

Auftraggeber

Gemeinde Bozen  
Amt für CO2-Plan, Energie und Geologie



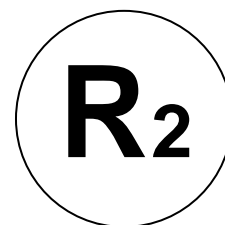
Committente

Comune di Bolzano  
Ufficio Piano CO2 Energia e Geologia

**Altlast Sigmundskron  
"ALTE DEPONIE"  
SANIERUNG mit ATTLASTSICHERUNG  
Vor- und Einreichprojekt  
(im Sinne des B.L.A. 1072/'05)**

**Discarica di Castelfirmiano  
"VECCHIA DISCARICA"  
BONIFICA con MESSA IN SICUREZZA  
Progetto preliminare e definitivo  
(ai sensi della D.G.P. 1072/05)**

**BERICHT ZUM  
ENDGÜLTIGEN SANIERUNGSKONZEPT  
RELAZIONE ILLUSTRATIVA  
MODELLO CONCETTUALE DEFINITIVO**



Datum / Data

Auftraggeber / Committente

**Projekt - progetto  
Dr. Geol. Mauro Platter**

Mai 2015

Maggio 2015

<b>06/04</b> Pr. Nr.	 <b>Geologia e Ambiente</b> Bolzano - Via Kravath 18 - tel. 0471/202125 <b>ORDINE DEI GEOLOGI DELLA PROV. DI BOLZANO</b> Dott. Michele Nobili, Dott. Stefano Paternoster, Dott. Lorenzo Cadrobbi IRENINO - ALTO ADIGE / SÜDTIROL DOTT. GEOL. N° 25 LORENZO CADROBBI	<b>Consulenza ambientale:</b> Dr. Geol. Lorenzo Cadrobbi	<b>Consulenza ingegneristica:</b> Dr. Ing. Martin Weiss
N.B. akt. / agg.			
L.C. bearb. / elab.			
M.P. gepr. / visto			
gen. / appr.			

**büroweiss**  
Ingenieurbüro studio d'ingegneria engineering consultancy  
Schlachthofstraße / via Macello 65  
I - 39100 Bozen / Bolzano  
Tel.: +39 0471 97 83 56  
Fax: +39 0471 97 86 57  
info@buroweiss.it www.buroweiss.it

**ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROV. DI BOLZANO**  
**Dr. Ing. MARTIN WEISS**  
Nr. 514  
**INGENIEURKAMMER DER PROVINZ BOZEN**

# **Discarica di Castelfirmiano**

## **“VECCHIA DISCARICA”**

**Intervento di bonifica con messa in sicurezza**

**PROGETTO PRELIMINARE E DEFINITIVO**

*ai sensi della D.G.P. 1072/05*

**RELAZIONE ILLUSTRATIVA – R2**

**- Modello concettuale definitivo -**

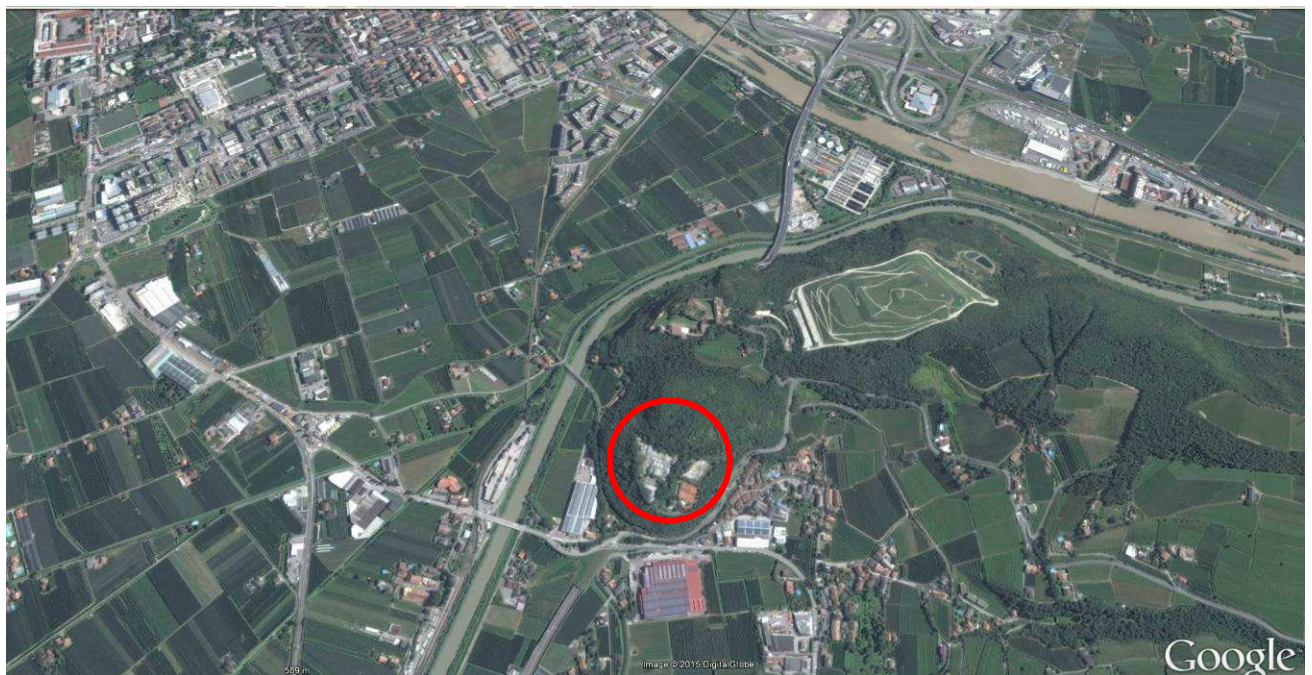
## INDICE

<b>1.</b>	<b>OGGETTO ED INTRODUZIONE</b>	<b>3</b>
<b>2.</b>	<b>INQUADRAMENTO NORMATIVO DI SETTORE</b>	<b>6</b>
<b>3.</b>	<b>INQUADRAMENTO DEL SITO</b>	<b>7</b>
<b>3.1</b>	<b>Particelle interessate e proprietà attuali</b>	<b>8</b>
<b>3.2</b>	<b>Stima dei volumi dei rifiuti depositati</b>	<b>9</b>
<b>3.3</b>	<b>Breve cronistoria della sito inquinato "Vecchia Discarica" – Tavola 02</b>	<b>9</b>
<b>4.</b>	<b>CARATTERIZZAZIONE DEFINITIVA DEL SITO</b>	<b>13</b>
<b>4.1</b>	<b>Sintesi degli esiti delle indagini 2006-2007</b>	<b>13</b>
<b>4.2</b>	<b>Sintesi degli esiti indagini integrative 2014</b>	<b>14</b>
4.2.1	<i>Indagine Soil gas survey (Sea Spa)</i>	15
4.2.2	<i>Indagine geofisica (GG Service Sas)</i>	15
4.2.3	<i>Trincee e sondaggi geoambientali</i>	16
<b>5.</b>	<b>MODELLO CONCETTUALE DEFINITIVO</b>	<b>20</b>
<b>5.1</b>	<b>Modello geologico e geomorfologico</b>	<b>21</b>
5.1.1	<i>Dorsale rocciosa "porfirica" di Castelfirmiano</i>	21
5.1.2	<i>Caratterizzazione geomeccanica</i>	24
5.1.3	<i>Colline fluvio-galciali di Cornaiano</i>	25
5.1.4	<i>Depositi alluvionali di fondovalle</i>	25
<b>5.2</b>	<b>Modello idrogeologico e litostratigrafico</b>	<b>26</b>
5.2.1	<i>Schema idrogeologico generale dell'area di fondo valle</i>	26
5.2.2	<i>Modello litostratigrafico idrogeologico dell'area di Frangarto</i>	26
5.2.3	<i>Caratteristiche idrodinamiche dell'acquifero superficiale di fondovalle</i>	28
<b>5.3</b>	<b>Caratteristiche generali e facies idrochimica dell'acqua di falda</b>	<b>30</b>
5.3.1	<i>Stato ambientale della risorsa idrica 2014 – Falda di Frangarto</i>	31
<b>5.4</b>	<b>Modello idrogeologico locale – Vecchia discarica</b>	<b>39</b>
<b>5.5</b>	<b>Modello concettuale definitivo</b>	<b>43</b>
<b>5.6</b>	<b>Considerazione sulle quantità di captazione/smaltimento percolati</b>	<b>48</b>
<b>6.</b>	<b>PROCEDURA DI ANALISI DEL RISCHIO SANITARIO AMBIENTALE</b>	<b>50</b>
<b>7.</b>	<b>PREMESSE ALLA PROGETTAZIONE</b>	<b>52</b>
<b>7.1</b>	<b>Inquadramento territoriale del sito in oggetto</b>	<b>52</b>
<b>7.2</b>	<b>Ipotesi preliminari di bonifica/messa in sicurezza, già valutate</b>	<b>53</b>
7.2.1	<i>Sintesi delle ipotesi di intervento esaminate</i>	53
7.2.2	<i>Conclusioni e scelte preventive sull'intervento</i>	54
<b>7.3</b>	<b>Argomentazioni alla base della scelta progettuale definitiva</b>	<b>54</b>

## 1. OGGETTO ED INTRODUZIONE

Oggetto del presente progetto preliminare e definitivo è la bonifica ambientale tramite la messa in sicurezza permanente del sito inquinato "Vecchia discarica" di Castelfirmiano in Comune di Bolzano, elaborata ai sensi dell'Art. 6 della D.G.P. 1072/05 e s.m. e i. - *Interventi di messa in sicurezza permanente e ripristino ambientale* che prevede: *"Qualora la fonte inquinante sia costituita da rifiuti stoccati ed il progetto preliminare di cui all'articolo 11 dimostri che, nonostante l'applicazione delle migliori tecnologie disponibili a costi sopportabili, secondo i principi della normativa comunitaria, non sia possibile la rimozione dei rifiuti stessi, l'Agenzia provinciale può autorizzare interventi di messa in sicurezza permanente e ripristino ambientale."*

L'areale della vecchia discarica (circa 42.000mq) inizia circa 400 m a NO del vecchio castello, situato sopra la zona del magazzino Oberrauch e la pista ciclabile di Frangarto; si estende su una superficie di ca. 3,2 ettari, con massima quota a 286 m s.l. m. m. - Tavola 01.



**Figura 1 – Localizzazione dell'area**

A partire dagli anni '50, durante gli anni di esercizio della discarica fino al 1963, sono stati scaricati oltre 330.000 mc di rifiuti misti, industriali, nonché materiali di demolizione e di scavo.

Le fasi di studio per la caratterizzazione del sito iniziarono negli anni 2006-2007 <sup>(1,2)</sup> ad opera di Geologia e Ambiente s.a. e H&T Planungsbüro, integrate anche da specifica relazione del Comune di Bolzano <sup>(3)</sup>. Per ogni dettaglio circa tale caratterizzazione del sito si rimanda alle citate relazioni.

In tale periodo, in gran parte della superficie pianeggiante superiore precedentemente occupata dal "Villaggio Nomadi", non era consentito il pieno accesso per le indagini integrative.

Solo nel 2013, una volta liberata l'area dalle strutture edilizie e relativi ospiti, è stato possibile dare corso alle indagini integrative previste, necessarie alle successive fasi di progettazione.

Sulla base delle nuove evidenze conoscitive emerse dal completamento di tale indagine integrativa 2014 e data l'urgenza di ultimare la progettazione definitiva per l'intervento di bonifica con messa in sicurezza del sito in oggetto, è stato stabilito, durante le varie riunioni tra Committenza, progettisti e APPA BZ, di accorpate tra loro le fasi di progettazione preliminare e definitiva, come previsto dalla D.G.P. 1072/05 e s.m. e i., in modo da giungere più celermente ad un'adeguata risposta in termini di tutela dell'ambiente e della salute pubblica per il caso in esame.

Tale accorpamento tra le fasi progettuali è un aspetto previsto dal comma 1 dell'Art.11 della citata normativa provinciale, che è stato possibile applicare, avendo già individuato nelle fasi preliminari, tra n.3 possibili alternative di intervento, la soluzione definitiva, come da indicazioni della Giunta Comunale di Bolzano di data 11/06/2013, successivamente perfezionata come risulta dal verbale della riunione di coordinamento di data 08/09/2014.

La soluzione progettuale definitiva, elaborata sulla base di specifiche considerazioni tecniche, morfologiche, ambientali ed economiche, estesamente presentate nella specifica relazione tecnica di progetto, è sintetizzabile nei seguenti punti:

- realizzazione di un opportuno sistema di intercettazione degli apporti idrici dal versante di monte (lato est) con un duplice intervento:
  - idonea opera a monte (canale di gronda), al fine di intercettare gli apporti superficiali provenienti dal pendio che si trova sul lato est della parte più alta della discarica,
  - opere di intercettazione profonda tali da captare le circolazioni all'interno dei due sistemi fratturati di impluvio presenti nell'ammasso roccioso,
- rimodellamento morfologico dell'intero sito dell'ex discarica, con idoneo spostamento dei rifiuti all'interno del sito e seguente confinamento sui bordi perimetrali,
- incapsulamento del corpo rifiuti con pacchetto di copertura multistrato impermeabile, (mediante realizzazione di un Capping impermeabile esteso fino al limite del deposito di rifiuti a ridosso della pista ciclabile, seguendo l'andamento degli stessi sulle scarpate),

---

1 H&T Planungsbüro, Geologia e Ambiente S.A (2006): "Discarica di Castelfirmiano – "VECCHIA DISCARICA"- Piano di Caratterizzazione del sito - 1° parte" – Comm: Comune di Bolzano – Ufficio Tutela Ambiente.

2 H&T Planungsbüro, Geologia e Ambiente S.A (2007): "Discarica di Castelfirmiano – "VECCHIA DISCARICA"- Piano di Caratterizzazione del sito - 2° parte" – Comm: Comune di Bolzano – Ufficio Tutela Ambiente

3 Comune di Bolzano (2007): "Discarica di Castelfirmiano – "VECCHIA DISCARICA"-Integrazione al Piano di Caratterizzazione del sito": Comune di Bolzano – Ripartizione Pianificazione e Sviluppo del territorio - Ufficio Tutela dell'Ambiente e del Territorio

- realizzazione di una rete di raccolta e di regimazione delle acque superficiali ed eventuali resti di percolato, lungo il perimetro esterno,
- rinaturalizzazione e/o recupero della superficie bonificata con interventi di rinverdimento e di piantagione, nonché ripristino delle strutture sportive ed altre esistenti.

Le attività di progettazione preliminare sono state direttamente operate dal gruppo Geologia e Ambiente & Büroweiss, mentre la progettazione definitiva è stata eseguita dal Comune di Bolzano nella persona del dr. geol. Mauro Platter, con la consulenza ambientale dello studio Geologia e Ambiente s.a. e la consulenza ingegneristica/impiantistica dello studio Büro Wiess.



## 2. INQUADRAMENTO NORMATIVO DI SETTORE

Qui di seguito vengono richiamate le principali normative di riferimento nel settore ambientale.

A LIVELLO NAZIONALE sono in vigore:

- per bonifica dei siti contaminati il Capitolo Quinto della Parte Quarta del Testo Unico Ambientale: D.Lgs. 152/06 e s.m. e i.

