

AGGIORNAMENTI DELLA CARATTERIZZAZIONE DEL SITO BACCATOIO EX EDEM

Geol. Emilio Pistilli



CONTENUTI: – RELAZIONE TECNICA CONCLUSIVA

COMMITTENTE: **Amm.ne Com.le di Pietrasanta**

<input checked="" type="checkbox"/>	PRIMA STESURA		del	<i>agosto 2016</i>
<input type="checkbox"/>	REVISIONE	n. <input type="text"/>	del	
<input type="checkbox"/>	REVISIONE	n. <input type="text"/>	del	

GEOPROGETTI
studio associato

Via Venezia 77
56038 PONSACCO (PI)
tel./fax 0587 54001
E-mail geoprogetti.franchi@iol.it

INDICE

<u>PREMESSA</u>	<u>1</u>
<u>1- METODOLOGIA DI LAVORO</u>	<u>1</u>
<u>2 - UBICAZIONE DEI PUNTI DI CAMPIONAMENTO</u>	<u>3</u>
<u>3 - ANALISI DEL REGIME PLUVIOMETRICO DURANTE LA CAMPAGNA DI MISURAZIONI</u>	<u>4</u>
<u>4 - ANALISI DELLE PORTATE, DELLA CONDUCIBILITA' E DEL PH</u>	<u>8</u>
<u>5 - RIBASSO DEL POLLONE (VDRPO)</u>	<u>9</u>
<i><u>5.1 - PORTATE</u></i>	<u>10</u>
<i><u>5.2 - CONDUCIBILITA' e pH</u></i>	<u>14</u>
<u>6 - RIBASSO DI MONTE ARSICCIO, GALLERIA S.ERASMO (VDSRM)</u>	<u>16</u>
<i><u>6.1 - PORTATE</u></i>	<u>17</u>
<i><u>6.2 - CONDUCIBILITA' e pH</u></i>	<u>18</u>
<u>7 - RIBASSO DI PIANELLO (VDSRM)</u>	<u>21</u>
<i><u>7.1 - PORTATE</u></i>	<u>21</u>
<i><u>7.2 - CONDUCIBILITA' e pH</u></i>	<u>23</u>
<u>8 - RILIEVO PLANOALTIMETRICO</u>	<u>27</u>
<i><u>8.1 - STRUMENTAZIONE UTILIZZATA</u></i>	<u>24</u>
<i><u>8.2 - DESCRIZIONE DELLE OPERAZIONI</u></i>	<u>24</u>
<u>9 - PRECISAZIONI DI CARATTERE GEOLOGICO</u>	<u>26</u>

AGGIORNAMENTI DELLA CARATTERIZZAZIONE DEL SITO BACCATOIO EX EDEM

RELAZIONE TECNICA CONCLUSIVA AGOSTO 2016

PREMESSA

La presente relazione conclude la fase di studio ed analisi condotta per il Comune di Pietrasanta in seguito ad incarico conferito il 6 giugno 2015.

Nella prima relazione consegnata ad Agosto 2015 sono stati affrontati gli aspetti geologico-strutturali della valle del Torrente Baccatoio con la redazione di una carta geologico strutturale, sono stati censiti i detriti di origine antropica derivanti dalla coltivazione delle miniere, e sono state cartografate le sorgenti dell'area di studio. Le cartografie elaborate in quella fase sono state utilizzate a supporto dell'aggiornamento del Piano di Caratterizzazione redatto dallo studio associato Geologica Toscana.

Successivamente sono stati approfonditi gli aspetti legati alle portate in uscita dei ribassi dei siti minerari, ed è stato eseguito il rilievo planoaltimetrico della miniera del Pollone, in previsione di alcuni interventi da porre in opera per limitare l'ingresso delle acque nel sistema delle gallerie.

METODOLOGIA DI LAVORO

Per avere un quadro complessivo del regime delle portate, le misure sono state effettuate, oltre che in corrispondenza dei ribassi, anche in alcuni tratti del Torrente Baccatoio e in corrispondenza di alcune sorgenti.

Le misure di portata di due dei tre ribassi di miniera, S.Erasmo e Pollone, sono state integrate con quelle eseguite dall'Università di Pisa, mentre per quanto riguarda il ribasso del sistema del Pianello, le misure sono state effettuate solo dallo scrivente.

Nella presente relazione vengono esposti i risultati di alcuni sopralluoghi effettuati nei tratti più accessibili del livello Rosina e del livello Ribasso nella miniera del Pollone. In corrispondenza di quest'ultima è stato eseguito anche un rilievo planoaltimetrico della morfologia di superficie i cui risultati sono stati sovrapposti alle curve di livello elaborate dai dati LIDAR, e confrontati con la morfologia derivata dalla CTR in scala 1:2.000.

Un rilievo planoaltimetrico di dettaglio è stato eseguito anche in corrispondenza di una piccola porzione del tratto iniziale della galleria Rosina, allo scopo di localizzare in superficie il punto di infiltrazione dell'acqua meteorica.

Sopralluoghi più approfonditi saranno condotti anche all'interno della miniera del Pollone e della miniera di Pianello, dopo aver ottenuto debita autorizzazione all'accesso da parte del Distretto Minerario di Grosseto.

All'interno della presente relazione vengono esplicitate anche alcune considerazioni che aggiornano il quadro geologico strutturale elaborato nell'agosto 2015 per tener conto degli studi condotti dal Dott.Giancarlo Molli dell'Università di Pisa, che ha ulteriormente precisato il sistema di tettonica fragile.

2 - UBICAZIONE DEI PUNTI DI CAMPIONAMENTO

I tre ribassi sui quali è stata svolta l'analisi delle portate drenano i sistemi minerari di Monte Arsiccio, di Pianello e del Pollone. I primi due si trovano nella parte alta della valle del Torrente Baccatoio, a quote rispettivamente di 482 e 595 m.s.l.m., mentre il terzo si trova immediatamente a monte dell'abitato di Valdicastello, alla quota di 174 m.s.l.m. L'ubicazione dei punti di misura è riportata nella Planimetria in Tavola 1.

Durante la campagna sono state effettuate ripetute misure in 4 diversi punti del Torrente Baccatoio:

- 1) a monte del sistema minerario di Monte Arsiccio e di Pianello
- 2) in corrispondenza dell'attraversamento del Torrente al di sotto della strada per S.Anna (VTBA)
- 3) in corrispondenza del ponte della miniera del Pollone (VTPPO)
- 4) in corrispondenza del ponte di attraversamento della SS439 (VTAUR)

Ulteriori misure saltuarie sono state effettuate in corrispondenza della sorgenti dei Mulini (VSMSA), della sorgente S.Anna parcheggio (VSPAR) della sorgente valle cava (Codice 122 del PS Stazzema) e di alcuni punti nei quali l'acqua si presenta solo durante periodi piovosi, come la piccola emergenza presente a monte della sorgente dei mulini, o l'impluvio a valle del sistema minerario delle Basse di Monte Arsiccio.

A partire dal mese di ottobre, oltre alle misure di portata, sono stati misurati anche i parametri di conducibilità e pH.

Per facilitare le operazioni di misura, nel mese di luglio del 2015 sono stati installati due stramazzi in corrispondenza della galleria di ribasso della miniera del Pollone (VDPRO) e della galleria di ribasso della miniera di Monte Arsiccio (Sant'Erasmo VDSRM).

Dato che il regime delle portate è abbastanza contenuto, per rilevare i valori delle portate è stato sempre sufficiente riempire un recipiente a volume noto cronometrando il tempo impiegato.

Per il ribasso del Pianello è stato ritenuto di poter evitare la realizzazione dello stramazzo data la difficile accessibilità dei luoghi. In questo caso le misure sono state effettuate riempiendo un recipiente a volume noto posto all'inizio della scarpata a valle del piccolo pianoro al di fuori della galleria. In questo caso le acque sono state convogliate nel

recipiente mediante un telo in plastica semi rigido.

Nelle prime fasi di campionamento, ed in corrispondenza dei ribassi di S.Erasmo e di Pianello, per definire al meglio la curva delle portate, abbiamo eseguito più misure nell'arco temporale di poche ore dall'evento di pioggia come quelli del 13/15 ottobre e del 28/29 ottobre del 2015, fino al ristabilimento di condizioni di portata simili a quelle antecedenti l'evento piovoso.

Ciò non è stato possibile in corrispondenza del ribasso di Pianello, in quanto già nella campagna di misure del 2014 era stato notato che le portate di questo drenaggio non rispondono in modo rapido agli eventi meteorici come osservato in corrispondenza degli altri due ribassi.

Tutti i dati acquisiti sono stati integrati con quelli forniti dall'Università di Pisa.

3 - ANALISI DEL REGIME PLUVIOMETRICO DURANTE LA CAMPAGNA DI MISURAZIONI

Il fine ultimo dell'acquisizione dei dati delle portate effluenti dai tre ribassi è verificare la possibilità di porre in atto soluzioni di depurazione e filtraggio delle acque contaminate.

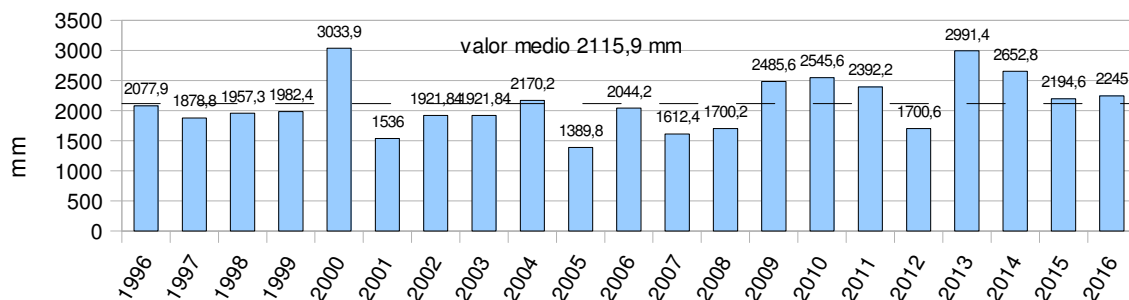
Era quindi necessario verificare quanto le portate misurate nel periodo di analisi (giugno 2015-giugno 2016) fossero significative dei valori medi che potremmo aspettarci anche in futuro.

