui nel successivo art. 33. (Gi);*
>
> *22.03.2. il suolo da attrezzare dopo l'entrata in vigore delle presenti Norme con analoghi impianti da individuare tramite il documento programmatico di cui nel precedente art. 12.01. all'interno della suddetta classificazione (Gi)."*

Sul suolo delle sottozone territoriali speciali Gi di cui nel precedente art. 22.03.1. sono ammissibili su tutte le costruzioni esistenti a condizione di non mutarne le destinazioni d'uso in atto all'entrata in vigore delle presenti Norme e come registrate attraverso gli elaborati grafici della Variante generale, gli interventi di cui all'art. 33.01. *(*si veda allegato A.9).

Un ulteriore intervento è previsto sul suolo destinato, nella Variante generale, alla rete viaria di progetto per il traffico urbano ed è identificabile negli elaborati grafici della Variante generale attraverso, di cui all'art. 35.02, e più dettagliatamente al punto 35.02.1 che lo individua come: *il "corridoio" vallivo, rappresentato con simbolo uniforme dal confine con il Comune di Carasco al nuovo ponte sull'Entella e destinato al traffico locale, ciclo-pedonale nonché al mezzo pubblico (*si veda l'allegato A.9).



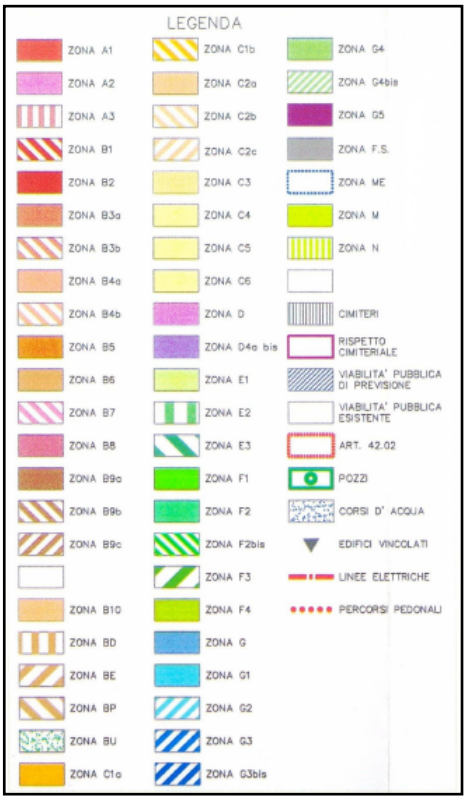


Figura 7.6 Stralcio del Piano Regolatore Generale del Comune di Chiavari e relativa Legenda.

7.7 Vincoli Paesistico Ambientali

Si evidenzia la classificazione ai fini paesistici ambientali del F. Entella mediante Delibera Regionale n. 5900 del. 6.12.1985 e non risultano ulteriori vincoli paesistico ambientali, come evidenziato dalla sottostate Carta dei Vincoli estratta dal sito istituzionale Vincoli Liguria.

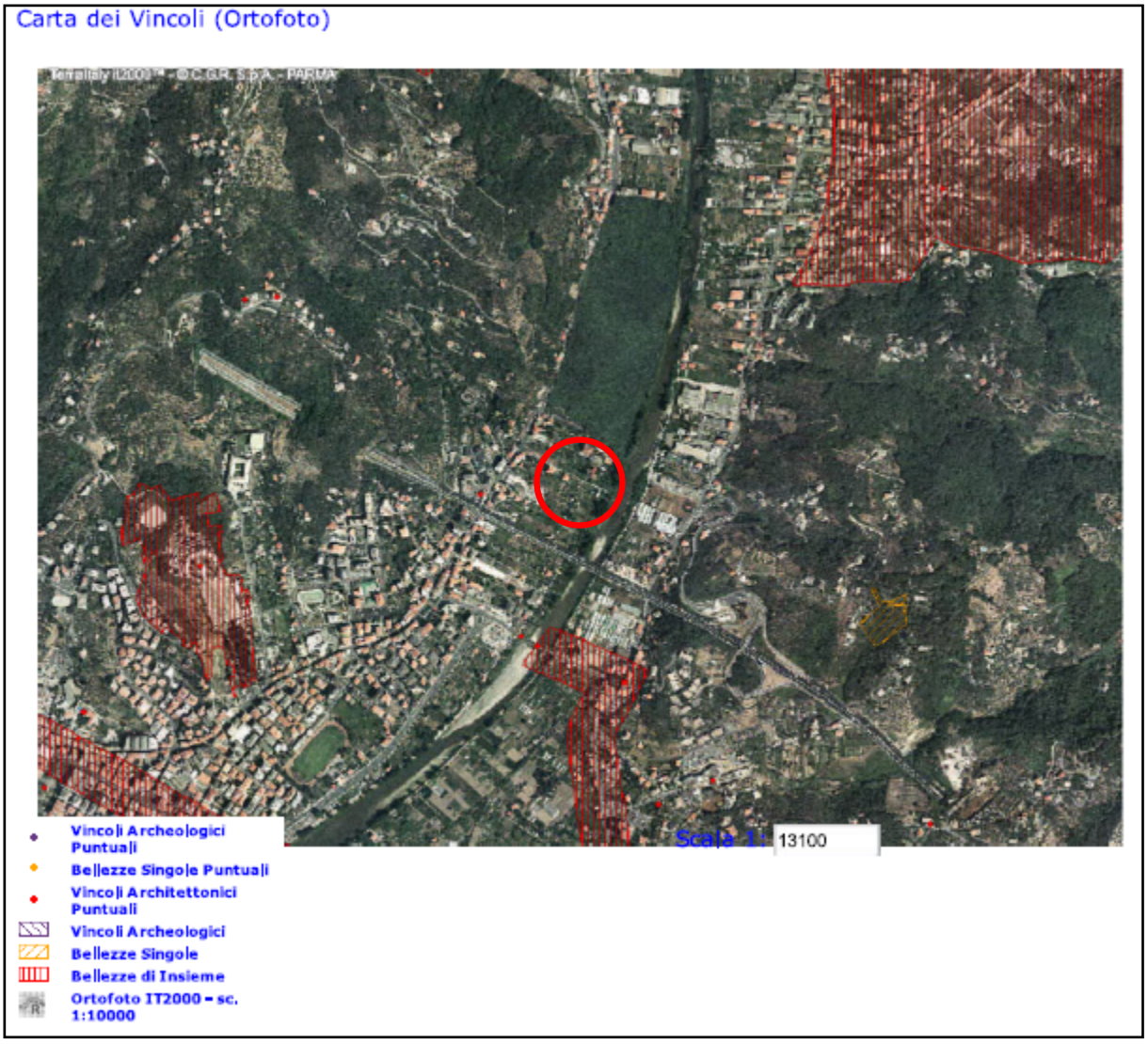


Figura 7.7 Stralcio estratto da Vincoli Liguria e relativa Legenda.