*"I siti inquinati dovranno essere o bonificati o messi in sicurezza secondo un procedimento ben preciso che richiede più fasi di studio ed intervento quali --la caratterizzazione del sito, --il progetto preliminare, --definitivo ed esecutivo, nonché --l'esecuzione dei lavori stessi"*

- per la progettazione di impianti di deposito definitivo di rifiuti (discariche) vale il Decreto legislativo 13 gennaio 2003 n° 36 – Attuazione della direttiva 1999/31/CE relativa alle discariche di rifiuti:

*"Sopra le discariche dismesse va realizzato un sistema di impermeabilizzazione superficiale. Nel caso che sia ammesso e previsto un successivo utilizzo dell'areale, la copertura standard potrà essere sostituita con uno strato compatibile con detto utilizzo, purché l'efficacia protettiva del sistema di impermeabilizzazione sia equivalente"*

**NOTA BENE: Tale D.Lgs. 36/03, pur da considerarsi un riferimento tecnico, non è rigorosamente vincolante nei casi di bonifica di discariche esaurite.**

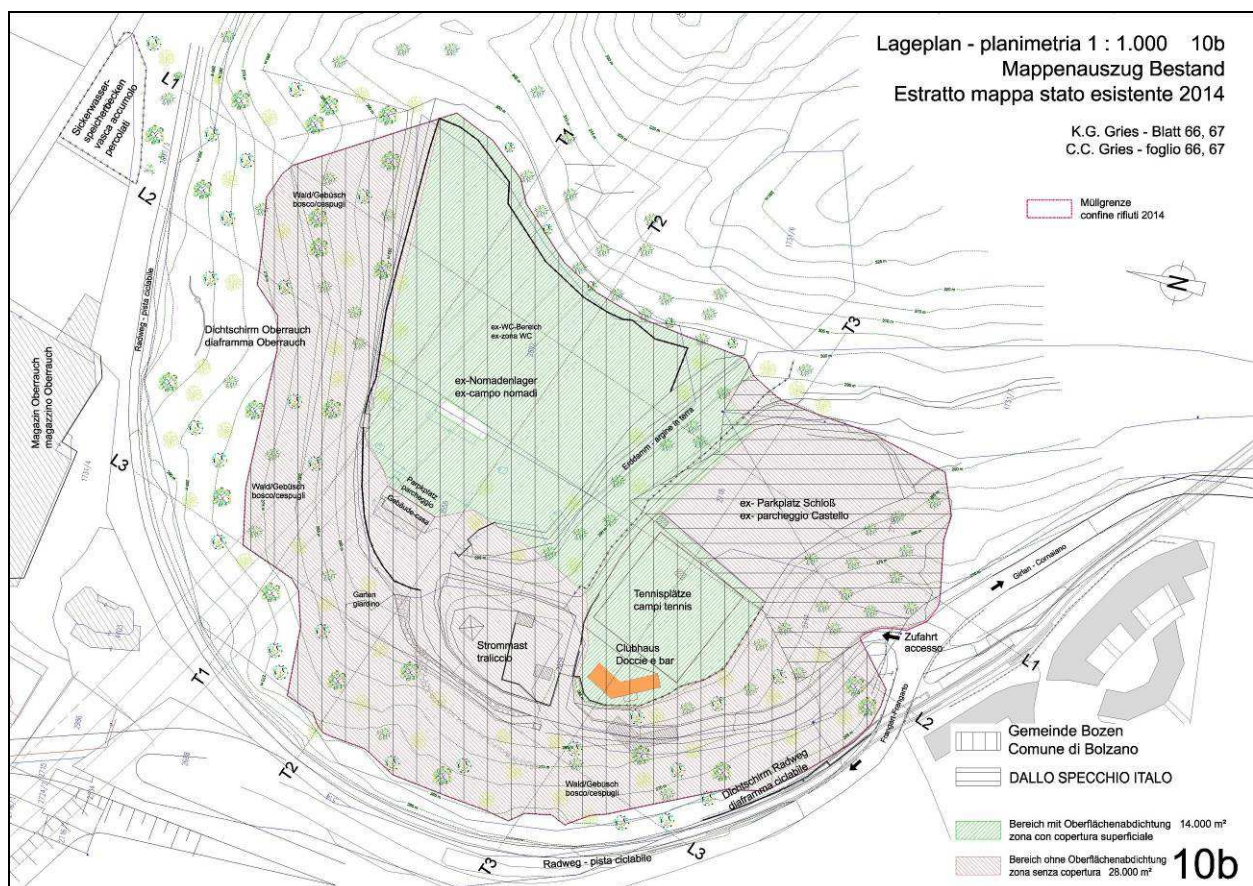
A LIVELLO PROVINCIALE i riferimenti normativi:

- > per gli interventi di bonifica dei siti contaminati:
  - Delibera 4 aprile 2005, n. 1072 - *Disposizioni relative a bonifica e ripristino ambientale dei siti inquinati* (modificata con delibera n. 2929 dell'11.08.2006, delibera n. 3243 del 08.09.2008, delibera n. 781 del 29.05.2012 e delibera n. 656 del 03.06.2014)
  - Legge provinciale 26 maggio 2006, n. 41) - *La gestione dei rifiuti e la tutela del suolo*
- > per la costruzione e gestione di impianti di discarica, sono da prendere a riferimento:
  - Decreto del Presidente della Provincia 26 settembre 2005, n. 45 - *Norme tecniche per le discariche di rifiuti*
  - Decreto del Presidente della Provincia 1 aprile 2009, n. 171 - *Modifiche alle norme tecniche per le discariche di rifiuti*
  - DECRETO DEL PRESIDENTE DELLA GIUNTA PROVINCIALE 28 giugno 1977, n. 301 - *Regolamento di esecuzione della legge provinciale 6 settembre 1973, n. 61: Norme per la tutela del suolo da inquinamenti e per la disciplina della raccolta, trasporto e smaltimento dei rifiuti solidi e semisolidi.*

### 3. INQUADRAMENTO DEL SITO

La "Vecchia discarica" ha una forma circa troncoconica obliqua, si trova in aderenza ad un promontorio roccioso, presenta due ripiani (terrazzamenti) in cima e scarpate ripide su due lati.

Dei due terrazzamenti, quello più alto era occupato dall'ex Villaggio Nomadi, e quello più basso da campi da tennis privati con struttura di servizio bar, e in adiacenza un parcheggio privato (Proprietà "Dallo Specchio"). I depositi di rifiuti si spingono fino a ridosso della pista ciclabile che corre nella parte bassa del promontorio stesso.



**Figura 2 – Inquadramento di dettaglio del sito – Stato attuale**

Le attuali scarpate presentano una pendenza fino a 1:1,3 (38°-40°); quella con la massima pendenza si trova sul lato nord verso il magazzino Oberrauch, sono coperte da fitta vegetazione a medio ed alto fusto, **con alcune zone a stabilità precaria.**

La superficie pianeggiante -impermeabilizzata nel 1990- si limitava a due terrazzamenti di ca. 1,3 ettari. Dal momento che la vegetazione non presentava danni e le norme allora vigenti non prescrivevano la copertura, la parte rimanente a suo tempo non venne impermeabilizzata.



### Terrazzamento alto - I terreni sono di proprietà del Comune di Bolzano

Fino al 2013 sull'areale pianeggiante era situato il Villaggio Nomadi con ca. 30 casette, servizi, infrastrutture ecc. Dopo l'incendio del 2004 le casette distrutte non sono più state ricostruite.

### Terrazzamento basso - I terreni sono di proprietà del Comune di Bolzano

Nel settore ovest è ancora attivo il campo da tennis privato, e relative strutture di accoglienza, mentre il settore più ad est è occupato dal parcheggio di proprietà "Dallo Specchio".

Relativamente a quanto sopra, va fatto presente che le attività di progettazione di messa in sicurezza della zona pianeggiante dei terreni di proprietà comunale -a firma dell'Ing. M. Weiss- sono state svolte nella seconda metà degli anni Ottanta, con fase esecutiva terminata nel dicembre 1990; tale intervento non venne esteso per evidenti questioni di attribuzione di competenze, alla Proprietà "Dallo Specchio".

Al proposito risulta utile richiamare le evidenze di Tavola 02a-02b-02c dell'Allegato A2.1 – *Cronistoria ortofotografica (da Ist. Geografico Militare)*, in cui appare evidente, confrontando in particolare le immagini relative agli anni 1973, 1982 e 1986, che ogni attività di conferimento sulle particelle comunali fosse terminato già ben prima del 1973: nel 1982 si nota evidente una sistemazione superficiale di tale area, mentre l'area privata "Dallo Specchio" appare continuamente interessata da attività di movimentazione materiali/conferimento di rifiuti fino alla metà degli anni ottanta.

### **3.1 Particelle interessate e proprietà attuali**

<b>Projekt:</b>	<b>Altlast Sigmundskron "ALTE DEPONIE"</b>	
	Gemeinde Bozen	
<b>Progetto:</b>	<b>Discarica di Castelfirmiano "VECCHIA DISCARICA"</b>	
	Comune di Bolzano	
<b>Katastralgemeinde:</b>	Gries	
<b>Comune catastale:</b>	Gries	
<b>Parz.Nr.</b>	<b>Einlagezahl</b>	<b>Besitzer</b>
<b>parc.no.</b>	<b>part. cat.</b>	<b>proprietario</b>
1731/2	206/II	COMUNE DI BOLZANO
2892		
.3555		
2717	850/II	DALLO SPECCHIO ITALO, nato il 07/03/1926
2718		
2719		
1731/7		
2697/3	3861/II	GEMEINDE BOZEN-ÖFFENTLICHES GUT-GÄRTEN COMUNE DI BOLZANO-BENE PUBBLICO-PARCHI E GIARDINI

### 3.2 Stima dei volumi dei rifiuti depositati

Sezione	superficie	superficie media	distanza tra sezioni	volume	
		m <sup>2</sup>	m	m <sup>3</sup>	
	0,00				
		823,45	42,00	34.584,90	
L1	1.646,90				
		1.803,15	35,00	63.110,08	
L2	1.959,39				
		1.963,24	80,50	158.040,42	
L3	1.967,08				
		983,54	70,00	68.847,80	
	0,00				
				324.583,19	
	0,00				
		861,81	33,00	28.439,73	
T1	1.723,62				
		2.457,29	56,67	139.254,62	
T2	3.190,96				
		2.445,56	59,15	144.654,58	
T3	1.700,15				
		850,08	31,00	26.352,33	
	0,00				
				338.701,26	
		<b>Volume rifiuti ca.</b>		<b>332.000,00</b>	<b>m<sup>3</sup></b>

### 3.3 Breve cronistoria della sito inquinato "Vecchia Discarica" – Tavola 02

#### anni '50 - Inizio coltivazione

A partire dal dopoguerra è stata instaurata la discarica per depositare le macerie di Bolzano bombardata e per depositare i rifiuti industriali della zona industriale di Bolzano sud.

#### anni '60 - Fine coltivazione

Negli anni 60, a raggiungimento pressoché dell'attuale livello di riempimento l'attività di conferimento è stata sospesa e spostata verso la "nuova Discarica".

#### anno 1982 - Inizio controllo percolati emergenti

Realizzazione di dreni perimetrali per le emergenze di percolato attorno al piede della discarica, lungo il tracciato dell'ex ferrovia per Appiano, nonché di un collettore acque nere con vasca polmone da 500 m<sup>3</sup> dietro i magazzini Oberrauch e di un collettore acque bianche con scarico in Adige.

### **anno 1989 - Impermeabilizzazione superficiale**

Lavori di copertura finale con impermeabilizzazione del ripiano in sommità. Esecuzione di dreni perimetrali per i percolati; captazione ed invio degli stessi verso la vasca percolati "Oberrauch". Questi lavori comportavano una notevole riduzione dei percolati e lo smaltimento regolare di gran parte di questi.

### **anno 1993 - Costruzione galleria MeBo**

Costruzione della galleria in roccia per la superstrada MeBo a 15 m sotto la base della discarica con esecuzione di prese per i percolati "vaganti". Sistema di raccolta degli stessi con collegamento alla rete fognaria di Appiano. (Le venute di percolate sono ormai andate in esaurimento).

### **anni 1994 / 1995 - Zona residenziale Spitaler**

Raccolta e smaltimento di percolati "vaganti" sulla parte sud del versante nordovest (ampliamento zona residenziale Spitaler) - barriere di captazione percolati a vari livelli in fase di esecuzione delle infrastrutture per la zona residenziale Spitaler a Frangarto. I lavori garantivano la raccolta e lo smaltimento regolare delle venute di percolati in quella zona.

### **anni 1998 / 1999 - Interventi di mitigazione delle emissioni**

Esecuzione di una copertura provvisoria dell'accumulo dei rifiuti e drenaggio delle emergenze con raccolta e smaltimento delle stesse al fine di impedire l'ulteriore espansione dell'inquinamento dei terreni e delle falde idriche nella zona di Frangarto. Con questo intervento si creava uno sbarramento all'infiltrazione del percolato al livello della pista ciclabile.

### **anno 2000 - Insediamento Villaggio Nomadi**

Insediamento Villaggio Nomadi da parte del Comune di BZ con baracche e posti camper: a seguito di lavori infrastrutturali al di sopra della geomembrana di impermeabilizzazione. Durante il sopralluogo del dicembre 2005 si sono notati alcuni cedimenti in questa zona che potrebbero aver danneggiato il sistema impermeabile.

### **anni 2002 / 2003 - Costruzione pista ciclabile Bolzano-Appiano**

Costruzione della pista ciclabile da Bolzano ad Appiano al piede del promontorio roccioso che costituisce la base della discarica: formazione di dreni in roccia ai bordi del diaframma impermeabile sopra la zona "Spitaler", durante la costruzione della galleria per la pista ciclabile che passa sotto la Strada Provinciale (scavo in profondità alla roccia e raccolta dei percolati "vaganti").

### **anno 2003 - Bypass fra le condotte percolati e acque nere**

Esecuzione di bypass fra le condotte dei percolati e delle acque nere provenienti dall'insediamento Villaggio Nomadi sull' ex-tiro al piattello allo scopo di sopperire alle emergenze causate periodicamente da forti eventi piovosi. L'intervento ha comportato la riduzione delle quantità di percolati poco inquinati defluenti verso la vasca Oberrauch ed invio delle acque nere verso la rete fognaria di Appiano.

### **anno 2004 - Incendio sul Villaggio Nomadi**

Incendio sul Villaggio Nomadi, con distruzione di una parte delle baracche in legno. E' possibile che il sistema impermeabile abbia subito altri danni.

### **anno 2006-2007 - Indagini di caratterizzazione**

Per una prima caratterizzazione del sito sono stati eseguiti due tipi di indagini geoambientali: la prima di tipo non invasivo (indiretto) e la seconda di tipo diretto.

- **Indagini non invasive:** necessarie per la conferma delle caratteristiche geologiche dell'area e per il calcolo del volume complesso del corpo rifiuti: indagine geoelettrica (tomografia geoelettrica) e indagine sismica (ReMi), eseguite dalla società GG Service srl.
- **Indagini geoambientali dirette:** eseguite nel "corpo rifiuti" e nei terreni perimetrali, con prelievo di campioni per la ricerca dei parametri marker sito-specifici.
  - **quattro sondaggi** geoambientali a carotaggio continuo nel corpo rifiuti con lunghezza variabile da un minimo di 13,50 m per il sondaggio S3 fino ad un massimo di 20,50 m per il sondaggio S1, comunque spinti fino al rinvenimento del substrato roccioso di base;
  - **undici trincee** geoambientali (profondità variabile), distribuite nei pressi dell'area di discarica, la maggior parte localizzate in prossimità del perimetro, per la ricerca del bedrock, la conferma del confine tra rifiuti e terreni (contaminati e non) e per un campionamento dei terreni naturali presenti al margine della discarica.

Gli esiti di tale fase di indagine sono riportati nei vari documenti di riferimento.

### **anno 2013 - Sgombero del Villaggio Nomadi**

Con lo sgombero del Villaggio Nomadi, risolvendo in tal modo l'impossibilità di accedere all'area nella sua interezza, è stato possibile riprendere le attività di indagine per il completamento della caratterizzazione del sito.

## **anno 2014 - Attività di indagine integrativa**

Con lo spostamento del Villaggio Nomadi, risolvendo in tal modo l'impossibilità di accedere all'area nella sua interezza, è stato possibile riprendere le attività di indagine per il completamento della caratterizzazione del sito. Come ampiamente contenuto in altre sezioni del presente documento, nel 2014 sono state effettuate alcune indagini integrative, sia di tipo diretto (trincee e sondaggi) che indiretto (geofisica). Per ogni dettaglio in merito a tali indagini e ai relativi esiti si rimanda agli specifici capitoli.