Considerata la stretta correlazione tra il regime pluviometrico ed il regime delle portate dei ribassi, abbiamo quindi verificato quanto le piogge registrate nel periodo in oggetto fossero in linea con quelle degli stessi periodi degli anni precedenti.

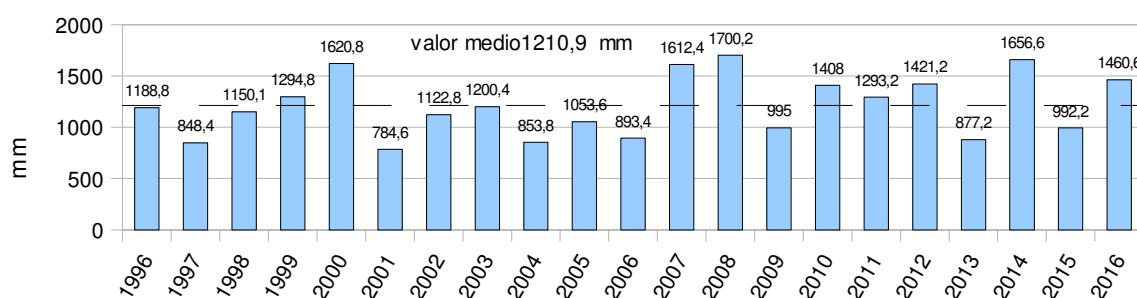
Le stazioni pluviometriche dalle quali abbiamo estratto i dati sono quelle di Pomezzana e Camaione, e le analisi sono state condotte a partire dal 1996, anno dal quale sono a disposizione dati per entrambe le stazioni.

I grafici riportati di seguito evidenziano come il regime pluviometrico tra luglio 2015 e giugno 2016 sia sostanzialmente in linea con gli stesi periodi degli anni precedenti, ed anzi è leggermente superiore alla media sia per la cumulata delle precipitazioni che per i giorni di pioggia.

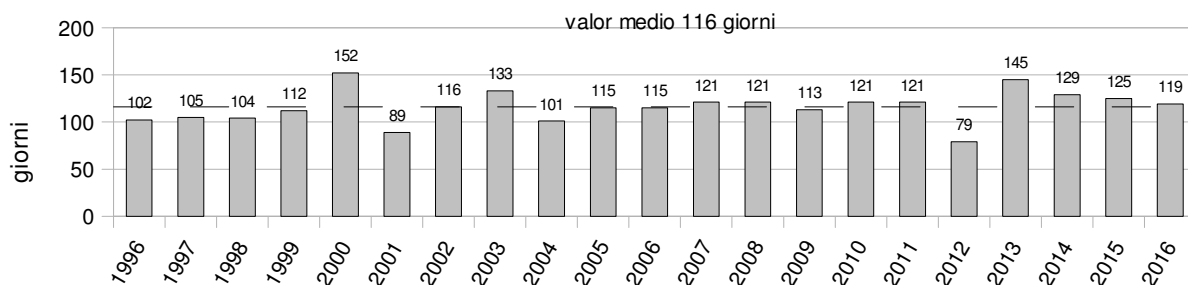
cumulata delle precipitazioni alla stazione di Pomezzana - luglio2015/giugno2016



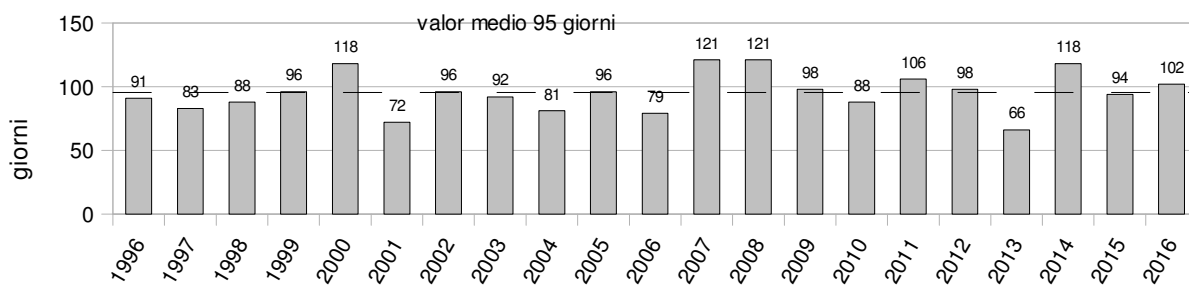
cumulata delle precipitazioni alla stazione di Camaiore - luglio2015/giugno2016



giorni di pioggia alla stazione di Pomezzana - luglio2015/giugno2016

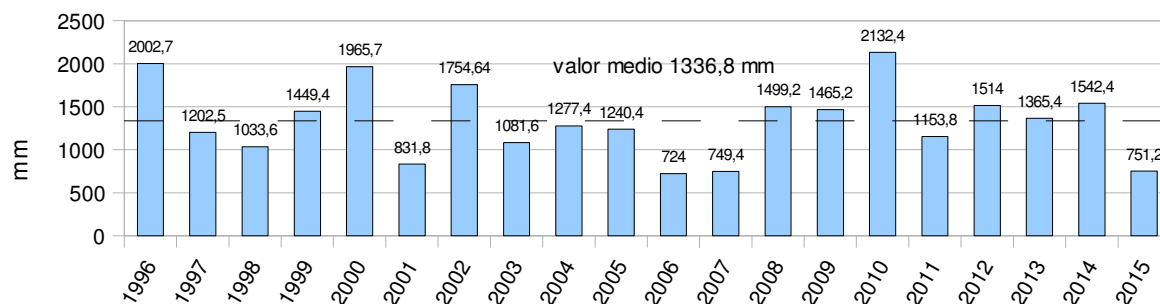


giorni di pioggia alla stazione di Camaiore - luglio2015/giugno2016

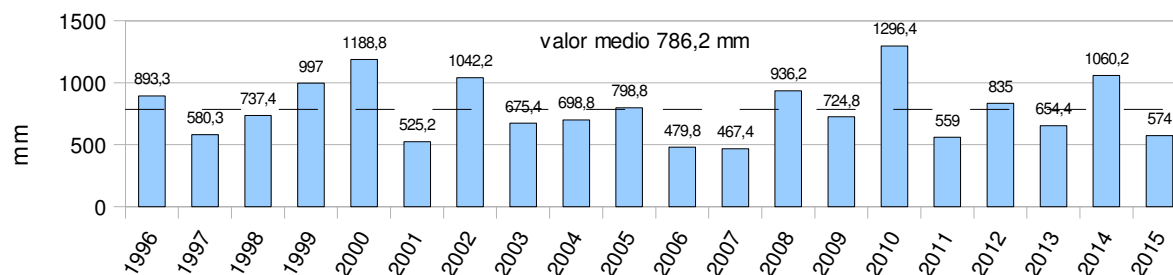


Tuttavia se si analizzano i dati per il periodo a minor precipitazioni, come ad esempio l'intervallo di tempo compreso tra maggio e dicembre 2015, appare chiaro che sia la cumulata delle precipitazioni che i giorni di pioggia sono nettamente inferiori alla media degli stessi periodi degli anni precedenti.

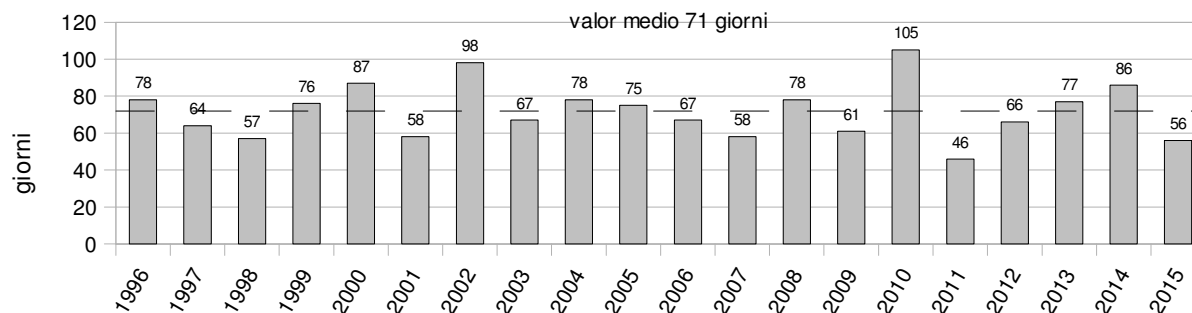
cumulata delle precipitazioni alla stazione di Pomezzana - maggio2015/dicembre2015