8. ANALISI DEGLI IMPATTI

Come già dettagliato in premessa e nel capito 3, il campo pozzi di Caperana è attivo da oltre 100 anni e gli emungimenti, sempre al di sotto dei valori in concessione, risultano negli ultimi anni sostanzialmente costanti. Tali considerazioni sono indispensabili nell'analisi degli impatti prodotti dal campo pozzi sull'ambiente.

L'attività di emungimento influenza la componente idrica con potenziali ricadute su vegetazione e fauna che da questa dipendono. Le altre matrici ambientali non sono soggette ad alcuna forma d'impatto in quanto il campo pozzi non produce emissioni in atmosfera, rumore e dispersione di inquinanti.

Non esistono inoltre impatti transitori, essendo il campo, come detto, realizzato e operativo da tempo.

Occorre osservare che l'equilibrio vigente al tempo in cui è iniziata l'attività di emungimento è stato, a causa di questa, alterato con contestuali effetti su vegetazione e fauna. Il sistema, nelle sue componenti idrica e biotica, si è nel tempo adattato alle nuove condizioni derivanti dal pompaggio che, inoltre, negli anni recenti risulta sostanzialmente stabile con un andamento di tipo stagionale.

Quindi, in considerazione del lungo periodo di tempo che è intercorso dall'inizio dell'attività, si può ritenere che attualmente le componenti vegetali e la fauna siano in equilibrio con la nuova situazione che nel tempo si è creata. Ciò non significa che l'attività di emungimento sia priva di conseguenze sull'ambiente: l'emungimento determina un impatto sull'ambiente idrogeologico con l'alterazione della posizione del cuneo salino (cfr. 6.3.9) e con probabili conseguenze sull'ambiente di superficie.

8.1 Considerazioni sull'influenza del campo pozzi di Caperana nei confronti del corso d'acqua

E' stata stimata l'influenza del campo pozzi di Caperana nei confronti del livello del fiume tramite la simulazione del deflusso di falda in condizioni estive senza il campo pozzi di Caperana in funzione; i valori del livello di falda in corrispondenza dell'alveo sono stati confrontati con quelli ottenuti con il campo pozzi in funzione in estate al massimo della portata concessa (caso maggiormente cautelativo).

Essendo il corso d'acqua verosimilmente in contatto idraulico con la falda, le valutazioni sono effettuate in corrispondenza dell'alveo in cui si può assumere che il livello di falda corrisponda grossomodo a quello del corso d'acqua; in particolare sono stati stimati detti livelli in corrispondenza dei pozzi 5 e 6 ed in corrispondenza dei pozzi 1, 2 e 3 del campo pozzi di Caperana.

I risultati ottenuti dalla modellazione, nel caso in cui il campo pozzi fosse inattivo, portano a definire un livello di falda di circa 0,5 m superiore rispetto a quello in presenza di pompaggi (tab. 8.1); ciò ovviamente non significherebbe un equivalente aumento localizzato del livello del corso d'acqua.

Settore del Fiume Entella	Quota estiva con pozzi in funzione	Quota estiva senza pozzi	Differenza
	(m slm)	(m slm)	(m)
Prospiciente pozzi Caperana 1, 2 e 3	1.4	1.95	-0.55
Prospiciente pozzi Caperana 5 e 6	2.0	2.5	-0.5
Valori medi	1.7	2.3	-0.525

Nota: Valutazioni effettuate in corrispondenza dell'alveo in cui si può assumere che il livello di falda corrisponda grossomodo a quello del corso d'acqua.

Tabella 8.1 Stima dell'impatto del campo pozzi di Caperana nei confronti del livello del corso d'acqua.

Questi valori sono molto conservativi per le condizioni imposte nel modello, quali: considerare i massimi livelli di emungimento estivo e omettere la profondità dei filtri.

Un dato sperimentale da non ignorare è la reazione dei piezometri all'intorno del pozzo utilizzato per le prove di pompaggio, dove il raggio d'influenza rilevato sperimentalmente risulta molto modesto; infatti, dopo 12 ore di fermo dei pozzi del gruppo testato e la ri-attivazione del sistema per circa 50 ore con portata massima di circa 150 l/s, l'abbassamento nei pozzi limitrofi a distanza di rispetto al pozzo di prova di 22 e 31 m è stato rispettivamente di 43 e 18 cm. La distanza del pozzo di prova dal fiume è di circa 60 m.

Alla luce di questo dato appare che l'influenza del pompaggio del campo di Caperana sui livelli del corso d'acqua indicata dall'analisi modellistica sia sovrastimata.

Il limite di una valutazione sull'influenza dell'abbassamento locale della falda rispetto ai livelli del corso d'acqua è insito nella complessità delle condizioni da definire. Uno scenario che identifichi l'abbassamento locale della falda non è in grado di definire il reale impatto sui livelli del fiume, poiché l'acqua fluente in alveo, ovviamente, influisce su detti livelli mantenendoli costanti.

L'eventuale decremento localizzato, derivato dall'abbassamento della falda volutamente calcolato in modo molto cautelativo, deve essere dunque distribuito su tutto lo sviluppo dell'asta fluviale; conseguentemente il suo valore, non facilmente valutabile, è comunque relativamente modesto.

In assenza di transito in alveo l'effetto sarà relativamente più rilevante per l'impossibilità, da parte della falda, di riallineare i livelli in tempi brevissimi, vista la minore velocità di transito nel corpo acquifero.

E' necessario sottolineare, inoltre, che nel tratto del corso d'acqua corrispondente al Campo pozzi di Caperana, gli emungimenti sono ormai in atto da circa un secolo (cfr. cap. 3) per cui da un punto di vista ambientale la situazione idrogeologica da loro indotta è ormai consolidata.

8.2 Osservazioni sull'impatto dell'emungimento sui terreni limitrofi, cedimenti attesi ed eventuali interferenze con opere esistenti.