## **anno 2014 - Opera di captazione delle emergenze dei percolati nel versante nord**

A seguito dei forti eventi piovosi durante l'anno 2014, le acque meteoriche provenienti in grandi quantità dalla sommità dell'ex-discarda, hanno creato delle vie preferenziali sul lato nord attraverso i rifiuti, dando origine a dei ruscellamenti verso la pista ciclabile sottostante.

Di fronte a questo fenomeno ed in attesa della bonifica definitiva del sito, l'ufficio competente del Comune di Bolzano ha adottato le seguenti misure transitorie:

- a) esecuzione – in corrispondenza delle emergenze - di un'opera di presa principale costituita da una trincea drenante;
- b) esecuzione di un opera di convogliamento secondaria dell'afflusso laterale costituita da una trincea drenante con esecuzione di un pozzetto di raccolta percolati con scarico nel collettore principale esistente sulla pista ciclabile.



## 4. CARATTERIZZAZIONE DEFINITIVA DEL SITO

La fase di caratterizzazione del sito, per la comprensione della problematica ambientale nel suo complesso, fino all'elaborazione del modello concettuale definitivo, si è sviluppata in due fasi:

- la prima nel 2006-2007, eseguita in modo parziale a causa della presenza, su una parte di area superiore, del Villaggio Nomadi in piena efficienza,
- la seconda nel 2014, una volta trasferiti gli ospiti del Villaggio Nomadi e definitivamente smantellate le relative strutture, recuperata così la possibilità di accedere ad ogni sottoarea interna al sito.

### 4.1 Sintesi degli esiti delle indagini 2006-2007

Di seguito si riporta una sintesi degli esiti delle indagini di caratterizzazione eseguite nel 2006-2007, così come al tempo contenuti nel documento presentato.

#### **CONSIDERAZIONE sulla CONTAMINAZIONE nel corpo discarica**

*Il completamento dei 4 sondaggi all'interno del corpo discarica, e relativo campionamento di terreni, ha permesso di definire la natura e il grado della contaminazione nell'ammasso dei materiali costituenti la discarica. Al proposito si rileva come:*

- *la percentuale di RSU si conferma molto esigua, o quasi assente, nella maggior parte dei campioni prelevati;*
- *il rinvenimento, a quote diverse nei diversi sondaggi, del substrato roccioso ha confermato -nella sostanza- le ipotesi relative alla profondità dello stesso già espresse nei precedenti studi idrogeologici, affinate e ricalibrate con le indagini non invasive del presente lavoro;*
- *vi è una notevole presenza di materiali contaminati da IPA e Metalli, conferma della natura di rifiuti industriali dell'ammasso;*
- *complessivamente le maggiori concentrazioni di inquinanti si trovano nel livello medio e medio-profondo dell'ammasso (5.0-13.0 m), con situazione di massima criticità in S4, quindi nei pressi del parcheggio non pavimentato a sud-est dell'area in adiacenza dei campi tennis;*
- *complessivamente la situazione meno critica si presenta in S3, in corrispondenza del piccolo parcheggio presso l'ingresso al centro tennis;*
- *la verifica analitica dei campioni di terreno profondo (roccia alterata) prelevati per ciascun sondaggio in corrispondenza del livello di interfaccia materiali deposti-roccia evidenzia un lieve segnale per alcuni Metalli pesanti, tra cui sempre l'Arsenico superiore ai limiti per destinazione d'uso residenziale-verde pubblico. Tale stato di contaminazione potrebbe essere direttamente imputabile a fenomeni di percolazione verticale proveniente dall'ammasso di rifiuti; infatti un confronto con il campione posto immediatamente al di sopra del più profondo (roccia alterata di*

*interfaccia) presenta spesso un medesimo panorama di contaminazione (in linea di massima stessi elementi e concentrazioni confrontabili). Diversamente per lo Stagno, che nell'area del massiccio di Castelfirmiano è da tempo considerato, per valori almeno fino a circa 10 mg/kg, una presenza da associare ad un fondo naturale. Al proposito si cita la pubblicazione del Prof. D. Colbertaldo – Corso di giacimenti Minerari Vol. II – Parte Terza – CEDAM – Padova (1961) in cui: “..l'andamento del tenore di Sn in alcune rocce eruttive (alte concentrazioni fino a 80 g/ton) discenda poi a zero nelle rocce ultrabasiche” (...) “la percentuale nelle rocce sedimentare è generalmente bassa”. Il caso in oggetto riguarda i porfidi: rocce acide, confrontabili ai Graniti che presentano massime concentrazioni di Stagno.*

#### **CONSIDERAZIONE sulla CONTAMINAZIONE al perimetro della discarica**

- *Con la realizzazione delle 11 trincee è stato compiutamente definito il perimetro esterno dell'area interessata dalla deposizione dei rifiuti e dagli effetti dei rifiuti presenti sulle aree immediatamente adiacenti alla discarica. E' stato quindi possibile ridisegnare con maggiore precisione il confine esterno dei rifiuti.*
- *Inoltre è stata ridefinita, ove possibile, la posizione del bedrock (affiorante o subaffiorante) al perimetro.*

Va fatto presente che, sebbene i dati emersi in tale fase di indagine siano da ritenersi tuttora validi, le conclusioni (sopra riportate) a cui si giunse in quel tempo, pur rimanendo valide in via generale, vengono ora estese ed affinate sulla base dei nuovi elementi acquisiti durante le successive indagini integrative 2014, elaborando un modello concettuale definitivo aggiornato.

#### **4.2 Sintesi degli esiti indagini integrative 2014**

Una volta resa disponibile l'intera area, in seguito al trasferimento del Villaggio Nomadi, le indagini integrative eseguite nel 2014 sono state realizzate secondo quanto previsto nel verbale del Comune di Bolzano di data 04/07/2013, prendendo come riferimento il Programma di integrazione delle indagini di caratterizzazione 2014 <sup>(4)</sup>, elaborato dagli scriventi.

I risultati di tali indagini sono stati anticipatamente consegnati alla Committenza nel Dicembre 2014, raccolti in uno specifico documento<sup>(5)</sup> contenente gli “esiti grezzi”, cioè privi di considerazioni critiche, che sono invece compendiate nel presente documento di progetto diventando base di riferimento per l'elaborazione del Modello concettuale definitivo; tali esiti vengono di seguito sinteticamente richiamati, per ogni dettaglio si rimanda al citato documento in Nota 5.

---

<sup>4</sup> Geologia e Ambiente (2014): “VECCHIA DISCARICA DI CASTEL FIRMIANO - BONIFICA CON MISURE DI SICUREZZA - PROGRAMMA DI INTEGRAZIONE DELLE INDAGINI DI CARATTERIZZAZIONE 2014” – Rel.1063-3/14 – Comm.: Comune di BOLZANO

<sup>5</sup> Geologia e Ambiente & Büroweiss (2014): “DISCARICA DI CASTEL FIRMIANO “Vecchia discarica” - BONIFICA CON MESSA IN SICUREZZA – Progetto preliminare e definitivo – Relazione descrittiva R1 – Indagini integrative 2014” – Pr. Nr. 06/04 - Dicembre 2014 – Comm.: Comune di BOLZANO

Sono state effettuate sostanzialmente quattro diverse tipologie di indagine:

- Soil gas survey;
- trincee geoambientali;
- sondaggi geoambientali a carotaggio continuo con prelievo di campioni;
- indagini geofisiche.

#### 4.2.1 Indagine Soil gas survey (Sea Spa)

Per valutare le possibili emissioni di gas dal corpo discarica è stata svolta una campagna di monitoraggio gas interstiziali (Soil Gas), svolta nel mese di Giugno 2014 da Sea S.p.a. di Trento, con l'installazione di n. 10 sondaggi con Geoprobe (a profondità di 4m), con l'inserimento a secco nei terreni/corpo discarica di idonee camicie con punta a perdere, contenenti tubi Rilsan provvisti di fessurazione e attrezzati con rubinetto in acciaio per il prelievo di campioni di gas interstiziali al piano campagna.

Le operazioni di misura dei gas in campo si sono svolte con analizzatore MRU per i seguenti parametri: Ossigeno, Anidride Carbonica, Metano, Idrogeno Solforato; le analisi di laboratorio hanno determinato invece i seguenti parametri: VOC, Ammoniaca, Acido Fluoridrico, Acido Cloridrico e IPA.

### **RISULTATI**

Le analisi svolte hanno evidenziato sporadici superamenti del limite di rilevabilità strumentale per i parametri Acido Cloridrico, Idrogeno Solforato, Metano, Naftalene (tra gli IPA), n-Esano in alcuni dei punti di prelievo; tali concentrazioni, confrontate con i valori di concentrazione TLV-TWA (schede di sicurezza in accordo al regolamento REACH), sono risultate sempre inferiori alle soglie individuate, determinando quindi nessun rischio diretto per la salute di eventuali operatori nell'area.

**Avendo misurato comunque alcuni valori non nulli, va fatto presente che in fase esecutiva di movimentazioni dei rifiuti le emissioni potrebbero incrementare anche significativamente, e andranno quindi previsti idonei DPI a protezione degli operatori.**

#### 4.2.2 Indagine geofisica (GG Service Sas)

Eseguita lungo il Lato Est (lato "monte") dell'area adibita a "Villaggio nomadi" sulla parte sommitale del sito occupato dalla vecchia discarica, mediante 2 profili geofisici ad alta risoluzione (n.1 elettrico tomografico, n.1 sismico a rifrazione) della lunghezza di circa 150 m ciascuno, per la verifica delle quote a cui si attesta l'interfaccia tra bedrock e materiale di copertura (materiale sciolto e/o terreno di riporto), nonché alla valutazione del grado di fratturazione di tale substrato roccioso. Tali aspetti sono entrambi funzionali alla corretta progettazione e realizzazione dell'intervento di messa in sicurezza permanente con "capping", integrato con un idoneo sistema di intercettazione degli apporti idrici di monte, atto a contrastare le infiltrazioni subsuperficiali all'interno del corpo discarica.

## **RISULTATI**

La combinazione delle due metodologie ha permesso di affinare l'interpretazione dei dati, distinguendo meglio quali delle anomalie registrate su ciascuno dei 2 profili sia da ricondursi alla presenza di matrice rocciosa e/o di fratture all'interno di essa.

Per la taratura dei parametri indiretti è stata presa a riferimento la risposta dell'indagine nel tratto compreso tra 65 e 105 m degli stendimenti, laddove visibile il substrato roccioso affiorante in superficie, così da ottenere, come dato certo, un ordine di grandezza dei parametri di conduttività relativi al substrato stesso.

In base a ciò, sono state determinate quali delle diverse anomalie conduttive riscontrate nel profilo sono riconducibili a presenza di roccia e/o zone di fratturazione, in base a forma, intensità e ubicazione, ottenendo i seguenti risultati:

- il profilo dell'interfaccia bedrock/copertura mostra spessori consistenti tra la progressiva 10m e 60m e tra 120m e 150m (margine sud-est della dorsale su cui è appoggiata la discarica) mentre il substrato roccioso è affiorante o di esiguo spessore tra 65m e 110m;
- in questo specifico intervallo (65m e 110m) del profilo si rilevano corpi rocciosi con buona conduttività e scarsa velocità di propagazione, e quindi riconducibili a zone di frattura con scarsa capacità idraulica; viceversa, tra 20m e 40m si rilevano anomalie conduttive che possono far ipotizzare la presenza di zone con porosità efficace più elevata, che in regimi idrici di morbida consentirebbero di veicolare acqua verso la discarica.

### **4.2.3      Trincee e sondaggi geoambientali**

Come anticipato, le indagini integrative "dirette" sono state di due tipi:

- n.5 trincee geoambientali**, specificatamente realizzate per definire con precisione l'andamento del substrato roccioso lungo il confine est della discarica, verso il dosso di Castelfirmiano, così da ottimizzare l'intervento per l'intercettazione/interruzione delle possibili vie di infiltrazione superficiale e profonda; ad esse vanno aggiunte anche **n.2 trincee geoambientali nell'area "Dallo Specchio"** (area adiacente i campi da tennis) oggetto di indagini integrative e apposita relazione ad opera dello studio INGEA (BZ) del Dott. Geol. A. Bozzani per la caratterizzazione storica dei materiali di rifiuto depositati nell'area nel corso degli anni.
- n.1 sondaggio nell'area ex "villaggio nomadi" e n.2 sondaggi nell'area "Dallo Specchio"** (relazione di INGEA), necessari per la ricostruzione storica dei conferimenti in sito.

## **RISULTATI**

### **a.1) Trincee geoambientali - Area ex "Villaggio Nomadi" - margine Lato est - TR1/14 ~ TR5/14**

Le trincee geoambientali nell'area ex "Villaggio nomadi" sono state realizzate anche sulla base dei risultati delle indagini geofisiche di cui al punto 3.2.2, così da verificare la congruenza tra tali risultati e l'effettivo andamento del substrato roccioso lungo il profilo di monte (Lato Est area vecchia discarica).

La sintesi delle indagini svolte, con caratterizzazione stratigrafica e annotazione delle quote di interfaccia sciolto/bedrock, si trovano riportate nelle specifiche Tavole grafiche 03 A-B-C, mostrando buona congruenza tra i risultati ottenuti e quelli delle indagini geofisiche.

### **a.2) Area "Dallo Specchio" - trincee geoambientali TRA/14 ~ TRB/14**

Le n.2 trincee geoambientali nell'area "Dallo Specchio" sono state eseguite in data 25/07/2014, nell'ambito delle indagini condotte dallo Studio INGEA (Bz), come anticipato, per la caratterizzazione dei materiali storicamente depositati in tale parte della discarica.

In Tabella 1(a) contenuta entro il documento in Nota 5 (parte integrante del presente Progetto), si trova una sintesi della caratterizzazione litostratigrafica delle suddette trincee, con la descrizione del corpo rifiuti (terreno di riporto eterogeneo, grigio con strie scure; presenza di demolizioni, scorie, plastiche) sottostante la copertura superficiale dell'area.

Dalle trincee non sono stati prelevati campioni puntuali di materiale, in quanto la caratterizzazione analitica dei materiali costituenti il corpo rifiuti è stata oggetto dello studio INGEA; si rimanda all'apposita relazione per ogni dettaglio.

### **b.1) Sondaggi geoambientali (Landservice Srl) - Area ex Villaggio nomadi - Sondaggio S3/14**

Il sondaggio geoambientale S3/14 è stato realizzato nella parte centro-sud dell'area ex Villaggio nomadi; in Tabella 1(b) del documento in Nota 5, la caratterizzazione del sondaggio, con il dettaglio stratigrafico della carota estratta.

La stratigrafia evidenzia la presenza di terreni di riporto grossolani con possibile presenza di scorie nei primi 6 m dal p.c., e di materiale a granulometria più fine, scuro, umido e maleodorante, fino alla profondità di 9 m dal p.c., profondità alla quale viene rilevato il substrato roccioso, sul quale, ad attenta analisi visiva, non si rileva presenza di percolato di discarica lungo il piano di frattura naturale, ad eccezione della parte di contatto tra substrato e corpo rifiuti.

I campioni prelevati dalla carota, come descritto in Tabella 1(b), su cui sono state effettuate analisi di caratterizzazione chimica ai sensi del D.G.P. 1072/05, hanno mostrato superamenti delle CLA per siti ad uso Industriale (Colonna B) per i parametri Fluoruri Totali; inoltre si registrano significative concentrazioni (Col. A <C< Col. B) di Metalli, IPA, BTEX, e HC su tutti i campioni prelevati.



## **b.2) Area "Dallo Specchio" - Sondaggi S1/14, S2/14**

I sondaggi geoambientali S1/14 e S2/14 sono stati realizzati rispettivamente nelle zone Nord-Ovest e Sud-Est dell'area "Dallo Specchio"; le stratigrafie evidenziano la presenza di un corpo rifiuti eterogeneo (terreni di varia granulometria misti a scorie di molteplice natura) per i primi 13-14 m dal p.c. nel sondaggio S1/14 e per i primi 8 nel sondaggio S2/14, quote alle quali si rileva il substrato roccioso. Anche in questo caso si rileva come il substrato roccioso non sia interessato in modo rilevante da percolato di discarica.