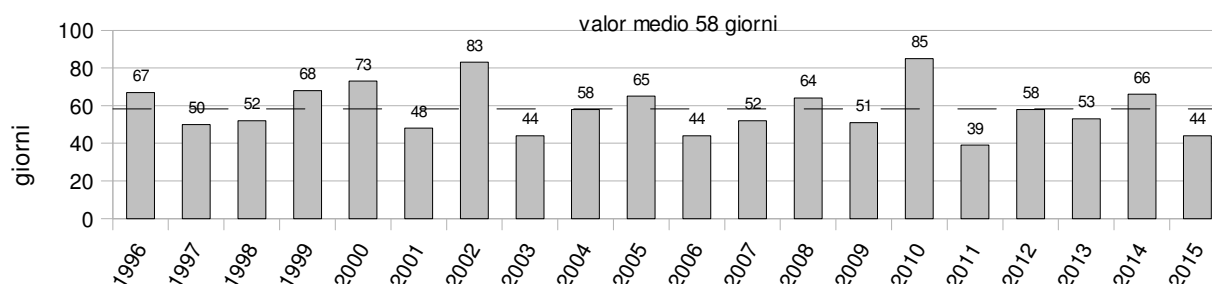
cumulata delle precipitazioni alla stazione di Camaiore - maggio2015/dicembre2015



giorni di pioggia alla stazione di Pomezzana - maggio2015/dicembre2015



giorni di pioggia alla stazione di Camaiore - maggio2015/dicembre2015

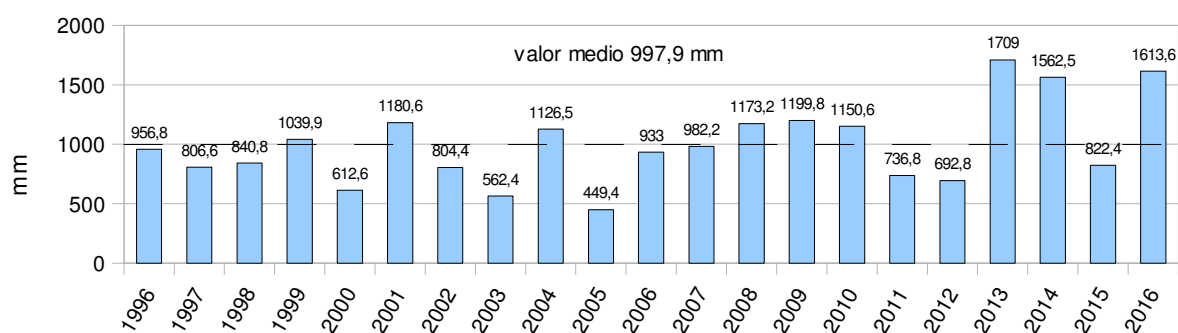


Considerato il prolungato periodo di scarsa piovosità, che peraltro era già in atto antecedentemente a maggio 2015, perlomeno fino a dicembre 2014, non è da escludere che all'interno delle gallerie si possano essere instaurate condizioni particolari, come ad esempio il prosciugamento di pozze e ristagni che, considerato il regime medio delle precipitazioni, sono da considerarsi significative solo per alcuni anni.

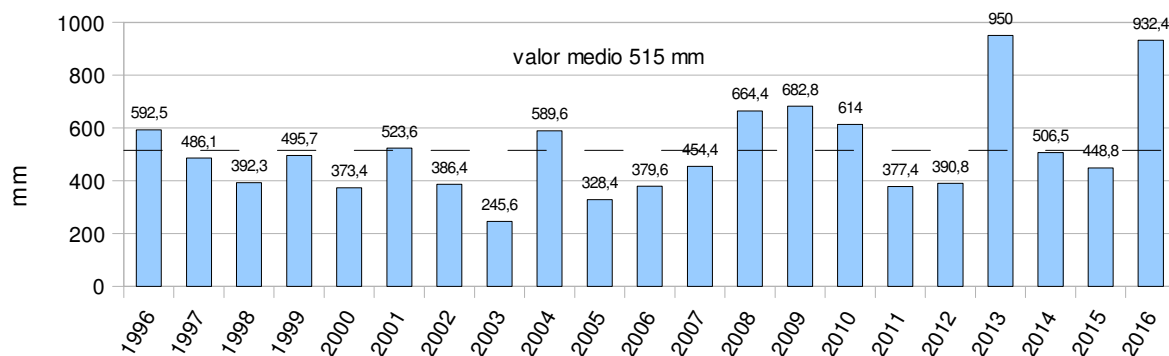
Analizzando l'intervallo compreso tra gennaio e giugno 2016 si nota invece come i valori registrati si pongano nettamente al di sopra della media degli anni precedenti.

E' quindi presumibile che in questo intervallo temporale, nelle gallerie si siano potute verificare condizioni eccezionali quali l'allagamento delle gallerie o la ricarica di pozze e ristagni.

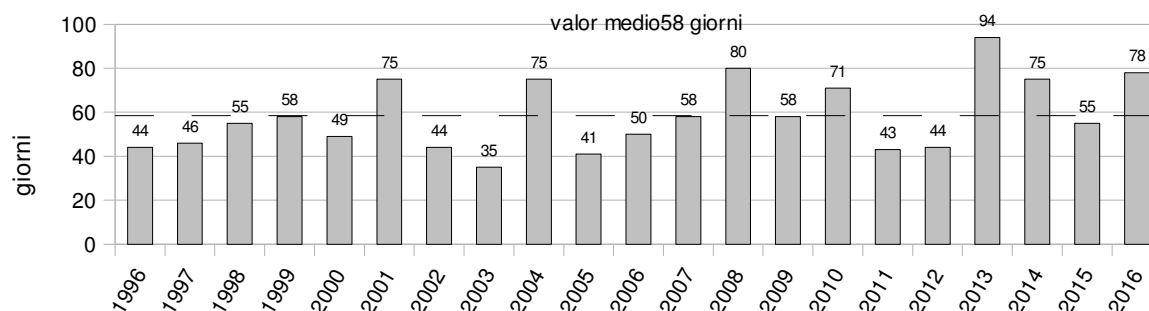
cumulata delle precipitazioni alla stazione di Pomezzana - gennaio2016/giugno2016



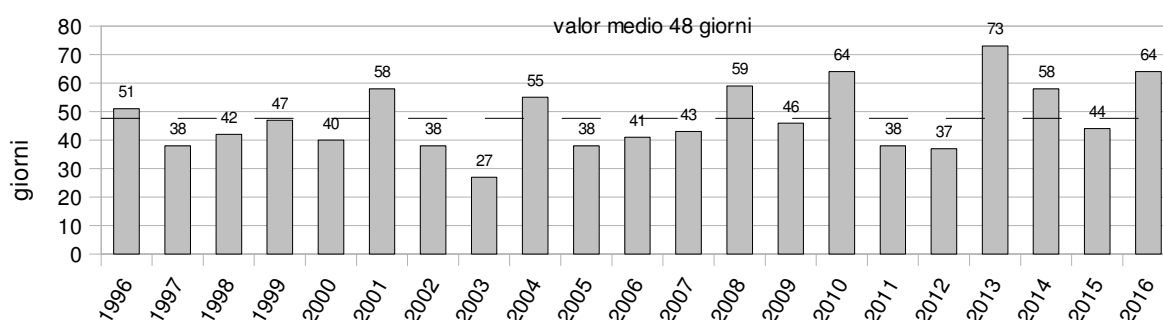
cumulata delle precipitazioni alla stazione di Camaiore - gennaio2016/giugno2016



giorni di pioggia alla stazione di Pomezzana - gennaio2016/giugno2016



giorni di pioggia alla stazione di Camaiore - gennaio2016/giugno2016



In definitiva, emerge come le misure effettuate siano significative di un periodo estivo autunnale con scarsa piovosità e di un periodo invernale primaverile con piovosità abbondanti.

4 - ANALISI DELLE PORTATE, DELLA CONDUCIBILITA' E DEL PH

Nei paragrafi seguenti vengono analizzate le variazioni misurate della portata, della conducibilità e del pH in corrispondenza dei tre ribassi (Pollone, S.Erasmo e Pianello).

Tutte le considerazioni espresse sono relative all'anno monitorato, che come visto nel precedente paragrafo è stato caratterizzato da un primo periodo di scarse piovosità al quale è seguito un altrettanto anomalo periodo di piogge. Non è da escludere quindi che in un differente regime di piovosità possano instaurarsi condizioni sensibilmente diverse da quelle monitorate.

Inoltre, per quanto è stato possibile osservare, la dinamica interna delle gallerie è molto attiva, per cui è possibile che in futuro si determinino forti variazioni dei valori delle portate (alle quali sono collegati anche gli EPT) in funzione di crolli delle gallerie e di ostruzioni o deviazioni del percorso interno delle acque.

5 - RIBASSO DEL POLLONE (VDRPO)

Di seguito si riportano le misure effettuate in corrispondenza del ribasso della miniera del Pollone:

Pollone (VDRPO)				Pollone (VDRPO)			
DATA	EC (μS/cm)	Ph	Q(L/S)	DATA	EC (μS/cm)	Ph	Q(L/S)
07/07/15			0,34	13/01/16		2,3	
24/07/15			0,34	14/01/16			0,56
07/08/15			0,33	15/01/16	3710	2,3	1
31/08/15			0,37	15/01/16	3530	2,32	1,25
21/09/15			0,34	16/01/16			0,76
24/09/15			0,34	17/01/16	4230	2,28	0,66
05/10/15			0,28	19/01/16	3940	2,3	0,55
08/10/15			0,35	19/01/16	3940	2,3	0,65
15/10/15			0,69	24/01/16	3180	2,37	
16/10/15			0,58	26/01/16			
16/10/15			0,56	30/01/16	3920	2,27	0,7
18/10/15			0,43	31/01/16			0,57
19/10/15			0,41	01/02/16			0,72
21/10/15			0,33	01/02/16			0,67
25/10/15			0,3	06/02/16			0,46
26/10/15			0,36	07/02/16			0,46
29/10/15	4310	2,4	0,9	08/02/16	3720	2,4	2
30/10/15			0,01	08/02/16	4370	2,24	1,3
31/10/15	4230	2,4	0,85	09/02/16	4420	2,3	0,87
01/11/15			0,42	09/02/16			0,84
06/11/15	4020	2,26	0,37	10/02/16	4760	1,58	1,4
08/11/15			0,3	11/02/16	5390	2,05	0,9
10/11/15			0,27	12/02/16	5423	2,01	1,2
12/11/15			0,3	13/02/16			1,19
19/11/15	4335	2,2	0,3	16/02/16			1,31
21/11/15	4140	2,47	0,29	24/02/16	4610	2,25	1,24
22/11/15			0,41	28/02/16	4140	1,98	1,67
22/11/15	4650	2,36	0,38	06/03/16			1,21
22/11/15			0,38	08/03/16			1,21
23/11/15	4320	2,3	0,35	10/03/16			0,95
28/11/15			0,29	11/03/16			0,92
29/11/15	3980	2,4	0,26	20/03/16			0,55
06/12/15			0,31	22/03/16	6270	1,76	0,54
08/12/15			0,28	29/03/16			0,45
13/12/15			0,27	05/04/16	5660	2,11	0,44
20/12/15			0,28	12/04/16	5020	2,1	0,39
23/12/15	2989	2,49	0,29	26/04/16	4365	2,4	0,57
27/12/15			0,27	29/04/16	4320	2,2	0,44
29/12/15	3980	2,4	0,28	05/05/16	4550	2,2	0,4
30/12/15			0,28	09/05/16	4570	2,3	0,37
02/01/16			0,8	15/05/16	5450	2,3	1
03/01/16				26/05/16	5380	2,35	0,47
04/01/16	3930	2,31	1	03/06/16	5895	2,2	2,17
05/01/16			1,45	16/06/16	5610	2,2	0,92
06/01/16	3870	2,3	1	12/07/16	7750	2,1	0,47
08/01/16	3700	2,26	0,65				
10/01/16	3420	2,18	1,27				
11/01/16	3750	2,47	0,81				
12/01/16	3935	2,3	0,83				

in nero le misure effettuate da UNIPI

5.1 - PORTATE

Nel periodo compreso tra luglio e dicembre 2015 la portata del ribasso della miniera del Pollone è risultata compresa tra 0,26 e 0,3 L/s. ad esclusione di alcuni giorni di pioggia a seguito dei quali le portate si sono innalzate fino a valori di 0,9 L/s (29 ottobre).

In particolare, in questo periodo sono stati monitorati due eventi meteorici, entrambi nel mese di ottobre tra il 13 ed il 15 e tra il 28 ed il 29, durante i quali sono state prese più misure per i giorni successivi alle piogge. I dati evidenziano chiaramente come le portate si innalzino già durante gli eventi di pioggia per ritornare ai valori precedenti l'evento piovoso nel giro di qualche giorno.

Peraltro nei mesi di novembre e dicembre, la curva delle portate presenta un continuo decremento fino a valori di 0,26/0,28 L/s a testimoniare l'incapacità del sistema minerario di trattenere le acque meteoriche.

A partire da gennaio, grazie anche ai ripetuti giorni di pioggia, i valori delle portate aumentano sensibilmente con massimi fino a 2L/s registrati l'8 febbraio. Tuttavia, anche in questo periodo le portate tendono rapidamente a decrescere dopo gli eventi meteorici.

Dopo questa prima fase di osservazione, per comprendere al meglio la dinamica di infiltrazione e scorrimento delle acque meteoriche all'interno del sistema delle gallerie, abbiamo eseguito una serie di sopralluoghi nei tratti più accessibili delle gallerie Ribasso e Rosina che rappresentano i due livelli inferiori del sistema minerario del Pollone sviluppandosi alle quote di 174 e di 191 m.s.l.m..

Gli esiti di tali sopralluoghi sono riportati nella Tavola 2 allegata.

Altri sopralluoghi sono stati eseguiti nei tratti iniziali dei livelli più alti della coltivazione posti a quote comprese tra 239 e 258, ed in corrispondenza dei livelli Francese e Pizzone.

Nel caso di basse portate, le acque in uscita alla galleria ribasso sono la somma di 4 afflussi che vengono elencati di seguito per ordine di importanza con le lettere da A a D. Le lettere che individuano i vari afflussi sono riportate anche nella documentazione fotografica e nella planimetria inserita in Tavola 2.

A) Il primo afflusso ha origine da una sorgente posta al termine della galleria sud-ovest del livello Rosina. Da qui le acque percorrono parte della galleria in direzione est per discendere verso il ribasso. A causa dell'allagamento dell'ultimo tratto della galleria, non è stato possibile determinare l'esatta ubicazione della sorgente, tuttavia i dati di conducibilità e pH rilevati per due volte (12 aprile e 19 maggio) non lasciano dubbi sulla

buona qualità delle acque non ancora contaminate dal contatto con la pirite (pH 6,9 ed EC 460 $\mu\text{s/cm}$ il 12 aprile, pH 6,4 ed EC 455 $\mu\text{s/cm}$ il 19 maggio). Lungo il percorso per giungere alla discenderia che convoglia le acque verso il ribasso, la qualità di queste peggiora rapidamente con pH che raggiungono valori pari 3.

B) Il secondo afflusso si genera nel punto in cui la galleria Rosina sottopassa il Torrente Baccatoio. Qui si osserva una continua filtrazione in corrispondenza di un filone verticale oggetto della passata coltivazione. Il filone è visibile sia all'esterno lungo il Torrente, che all'interno sulla volta della galleria.

Giunte sul pavimento della galleria, le acque percorrono un breve tratto verso sud per poi discendere verso il livello ribasso attraverso una tramoggia parzialmente ostruita.

Diverse misure eseguite sul pavimento della galleria sotto la verticale del Baccatoio hanno evidenziato pH compresi tra 2,8 e 3,5 con conducibilità maggiormente variabili (770/1270 $\mu\text{s/cm}$), strettamente dipendenti dalla qualità delle acque del Baccatoio.

C) Il terzo afflusso proviene dal braccio est della galleria del ribasso, nel tratto sottostante il Torrente Baccatoio. Essendo la galleria allagata e parzialmente ostruita dai detriti, non abbiamo potuto ispezionarla per tutta la sua lunghezza, per cui possiamo solo ipotizzare che le acque in uscita da questa galleria siano anch'esse di infiltrazione dal Torrente Baccatoio. Le due misure effettuate hanno dato valori pressoché simili (pH 2,3 ed EC 1330 $\mu\text{s/cm}$, pH 2,9 ed EC 1370).

D) Il quarto afflusso proviene dal braccio nord-ovest della galleria Rosina, risalendo il quale si giunge a due tramogge parzialmente ostruite di collegamento con il vecchio sistema delle gallerie del Francese. La misura effettuata nei due punti di afflusso ha fornito valori di pH pari 2,8 ed EC compresa tra 1890 e 2320 $\mu\text{s/cm}$.

Una ulteriore misura effettuata all'interno del livello francese, nella porzione sovrastante ad una delle tramogge che convogliano le acque verso il livello Rosina, ha fornito valori paragonabili ai precedenti: pH 2,7 ed EC pari a 1995 $\mu\text{s/cm}$.

Le acque giunte sul pavimento del livello Rosina, scorrono in direzione est fino ad entrare all'interno di un crollo che le indirizza verso il livello Ribasso. Diverse misure effettuate nel tratto immediatamente prima del crollo, hanno fornito valori di pH compresi tra 2,4 e 2,55 e EC comprese tra 2950 e 3040 $\mu\text{s/cm}$.

Lungo tutti i percorsi delle linee di deflusso sono presenti detriti, ristagni e tramogge parzialmente intasate che determinano il netto peggioramento della qualità delle acque secondo i processi studiati nel dettaglio dall'Università di Pisa.

Come già scritto, la somma dei quattro afflussi rappresenta la portata in uscita dal Ribasso nei periodi di scarsa piovosità.

Nel caso di piogge, oltre ad osservare un sensibile incremento di portate per le acque che giungono dal livello Francese **(D)**, si generano altre linee di scorrimento che possono perdurare da qualche ora a qualche giorno dopo l'evento di pioggia.

Le principali sono almeno 4 che elenchiamo di seguito per ordine di importanza:

E) Copiosi quantitativi di acque giungono dai livelli superiori. Nel sopralluogo del 3 giugno, durante la pioggia abbiamo potuto constatare la copiosa filtrazione di acqua direttamente dalla volta della galleria a quota 253 a da alcuni degli ingressi superiori (quota 239). Le acque si riversavano rapidamente verso le gallerie inferiori attraverso discenderie e cavità che a causa dei crolli arrivano a collegare fino a quattro livelli.

Le acque, secondo diversi percorsi giungono tutte al livello stanzone dove raggiungono un pozzo che le convoglia verso il livello Rosina, alla confluenza con le acque che giungono dalla sorgente **(A)**. Entrambe raggiungono poi il ramo ovest del livello ribasso attraverso un ulteriore pozzo. Ripetute misure effettuate in queste acque, sia a livello Rosina che a livello stanzone hanno fornito valori estremamente bassi di pH compresi tra 1,7 ed 1,9 ed elevati valori di EC, mediamente superiori a 16000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Questi alti valori sono causati sia dalla contaminazione che le acque di pioggia subiscono lungo il percorso, attraversando detrito e fanghi, e sia alla miscelazione con pozze fortemente contaminate.

Questa linea di scorrimento si osserva anche per alcuni giorni dopo la pioggia, sebbene con valori di portata in rapido decremento.

F) Durante le piogge altri copiosi quantitativi di acque filtrano all'interno della galleria Rosina in un punto immediatamente ad ovest dell'infiltrazione dal Torrente Baccatoio **(B)**, dove lo scavamento della volta ha raggiunto il piano di appoggio della sovrastante strada di miniera. Durante le piogge parte delle acque raccolte dalla sovrastante sede stradale filtrano attraverso lo scavamento all'interno della galleria.