E' noto che l'abbassamento del livello di falda nei terreni fini coesivi, a seguito di emungimento prolungato, altera lo stato tensionale efficacie (aumento della tensione efficacie) nel terreno e innesca il processo di consolidazione primaria.

L'entità e i tempi della consolidazione dipendono essenzialmente dal coefficiente di consolidazione verticale e orizzontale del terreno, a sua volta funzione della permeabilità dello stesso, dalla presenza di straterelli, anche molto sottili, o di interruzioni della continuità spaziale del terreno coesivo, di terreni più permeabili e dallo spessore dello strato.

E' da notare che il calcolo dei tempi di consolidazione con la teoria monodimensionale di Terzaghi è tipicamente sovrastimato rispetto alle condizioni reali, in quanto è sempre presente la componente orizzontale tipicamente caratterizzata da permeabilità più elevata.

Nel caso di presenza di strutture all'intorno del o dei punti di emungimento occorre valutare con cautela lo sviluppo del processo di consolidazione.

La situazione in esame presenta nel complesso caratteri che portano ad escludere il rischio di processi in consolidazione ancora in atto :

- l'assetto stratigrafico, del complesso sedimentario ospitante i pozzi, evidenzia la presenza apparentemente discontinua di alcuni livelli argillosi con spessori compresi tra 0.5 a e 3m che comunque rappresentano percentuali di presenza, sulla colonna stratigrafica, rispetto alle ghiaie sabbiose mai superiore al 10%.

- L'analisi dei dati disponibili evidenzia un sostanzialmente raggiungimento di condizioni stazionarie delle portate emunte e una stabilizzazione delle equipotenziali di falda.

Pertanto, in considerazione del lunghissimo periodo di attività del Campo Pozzi di Caperana (inizio del secolo scorso) è ragionevole affermare che tutti i cedimenti di consolidazione conseguenti agli emungimenti siano ormai interamente scontati e il fenomeno sia da considerarsi ormai stabilizzato perciò non sono attesi rischi a carico di opere e manufatti esistenti al contorno.

9. OPERE DI MITIGAZIONE E COMPENSAZIONE

Il campo pozzi è attivo da ben oltre 50 anni e dunque si trova attualmente in una condizione di equilibrio con le matrici ambientali. Pertanto le attività di mitigazione e compensazione si inseriscono in un contesto ormai consolidato e sono comunque volte alla tutela della falda.

Le attività di mitigazione e compensazione previste hanno un'influenza che và oltre il settore ristretto all'intorno al Campo Pozzi di Caperana; esse infatti interessano il territorio di tutto il corso dell'Entella, sia in termini di monitoraggio che in azioni di attenuazione del rischio degli impatti alla falda sia in termini di depauperamento che di inquinamento della stessa.

L'impegno tecnico ed economico è rilevante e sembrerebbe sostenibile condividerlo con il futura pratica di VIA che interessa le concessioni dei pozzi di viale Kasman.

Le opere di mitigazione proposte hanno valenza comune e sono :

- Mitigazione dell'impatto sulla falda del basso Entella mediante sviluppo di punti di prelievo alternativi.
- Sistema S-DSS rivolto all'ottimizzazione della gestione.

Le opere di compensazione hanno anch'esse valenza comune:

- Controlli Geochimici Programmati (sui campi pozzi di Caperana e di viale Kasman)

L'opera di compensazione dedicata unicamente al campo pozzi di Caperana è il sistema di monitoraggio continuo, con sonda multiparametrica a controllo remoto, che sarà posizionato in uno dei pozzi del campo.

9.1 Mitigazioni

9.1.1 Mitigazione dell'impatto sulla falda del basso Entella, sviluppo di punti di prelievo alternativi

La mitigazione dell'impatto determinato dall'attività di emungimento lungo l'Entella riveste un ruolo fondamentale per il mantenimento della risorsa idrica e per la riduzione dello stress sulla falda che nell'area del Tigullio riveste un ruolo di primaria importanza. Per tale ragione sono state individuate due attività di mitigazione, corredate da attività di compensazione che concorrono al raggiungimento del medesimo scopo.

Il bacino imbrifero del fiume Entella è il secondo per estensione in Liguria e i transiti in falda risultano attualmente in grado di soddisfare la richiesta anche in periodi estivi; malgrado ciò è necessario porre la massima attenzione alla tutela della risorsa idrica anche in funzione delle dinamiche ambientali indotte dai cambiamenti climatici.

Tra i diversi campi pozzi presenti lungo il tratto terminale dell'Entella, quello di Caperana è caratterizzato dalla portata concessa maggiore, quindi si ritiene che l'introduzione di strumenti che consentano il miglioramento della gestione possa avere un rilevante effetto sulla riduzione dello stress globale sulla falda e in particolare sull'ingressione del cuneo salino.

I campi pozzi lungo il Fiume Entella si sviluppano negli ultimi 1800 m del tratto terminale con il campo più a valle a circa 1 km dalla costa; questa concentrazione di emungimenti, nel periodo estivo, si avvicina al valore del transito disponibile di risorsa in falda, in quelle sezioni. Questa situazione che è una delle cause d'ingressione del cuneo salino che ha causato l'insalinamento e la perdita permanente di pozzi storici, determina lo stress del corpo idrico. Dalle analisi dei dati generali sui regimi di utilizzo delle acque disponibili lungo l'intero bacino, si determina che circa il

78% dei prelievi dalle acque di falda presenti nelle alluvioni dell'Entella sono concentrati nella parte bassa dell'asta, a distanze inferiori a due Km dalla costa, dove il transito disponibile in falda è quasi interamente disponibile.

Nella condizione attuale lo stress al corpo idrico appare tangibile con il richiamo del cuneo salino il cui picco d'intrusione nel deposito alluvionale si manifesta nel periodo estivo; la posizione del cuneo, apparentemente, si riallinea quando è ristabilito il flusso in falda, cioè in quelle condizioni di riequilibrio che si manifestano durante la stagione piovosa.

Le conseguenze della variazione dei regimi di piovosità, attesi in conseguenza dei cambiamenti climatici, potrebbero comportare una modifica nell'andamento stagionale delle portate dei torrenti e dunque una maggiore esposizione all'ingressione di falde saline in prossimità della costa. Il fenomeno, già in atto in diverse aree della penisola ed anche in Liguria (cfr. fig. 10.1), comporterà una maggiore vulnerabilità dei pozzi che si trovano già oggi in prossimità della falda di acqua salmastra.