Dalle carote sono stati prelevati alcuni campioni, come descritto in Tabella 1(c), su cui sono state effettuate analisi di caratterizzazione chimica ai sensi del D.G.P. 1072/05, mostrando superamenti delle CLA per siti ad uso Industriale (Colonna B) per i parametri Fluoruri Totali e, in un caso, per il parametro Cromo Totale; inoltre si registrano significative concentrazioni (Col. A <C< Col. B) di Metalli, IPA, BTEX, e HC su tutti i campioni prelevati.

Si sottolinea che i sondaggi S1/14 e S2/14 sono stati oggetto di analisi di caratterizzazione ambientale anche ad opera di INGEA Srl (Dr. Geol. A. Bozzani), a cui il Comune di Bolzano ha commissionato un apposito studio per la ricostruzione storica delle attività e provenienze dei materiali che compongono il corpo discarica della specifica sottoarea di proprietà di terzi (Sig. Dallo Specchio, privato).

Per i risultati analitici e ogni altro dettaglio si rimanda alla citata relazione INGEA; per ciò che invece concerne le considerazioni critiche e le conclusioni del Dott. Geol. Bozzani in merito al proprio incarico, si richiama quanto di seguito:

- In base alla mera ricostruzione storica, è possibile supporre che nel corso degli anni ('50-'70) nell'area siano state depositate le seguenti tipologie di rifiuto (urbani e industriali), risultato dell'intensa e peculiare attività industriale della città in quel periodo:
  - Rifiuti di Acciaieria: Scorie, fanghi, rifiuti fangosi a base ferrosa, materiali refrattari;
  - Rifiuti Ex-Alumina: Scarti contenenti Fluoruri e IPA;
  - Rifiuti Industria Magnesio: Scorie di silicato bicalcico, scorie di rifusione, polveri di silice.
- Le indagini di caratterizzazione, in particolare quelle integrative sulla specifica area, hanno mostrato spessori variabili del corpo rifiuti (fino a 13 m) e la presenza evidente di:
  - scorie di acciaieria, fanghi di acciaieria, scaglie di laminazione;
  - terre miste a residui dell'attività di demolizione.

➤ I risultati analitici sui campioni prelevati dai sondaggi:

- confermano che la tipologia dei depositi è riconducibile essenzialmente a scarti dell'attività di acciaieria (in netta prevalenza SCORIE di attività compatibili con acciaierie);
- inoltre, mostrano informazioni supplementari, come la presenza di Fluoruri ed IPA, che consentono di ipotizzare la miscelazione di tali rifiuti con materiale di scarto dell'attività di produzione di alluminio, così come da ricostruzione storica;
- dalla sintesi delle indagini (considerazioni qualitative su base visiva) e dei dati analitici, si può infine escludere che sull'area in oggetto siano stati smaltiti rifiuti della produzione del Gas e/o rifiuti di derivazione urbana.

## 5. MODELLO CONCETTUALE DEFINITIVO

Nelle problematiche relative ad interventi di bonifica di siti contaminati il modello concettuale di riferimento progettuale riguarda sostanzialmente tre aspetti, tra loro intensamente interconnessi:

- il **substrato geologico** di riferimento (Modello geologico e geomorfologico)
- le caratteristiche e la natura della **sorgente di contaminazione**
- il **vettore e le modalità di propagazione** della contaminazione (Modello idrogeologico).

A seconda dei diversi casi il variare della predominanza dei tre aspetti modifica il modello concettuale di riferimento progettuale.

**Nello specifico caso in oggetto si evidenzia come la corretta interpretazione del modello idrogeologico di dettaglio, condizionato dalla tipologia di substrato roccioso, dalla morfologia e dal quadro fessurativo locale, divenga elemento fondamentale per la progettazione dell'intervento di messa in sicurezza.**

Infatti, sulla base delle indagini e dei rilievi effettuati, solo una corretta e definitiva collettazione e gestione delle acque di origine meteorica, in scorrimento superficiale e ipogeo, permetterà l'eliminazione della causa principale della diffusione della contaminazione all'esterno dell'area in oggetto.

L'area di interesse (cfr. Figure 1 – 2 – 3) è situata all'estremità occidentale della Conca di Bolzano, in prossimità della confluenza tra i fiumi Isarco e Adige; area in cui, oltre alla "Vecchia discarica" è presente la "Nuova discarica", che a sua volta fa parte, assieme alla "Collina Bolzano sud", del sito "Bolzano 1" già bonificato.

Quanto di seguito riportato, aggiornato ed integrato con i nuovi riscontri diretti, fa riferimento allo studio<sup>6</sup> specificatamente elaborato dagli scriventi nel 2005 per l'intero comparto. **(Si noti che alcuni riferimenti interni a Paragrafi e Tavole grafiche sono relativi al documento originale).**

Al proposito va fatto presente come all'interno del massiccio porfirico di CastelFirmiano non esista una vera e propria "falda acquifera", quale matrice ambientale di riferimento per le acque sotterranee.

Per il caso in oggetto, la matrice ambientale relativa alle acque che effettivamente risente della contaminazione del sito è, di fatto, la falda freatica che si trova nei pressi del fondovalle, in particolare in corrispondenza della zona di Frangarto: specificatamente su tale falda sono state indirizzate le attività di monitoraggio ambientale previste da normativa.

---

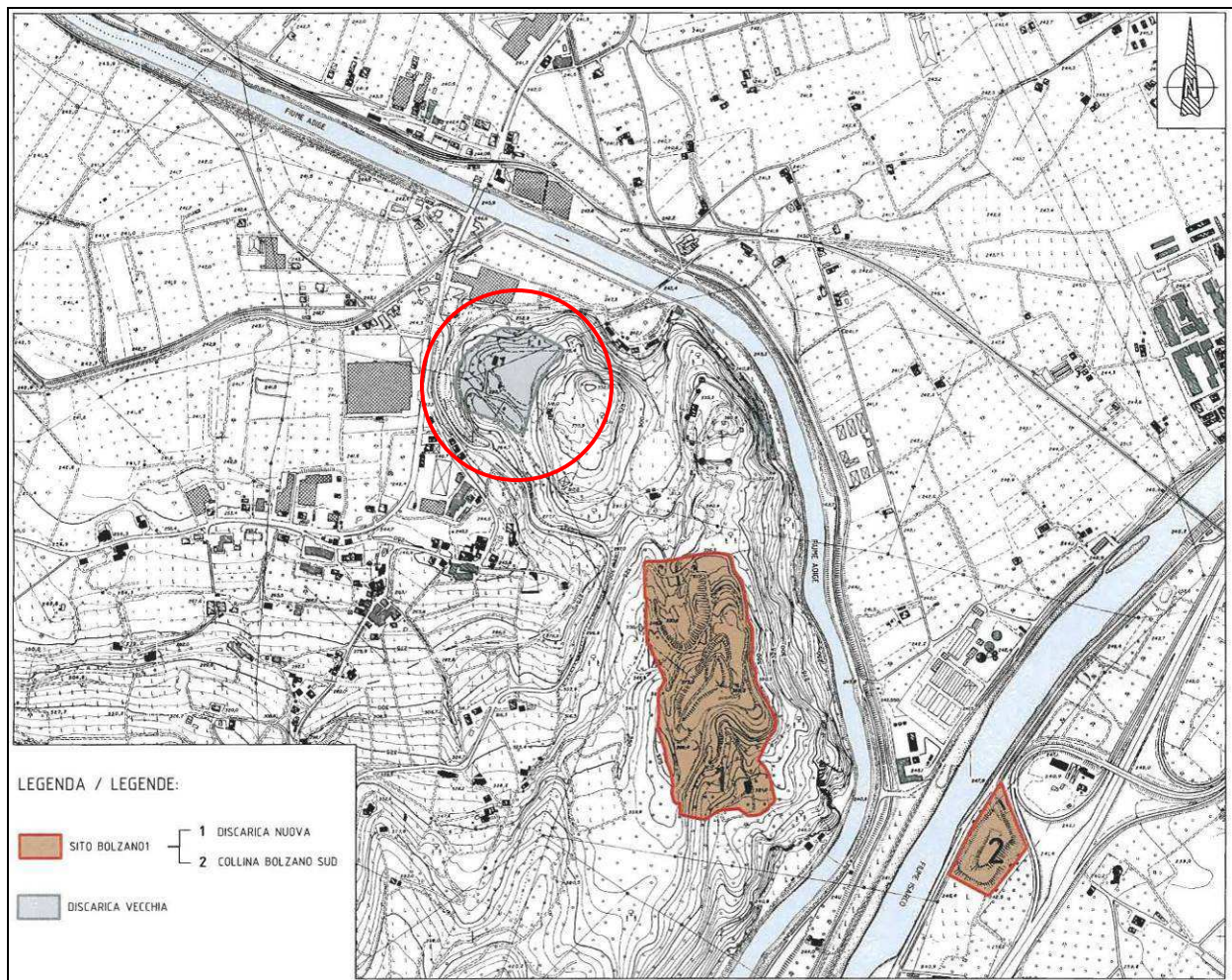
<sup>6</sup> Geologia e Ambiente s.a. (2005): "Misure di messa in sicurezza per il sito "Bolzano 1" costituito dalla discarica di Castelfirmiano e dalla Collina Bolzano sud ai sensi dell'art. 10 della d.g.p. 4 aprile 2005 n. 1072 - Aggiornamento del quadro idrogeologico relativo alla contaminazione della falda acquifera di fondo valle nell'area di influenza del sito Bolzano 1, verifica dell'efficacia delle misure di bonifica e messa in sicurezza adottate; previsione del quadro evolutivo e criteri per l'eventuale realizzazione di una barriera idraulica di controllo nell'area di Frangarto" - Rel. n. 991/01/05

## 5.1 Modello geologico e geomorfologico

*Morfologicamente, l'area è suddivisibile in TRE settori distinti.*

### 5.1.1 Dorsale rocciosa "porfirica" di Castelfirmiano

*E' rappresentata dall'estremo lembo settentrionale della dorsale rocciosa che si estende lungo la valle dell'Adige tra Bolzano e Ora, in direzione N-S, e che raggiunge nell'area in questione quote massime di 452 m s.l.m. Geologicamente, tale rilievo è formato da estesi affioramenti di ignimbriti riolitiche (porfidi quarziferi) appartenenti al Complesso Vulcanico Atesino ed è delimitato, sul lato orientale, da ripide scarpate con pareti subverticali che fiancheggiano la sponda destra del fiume Adige. Lungo il versante nord occidentale questo degrada dolcemente verso la piana alluvionale di Frangarto.*

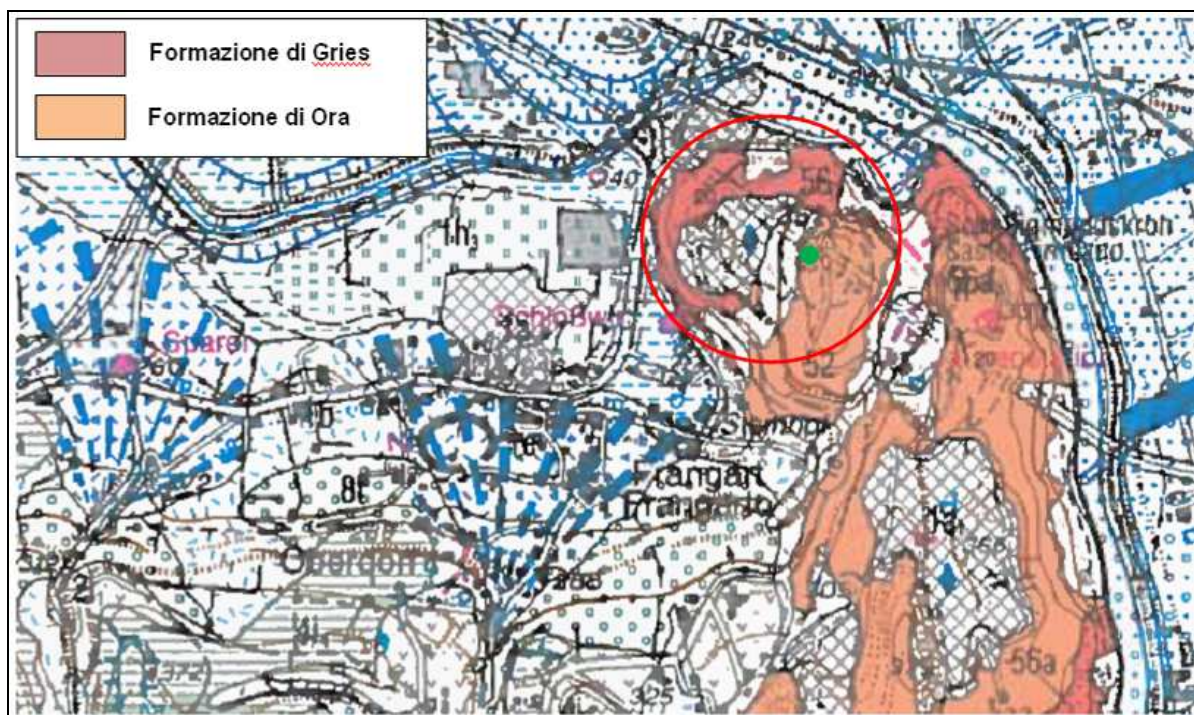


**Figura 3: Ubicazione del sito "Bolzano 1" e del sito "Vecchia Discarica" di Castelfirmiano**



*L'ammasso roccioso delle ignimbriti riolitiche presenta diversi sistemi di discontinuità strutturali distinguibili per orientamento, persistenza e frequenza, che conferiscono una limitata permeabilità solamente nelle porzioni più superficiali o parietali, interessate da fenomeni di detensionamento e/o alterazione, o lungo fasce di forte disturbo strutturale. Sul substrato roccioso si individuano solo discontinue coperture quaternarie costituite prevalentemente da depositi glaciali e fluvio-glaciali, di esiguo spessore, talvolta misti a detrito. Per informazioni più dettagliate sull'inquadramento geologico, geomorfologico e strutturale di quest'area si rimanda a precedenti studi settoriali inclusi nella relazione n° 102/III/95<sup>(7)</sup>. Nel settore di tale rilievo roccioso a quote comprese tra i 325 e i 400 m s.l.m. si estende su un'area di circa 81.400 m<sup>2</sup> la "Discarica NUOVA" appartenente al sito Bolzano 1, che colma un originaria vallecchia strutturale a sviluppo nord sud, mentre all'estremità nord-occidentale di tale dorsale si trova, a quote tra i 275 e i 300 m s.l.m., la "**Discarica VECCHIA**", esterna al Sito Bolzano 1, che occupa una superficie di circa 3.3 ha.*

Come anticipato, dato che solo una corretta interpretazione del modello idrogeologico di dettaglio, della morfologia e del quadro fessurativo locale, è possibile l'individuazione dei percorsi di migrazione degli inquinanti la cui intercettazione è da risolvere con una corretta progettazione, ad integrazione di quanto precedentemente individuato, è stato eseguito uno specifico rilievo geomeccanico di dettaglio dell'area a monte della "Vecchia discarica". Di seguito gli esiti. Geologicamente, le rocce che affiorano nell'area appartengono al Complesso Vulcanico Atesino. Più precisamente appartengono alla formazione di Ora (ORA) ed alla Formazione di Gries (IGR), vedi estratto carta geologica FOGLIO 26 APPIANO.



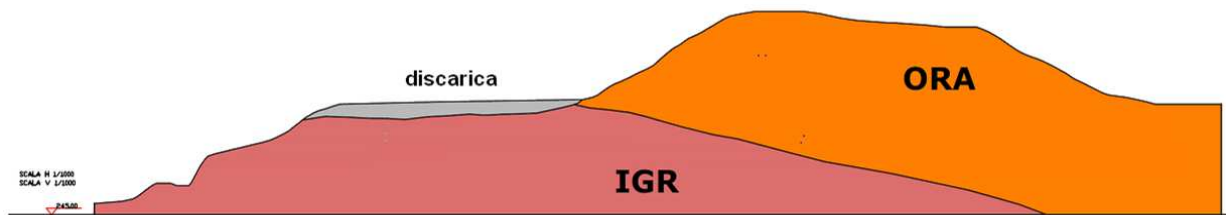
**Figura 4: Carta geologica FOGLIO 26 APPIANO, il bollo verde evidenzia l'antica zona di cava.**

<sup>7</sup> Provincia Autonoma di Bolzano, "Studio geologico ed idrogeologico per il risanamento delle discariche di R.S.U. ed industriali di Castelfirmiano (BZ)", Rel. n° 102/III/95, Settembre 1995.