Misure effettuate alla base della galleria forniscono valori pari a pH 2,7 ed EC 1590 $\mu\text{S}/\text{cm}$. La venuta di acqua è osservabile solo durante gli eventi di pioggia e termina poche ore dopo l'evento, in accordo con i tempi di corrivazione dell'acqua raccolta dalla sovrastante

strada.

G) Una terza linea di scorrimento è stata osservata lungo una parete della galleria Rosina, nella zona sottostante il crollo dell'ingresso del livello stanzone. In questo caso non è stato possibile effettuare alcun campionamento in quanto la parete è di difficile accessibilità. Tuttavia a differenza delle altre venute, qui lungo la linea di scorrimento non si osserva il caratteristico colore rossastro, per cui è ipotizzabile che le acque abbiano una buona qualità. Peraltro se queste acque dovessero effettivamente provenire da una cavità al di sotto del materiale franato all'ingresso del livello stanzone, dato il breve percorso, è ipotizzabile che le acque siano poco contaminate. La venuta di acqua presenta il massimo durante gli episodi di pioggia, ma si protrae anche per qualche giorno dopo l'evento, pur diminuendo molto rapidamente subito dopo l'evento di pioggia.

H) Una quarta linea di scorrimento dalle portate modeste, è dovuta all'infiltrazione di acqua all'interno della Galleria Rosina dalla discenderia al margine della strada di miniera.

Qui è già stato realizzato un piccolo muretto in cemento che ha abbattuto sensibilmente i quantitativi di acqua in ingresso alla galleria. Tuttavia, ancora oggi nel corso di eventi di pioggia intensi, al piede della discenderia si osserva un piccolo rivolo che scorre verso la tramoggia di collegamento con il sottostante livello del Ribasso. Questa tramoggia raccoglie anche le acque provenienti dalle infiltrazioni del Torrente e della strada di miniera, indicate rispettivamente con le lettere **F** e **B**.

Anche in questo caso la venuta di acqua è ristretta all'arco temporale della pioggia e diminuisce rapidamente nelle ore successive.

Nel grafico riportato nella Tavola 1, sono riportate tutte le misure effettuate in corrispondenza del ribasso del Pollone dal sottoscritto, dal direttore di miniera e dall'Università di Pisa. Se ne deduce il valore delle portate durante l'intero anno di monitoraggio (compreso tra l'11 luglio 2015 ed il 10 luglio 2016) che è pari a 18.300 mc.

Tale valore è da considerarsi sottostimato poiché è stato possibile stabilire i minimi della curva, ma non sono stati registrati tutti i massimi conseguenti agli episodi di pioggia i cui apporti andrebbero ad incrementare la portata calcolata.

Oltretutto, stante lo stato di abbandono in cui versa la miniera, è ipotizzabile che in futuro tale valore sia destinato a crescere, per crolli dei livelli superiori e allargamento delle zone di infiltrazione dal Torrente, dalla strada di miniera o dagli ingressi.

5.2 - CONDUCIBILITA' e pH

Come esposto nel precedente paragrafo, la portata in uscita al ribasso del Pollone è la somma di 4 linee di deflusso nei periodi di siccità **(A-D)**, alle quali si sommano almeno altre 4 nei periodi piovosi **(E-H)**. Ognuna di queste linee di deflusso ha una propria curva caratteristica, e nel caso degli afflussi temporanei, un proprio tempo di corrivazione.

In tal modo al livello ribasso si miscelano acque dalle buone caratteristiche come quelle della sorgente interna al sistema o quelle di infiltrazione dal crollo dell'ingresso del livello stanzone, con acque di caratteristiche intermedie, come possono essere quelle che si infiltrano dalla strada di miniera o dal Torrente Baccatoio, con acque fortemente contaminate che provengono dai livelli superiori, e che percorrono un tratto mediamente più lungo incontrando pozze, ristagni e detriti.

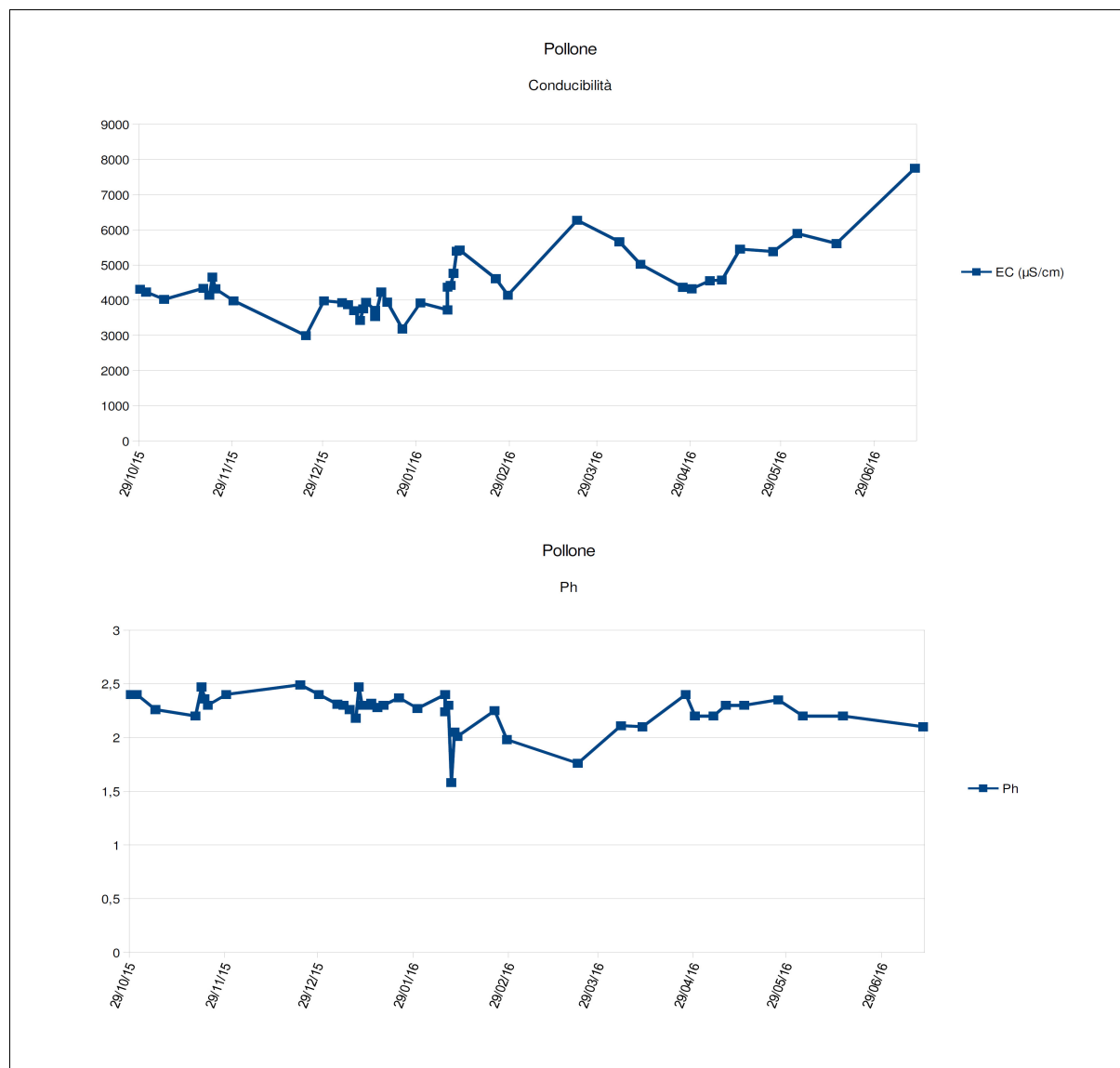
In ogni caso, tutte le acque prima di fuoriuscire dal ribasso si acidificano transitando in pozze e ristagni con acque fortemente contaminate o filtrando dalle tramogge ormai cariche di detriti di pirite. In tal modo nonostante durante gli eventi di pioggia i valori della portata si innalzino repentinamente indicando collegamenti diretti con le acque meteoriche, i valori di conducibilità e pH presentano minime variazioni.

In particolare, il pH assume valori medi compresi tra 2,2 e 2,4, mai comunque superiori a 2,5. Alcuni valori isolati hanno fatto registrare pH inferiori a 2.

E' interessante notare che il minimo assoluto pari a 1,58 è stato registrato il 10 febbraio 2016 nel mezzo di un periodo di precipitazioni, mentre il secondo valore più basso pari a 1,76 è stato registrato il 22 marzo 2016 dopo un periodo di quasi totale assenza di piogge di oltre 12 giorni.

Relativamente alla conducibilità, i valori sono mediamente compresi tra 3700 e 5900 $\mu\text{S}/\text{cm}$, con minimi isolati fino a 3000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e con massimi di oltre 7000 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Il trend generale indica valori pressoché costanti nel periodo da ottobre a fine gennaio. Poi dall'8 al 12 febbraio durante un periodo di abbondanti piogge i valori aumentano fino ad oltre 5000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Tuttavia la possibile relazione diretta tra precipitazioni e aumento della conducibilità è smentita dall'ultima misura del 12 luglio di 7750 $\mu\text{S}/\text{cm}$ che corrisponde al massimo registrato finora e che viene dopo un periodo di assenza di piogge di almeno 22 giorni. L'ultima misura sembra confermare un trend in aumento durante il periodo estivo con scarse precipitazioni.



E' chiaro quindi che nelle variazioni di conducibilità e pH intervengono anche fattori interni alle gallerie, come crolli che possono interrompere alcune linee di scolo o scavernamenti che possono far defluire in modo rapido acque fortemente contaminate.

D'altra parte i peggioramenti della qualità delle acque registrati nei periodi più piovosi crediamo che possano essere dovuti all'entrata in gioco, di volumi di acque provenienti dai livelli superiori e che si infiltrano direttamente dalla volta delle gallerie o dai loro ingressi andando a ricolmare pozze e formare ristagni di acque molto contaminate che poi si riversano nel sistema di scolo.