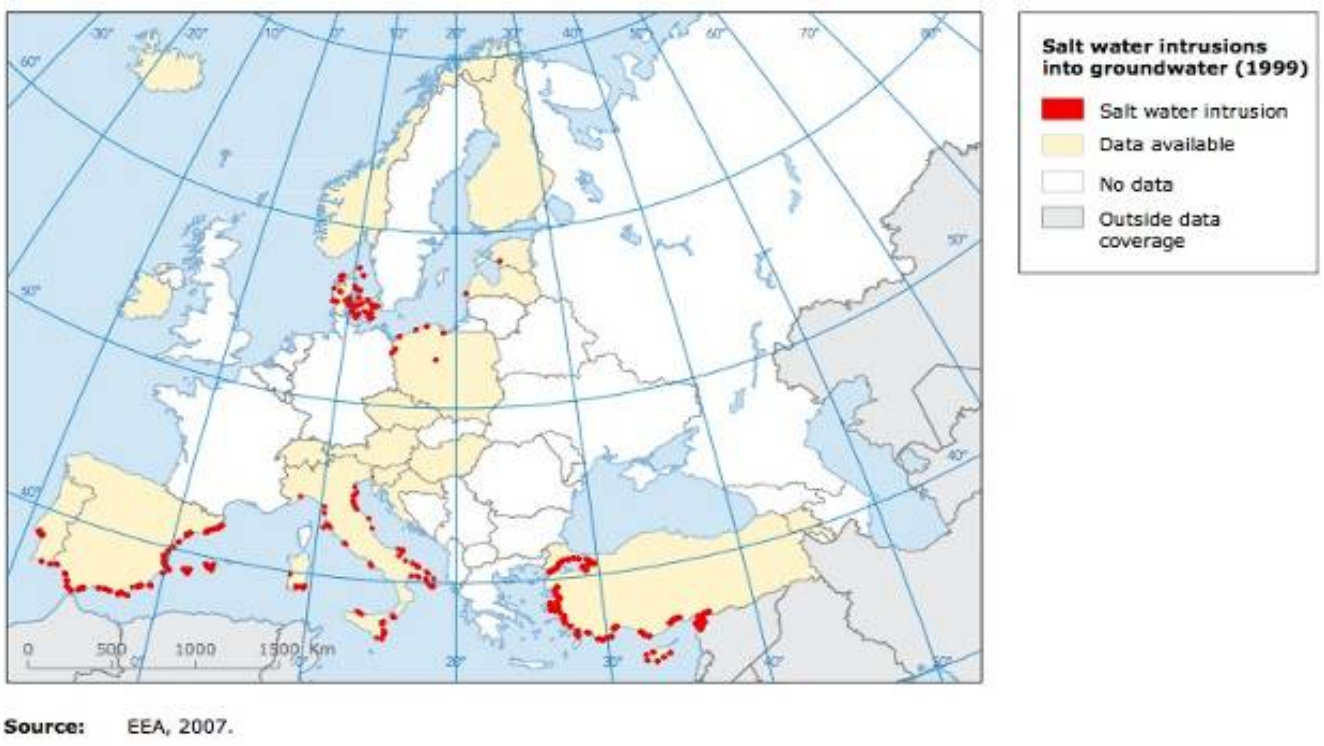


Figura 9.1 Principali fenomeni di intrusione di acqua salmastra nella falda di acqua dolce in Europa (European Environmental Agency, 2007) Fonte bibliografica: Water resources across Europe — confronting water scarcity and drought, EEA ReportNo 2/2009

9.1.2 Individuazione di aree di emungimento alternative, la piana di Carasco

Allo scopo di allentare la pressione degli emungimenti verso la foce dell'Entella e di mitigare i rischi sopra esposti si è considerata la possibilità di selezionare aree favorevoli a ospitare nuovi pozzi che consentissero una distribuzione dei prelievi più sostenibile da un punto di ambientale e da attivare particolarmente in periodi siccitosi.

La presenza dell'acquifero pertinente la piana di Carasco, con la sua particolare configurazione e la conseguente formazione di un bacino occulto molto consistente, rappresenta una reale possibilità di eventuale futuro sviluppo sostenibile. Questo acquifero ospita il campo pozzi Gazzo, gestito da

Idrotigullio SpA, e ubicato sul territorio comunale di Leivi (si veda fig. 10.2) dove il deposito alluvionale presenta una conformazione promettente.

Nella piana di Carasco, attualmente, sono attivi prelievi dell'ordine del 10% del totale, largamente per eccesso, di risorsa prelevata nel settore che interessa il bacino dell'Entella con un transito in falda corrispondente ad almeno il 60% del totale.

A tale riguardo sono state avviate indagini per uno studio impatto ambientale finalizzata alla modifica di concessione di derivazione con un aumento della portata derivata oltre la soglia dei 50 l/s del Campo pozzi di Gazzo (Leivi).

Il progresso degli studi geomorfologici, idraulici e idrogeologici del bacino sino a ora condotti, rileva la presenza di un acquifero esteso e consistente nella Piana di Carasco; una stima del serbatoio alluvionale indica, per leggero difetto, volumi pari a circa 16 milioni m^3, a cui corrisponde un volume cautelativo di acque disponibili dall'acquifero saturo di oltre 2 milioni di m^3.

Questo serbatoio, alla sezione corrispondente alla stretta della valle, presenta una possibile soglia idraulica che induce la formazione di un ricco bacino occulto, capace di trattenere nell'area di Carasco una buona parte di risorsa infiltrata anche durante la stagione estiva.



Fig. 9.2 Localizzazione del campo pozzi Gazzo a Leivi (cerchio rosso).

Le prime Indagini Idrogeologiche su eventuali siti di futuro sviluppo

L'obiettivo è stato quello di identificare le reali geometrie del deposito alluvionale in corrispondenza del campo Pozzi Gazzo gestito da Idrotigullio SpA e definirne la potenzialità

mediante l'accertamento delle condizioni di fratturazione e l'eventuale circolazione d'acqua nell'ammasso roccioso rifrattore.

Le litologie incontrate negli studi, tuttora in itinere, indicano la presenza di rocce sedimentarie qui piuttosto rigide e fragili, particolarmente nel lato Ovest della piana e di sistemi di faglie ad andamento corrispondente all'assetto vallivo; queste condizioni fanno presagire la possibile presenza di settori fratturati sede di importante circolazione acquifera.