In affioramento le due formazioni differiscono sostanzialmente per il grado di fratturazione e per leggere differenze petrografiche. Ai fini progettuali le differenze petrografiche non hanno particolare significato, più importanti invece sono le differenze geomeccaniche/strutturali che caratterizzano i due ammassi, che portano, come verrà in seguito specificato, a due condizioni completamente differenti di permeabilità nei due ammassi.

Stratigraficamente la formazione di Ora poggia sulla formazione di Gries. Il piano di contatto non è direttamente individuabile ma, grazie ad un'accurata ricostruzione strutturale ed alle analisi della cartografia di dettaglio esistente (Foglio 026 Appiano), si può dedurre che questo abbia un'inclinazione a basso angolo (20-25°) con direzione d'immersione S-SE.



**Figura 5: Sezione geologica dell'area della vecchia discarica**

Durante il rilievo geologico, nella formazione di ORA è stata inoltre individuata, lungo una linea di disturbo che ha dato luogo alla formazione di una valletta, un'antica area di cava (pietra commercialmente chiamata Rosso di Ora).

L'attività di estrazione ha portato ad una modifica sostanziale della morfologia della vallecchia, accentuandone la forma a compluvio con una notevole quantità di detrito (vedi fig. 6) all'interno della stessa.

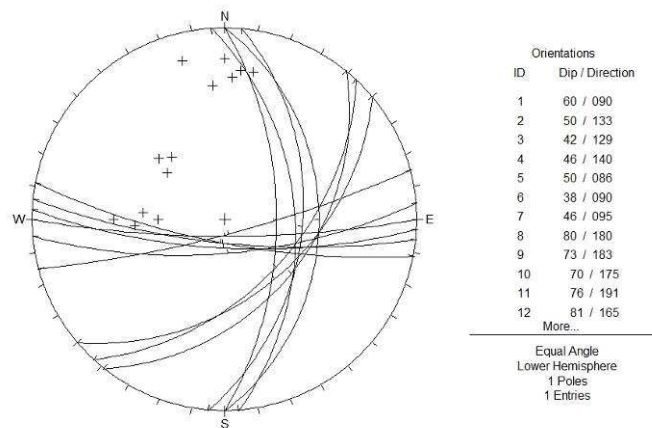


**Figura 6: Foto della vecchia area di cava, mette in evidenza lo stile tipico di fratturazione dell'unità ORA e la forma del detrito come scarto dell'attività di estrazione.**

#### 5.1.2 Caratterizzazione geomeccanica

L'ammasso roccioso di Castelfirmiano è interessato da diversi sistemi di discontinuità, ed in particolare da tre sistemi principali:

- ◆ sistema KK1:  
che si sviluppa in direzione E-O, conferendo all'ammasso roccioso un aspetto variamente lastrificato; solo in superficie presenta apertura apprezzabile.
- ◆ sistema KK2:  
caratterizzato da discontinuità subverticali in direzione NNO-SSE e N-S. L'intenso deterioramento della facies dell'ammasso roccioso interessato da disturbi tettonici e le fessurazioni in esso presenti favoriscono l'infiltrazione in profondità delle acque meteoriche, molto più marcatamente nella formazione di Ora.
- ◆ sistema KK3:  
superfici di discontinuità orientate in direzione SE, caratterizzate da un'elevata persistenza; porzioni di tufi alterati tra le singole colate eruttive ignimbriche formano vie preferenziali di infiltrazione nell'ammasso roccioso.



**Figura 7: Stereogramma delle fratture rilevate durante il rilievo geomeccanico.**

### 5.1.3 Colline fluvio-glaciali di Cornaiano

*L'ampia fascia posta ad ovest dello sperone roccioso di Castelfirmiano (colline di Cornaiano) è invece costituita da alluvioni antiche, fluvio-glaciali, tardo-würmiane. Tale corpo sedimentario, di spessore pluridecimetrico, sovrasta depositi glaciali di fondo e si chiude lateralmente verso est, contro la dorsale rocciosa del gruppo ignimbrico. Il raccordo con il fondo valle in direzione nord avviene attraverso una fascia di transizione detritico colluviale.*

### 5.1.4 Depositi alluvionali di fondovalle

*Nel fondovalle della Conca di Bolzano, l'ingente spessore dei depositi quaternari raggiunge profondità variabili tra i 500 e i 600 m, misurati con indagini sismiche a riflessione in una sezione in vicinanza dell'aeroporto (Schmid & Günsler, 1993<sup>8</sup>). L'inquadramento delle differenti unità litostratigrafiche presenti nei livelli superficiali (80-100 m dal p.c.) dell'area alluvionale di fondovalle circostante la dorsale di Castelfirmiano sono caratterizzate, nel settore orientale, dalla interdigitazione delle porzioni distali dei sistemi dei conoidi del F. Isarco e del T. Talvera con i sedimenti depositi di esondazione del F. Adige mentre, nel settore occidentale, dalla alternanza di depositi di origine lacustro-palustre, prevalentemente limosi, con sedimenti a granulometria maggiore depositi in corrispondenza di fasi fluviali ad elevata energia.*

*La descrizione delle differenti unità litostratigrafiche che costituiscono le porzioni superiori dei depositi di fondovalle, e che influenzano la circolazione idrogeologica della falda acquifera, è riportata nel Capitolo 5.2, dove viene inoltre sintetizzato l'inquadramento idrogeologico dell'area investigata.*

<sup>8</sup> Schmid C. & Günsler A. (1993), "Möglichkeiten geophysikalischer Untersuchungen zur Bestimmung der hydrogeologischen Parameter"-  
Convegno su Studio idrogeologico della falda acquifera della Conca di Bolzano, Bolzano 21 maggio 1993, IGEA, Anno XXX, Numero 3 settembre 1993.

## 5.2 Modello idrogeologico e litostratigrafico

### 5.2.1 Schema idrogeologico generale dell'area di fondo valle

*L'inquadramento idrogeologico delle unità di superficie è proposto nella carta di Tavola 04A dove le varie unità idrogeologiche sono state distinte in base al tipo (porosità- fessurazione) ed al grado (basso-medio-alto) di permeabilità. Per una rapida stima della profondità della falda superficiale di fondo valle dal p.c. è inoltre riportata la carta della soggiacenza media della stessa.*

*La Figura 8 riporta una ricostruzione di sintesi dell'assetto litostratigrafico generale, ad ampia scala, della conca di Bolzano basato su studi geologici, idrogeologici e geofisici (Molfetta e Bortolami<sup>9</sup>, 1993).*

*Con riferimento all'assetto idrogeologico di fondo valle, oggetto del presente rapporto, come si evince dallo schema di Figura 8, nel settore ghiaioso sabbioso compreso tra il limite dell'area urbana di Bolzano a ovest, la zona aeroporto a sud e gli sbocchi del T. Talvera e del F. Isarco a nord est, questo risulta caratterizzato da un monoacquifero indifferenziato, almeno sino alle massime profondità investigate (80.0 m dal p.c.), contenente una falda a superficie libera.*

*Nella zona tra l'ospedale, loc. Bivio e Ponte Adige-Frangarto, si riscontra la presenza di una serie di depositi di bassa permeabilità, limoso argillosi torbosi, originati dalle fasi lacustro palustri di esondazione del F. Adige. Tale successione provoca la differenziazione del monoacquifero in due o più settori, uno contenente una falda superficiale in gran parte permeante i depositi fini di superficie (a drenaggio ritardato) generalmente dalla scarsa potenzialità, ed un altro più profondo contenente una falda totalmente o parzialmente confinata generalmente più trasmissiva.*

### 5.2.2 Modello litostratigrafico idrogeologico dell'area di Frangarto

*La ricostruzione dettagliata dell'assetto litostratigrafico del sottosuolo nel settore di influenza del sito Bolzano 1 è stata ampiamente descritta in precedenti studi settoriali<sup>(10)</sup> (ai quali si rimanda), sulla base di numerosi dati stratigrafici provenienti da indagini geologiche e geotecniche eseguite nell'area. I punti d'indagine utilizzati per effettuare tali ricostruzioni sono indicati in Tavola 04B .  
(..omissis..)*

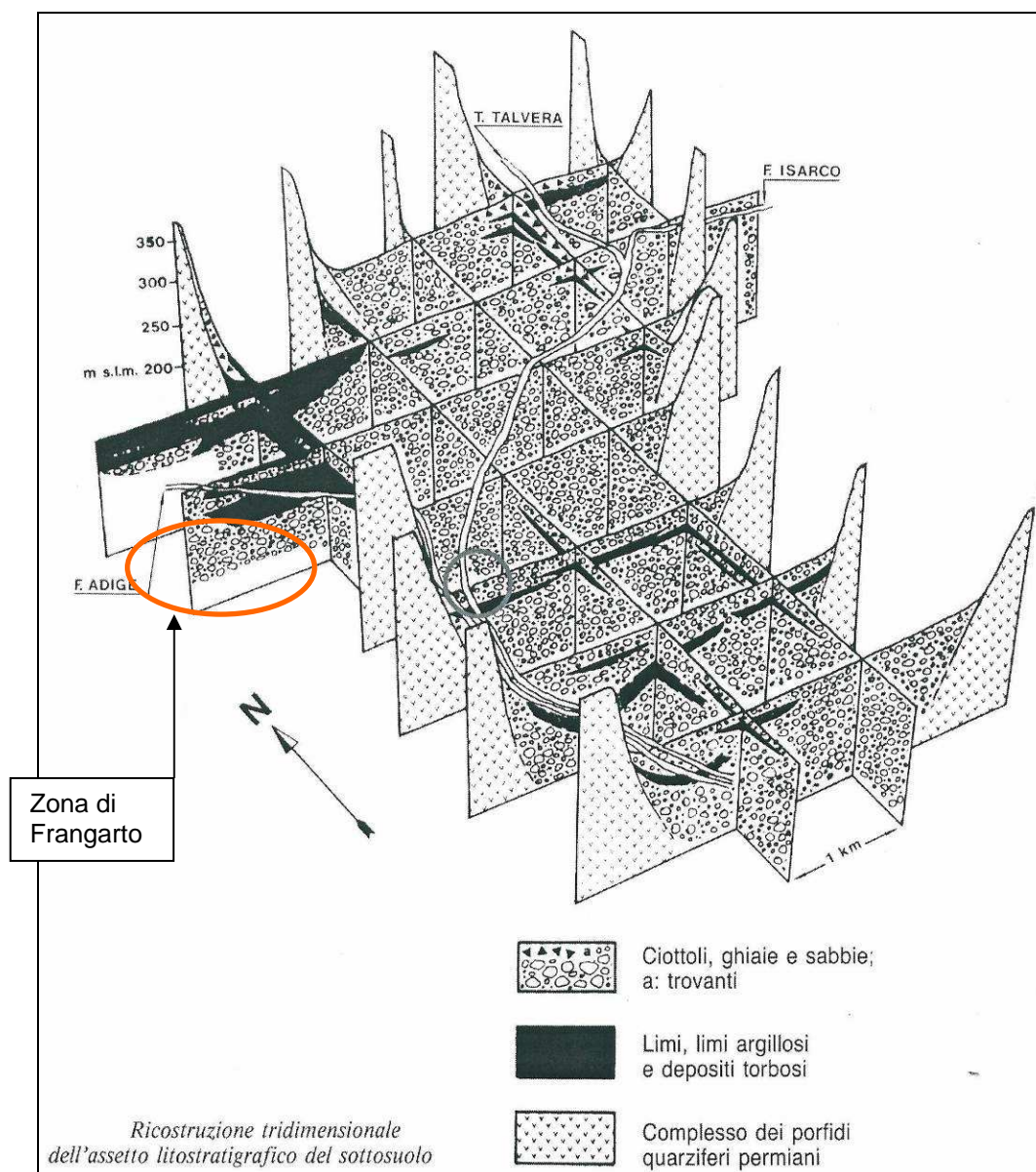
<sup>9</sup> Molfetta e Bortolami (1993), "Simulazione del sistema acquifero della Conca di Bolzano mediante modello numerico alle differenze finite", Convegno su Studio idrogeologico della falda acquifera della Conca di Bolzano, Bolzano 21 maggio 1993, IGEA, Anno XXX, Numero 3 settembre 1993.

<sup>10</sup> Provincia Autonoma di Bolzano, "Rapporto sulle indagini geognostico ambientali eseguite a supporto dello studio idrogeologico per il risanamento della discarica r.s.u. di Castelfirmiano (BZ)", Rel. n° 102/94, Novembre 1994.

Provincia Autonoma di Bolzano, "Studio geologico ed idrogeologico per il risanamento delle discariche di R.S.U. ed industriali di Castelfirmiano (BZ)", Rel. n° 102/III/95, Settembre 1995.

e Provincia Autonoma di Bolzano, "Studio idrogeologico ambientale per la scelta delle metodologie e lo studio di fattibilità degli interventi di risanamento e bonifica della discarica incontrollata presso lo svincolo autostradale di Bolzano Sud", Rel. n° 362/2/00, Maggio 2000.





**Figura 8: Ricostruzione tridimensionale dell'assetto litostratigrafico del sottosuolo nella Conca di Bolzano (da Molfetta e Bortolami, 1993)**

### **Andamento delle isobate/isopache del limo superficiale**

Tale livello comprende alternanze di limi argilloso sabbiosi con livelli torbosi; si nota come lo spessore di tali depositi nell'area Frangarto interna (settore sud est), presenti a partire dal p.c., sia compreso tra gli 8 ed i 18 m e come tale livello tenda ad approfondirsi ed ispessirsi verso ovest e a diminuire di spessore verso nord est per sparire poco ad est di Ponte Adige, dove si risente dell'azione distale del conoide del F. Isarco. La falda nell'area tra Frangarto e Ponte Adige è mediamente rinvenibile tra 1.0 e 3.0 m dal p.c.. Tale livello risulta pertanto quasi completamente saturo conferendo all'acquifero superficiale caratteristiche miste, da acquifero a falda libera con drenaggio ritardato ad acquifero a falda semi-imprigionata.



### **Andamento dell'acquifero superficiale**

*La base dell'acquifero superficiale corrisponde alla base del primo orizzonte prevalentemente sabbioso ghiaioso, sottostante il livello limoso superficiale, dove si individua il corpo acquifero trasmissivo. La base di tale livello si rinviene nel settore di Frangarto interno alla strada provinciale, tra i 10 ed i 24 m circa dal p.c., e corrisponde al tetto del substrato roccioso porfirico. Esternamente alla strada provinciale il substrato roccioso si approfondisce rapidamente e la base del livello acquifero viene ad identificarsi con il tetto di un secondo livello limoso. L'acquifero ha scarsa potenzialità e scadenti caratteristiche idrochimiche ed organolettiche originarie. Spostandosi ad est di Ponte Adige la base dello stesso acquifero si approfondisce e si passa con rapida transizione al monoacquifero della conoide Isarco-Talvera.*

### **Andamento del secondo acquifero**

*Il secondo livello acquifero nell'area di Frangarto si rinviene solo esternamente alla strada provinciale; la profondità media alla quale si individua il tetto di tale acquifero è compresa, nel settore Frangarto-Ponte Adige, tra i 25 ed i 35 m dal p.c.; il livello limoso (si tratta di limi da argillosi a sabbiosi, talora torbosi) di separazione con l'acquifero soprastante sembra avere generalmente spessore superiore ai 10-15 m e buona continuità laterale, conferendo per l'acquifero sottostante caratteristiche di falda confinata. Il secondo acquifero risulta decisamente più produttivo dell'acquifero superficiale e caratterizzato da qualità idrochimiche ed organolettiche originarie migliori.*

#### **5.2.3 Caratteristiche idrodinamiche dell'acquifero superficiale di fondovalle**

### **Trasmissività**

La trasmissività (T) dell'acquifero superficiale di fondo valle nell'area tra Frangarto-Ponte Adige, peraltro caratterizzata da valori arealmente variabili, è stata determinata nei citati precedenti studi settoriali, ai quali si rimanda.