In pratica crediamo che l'afflusso indicato con la lettera E, che ha parametri pressoché costanti e pari a pH 1,7-1,9 e conducibilità superiore a 16000 µs/cm, diventi predominante nei periodi più piovosi.

6 - RIBASSO DI MONTE ARSICCIO, GALLERIA S.ERASMO (VDSRM)

Di seguito si riportano le misure effettuate in corrispondenza del ribasso di Monte Arsiccio, Galleria di S.Erasmo:

S.Erasmo (VDSRM)			
DATA	EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Ph	Q(L/S)
07/07/15			0,18
24/07/15			0,13
07/08/15			0,08
31/08/15			0,19
15/09/15			0,8
21/09/15			0,33
24/09/15			0,23
08/10/15			0,43
15/10/15			2,67
16/10/15			0,77
18/10/15			0,32
21/10/15			0,28
26/10/15			0,18
29/10/15			2,18
29/10/15	2500	2,6	1,8
31/10/15	3030	2,5	0,7
05/11/15			0,36
19/11/15	4970	2,2	0,33
29/12/15	4110	2,4	0,4
11/01/16	4020	2,58	3,3
12/01/16	4325	2,3	2,37
13/01/16		2,26	2
15/01/16	3030	2,45	3,58
19/01/16	7825	2	1,08
24/01/16	8120	1,94	
26/01/16	8050	1,99	
31/01/16			2,05
01/02/16			3,12
06/02/16			1,45
07/02/16	5870	1,46	1
08/02/16	270	6,7	6
08/02/16	348	5,81	4,5
09/02/16	5480	2,3	4,6
10/02/16	5930	1,64	6
11/02/16	7161	1,99	3,4
12/02/16	4719	2,18	3,3
24/02/16	4810	2,3	4,33
28/02/16	2990	2,19	6
08/03/16			2,72
22/03/16	8970	1,66	0,76
29/03/16			0,65
05/04/16	8250	2,12	0,44
12/04/16	7800	2	0,39
26/04/16	4090	2,4	1,17
29/04/16	5315	2,2	0,67
26/05/16	6540	2,2	0,63
03/06/16	6350	2,3	4,25
16/06/16	5820	2,5	1,37
12/07/16	8200	2,25	0,3

in nero le misure effettuate da UNIP

6.1 - PORTATE

Il sistema minerario di Monte Arsiccio è stato analizzato nel dettaglio dallo scrivente nella relazione del novembre 2014. A conclusione di quel lavoro sono stati definiti gli aspetti morfologici di superficie della grande sinkhole che si è sviluppata sulla verticale di parte del sistema delle gallerie, per i crolli avvenuti all'interno dei livelli.

Qui di seguito si forniscono i dati principali relativi alla morfometria della sinkhole, rinviando alla suddetta relazione per maggiori dettagli.

<i>FORMA</i>	Ellittica
<i>ASSE MAGGIORE N60</i>	Lunghezza 180/200 metri
<i>ASSE MINORE N150</i>	Lunghezza 100 metri
<i>QUOTA DEL PUNTO DI MASSIMA DEPRESSIONE</i>	587 m. s.l.m.
<i>STIMA DELLA QUOTA ORIGINARIA</i>	605 m. s.l.m.
<i>DEPRESSIONE STIMATA</i>	18 metri
<i>PUNTE DI MAX DEPRESSIONE</i>	20-21 metri
<i>AREA COINVOLTA DALLO SPROFONDAMENTO</i>	16600 mq
<i>AREA COINVOLTA DALLO SPROFONDAMENTO + ZONA D'INFLUENZA</i>	33200 mq
<i>STIMA DEI VOLUMI SPROFONDATI</i>	177000 mc

L'area di 16.600 mq indicata come coinvolta dallo sprofondamento rappresenta il perimetro della sinkhole, delimitato dai principali cigli di sprofondamento, mentre l'area di 33.200 mq comprende anche la zona al margine, interessata da evidenti segni di collasso/scivolamento.

La grandissima parte delle acque meteoriche che ricade nella sinkhole, viene convogliata nel sistema minerario per fuoriuscire dalla galleria di S. Erasmo. Piccole quantità fuoriescono dalle gallerie superiori come S. Olga o S. Anna.

Nel primo periodo di monitoraggio delle portate, che seguiva una stagione di scarse piovosità, è stato registrato il minimo assoluto delle portate (0,083 L/s il 7 agosto 2015). Nei mesi successivi, e fino a dicembre 2015, nei periodi lontani da eventi di pioggia le portate si sono attestate tra 0,3 e 0,5 L/s.

Come per il ribasso del Pollone, anche per la galleria di S. Erasmo abbiamo monitorato i

due eventi meteorici principali di questo primo arco temporale, avvenuti entrambi nel mese di ottobre tra il 13 ed il 15 e tra il 28 ed il 29, durante i quali sono state prese più misure per i giorni successivi alle piogge.

Anche in questo caso i dati evidenziano come le portate si innalzino già durante gli eventi di pioggia per ritornare ai valori precedenti l'evento piovoso nel giro di qualche giorno. Rispetto però al ribasso del Pollone, i picchi delle portate registrate a S. Erasmo presentano valori notevolmente superiori come ad esempio i 2,67 L/s registrati il 15 ottobre a 10 ore dal termine delle piogge, o i 2,18 L/s registrati il 29 ottobre a 14 ore dal termine delle piogge.

Da notare come nei mesi di novembre e dicembre, nonostante la scarsità di piogge, la curva delle portate sia pressoché stazionaria a testimoniare la capacità del sistema minerario di trattenere parzialmente le acque meteoriche per rilasciarle gradualmente.

A partire da gennaio, grazie anche ai ripetuti giorni di pioggia, i valori delle portate aumentano sensibilmente con massimi fino a 4,60 L/s registrati il 9 febbraio.

Altre fluttuazioni della curva delle portate si registrano fino all'ultima misura del 12 luglio corrispondente a 0,3 L/s.

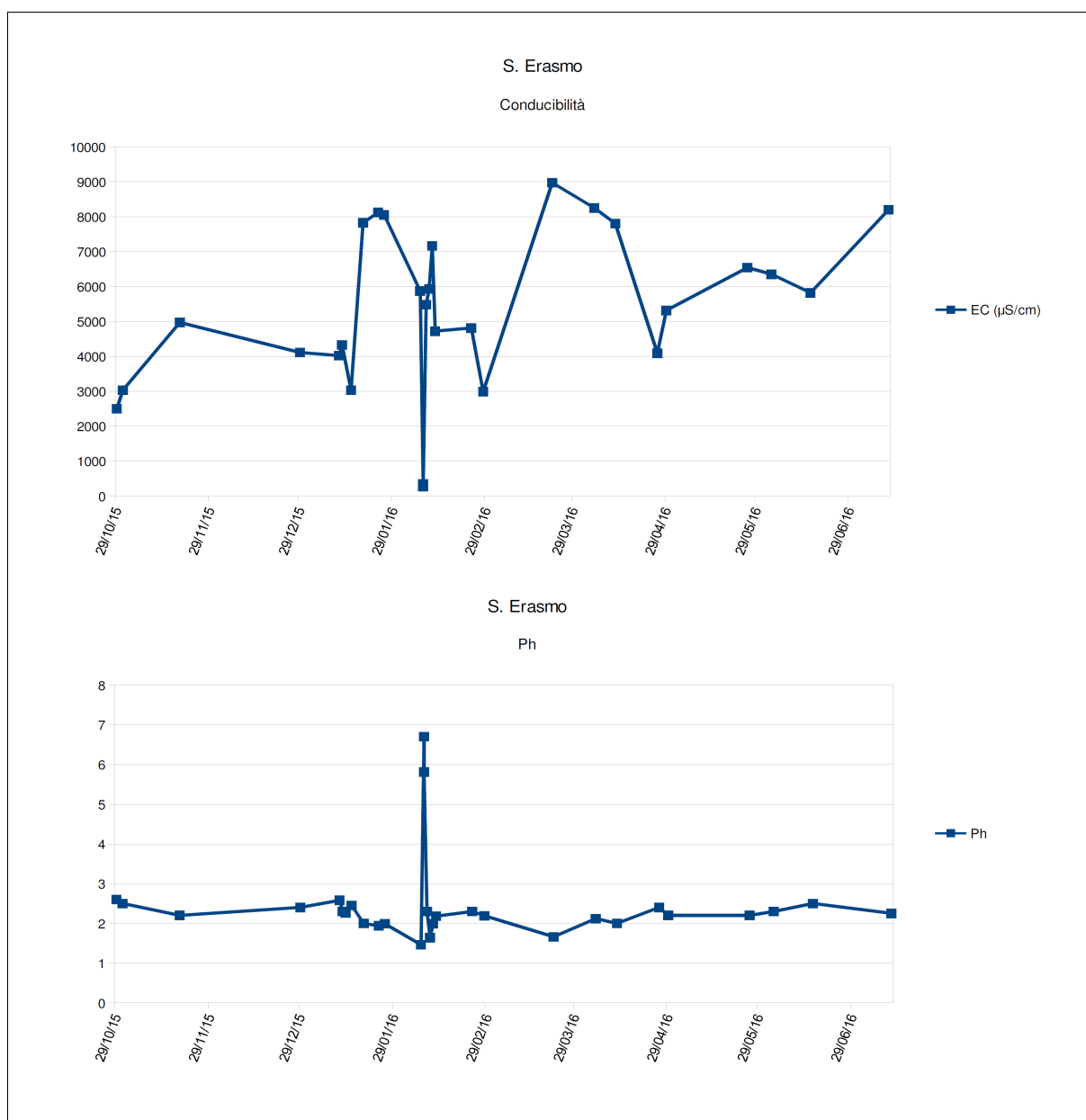
Tutti i dati raccolti, riportati nel grafico di cui alla Tavola 2, permettono di stimare il valore complessivo delle portate durante l'intero anno di monitoraggio luglio 2015, giugno 2016, pari a 35.000 mc.