Le indagini Idrogeologiche hanno compreso:

- L'interpretazione delle foto aeree disponibili che ha permesso di individuare condizioni tettoniche favorevoli; il corso d'acqua (Torrente Lavagna) in questo tratto è impostato su una lineazione apparentemente sub verticali, che ha probabilmente determinato una sovrapposizione di tensioni con maggior fratturazione dell'ammasso;
- Indagine sismica passiva NASW (*Noise Analysis of Surface Waves*) con profilo verticale della velocità di propagazione delle onde di taglio Vs =Vs(z) e tomografia sismica bidimensionale (onde p) con identificazione della velocità sismica associata alle caratteristiche litostratigrafiche.
- Sondaggi idrogeologici (attrezzati poi a piezometro): uno realizzato in sponda destra del Torrente Lavagna a circa 200 m verso monte, dal campo Pozzi Gazzo (gestione Idrotigullio SpA), la cui posizione è stata identificata attraverso le indagini indicate ai punti precedenti. Il sondaggio è stato eseguito con diametri da 273 e 219 mm (rispettivamente per primi 32 e per i restanti 16 m) e attrezzato con rivestimento fessurato nel tratto compreso tra 18 a 45 m, di cui 21 m in roccia; le dimensioni della perforazione ha consentito di realizzare prove e campionamenti significativi ed attendibili. Un secondo piezometro con le stesse caratteristiche è stato realizzato nel campo pozzi stesso. Le perforazioni effettuate hanno intercettato un livello apparentemente calcareo intensamente fratturato sede di un'importante circolazione acquifera che è stata identificata sia da un punto di vista idrogeologico, attraverso prove di emungimento, che campionata per le analisi di tipo geochimico, attualmente in itinere. Le prime prove di laboratorio non evidenziano nessun supero dei parametri tipici per un'acqua potabile.

Le perforazioni dei Sondaggi (piezometri PZ1 e PZ2) hanno incontrato sostanzialmente il seguente assetto stratigrafico:

Profondità		Stratigrafia
da (m)	a (m)	
0.00	1.50	Terreno di riporto
1.50	14.00	Sabbie limoso argillose medio fini con rari ciottoli, satura, poco permeabile.
14.00	15.50	Argilla brunastra limosa, permeabile
15.50	29.00	Ghiaia sabbiosa poligenica ed elementi da subarrotondati ad arrotondati, più grossolana verso il fondo; sostanzialmente pulita, acquifera. Rilevante aumento della portata (stima con air lift) al contatto con il rifrattore roccioso.
29.00	50.00	Roccia fratturata, mediamente tenace, lapidea con rilevante circolazione d'acqua; la fratturazione aumenta a 33 m con forte aumento di presenza d'acqua. La roccia diventa più tenace da 48 m (Argilliti della Val Lavagna, livelli Calcarei).

Tabella 9.1 Stratigrafia schematica dei sondaggi effettuati in PZ1 e PZ2.

Il livello statico è stato individuato alla profondità di 6.00 m.

Il diametro della perforazione non ha un'importanza determinante perché, anche in caso di fratturazione spinta, la limitazione è data dalla percentuale dei vuoti inferiore e non paragonabile a quella di un deposito alluvionale ghiaioso sabbioso; quindi le perdite di carico nel sistema di circolazione sono tali da condizionarne comunque il prelievo.

Dopo 80 h di pompaggio è stata effettuata una prova a scalini di portata 32, 40 e 43 l/s; su punto singolo, sono raggiunti -60 cm di livello dinamico alla massima portata.

I risultati delle elaborazioni sono i seguenti:

- Coefficiente di perdita C: 9,0671E-06 h²/m^5
- Coefficiente di perdita di carico B: 2,5246E-0 m/m³h
- Portata per il calcolo dell'efficienza: 156,92 m³/h
- Efficienza del punto di prova: 63,96 %
- Il piezometro di prova risulta essere: "correttamente progettato e sviluppato"
- Portata critica: 174,35 m³/h
- Portata ottimale: 156,92 m³/h
- Abbassamento critico: 0,72 m
- Portata specifica: 243,58 m²/h
- Raggio d'azione presunto: 30,00 m
- Trasmissività T: 6,1322E-02 m²/s

- Coefficiente di permeabilità k: 2,2712E-03 m/s

I risultati sono certamente incoraggianti se rapportati alla ridotta dimensione di piezometri di questo tipo. Le elaborazioni Geochimiche sono in corso.

Considerazioni riguardanti lo sfruttamento potenziale della piana di Carasco

La piana di Carasco, visto il modesto sfruttamento e le sue notevoli potenzialità, pare la più interessante ai fini di una futura ottimizzazione del prelievo dai sistemi acquiferi dell'intero comprensorio. Questo può iniziare con il potenziamento e l'estensione del campo pozzi "Gazzo" (Leivi), integrato eventualmente dall'individuazione di siti adatti a un corretto sviluppo. Lo spostamento degli emungimenti in questa zona mitigherebbe lo stress del tratto di falda verso la foce dell'Entella e conseguentemente la risalita stagionale del cuneo salino.

Ovviamente questo potenziamento prevede l'eventuale l'interconnessione con gli impianti di distribuzione esistenti:

- Campo Pozzi di Caperana e Viale Kasman, verso a foce dell'Entella (a circa 4500 m di distanza), che potrebbe essere realizzata in concomitanza alla costruzione del sistema di argini previsti per la protezione spondale, di recente progettazione.

- Campo pozzi di Coreglia; la connessione Carasco-Coreglia-Rapallo (attraverso l'esistente Galleria di San Maurizio), con il corretto dimensionamento delle tubazioni per il trasferimento della risorsa necessaria agli acquedotti di Santa Margherita Ligure ed eventuale integrazione per quello di Rapallo nel periodo estivo, questa soluzione oltre ad essere alternativa alla precedente potrebbe mitigare sensibilmente lo stress degli acquiferi sia basso Entella che del Torrente Lavagna sino ad ora fortemente sfruttati e garantire una più regolare erogazione estiva (cfr. fig.10.3).

Nel caso della seconda alternativa l'acquifero di Carasco pare in grado di integrare sostanzialmente questi fabbisogni in periodo estivo; per la sua realizzazione sarà necessario attivare un collegamento tra il campo pozzi di Carasco - Gazzo e quello di Coreglia (circa 9500 m). Il percorso più opportuno pare essere quello in sponda destra al Torrente Lavagna, in parte lungo la pista ciclabile esistente; questo eviterebbe di causare i disagi derivati dalla sua posa lungo la provinciale SP 225 in sinistra.