In tabella sono riportati i principali punti di determinazione locale della trasmissività, procedendo dall'area interna di Frangarto verso Ponte Adige.

<b>Trasmissività locali dell'acquifero superficiale</b>	
<b><i>Punto di determinazione</i></b>	<b><i>Trasmissività media [m<sup>2</sup>/s]</i></b>
Piezometri S1/S5	$2 \div 3 \times 10^{-5}$
Piezometro S3	$5.0 \times 10^{-4}$
Piezometro S12	$7.5 \times 10^{-3}$
Piezometro S43	$1.0 \times 10^{-3}$
Piezometro S4	$1.0 \times 10^{-3}$
Piezometro S2	$3.0 \times 10^{-3}$

Una rapida analisi dei dati esposti porta ad evidenziare come **il settore di acquifero superficiale adiacente al dosso roccioso presenti valori di trasmissività e quindi di mobilità della falda bassissimi (falda quasi statica)** e come tali parametri crescano progressivamente in direzione Ponte Adige, mantenendosi comunque sempre entro valori bassi.

### Piezometria

*Per la ricostruzione dell'andamento della superficie piezometrica della falda superficiale nell'area di influenza del sito Bolzano 1 e della "discarica" "Vecchia", la sola falda che storicamente ha evidenziato problemi di contaminazione, nel mese di settembre 2005 sono state effettuate misure piezometriche su un totale di 22 punti d'indagine (piezometri e pozzi) allo scopo censiti.*

*(...omissis...)*

*La carta della superficie piezometrica rappresenta, ad una certa data, la distribuzione dei carichi e dei potenziali idraulici. Nel caso di un acquifero non confinato, la quota piezometrica corrisponde alla quota della superficie freatica, rappresentata dalle idroisoipse o isofreatiche. In Tavola 04B si riporta la CARTA PIEZOMETRICA elaborata con le misure effettuate nel settembre 2005.*

*Dall'esame della carta si può ricavare la direzione principale di deflusso della falda, perpendicolare alle idroisoipse, che permette tra l'altro di individuare la direzione di propagazione di un eventuale inquinante.*

*Le carte piezometriche mostrano un andamento della superficie di falda piuttosto simile, a dimostrazione della scarsa influenza che i periodi di misura hanno sul comportamento generale dell'acquifero in questo limitato settore. La carta evidenzia come, quella indagata, sia una zona di convergenza e mescolamento dei deflussi sotterranei provenienti da tre distinte aree di alimentazione: ad ovest il bacino idrogeologico dell'Adige, ad est quello del complesso Isarco-Talvera ed a sud l'area di ricarica corrispondente alle colline fluvio-glaciali di Cornaiano.*

*In particolare nell'area di Frangarto il deflusso della falda avviene in direzione NO per assumere poco ad ovest direzione N. Questo andamento è spiegabile con la forte influenza della zona di ricarica delle colline di Cornaiano. Più in dettaglio, l'andamento NO nell'area di Frangarto interna alla strada provinciale sembra essere guidato dalla morfologia del substrato, qui presente a profondità limitate (tra 10.0 e 25.0 m da p.c.).*

*Allo stesso modo l'aumento di gradiente idraulico ( $i = 8 \times 10^{-3}$ ) in quest'area è da ricondursi, oltre che alla minor permeabilità relativa, alla repentina diminuzione di spessore dell'acquifero.*

*Verso nord si assiste al mescolamento delle acque provenienti da sud con quelle del bacino idrogeologico dell'Adige con una rotazione della direzione di flusso verso ESE; tale direzione subisce poco ad est una nuova rotazione verso sud sotto l'influenza del deflusso sotterraneo del bacino idrogeologico Isarco-Talvera, caratterizzato da un evidente diminuzione del gradiente idraulico dovuta al sensibile aumento di permeabilità.*

La brusca rotazione della falda individua in maniera permanente il posizionamento di un asse di drenaggio sotterraneo che costituisce un limite per il deflusso in direzione NO. Il F. Adige costituisce un secondo limite a potenziale imposto con azione drenante o di alimentazione della falda a seconda dei periodi stagionali.

Per quanto riguarda la velocità effettiva di spostamento  $v_e^{11}$  della falda superficiale, sulla base delle carte piezometriche ricostruite e delle trasmissività e permeabilità medie locali determinate, stimando valori di porosità efficace attendibili, possiamo distinguere le seguenti aree:

Zona Frangarto:  $v_e = 20 \div 150$  m/anno

Zona Ponte Adige:  $v_e = 150 \div 350$  m/anno

Zona Adige-Isarco:  $v_e = 350 \div 1000$  m/anno

E' importante quindi osservare come nell'area interna di Frangarto la falda sia quasi statica, con lentissima rialimentazione e tempi di spostamento di qualche decina di metri all'anno e come anche in direzione di Ponte Adige, in condizioni naturali, le velocità di spostamento della falda e quindi di eventuali inquinanti non superino l'ordine di grandezza di qualche centinaio di metri l'anno.

Gli scriventi, sulla base della specifica modellazione sopra riportata e delle intrinseche caratteristiche dell'acquifero in oggetto, non avendo a disposizione altri dati aggiornati in merito, ritengono di poter considerare valido tale schema idrogeologico.

### **5.3 Caratteristiche generali e facies idrochimica dell'acqua di falda**

Le acque di falda della Conca di Bolzano hanno facies bicarbonato-calciche e subordinatamente solfato-magnesifere.

In particolare, l'area indagata evidenzia anche dal punto di vista chimico la convergenza ed il mescolamento di deflussi sotterranei provenienti da tre distinte aree di alimentazione, con caratteristiche chimiche dell'acqua di falda differenti in funzione dei differenti processi geochimici ed idrogeologici.

Basse velocità di deflusso permettono, con l'allungarsi del tempo di contatto tra molecole d'acqua e struttura del serbatoio acquifero, una maggiore probabilità di innesco di reazioni di scambio causando una maggiore mineralizzazione delle acque. La presenza di livelli torbosi nei materiali fini del materasso filtrante, presenti nell'area di Frangarto, ne accentuano la capacità di controllo chimico, gestendone il potenziale Red-ox e creando un ambiente fortemente riducente.

---

<sup>11</sup>  $v_e = (K \cdot i) / n_e$ , dove: K = conducibilità idraulica; i = gradiente idraulico;  $n_e$  = porosità efficace.

*Ne risulta viceversa che le acque circolanti in acquiferi a conducibilità idraulica maggiore, settore a est e nord-est di Castelfirmiano, hanno salinità e conducibilità elettrica specifica più bassa essendo interessati da fenomeni di scambio con i corsi d'acqua superficiali (F. Adige ed Isarco).*

*Studi settoriali precedenti<sup>12</sup> hanno infatti evidenziato per il dominio idrogeologico dell'Adige, a ovest di Ponte Adige e zona di Frangarto, valori della conducibilità elettrica specifica mediamente compresi, a seconda del periodo stagionale, tra i 700-800  $\mu\text{S}/\text{cm}$  ed indicanti un'accentuata mineralizzazione dell'acqua di falda.*

*Le acque sotterranee provenienti dalla zona delle colline a sud di Frangarto presentano invece valori caratteristici di poco inferiori e compresi tra i 600-700  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .*

*Nella zona a maggiore permeabilità, rappresentata dalla propaggine occidentale del dominio idrogeologico del F. Isarco e del T. Talvera, settore ad est e nord-est di Castelfirmiano, il tenore in sali disciolti risulta decisamente più ridotto con conseguenti valori della conducibilità elettrica compresi tra i 300-400  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .*

*Ovviamente, esiste un settore idrogeologico di transizione compreso tra i settori Adige-Isarco in cui si registrano valori di conducibilità elettrica intermedi. Per quanto riguarda l'apporto in valle delle acque di scorrimento superficiale o ipodermico provenienti dalla dorsale rocciosa di Castelfirmiano queste, circolando in rocce porfiriche e relativi detriti, originariamente dovevano avere una conducibilità elettrica specifica molto bassa, dell'ordine di 100-150  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , e vicina ai valori caratteristici dell'acqua piovana in queste zone.*

#### 5.3.1 Stato ambientale della risorsa idrica 2014 – Falda di Frangarto

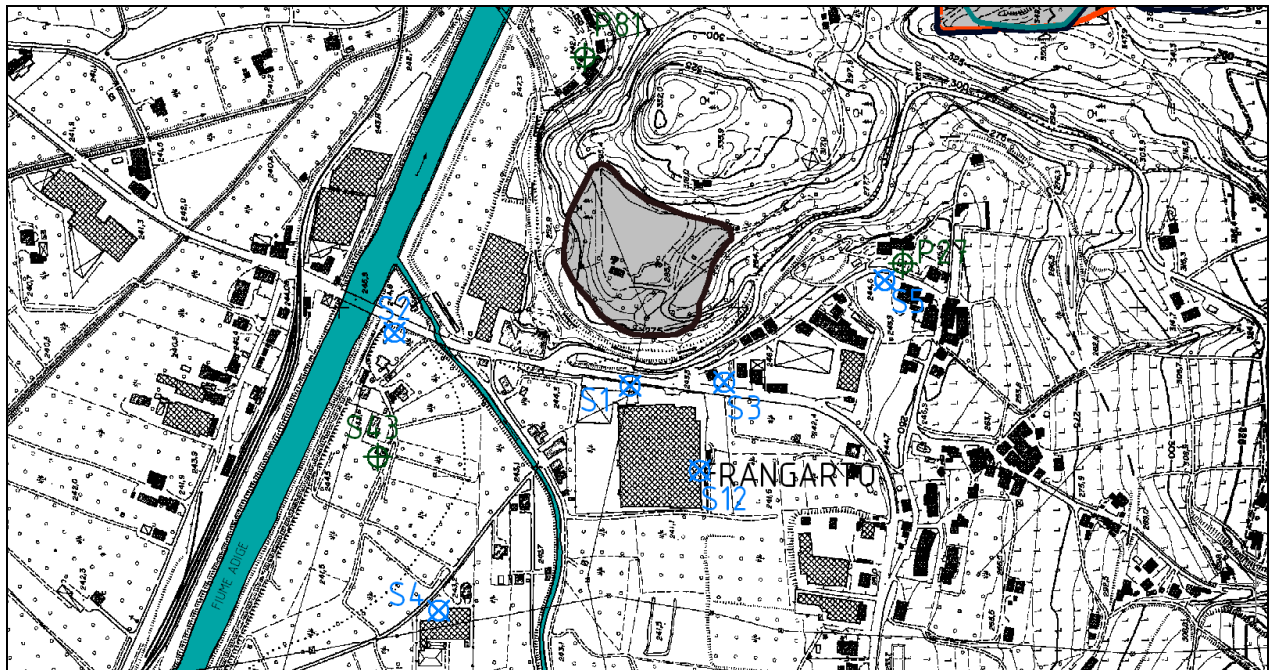
Come emerge dal modello idrogeologico di riferimento sopra descritto, evidenziando localmente la presenza di un substrato roccioso fratturato privo di una vera e propria falda, la matrice ambientale "risorsa idrica" da prendere a riferimento -a livello tecnico/normativo- per la valutazione degli effetti ambientali della presenza delle discariche ("nuova"+"vecchia") sull'acquifero risulta essere la cosiddetta "falda di Frangarto", approfonditamente studiata nell'ambito della prima fase di caratterizzazione dell'intero comparto "discariche di CastelFirmiano" (discarica "Nuova" e discarica "Vecchia").

Tale tematica venne approfonditamente trattata nell'ampia documentazione pregressa, in particolare nel Cap. 3.2.2 della "2° Parte del Piano della Caratterizzazione" del sito (2007), a cui si rimanda per ogni approfondimento.

---

<sup>12</sup> Provincia Autonoma di Bolzano, "Studio geologico ed idrogeologico per il risanamento delle discariche di R.S.U. ed industriali di Castelfirmiano (BZ)", Rel. n° 102/III/95, Settembre 1995.

Dal punto di vista idrochimico, i dati da prendere a riferimento sono quelli prodotti dall'approfondita e continua attività di monitoraggio direttamente condotta dall'Ufficio gestione rifiuti di APPA Bolzano, attraverso operazioni di campionamento e analisi chimiche delle acque di falda prelevate dai n. 9 punti disponibili, denominati: S1, S2, S3, S4, S5, S12, S43, P27, P81, localizzati come riportato nella seguente *Figura 9*, a partire dagli anni 90.



**Figura 9 – Punti monitoraggio falda di Frangarto**

Relativamente a ciascun punto sopra indicato, vengono riportate le tabelle riepilogative dei dati ad oggi disponibili (Fonte Ufficio gestione rifiuti - PABz), seguite da specifiche elaborazioni grafiche che, per continuità con i lavori pregressi, mostrano l'andamento nel tempo dei principali elementi indicatori, per ciascun piezometro.

## Piezometro S1

PIEZOMETRO S1																		Limiti
Data prelievo	14/09/1994	21/06/1995	05/12/1996	04/12/2000	23/05/2003	21/09/2005	05/10/2006	06/06/2007	05/11/2008	11/11/2009	25/11/2010	23/11/2011	28/11/2013	08/10/2014				471/99 236/88
Aspetto							leggi. Torbido	leggi. torbido										
pH		6,94	6,91	7,05	6,79	6,92	6,8	6,91		6,8	6,9	6,8	6,8	6,8				6-9,5
Conduc. Elettr. Spec. (20°C)	µS/cm	5320	4750	5600	4500	2400	1300	1900	2100	2200	1700	2100	2000	2200				
Durezza totale	°F	183	180	195	150	105	20							77				
COD (KMnO <sub>4</sub> )	(O <sub>2</sub> ) mg/l	14	13															5
COD (K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> )	(O <sub>2</sub> ) mg/l			63	35	68	44	42	75	76	72	90	62	48				
Ammoniacia	(NH <sub>4</sub> ) mg/l	12,3	3,5	3,5	0,1	4,5	1,7	5,4	7,7	0,09	8,1	0,15	0,17	26				0,5
Nitriti	(N) mg/l	0,13	0,82	0,43	0,34	0,29	0,08	<0,01	0,029	0,051	<0,01	0,13	<0,01	0,01	0,5			
Nitrati	(N) mg/l	65	11	58	47	10	<1	0,8	<1	<5	<1	<1	<1	<1				50
Fosfati	(P) mg/l	<0,05	<0,05	<0,03	<0,03		<0,01	0,25		0,48	<0,01	1,3						5
Solfati	(SO <sub>4</sub> ) mg/l	300	180	300	220	56,8	72	11	28	100	16	3	<2	<2	11	250		
Cloruri	(Cl) mg/l						440	160	220	220	310	180	120	210	350			200
Fluoruri	(F) mg/l	2,1			0,5	1	1,2	1,7	1,2	1,6	1,3	2,4	<0,2	1,7	1,6	1,5		
Alluminio	(Al) µg/l			<10		340	43		<4	<4	130					200		
Arsenico	(As) µg/l	10	5	<10	<20	68	150	72	140	150	74	320	230	260	110	10		
Cadmio	(Cd) µg/l	<0,5	<0,5			<0,5	<0,5	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	5		
Cromo	(Cr) µg/l	<2	<5		<20	1	1,3	0,9	8,5	1,1	0,9	11	2,6	2,4	1,8	90		
Rame	(Cu) µg/l	11	6		<20	3	5	<4	<10	10	<2	7	<10	<10	<10	1000		
Ferro	(Fe) µg/l	180	280	2240	1500	1360	13000	2500	27000	4800	3500	24000	20000	25000	10000	200		
Manganese	(Mn) µg/l	310	3400	2450	1600	1180	1800	690	1700	2100	1500	1200	1600	1300	1200	50		
Piombo	(Pb) µg/l	<5	<5		<20	<1	1,8	<0,2	3,9	<0,2	<0,2	2,3	2,3	1,6	<1	10		
Zinco	(Zn) µg/l	50	50		<20	28	15	2,1	24	2,3	2,7	25	12	9,6	3	3000		
Nichel	(Ni) µg/l			9		8	8	4,7	14	3,3	<2	5	5,2	2,5	9,2	20		
Mercurio	(Hg) µg/l	0,6	0,5		<0,5	<0,1		<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	1		
Antimonio	(Sb) µg/l					<1	0,5	<0,2	0,3		<0,2	0,2	<0,5	<0,5	<0,5	5		
Selenio	(Se) µg/l					<3	2,4	1,5	1,6	1,5	5,4	1,9	2,9	1,3	1,4	10		
Solventi clorurati	µg/l																	
Oli minerali	µg/l																50	