Anche in questo caso, come per il ribasso del Pollone, il valore calcolato è da considerarsi sottostimato poiché mentre sicuramente sono stati rilevati i minimi della curva, altrettanto non si può dire per i massimi conseguenti agli episodi di pioggia i cui apporti sarebbero andati ad incrementare la portata calcolata.

6.2 - CONDUCIBILITA' e pH

Data la precarietà dei luoghi, è stato possibile effettuare alcun sopralluogo interno al sistema minerario. Tuttavia, le notizie fornite da chi in passato ha visitato le gallerie, concordano nel confermare che al termine della galleria Sant'Anna ci sia una grande pozza il cui livello fluttua a seconda del regime delle piogge. E' quindi ipotizzabile che sul fondo della sinkhole si sia creata una grande zona di ristagno, dalla quale filtra acqua verso la galleria S. Erasmo.

Quindi anche in questo caso, le acque meteoriche, prima di fuoriuscire dalla galleria S. Erasmo, si acidificano transitando in pozze e ristagni con acque fortemente contaminate. A causa di ciò, nonostante durante gli eventi di pioggia i valori della portata si innalzino repentinamente, i valori di conducibilità e pH presentano variazioni contenute. In particolare, il pH assume valori medi compresi tra 2,0 e 2,4; alcuni valori isolati hanno fatto registrare pH inferiori a 2.



E' interessante notare come i due minimi principali pari a 1,46 (7 febbraio 2016) e 1,64 (10 febbraio 2016) siano stati registrati nel mezzo di un periodo di precipitazioni, mentre un

terzo minimo pari a 1,66 è stato registrato il 22 marzo 2016 dopo un periodo di quasi totale assenza di piogge di oltre 12 giorni. Inoltre l'8 febbraio 2016 è stato registrato un valore apparentemente anomalo di 5,81 al quale si associa anche un basso valore di conducibilità.

Relativamente alla conducibilità, i valori presentano un ampio range di variabilità compreso mediamente tra 4000 e 7000 $\mu\text{s/cm}$, con un minimo isolato pari a 348 $\mu\text{s/cm}$ e con massimi di oltre 8000 $\mu\text{s/cm}$.

Il trend generale indica valori pressoché costanti nel periodo da ottobre a fine gennaio. Poi la curva presenta ampie variazioni che non sembrano direttamente collegate con gli eventi di pioggia, ad esempio il minimo assoluto è stato registrato l'otto febbraio durante un periodo di forti precipitazioni, ma solo tre giorni dopo, perdurando comunque le piogge, è stato registrato un massimo pari a 7161 $\mu\text{s/cm}$. L'ultima misura effettuata il 12 luglio pari a 82000 $\mu\text{s/cm}$, che peraltro corrisponde al massimo registrato finora, giunge dopo un periodo di assenza di piogge di almeno 22 giorni, e sembra confermare un trend in aumento durante il periodo estivo con scarse precipitazioni.

Come per il sistema del Pollone è chiaro quindi che nelle variazioni di conducibilità e pH intervengono anche fattori interni alle gallerie, come crolli che possono interrompere alcune linee di scolo o scavarnamenti che possono far defluire in modo rapido acque fortemente contaminate.

Inoltre, una ulteriore variabile si genera in corrispondenza dell'ingresso della piccola galleria la Berna, posto lungo la strada per S. Anna, poco dopo l'attraversamento del Torrente Baccatoio. Durante i giorni di pioggia, nel versante a monte si instaura un copioso scorrimento di acque non contaminate che si riversano all'interno della galleria. In seguito a questi episodi la galleria tende a riempirsi temporaneamente di acqua, che poi si riversa all'interno del ribasso S.Erasmo. E' ipotizzabile che i parametri registrati l'8 febbraio al ribasso, caratteristici di acque dalle buone qualità, possano essere dovuti al rapido svuotamento dell'accesso alla galleria la Berna per cui acque di buona qualità hanno diluito le acque contaminate provenienti dalle gallerie poste più a monte.

7 - RIBASSO DI PIANELLO (VDSRM)

Di seguito si riportano le misure effettuate in corrispondenza del ribasso di Pianello:

Pianello (VDRPN)			
DATA	EC (µS/cm)	Ph	Q(L/S)
07/07/15			0,07
24/07/15			0,05
07/08/15			0,03
31/08/15			0,03
24/09/15			0,02
08/10/15			0,03
15/10/15			0,03
21/10/15	3800	2,47	
18/10/15			0,03
29/10/15	4000	2,4	0,05
31/10/15	4010	2,4	0,05
19/11/15	4145	2,4	0,02
29/12/15	4100	2,4	0,07
12/01/16	4300	2,4	0,25
15/01/16	4490	2,3	0,5
08/02/16	3600	2,4	0,75
24/02/16	2960	2,5	0,83
12/04/16	2830	2,55	0,33
26/04/16	2900	2,6	0,2
29/04/16	2920	2,5	0,17
09/05/16	3000	2,6	0,17
26/05/16	3105	2,65	0,17
03/06/16	3150	2,65	0,58
16/06/16	3200	2,7	0,67
12/07/16	2520	2,8	0,5

in nero le misure effettuate da UNIP

7.1 - PORTATE

Il sistema minerario del Pianello è posto alle quote comprese tra 585 e 620 m.s.l.m., sulla destra idrografica del Torrente Baccatoio.

La coltivazione è avvenuta in periodi antecedenti rispetto a Monte Arsiccio o al Pollone ed il sistema minerario è estremamente semplice. Le carte reperite riportano solo due livelli, quello posto a quota 585 e quello posto a quota 620, anche se sembrerebbe che esista

almeno un altro livello al di sopra della quota 620.

Le acque raccolte all'interno del sistema defluiscono verso la galleria posta a quota 585 m.s.l.m.

Data la difficile accessibilità dei luoghi, è stato deciso di non posizionare lo stramazzo per le misure di portata, che sono state effettuate in corrispondenza del rivolo che si forma lungo la ripida scarpata a valle dell'uscita.

Come appare chiaro nel grafico riportato nella Tavola1, il sistema del Pianello presenta una curva molto differente dai sistemi di Monte Arsiccio e del Pollone.

Gli apporti nel breve periodo dovuti ad eventi meteorici sono molto limitati, piuttosto la curva presenta un andamento più simile a quello di una sorgente (per confronto nel grafico allegato abbiamo riportato i dati rilevati in corrispondenza di due sorgenti poste al contatto tra il carbonatico superiore e le filladi).

Durante il primo periodo di monitoraggio, fino a dicembre 2015, le portate sono state molto limitate comprese tra 0,033 e 0,066 L/s e durante i due eventi di pioggia intensa di Ottobre, non sono state registrate apprezzabili variazioni.

I valori aumentano gradualmente a partire da Gennaio 2016, dopo un periodo continuato di piogge, fino a 0,5 L/s registrati il 15 gennaio e 0,83 L/S del 24 febbraio. Successivamente in seguito ai periodi poco piovosi di marzo ed aprile le portate diminuiscono gradualmente fino a 0,16 L/s registrati il 29 aprile.

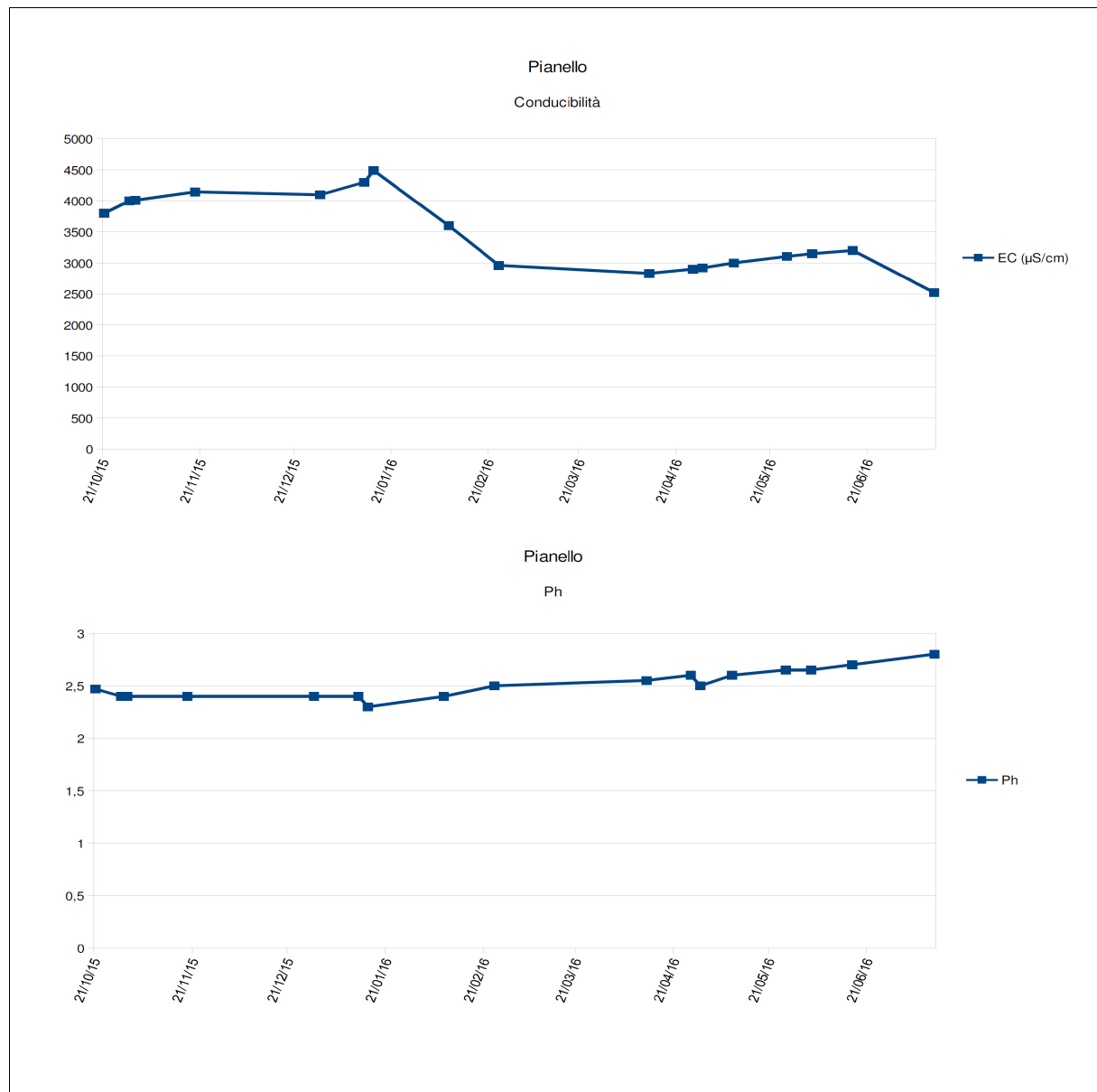
Una nuova fluttuazione segue le piogge di maggio e di giugno con un massimo pari a 0,67 L/s del 16 giugno.