La galleria di San Maurizio di collegamento tra Coreglia e Rapallo esalta l'importanza di questa connessione, infatti consentirebbe di rendere più flessibile l'approvvigionamento della zona costiera chiudendo l'anello distributivo Carasco, Chiavari, Rapallo e Val Fontanabuona permettendo di modulare, nel modo più virtuoso, lo sfruttamento degli acquiferi coinvolti; essa ha una lunghezza di 2400 m e ospita attualmente la tubazione da 400 mm di interconnessione con Santa Margherita Ligure.

La sola connessione Carasco-Coreglia-Rapallo per il trasferimento della risorsa necessaria agli acquedotti di Santa Margherita Ligure e l'integrazione per quello di Rapallo, anche senza la connessione Carasco - basso Entella, potrebbe mitigare efficacemente lo stress degli acquiferi succitati nel periodo estivo, migliorando altresì la distribuzione lungo la Val Fontanabuona.

Questa soluzione garantisce anche un vantaggio sui costi energetici, infatti il tragitto Carasco – Coreglia – Rapallo (circa 14500 m) è inferiore rispetto al quello Carasco – Viale Kasman – Rapallo (circa 18000 m) e le pendenze da affrontare sono minori nel primo, dove il dislivello dalla piana di Carasco all'imbocco della galleria è di circa 100m, mentre nel secondo si dovrebbe vincere il dislivello tra circa 0.5 e 180 mslm. la migliore gestione della risorsa in caso di emergenze localizzate.

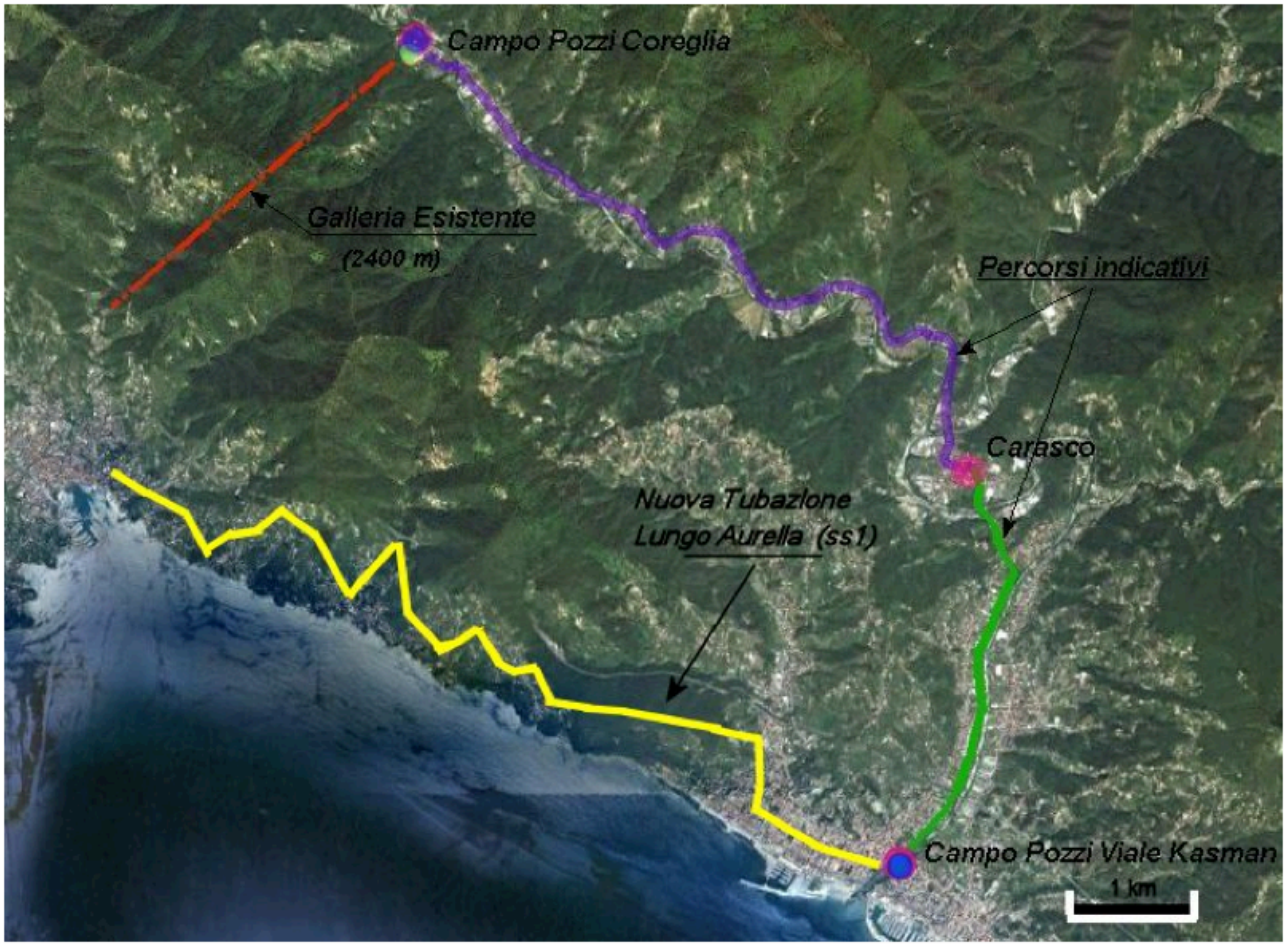


Fig.9.3 Itinerari indicativi delle connessioni Carasco - Campo Pozzi Viale Kasman – Campo Pozzi Coreglia – Rapallo.

9.1.3 Sistema S-DSS rivolto all'ottimizzazione della gestione.

Sviluppo di un modello decisionale integrato GIS (S-DSS - Spatial Decision Support System) finalizzato ad un significativo supporto alla gestione della risorsa, in relazione alle dinamiche stagionali della domanda di risorsa e del cuneo salino.

I cambiamenti climatici possono determinare una riduzione della disponibilità di risorse idriche in aree particolarmente soggette alla ciclicità stagionale dei regimi pluviometrici e dei consumi; in tali condizioni occorre valutare rigorosamente la vulnerabilità della risorsa e ottimizzare il suo utilizzo.

Il sistema di gestione deve permettere:

- La riduzione dell'impatto di un eccessivo sfruttamento, tale da comportare ad esempio il deperimento eccessivo della falda e l'ingressione del cuneo salino, nelle zone costiere
- L'utilizzo di risorse aggiuntive rese disponibili in particolari condizioni lito-strutturali.