## Piezometro S2

PIEZOMETRO S2								Limiti
								471/99 236/88
Data prelievo			08/10/2014					
Aspetto			limpido					
pH			7,2					6-9,5
Conduc. Elettr. Spec. (20°C)	µS/cm		570					
Durezza totale	°F		29					
COD (KMnO <sub>4</sub> )	(O <sub>2</sub> ) mg/l		2,1					5
COD (K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> )	(O <sub>2</sub> ) mg/l							
Ammoniacia	(NH <sub>4</sub> ) mg/l		0,17					0,5
Nitriti	(N) mg/l		<0,01				0,5	
Nitrati	(N) mg/l		<1					50
Fosfati	(P) mg/l							5
Solfati	(SO <sub>4</sub> ) mg/l		74				250	
Cloruri	(Cl) mg/l		12					200
Fluoruri	(F) mg/l		0,27				1,5	
Alluminio	(Al) µg/l						200	
Arsenico	(As) µg/l		4,6				10	
Cadmio	(Cd) µg/l		<0,5				5	
Cromo	(Cr) µg/l		<1				50	
Rame	(Cu) µg/l		<10				1000	
Ferro	(Fe) µg/l		1000				200	
Manganese	(Mn) µg/l		450				50	
Piombo	(Pb) µg/l		<1				10	
Zinco	(Zn) µg/l		88				3000	
Nichel	(Ni) µg/l		2,6				20	
Mercurio	(Hg) µg/l		<0,2				1	
Antimonio	(Sb) µg/l		<0,5				5	
Selenio	(Se) µg/l		<1				10	
Solventi clorurati	µg/l							
Oli minerali	µg/l						50	



## Piezometro S3

PIEZOMETRO S3														Limiti
Data prelievo	14/09/1994	21/06/1995	05/12/1996	04/12/2000	23/05/2003	21/09/2005	05/10/2006	06/06/2007	05/11/2008	11/11/2009	25/11/2010	471/99	236/88	
Aspetto							legg. torb	limpido	legg. torb	limpido	S3			
pH				7,17		7,23	7,18	7,16	7,3	7,3	risulta		6-9,5	
Conduc. Elettr. Spec. (20°C)	µS/cm	1790	2140	1700	1380	870	950	950	1380	1100	non più			
Durezza totale	°F	64	71	68	60	48	51	52	64	60	accessibile			
COD (KMnO <sub>4</sub> )	(O <sub>2</sub> ) mg/l	24,4	4,6	6,8		5,4	5,2	5,2			causa		5	
COD (K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> )	(O <sub>2</sub> ) mg/l				35		15		26	14	costruz.			
Ammoniaci	(NH <sub>4</sub> ) mg/l	3,7	1,2	3,2	2,57	1,7	<0,02	1,1	2,2	0,52	edificio		0,5	
Nitriti	(N) mg/l	0,1	0,046	0,06	0,061	0,05	0,07	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01		0,5	
Nitrati	(N) mg/l	12	47	3,4	6,1		<1	<1	<0,5	<1	<5		50	
Fosfati	(P) mg/l	0,72	0,18	0,17	0,51		1,1	0,4		0,57			5	
Solfati	(SO <sub>4</sub> ) mg/l	115	220	115	155	122	100	57	130	11	6		250	
Cloruri	(Cl) mg/l							52	78	110	81		200	
Fluoruri	(F) mg/l	6,7			2,1	2,64	1,3	2,3	1,1	2,6	1,4		1,5	
Alluminio	(Al) µg/l			<10		11	<10			<4	<4		200	
Arsenico	(As) µg/l	12	<5	<10	<20	8	5	12	7,2	3,6	1,3		10	
Cadmio	(Cd) µg/l	<0,5	<0,5		<0,5	<0,5	<0,5	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2		5	
Cromo	(Cr) µg/l	28	<5		<20	<1	<1	0,5	1,8	0,6	0,3		50	
Rame	(Cu) µg/l	19	<5		<20	2	<4	<4	<10	11	<2		1000	
Ferro	(Fe) µg/l	200	160	105	75	211	300	230	1100	150	140		200	
Manganese	(Mn) µg/l	1420	710	1430	920	471	900	1000	850	1100	850		50	
Piombo	(Pb) µg/l	<5	<5		<20	<1	<1	<0,2	0,7	<0,2	<0,2		10	
Zinco	(Zn) µg/l	<50	<50		<20	<19	1	1,8	<10	<1	<1		3000	
Nichel	(Ni) µg/l			<5		2	2,7	5,1	4,1	<2	<2		20	
Mercurio	(Hg) µg/l	<0,5	<0,5		<0,5	<0,1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5		1	
Antimonio	(Sb) µg/l					<1		<0,2	0,2	<0,2	<0,2		5	
Selenio	(Se) µg/l					<3	<1	<0,5	<0,5	<0,5	0,8		10	
Solventi clorurati	µg/l													
Oli minerali	µg/l											50		

## Piezometro S4

PIEZOMETRO S4																	Limiti
Data prelievo	14/09/1994	21/06/1995	05/12/1996	04/12/2000	23/05/2003	21/09/2005	05/10/2006	06/06/2007	05/11/2008	11/11/2009	25/11/2010	23/11/2011	28/11/2013	08/10/2014	471/99	236/88	
Aspetto							limpido	legg. torb.	limpido	turbido	legg. Torb.	legg. torb.	legg. torb.	limpido			
pH				7,06		7,19	7,14	7,16	7,2	7,1	7,1	7,1	7,1	7		6-9,5	
Conduc. Elettr. Spec. (20°C)	µS/cm	1090	1120	850	1250	1200	1200	1200	1200	1160	1270	1400	1400	1400			
Durezza totale	°F	74	76	40	80	84					97			84			
COD (KMnO <sub>4</sub> )	(O <sub>2</sub> ) mg/l	3,7	1,8	3,7	4,8	3,9	2	3,9	3,6	2,7	4			2,7		5	
COD (K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> )	(O <sub>2</sub> ) mg/l						<15					13					
Ammoniaci	(NH <sub>4</sub> ) mg/l	2,7	2,6	1,4	2,6	2,2	1,8	1,6	2,1	0,92	1,7	0,64	0,07	1,8		0,5	
Nitriti	(N) mg/l	<0,01	0,023	0,013	0,09	0,38	0,022	<0,01	0,012	<0,01	0,44	0,03	0,07	0,06	0,5		
Nitrati	(N) mg/l	<0,5	<0,5	<0,5	3,5	<1	<1	<0,5	<1	<5	<1	<1	<1	5,7		50	
Fosfati	(P) mg/l	<0,05	<0,05	<0,03	<0,03		0,28			0,25	<0,01	0,49				5	
Solfati	(SO <sub>4</sub> ) mg/l	250	300	165	320	441	290	320	280	290	380	450	390	420	250		
Cloruri	(Cl) mg/l					22	27	21	22	23	27	27	27	28		200	
Fluoruri	(F) mg/l				0,3	0,296	0,2	0,24	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,26	1,5		
Alluminio	(Al) µg/l				13	<10				<4	8,1				200		
Arsenico	(As) µg/l	2	7	<10	<20	10	14	8,2	30	18	34	47	18	10	10		
Cadmio	(Cd) µg/l	<0,5	<0,5		<0,5	<0,5	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,5	<0,5	<0,5	5		
Cromo	(Cr) µg/l	11	<5		<20	<1	<1	<0,2	1,6	<0,2	<0,2	0,8	<1	<1	<1	50	
Rame	(Cu) µg/l	4	<5		<20	<1	<4	<4	<10	10	<2	<10	<10	<10	<1000		
Ferro	(Fe) µg/l	7	2000	<50	2300	3400	4300	2200	12000	3800	4800	11000	12000	10000	4400	200	
Manganese	(Mn) µg/l	360	560	260	260	228	300	240	360	280	250	310	420	330	420	50	
Piombo	(Pb) µg/l	<5	<5		<20	1	<1	<0,2	0,5	<0,2	<0,2	<1	<0,2	<1	10		
Zinco	(Zn) µg/l	<50	<50		<20	11	2	1,9	<10	1,4	1,8	2,1	<1	2	3,6	3000	
Nichel	(Ni) µg/l				24	6	7,7	7,6	2,4	2,5	2,6	3	2,3	3,2	20		
Mercurio	(Hg) µg/l	<0,5	<0,5		<0,5	<0,1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,2	<0,2	<0,2	1		
Antimonio	(Sb) µg/l				<1	<0,5	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,5	<0,5	<0,5	5		
Selenio	(Se) µg/l				<3	<1	<0,5	<0,5	<0,5	0,8	0,6	<1	<1	<1	10		

## Piezometro S5

PIEZOMETRO S5																Limiti	
		14/09/1994	21/06/1995	05/12/1996	04/12/2000	23/05/2003	21/09/2005	05/10/2006	06/06/2007	05/11/2008	11/11/2009	25/11/2010	23/11/2011	28/11/2013	08/10/2014	471/99	236/88
Data prelievo																	
Aspetto					7,08		7,11	legg. torb	limpido	legg. torb	legg. torb	legg. torb	legg. torb	limpido	limpido		6-9,5
pH					7		7,04	8,07	7,1	7,1	1200	1100	1200	1270	1600		
Conduc. Elettr. Spec. (20°C)	µS/cm	1220	740	1280	1300		930	1200	1200	1100	1200	1100	1200	1270	1600		
Durezza totale	°F	58	38,5	50	54		47	53	58	54	59	53	57	53	50		
COD (KMnO <sub>4</sub> )	(O <sub>2</sub> ) mg/l	16	3,9	4,7	4,5		1,9	2,2	2,6	3,3		3,6	2,9	3,9	3		5
COD (K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> )	(O <sub>2</sub> ) mg/l							<15			29						
Ammoniaci	(NH <sub>4</sub> ) mg/l	0,82	0,71	1,4	0,55		0,31	0,09	0,16	0,22	0,1	0,25	0,08	0,07	0,05		0,5
Nitriti	(N) mg/l	0,15	0,036	0,049	0,22	0,038	<0,01	0,15	0,03	0,56	0,63	<0,01	0,58	<0,01	0,11	0,5	
Nitrati	(N) mg/l	11	11	27	18		<1	10	1,2	<1	<5	6,2	16	20	9,4		50
Fosfati	(P) mg/l	0,5	0,7	0,84	1		0,37	0,42			0,31	0,4	0,4				5
Solfati	(SO <sub>4</sub> ) mg/l	105	90	105	140	159	180	180	160	140	120	100	110	110	100	250	
Cloruri	(Cl) mg/l						70	150	130	80	110	110	120	140	140		200
Fluoruri	(F) mg/l	0,6	0,6		0,6	0,55	0,5	0,6	0,5	0,6	0,7	0,6	0,7	0,8	0,8	1,5	
Alluminio	(Al) µg/l					109	<10			<4	<4	720					200
Arsenico	(As) µg/l	8	<5	<10	<20	5	4	4,5	5	5,3	5,2	9	6,9	6,6	8	10	
Cadmio	(Cd) µg/l	<0,5	<0,5		<0,5	<0,5	<0,5	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,5	<0,5	<0,5	5	
Cromo	(Cr) µg/l	3	<0,5		<20	1	<1	0,5	2,8	0,3	0,3	7,3	3,5	2,6	1,3	50	
Rame	(Cu) µg/l	33	<5		<20	4	<4	<4	<10	13	3	14	<10	<10	<10	1000	
Ferro	(Fe) µg/l	<5	55	<50	<20	123	<4	4,5	680	5,3	3,6	3000	1200	1200	630	200	
Manganese	(Mn) µg/l	240	420	710	810	1120	790	1050	1100	1100	1100	1300	1500	1200	1600	50	
Piombo	(Pb) µg/l	<5	<5		<20	<1	<1	<0,2	1,3	<0,2	<0,2	5,8	2,2	1,9	1,5	10	
Zinco	(Zn) µg/l	<50	<50		<20	22	1,5	4,9	<10	<1	1,9	9	18	6,9	2,8	3000	
Nichel	(Ni) µg/l			<5		3	4	6,9	6,9	2,7	3,4	7,4	6,5	4,4	6,2	20	
Mercurio	(Hg) µg/l	<0,5	<0,5		<0,5	<0,1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	1	
Antimonio	(Sb) µg/l					<1	0,5	0,6	0,6	0,5	0,6	0,7	0,9	0,7	0,6	5	
Selenio	(Se) µg/l					<3	<1	0,5	<0,5	<0,5	1,3	0,9	<1	<1	<1	10	

## Piezometro S12

PIEZOMETRO S12																Limiti	
		14/09/1994	21/06/1995	05/12/1996	04/12/2000	14/03/2002	21/09/2005	05/10/2006	06/06/2007	05/11/2008	11/11/2009	25/11/2010	23/11/2011	28/11/2013	08/10/2014	471/99	236/88
Data prelievo						limpido	limpido	limpido	limpido	limpido	limpido	limpido	limpido	limpido	limpido		
Aspetto		7,39	7,68			7,4	7,5	7,55	7,49	7,6	7,4	7,6	7,4	7,5	7,3		6-9,5
Conduc. Elettr. Spec. (20°C)	µS/cm	780	670			770	730	610	670	570	660	570	530	440	580		
Durezza totale	°F	41	37			42	38	31	42	35	48	34	34	26	29		
COD (KMnO <sub>4</sub> )	(O <sub>2</sub> ) mg/l	5,7	3,1			5	3,6	2,7	2,9	4,2	1,1	2,8	1,9	2	1,4		5
COD (K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> )	(O <sub>2</sub> ) mg/l					17		<15									
Ammoniaci	(NH <sub>4</sub> ) mg/l	1,6	0,77			<1	1,1	0,63	0,56	0,43	0,55	0,4	0,34	0,01	1,1		0,5
Nitriti	(N) mg/l	<0,01	0,013			<0,003	<0,01	<0,01	<0,01	0,073	<0,01	0,014	<0,01	<0,01	<0,01	0,5	
Nitrati	(N) mg/l	<0,5	<0,5			<0,5	<1	<1	<0,5	<1	<5	<1	<1	<1	<1		50
Fosfati	(P) mg/l	0,11	0,24			0,09	0,21	0,26			0,26	0,15	0,17				5
Solfati	(SO <sub>4</sub> ) mg/l	130	100			115	125	65	31	60	120	80	40	42	37	250	
Cloruri	(Cl) mg/l	12	10			20	7	9	8	6	8	8	6	4	5		200
Fluoruri	(F) mg/l	0,7	0,8			1	0,6	0,6	0,6	0,6	0,5	0,5	0,5	0,46	0,5	1,5	
Alluminio	(Al) µg/l	9	20			<20	<10			<4	<4	90					200
Arsenico	(As) µg/l	<0,5	<0,5			<20	19	21	19	21	5,2	8,6	3	8,7	2,8	10	
Cadmio	(Cd) µg/l	<2	<5			<2	<0,5	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,5	<0,5	<0,5	5	
Cromo	(Cr) µg/l	<2	<5			<10	<1	0,4	0,5	<0,2	<0,2	9,5	<1	<1	<1	50	
Rame	(Cu) µg/l	<2	<5			<20	<4	<4	<10	11	<2	<2	<10	<10	<10	1000	
Ferro	(Fe) µg/l	6	95			230	63	100	140	43	37	630	200	210	110	200	
Manganese	(Mn) µg/l	90	410			260	680	590	1050	610	480	360	390	380	610	50	
Piombo	(Pb) µg/l	<5	<5			<20	<1	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	2,4	<1	<1	<1	10	
Zinco	(Zn) µg/l	<50	<50			25	1,5	2,2	<10	<1	<1	12	7,4	3,1	<1	3000	
Nichel	(Ni) µg/l					3	3,1	2,7	<2	<2	3,9	<1	<1	2,2	20		
Mercurio	(Hg) µg/l	<0,5	<0,5			<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,2	<0,2	<0,2	1	
Antimonio	(Sb) µg/l					<0,5	<0,2	<0,2	0,3	<0,2	<0,2	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	5	
Selenio	(Se) µg/l					<1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<1	<1	<1	10	