Altre fluttuazioni della curva delle portate si registrano fino all'ultima misura del 12 luglio corrisponde a 0,5 L/s.

I dati raccolti, permettono di stimare il valore complessivo delle portate durante l'intero anno di monitoraggio luglio 2015-giugno 2016, pari a 9.100 mc. Considerata la regolarità della curva delle portate il valore calcolato è da considerarsi molto vicino a quello reale.

7.2 - CONDUCIBILITA' e pH

Come per le portate, anche per la conducibilità e per il pH, i dati raccolti descrivono curve molto più semplici rispetto a quelle di Monte Arsiccio o del Pollone.



In questo caso, è facilmente correlabile l'aumento delle portate con la diminuzione dei valori di conducibilità ed con l'aumento del pH.

Difatti, nel primo periodo di analisi, fino a dicembre 2015 con portate basse fino a 0,066 L/s, la conducibilità è risultata sempre superiore a 4000 μS/cm con pH compreso tra 2,3 e 2,4. Con l'aumento delle portate la conducibilità diminuisce sensibilmente portandosi su valori intorno a 3000 μS/cm ed il pH aumenta fino a valori pari a 2,5/2,8.

E' presumibile che la regolarità riscontrata negli andamenti delle misure di questo ribasso sia dovuta a:

- presenza di una o più sorgenti interne al sistema delle gallerie,
- breve percorso delle acque internamente al sistema minerario, costituito al più da 3 o 4 livelli,
- scarsi afflussi da acque di infiltrazione meteorica, comunque osservati nella parte terminale della galleria ribasso.

Sulla base di queste considerazioni, sarà necessario effettuare più approfonditi sopralluoghi all'interno delle gallerie Pianello per verificare la possibilità di intercettare le venute di acqua, prima che queste giungano a contatto con i filoni di pirite.

8 - RILIEVO PLANOALTIMETRICO

8.1 - STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

Il rilievo è stato effettuato con operazioni e rilievi di tipo misto GPS e celerimetrico, mediante strumentazione GPS Leica rx 1250 doppia frequenza, con integrazione di Stazione Totale con precisione angolare di 5" (1.5 mgon) e precisione sulle distanze pari a +/- (3 mm + 2 ppm x D).

8.2 - DESCRIZIONE DELLE OPERAZIONI

Le operazioni effettuate sul campo sono state precedute da un'analisi di dettaglio dei dati cartografici vettoriali e raster relativi all'area di studio reperiti dall'amministrazione comunale presso lo sportello cartografico della Regione Toscana.

La morfologia di partenza, modificata poi sulla base del rilievo eseguito sul posto, è stata elaborata a partire dai dati LIDAR. Le curve derivate da tali dati sono state inizialmente confrontate ed integrate con i dati derivati dalla CTR in scala 1:2.000, particolarmente per le zone con presenza di manufatti o altra struttura di origine antropica (strade, ponti, strutture di miniera).

Successivamente è stato eseguito il rilievo planoaltimetrico di dettaglio dell'area mineraria, con particolare riguardo all'andamento della viabilità interna alla miniera, al corso del Torrente nella zona adiacente al ponte, al posizionamento degli ingressi delle gallerie, e delle strutture accessorie.

In totale sono stati posizionati 9 chiodi, battuti sia con la stazione totale che con il GPS, in modo da posizionare correttamente il rilievo sulla cartografia LIDAR.

Tutte le misurazioni effettuate sono state restituite in coordinate Gauss Boaga.

Due stazioni sono state posizionate all'interno della galleria Rosina, dove è stato eseguito un rilievo planoaltimetrico mirato alla localizzazione della zona di infiltrazione delle acque meteoriche (linea di afflusso F).

I risultati sono riportati nella tavola 3 in allegato, nella quale sono indicati anche gli andamenti delle gallerie per i tratti immediatamente adiacenti gli ingressi.

9 - PRECISAZIONI DI CARATTERE GEOLOGICO

Nell'ambito dell'incarico conferito il 6 giugno 2015 dall'Amministrazione Comunale di Pietrasanta, il sottoscritto ha consegnato il 6 agosto 2015 una prima relazione che ha trattato gli aspetti geologico-strutturali della valle del Torrente Baccatoio. La carta geologica elaborata in quella fase è stata utilizzata a supporto dell'aggiornamento del Piano di Caratterizzazione redatto dallo Studio Associato Geologica Toscana.

In quell'occasione erano state messe in evidenza alcune complicazioni tettoniche che interessano la valle del Torrente, e che *"rappresentano elementi di novità sostanziali ai fini della definizione del quadro conoscitivo di supporto al Piano di caratterizzazione"*.

In particolare, il rilevamento aveva messo in evidenza la presenza di un sistema di faglie dirette che, a parere dello scrivente, avevano contribuito a ribassare la serie metamorfica ed il sovrastante calcare cavernoso durante le ultime fasi di esumazione del basamento ercinico Apuano, in un tratto di versante immediatamente a monte della Sorgente dei Mulini.

Queste faglie potevano *"costituire una linea preferenziale per l'infiltrazione delle acque dal bacino carbonatico superiore fino alla sorgente dei Mulini, dove il percorso si interrompe in profondità giungendo sul livello piezometrico dei Grezzoni. Queste acque, nel loro percorso verso la sorgente dei Mulini, attraverserebbero lo spessore di cataclasiti e/o detriti affioranti nella zona delle miniere di Verzalla, e potrebbero determinare le variazioni di chimismo osservate tra le due sorgenti"* (Molini e La Vite).

In precedenza tutte le carte geologiche redatte per il versante a monte della Sorgente dei Mulini, evidenziavano l'esistenza di una frana di grandi dimensioni ma non localizzavano alcuna faglia.

Nella visione proposta nella relazione dell'agosto del 2015, l'area in frana non è altro che un cuneo tettonico isolato ai bordi da un sistema di faglie dirette. Queste faglie hanno funzionato da "binari" lungo i quali si è sviluppato lo scivolamento durante l'esumazione finale delle unità metamorfiche a partire da 4 Ma.

Considerata l'importanza delle novità introdotte, e le possibili implicazioni sulla definizione del sistema idrogeologico di questo settore delle Apuane già parzialmente definito nella relazione di breve termine dell'Università di Pisa, quest'ultima ha dato incarico al Dott.

Giancarlo Molli di approfondire gli aspetti legati alla geologia strutturale.

Anche gli studi condotti dal Dott. Giancarlo Molli hanno evidenziato la presenza di strutture fragili tardive che *“rivestono un ruolo molto importante nell'ambito della tematica oggetto di studio”*.

Grazie a questi approfondimenti, nel nuovo Assetto idrogeologico del Bacino del Torrente Baccatoio elaborato dall'Università di Pisa (paragrafo 2.2.2 della relazione finale) ad integrazione di quello presentato nella relazione di breve termine (paragrafo 4.2), viene descritta la localizzazione delle due emergenze (Sorgente dei Molini e Sorgente La Vite) come dovute principalmente al contrasto di permeabilità Grezzoni-Filladi, che determina lo sbarramento della circolazione idrica sviluppata nei Grezzoni, pur non escludendo contributi minori da materiali rimaneggiati. La loro localizzazione è comunque *“condizionata anche da altri fattori, quali la morfologia, la presenza di faglie e la diffusa fratturazione spesso associata alla presenza delle faglie stesse. L'elevato grado di tettonizzazione/fratturazione/carsificazione determina condizioni di elevata permeabilità su tutta la zona prossima alle sorgenti”*.

In definitiva, accogliendo l'ipotesi del Dott. Molli, secondo il quale le faglie analizzate per caratteristiche geometriche e architettoniche non giustificano da sole i rigetti della soluzione originariamente proposta dallo scrivente, si conclude che lo scivolamento del cuneo isolato dal sistema di faglie possa essere continuato anche dopo le fasi di esumazione delle Apuane, comunque in periodi molto lontani (migliaia di anni, in contesti morfo-climatici verosimilmente diversi da quelli attuali, Interglaciale WURM ?), dato che al piede della frana non è presente alcun detrito che, in questa ipotesi, il Torrente deve aver avuto il tempo di erodere.

Ponsacco agosto 2016



Geologo Emilio Pistilli