Il modello di valutazione è basato sull'analisi dei dati di richiesta della risorsa, particolarmente elevata in periodi siccitosi, dei dati meteoclimatici e di quelli del contesto idrologico e geologico-litologico. Lo strumento GIS permette l'analisi dei dati e la stesura di un protocollo di interventi sulla gestione e l'ottimizzazione delle fonti di approvvigionamento da adottare al fine di ridurre i fattori di vulnerabilità.

9.2 Compensazioni

Le attività di compensazione previste, descritte nel seguito, rappresentano un miglioramento ed estensione dell'attività di monitoraggio esistente e permettono di fornire una base dati più ampia per la realizzazione del sistema S-DSS.

9.2.1 Controlli Geochimici Programmati

Nell'ambito delle opere di compensazione si propongono controlli geochimici programmati su acque di falda condotti dal Laboratorio Geochimico (Prof. Giulio Ottonello) del DISTAV (Dipartimento di Scienze della Terra, per l'Ambiente e la Vita - Università di Genova); la collaborazione tra Università ed Mediterranea Delle Acque è regolata da un'apposita convenzione.

Sulla base delle analisi di acque campionate, caratterizzate *in situ* e analizzate dal Laboratorio IREN secondo protocolli standard e proposti dal Laboratorio di Geochimica su un numero consistente di informazioni analitiche, l'Università si fa carico di redigere periodicamente, e con cadenze adattabili alle situazioni contingenti, report rappresentativi dello status degli acquiferi.

Il monitoraggio previsto per il campo pozzi di Caperana sarà in seguito esteso ai campo pozzi di Viale Kasman e Gazzo (Leivi-Carasco).

Nel seguito si riportano le attività regolate dalla convenzione.

Punto 0

Parametri chimico fisici e analitici (*in-situ* e in laboratorio) necessari:

- In-situ : T, pH, Eh, O2, TDS, Alcalinità
- In lab (maggiori) : Na, Mg, K, Ca, Cl, SiO2, S* (SO4, SO3, SO2), N* (NO3, NO2, NH4), Al [* per zolfo e azoto, almeno 2 specie su tre]
- In lab (minori) : Fe (Fe2+,Fe3+), Cr (Cr3+,Cr6+), Ni, Mn, Cu, Zn, Pb, Hg, As, Sb, Cd

Punto 1

Sulla base delle analisi di acque campionate, caratterizzate *in-situ* e analizzate dal Laboratorio di Mediterranea delle Acque, secondo protocolli standard ed eventuali protocolli proposti dal Laboratorio di Geochimica (d'ora in poi nel documento LGCH), e su un numero consistente di informazioni analitiche, il Dipartimento (LGCH) si farà carico di redigere periodicamente, e con cadenze adattabili alle situazioni contingenti, rapporti grafici e tabellari rappresentativi dello status degli acquiferi, in particolare acquisire le conoscenze su:

1. la qualità presente e futura (in maniera predittiva basata su *trends* temporali) delle acque nei singoli Siti e/o acquiferi in interazione con litologie specifiche;
2. le relazioni tra acque sotterranee e roccia incassante da una parte e acque sotterranee e superficiali dall'altra;
3. l'evoluzione delle specie chimiche analizzate con carattere spazio-temporale in tutta la Regione;
4. le eventuali variazioni delle proprietà geochimiche delle acque rappresentative di fenomeni perturbativi locali e/o a scala di bacino;
5. il valore mediato nel tempo delle caratteristiche peculiari di un Sito e/o bacino e/o acquifero;
6. le anomalie temporali relativamente alla permanenza delle acque negli acquiferi interpretando eventuali trend in base agli isotopi di O e H;
7. l'evoluzione spazio-temporale del cuneo salino, o della sua interfaccia con le acque sotterranee, e con il mezzo poroso nelle zone costiere;
8. i limiti spaziali dei bacini idrici, secondo criteri idrogeochimici e non semplicemente morfologici e/o geologici (Dlgs. 30/2009);
9. i vettori e volumi di trasferimento (inter-bacino) sulla base delle caratteristiche

idrogeochimiche;
10. la variabilità idrogeochimiche indotte su Sito con protocolli di pompaggio e/o eventi perturbativi di origine antropica;
11. la relazione comparativa periodica tra il chimismo (elementale ed isotopico) delle acque di pioggia e le acque sotterranee.

Punto 2

Mediante tali attività un presidio di stretta collaborazione tra Mediterranea delle Acque e DISTAV costituisce:

I. uno strumento di controllo, pianificazione delle risorse idriche nonché per eventuali azioni di protezione preventiva e bonifica;
II. un'infrastruttura modulabile su tutta l'area di intervento del *Committente* volta a dettagliare in ottica operativa le definizioni di corpo idrico come definito nell'art. 2 Dlgs. 30 del 2009;
III. un database geospaziale dei Siti e/o acquiferi (DBGA - Database Geochimico dei Siti e degli Acquiferi) per rendere disponibili i dati (raw ed interpretati) puntuali e/o areali estendibili all'intera rete di monitoraggio IREN;
IV. una standardizzazione dei formati digitali dei dati tra le strutture interessate nella gestione delle acque;

Punto 3

La soddisfazione di tali obiettivi avviene attraverso l'attività del LGCH mediante:

a. una fase iniziale di redazione del protocollo di campionamento e analisi (elementali ed isotopi stabili) da definire in maniera congiunta con il Laboratorio di Mediterranea delle Acque per acque di sorgente, di pozzo, superficiali e di pioggia, tenendo presente anche la possibilità di effettuare analisi presso laboratori di Ricerca a carico di Mediterranea delle Acque, ed eventualmente attraverso collaborazioni con ARPAL;
b. l'integrazione e la valorizzazione nel costituendo DBGA delle analisi già in disponibilità di IREN che abbiano alcuni requisiti di compatibilità con le analisi acquisite d'ora in poi secondo il protocollo che scaturirà del punto precedente;
c. la definizione di un template di trasferimento delle risultanze delle analisi da IREN a LGCH e viceversa;
d. la programmazione di uno strumento informatico per la redazione in automatico (con supervisione) di elaborati interpretativi (grafici e tabelle) delle risultanze analitiche acquisite da Mediterranea delle Acque, secondo le tempistiche necessarie, ed inviate bimestralmente al Laboratorio;
e. l'invio quadrimestrale di un rapporto riassuntivo con aggiornamento incrementale delle conoscenze dei singoli Siti e/o acquiferi;
f. la presentazione a fine anno (o semestralmente) presso la sede di IREN dei risultati inerenti i diversi acquiferi;

9.2.2 Sonda Multiparametrica.

Il campo pozzi è dotato di un sistema di controllo con sonda multi-parametrica installata e gestita da ARPAL istallate nel pozzi P1 che registra in continuo i seguenti parametri:

- Piezometrica,
- Tempertaura,
- Conducibilità,
- Ossigeno disciolto,

- pH

La sonda intercetta la risorsa attraverso i filtri posizionati alla profondità compresa tra 33 a 56 m.

Quale opera di compensazione si propone l'installazione di un'ulteriore sonda multiparametrica da installare nel pozzo P2 che dispone dei filtri più superficiali (a – 16 m dal piano campagna); questo ulteriore presidio consentirà di avere un monitoraggio della sezione più superficiale dell'acquifero, maggiormente soggetto ad eventuali episodi d'inquinamento, rendendo così più accurato il controllo delle acque intercettate dal campo pozzi.

Le specifiche dei sensori standard sono indicate qui di seguito:

Parametro	**Campo di Misura**	**Accuratezza**	**Risoluzione**
Pressione	0+100 dbar	0.1 dbar	0.002 dbar
Temperatura	-2+38 °C	0.01 °C	0.0007 °C
Conducibilità	0+70 mS/cm	0.02 mS/cm	0.0015
Ossigeno disciolto	0+150 %sat	1.0 %sat	0.002
pH	2+12	0.05	0.0002
Redox	-1+1 V	1 mV	0.03 mV

La sonda sarà predisposta per trasmissione dati via GSM.

9.3 Attività previste nell'ambito della Relazione di incidenza SIC IT1332717

9.3.1 Opere di compensazione: realizzazione di piccole pozze artificiali per la biodiversità sulla piana dell'Entella.

Durante le indagini faunistiche ambientali nel tratto dell'Entella interessato dalle captazioni di acqua potabile, è emersa la totale carenza di ambienti umidi di acqua stagnante che costituiscono habitat essenziale per la biodiversità delle piane alluvionali. Anfibi, odonati e altri insetti acquatici tipici delle acque ferme, che spesso interagiscono con le catene trofiche dei vari habitat circostanti, vedono preclusa la loro presenza dalla mancanza di tali ambienti.

Come opera di compensazione relativa al rinnovo delle concessioni, si propone la realizzazione di alcune pozze artificiali da collocarsi all'interno delle recinzioni delle opere di captazione. Tali pozze, che possono essere agevolmente costituite da laghetti artificiali in pvc già modellati con differenti livelli e apposite sedi per alloggiare le piante acquatiche, svolgerebbero sicuramente una fonte di richiamo per gli anfibi con maggior capacità di colonizzazione come la Rana dalmatina.

Per altri, la cui presenza potrebbe essere troppo compromessa da decenni di perdita di habitat e per i quali una colonizzazione spontanea potrebbe essere preclusa, si potrà forse valutare un'immissione di poche unità di riproduttori per favorirne il ritorno.

Le pozze potrebbero essere allestite con vegetali disposti in maniera differenziata per tipologia, in modo da creare più nicchie ecologiche. Ad esempio destinandone alcune ad acqua più bassa e a piante dallo sviluppo verticale come l'*Iris pseudoacorus* e carici; altre con una ricca vegetazione acquatica sommersa ed altre ancora con acqua più libera e soleggiata.

Tali differenti tipologie sono utili a favorire la biodiversità degli odonati (libellule e damigelle) che hanno spesso esigenze ecologiche molto specializzate.

In uno dei tre recinti, sarebbe utile prevedere, magari in alternativa, una pozza più capiente (superficie 2 m x 3 m) e tale da favorire la riproduzione del Rospo comune, la cui presenza è oggi ridotta al minimo.

Tra le specie di anfibi potenzialmente ospitabili e che potrebbero colonizzare spontaneamente i micro-habitat, oltre alle due già citate, si pensa al Rospo smeraldino e alla Raganella mediterranea. Per i tritoni invece, a causa dell'estremo impoverimento delle popolazioni locale, si ritiene che difficilmente si possa assistere a una loro spontanea colonizzazione.

La sistemazione di queste pozze artificiali all'interno dei recinti di captazione riveste notevole importanza per evitare fruizioni indesiderate con fenomeni di degrado, cattura di anfibi e, soprattutto, immissione di fauna alloctona (deleteria moda attuale in crescente aumento) o comunque indesiderata, come i pesci che in biotopi così piccoli impoverirebbero pressoché totalmente la fauna anfibia e invertebrata.

La manutenzione delle pozze è ridotta al minimo grazie alle piccole dimensioni e al carattere chiuso dei micro bacini, dove le specie vegetali invadenti sono opportunamente confinate per disporne in misura utile alla biodiversità, impedendone un'esplosione tale da banalizzare l'intero sistema.

Sarebbe opportuno, in fase di post attuazione, procedere a un monitoraggio annuale\stagionale (tra fine inverno e fine estate) degli habitat ricreati per verificare le presenze di fauna e di flora che li colonizzeranno.

10. PROGRAMMA DI MONITORAGGIO AMBIENTALE

Al fine di potenziare l'attività di monitoraggio ambientale necessaria alla valutazione della sostenibilità degli emungimenti, sono proposte attività che in parte implementano e potenziano la rete di monitoraggio esistente e nuove attività.

10.1 Ambiente idrico

Il monitoraggio del corpo idrico sarà implementato e potenziato mediante l'installazione della nuova sonda multiparametrica come dettagliato nel paragrafo 9.2.2.

Le analisi delle acque si arricchiranno delle analisi geochimiche, la cui potenzialità si manifesta in particolare nell'individuare preventivamente eventuali forme di alterazione della falda.

10.2 Ambiente di superficie: habitat, vegetazione e fauna

Nell'ambito della relazione di incidenza sul SIC IT1332717 Foce e medio corso del Fiume Entella, si propone un monitoraggio degli habitat, della vegetazione e della fauna nel tratto indagato, da effettuarsi con cadenza stagionale.

Il monitoraggio sarà esteso alle piccole pozze permanenti proposte nell'ambito delle misure di compensazione e da realizzare all'interno delle aree recintate, ove si trovano i pozzi.