## Piezometro S43

PIEZOMETRO S43														Limiti	
														471/99	236/88
Data prelievo	21/06/1995	05/12/1996	04/12/2000	23/05/2003	21/09/2005	05/10/2006	06/06/2007	05/11/2008	11/11/2009	25/11/2010	23/11/2011	28/11/2013	08/10/2014		
Aspetto					limpido	legg. torb	limpido	limpido	limpido	limpido	limpido	non	non più ritrovato		
pH			7,05		7,13	7,15	7,24	7,1	7,2	7,1	7,1	accessibile	causa		6-9,5
Conduc. Elettr. Spec. (20°C)	µS/cm	1140	1130	1160	1070	1060	1030	1000	1100	1090	1100	causa	causa		
Durezza totale	°F	74	77	82	67	66	68	70	73	68	60	stoccaggio	costruz.		
COD (KMnO <sub>4</sub> )	(O <sub>2</sub> ) mg/l	2,1	3,3	2,6	2,5	3,1	2,4	2,8	2,2	3,6	2	colonne	edificio		5
COD (K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> )	(O <sub>2</sub> ) mg/l					<15							Consorzio		
Ammoniaci	(NH <sub>4</sub> ) mg/l	1,8	1	0,27	0,66	1,2	1,3	0,54	0,56	0,8	0,34		di		0,5
Nitriti	(N) mg/l	<0,01	0,01	0,009	0,037	<0,01	<0,01	0,021	<0,01	<0,01	<0,01		Bonifica	0,5	
Nitrati	(N) mg/l	<0,5	1,4	4,8	<1	<1	<0,5	<1	<5	<1	<1				50
Fosfati	(P) mg/l	<0,05	0,06	0,11	0,06	0,13			0,06	0,06	0,15				5
Solfati	(SO <sub>4</sub> ) mg/l	245	270	290	326	220	230	180	150	170	160	180			250
Cloruri	(Cl) mg/l				20	28	29	36	51	60	70				200
Fluoruri	(F) mg/l	0,3		0,35	0,374	0,2	0,39	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4			1,5
Alluminio	(Al) µg/l			56	<10			<4	<4	12					200
Arsenico	(As) µg/l	<5	<10	<20	5	5	6,1	11	3,8	4,8	11	10			10
Cadmio	(Cd) µg/l	1,8		<0,5	<0,5	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,5			5
Cromo	(Cr) µg/l	<5		<20	<1	<1	0,7	0,4	<0,2	<0,2	0,7	<1			50
Rame	(Cu) µg/l	<5		<20	2	<4	<4	<10	13	2	6	<10			1000
Ferro	(Fe) µg/l	18	60	28	489	250	330	1300	230	650	1100	1900			200
Manganese	(Mn) µg/l	865	830	560	1219	720	630	760	610	650	590	800			50
Piombo	(Pb) µg/l	<5		<20	<20	<1	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	0,6	<1			10
Zinco	(Zn) µg/l	<50		<20	19	3	2,2	<10	2,4	1,9	9	5,5			3000
Nichel	(Ni) µg/l		18		24	9	9,1	6,6	2,9	3,1	4,3	3,1			20
Mercurio	(Hg) µg/l	<0,5		<0,5	<0,1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,2			1
Antimonio	(Sb) µg/l			<1	<0,5	<0,2	<0,2	0,3	<0,2	0,2	<0,2	<0,5			5
Selenio	(Se) µg/l			<3	<1	<0,5	<0,5	0,8	0,7	0,6	<1				10

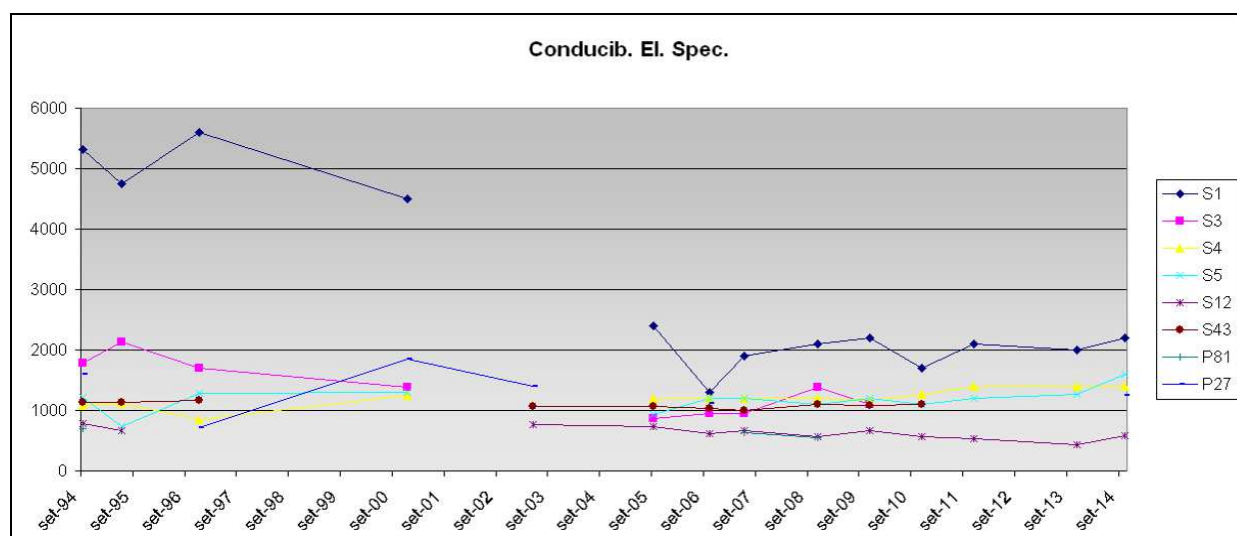
## Pozzo P27

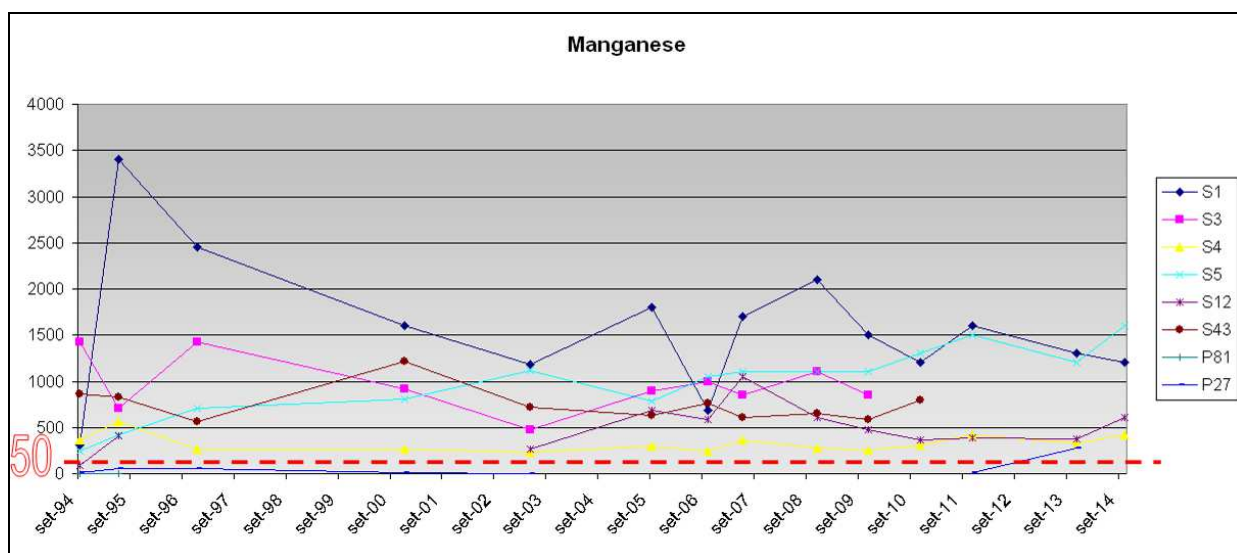
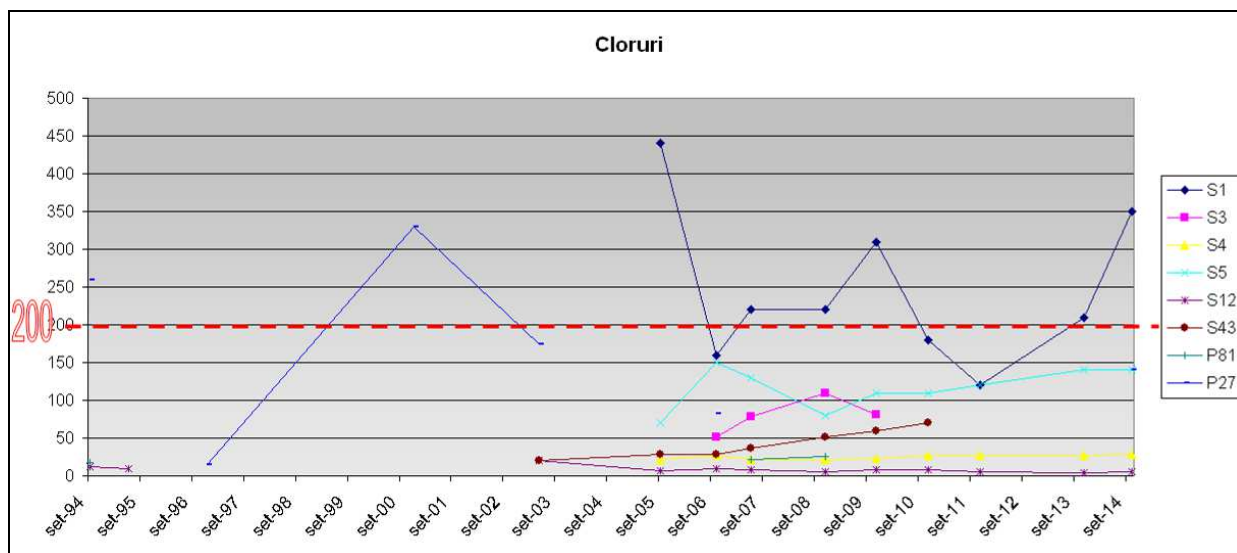
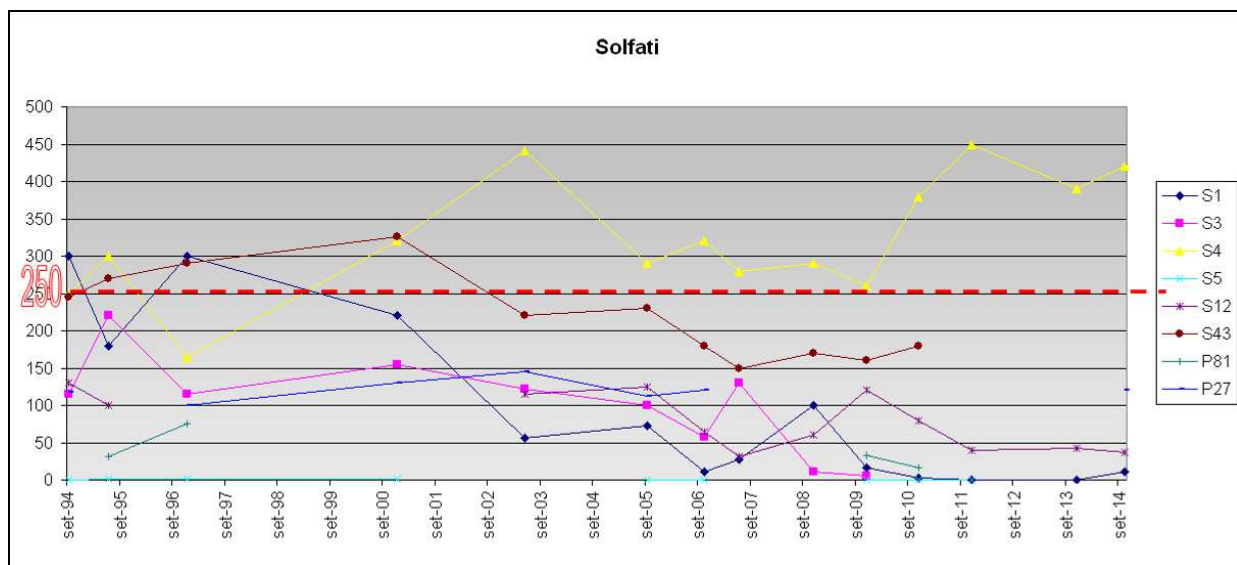
POZZO SPITALER ALFRED - P27											Limiti	
Data prelievo		28/04/1993	21/06/1995	05/12/1996	04/12/2000	14/03/2002	23/05/2003	23/09/2005	28/11/2013	08/10/2014	471/99	236/88
Aspetto												
pH		7,06	7,41	7,25	7,09	7,54		6,96	7,2	7,1		6-9,5
Conduc. Elettr. Spec. (20°C)      μS/cm		1.600	720	1850	1.400	870		1110	1250	1600		
Durezza totale      °F		60,9	39	70	56	45		53	53	57		
COD (KMnO <sub>4</sub> )      (O <sub>2</sub> )      mg/l		3,44	1	3,1	4,8	1,6		1,5	3,1	1,9		5
COD (K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> )      (O <sub>2</sub> )      mg/l												
Ammoniaca      (NH <sub>4</sub> )      mg/l			0,12	<0,1	0,21	0,66		<0,02	0,16	0,08		0,5
Nitriti      (N)      mg/l		0,033	0,013	<0,01	0,061	0,019	0,018	<0,01	0,21	0,06	0,5	
Nitrati      (N)      mg/l		57	22	82	78	34		53	52	46		50
Fosfati      (P)      mg/l		0,26	0,17	0,31	0,55	0,65						5
Solfati      (SO <sub>4</sub> )      mg/l		118	100	130	145	105	113	120	120	130	250	
Cloruri      (Cl)      mg/l		260	15	330	175	57		83	140	280		200
Fluoruri      (F)      mg/l		0,4	0,2		0,7	0,15	0,7	0,6	0,7	0,7	1,5	
Alluminio      (Al)      μg/l				40			54	<10			200	
Arsenico      (As)      μg/l					<20	<20	2	2	6,1	5,4	10	
Cadmio      (Cd)      μg/l		<5	<0,5		<0,5	<2	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	5	
Cromo      (Cr)      μg/l		<5	<0,5		<20	<20	1	<1	1,6	<1	50	
Rame      (Cu)      μg/l		13	5		<20	<20	5	<4	<10	<10	1000	
Ferro      (Fe)      μg/l		1630	35	<50	<20	<20	65	<4	<10	<10	200	
Manganese      (Mn)      μg/l		<2	6	60	53	70	7	<4	15	280	50	
Piombo      (Pb)      μg/l		<5	<5		<20	<20	<1	<1	<1	<1	10	
Zinco      (Zn)      μg/l			<50		<20	<20	15	12	2,8	3,8	3000	
Nichel      (Ni)      μg/l				16			2	6	1	2,3	20	
Mercurio      (Hg)      μg/l		<0,5	<0,5		<0,5	<0,5	<0,1	<0,5	<0,2	<0,2	1	
Antimonio      (Sb)      μg/l							<1		<0,5	<0,5	5	
Selenio      (Se)      μg/l							<3	<1	<1	<1	10	
Solventi clorurati      μg/l												
Oli minerali      ug/l											50	

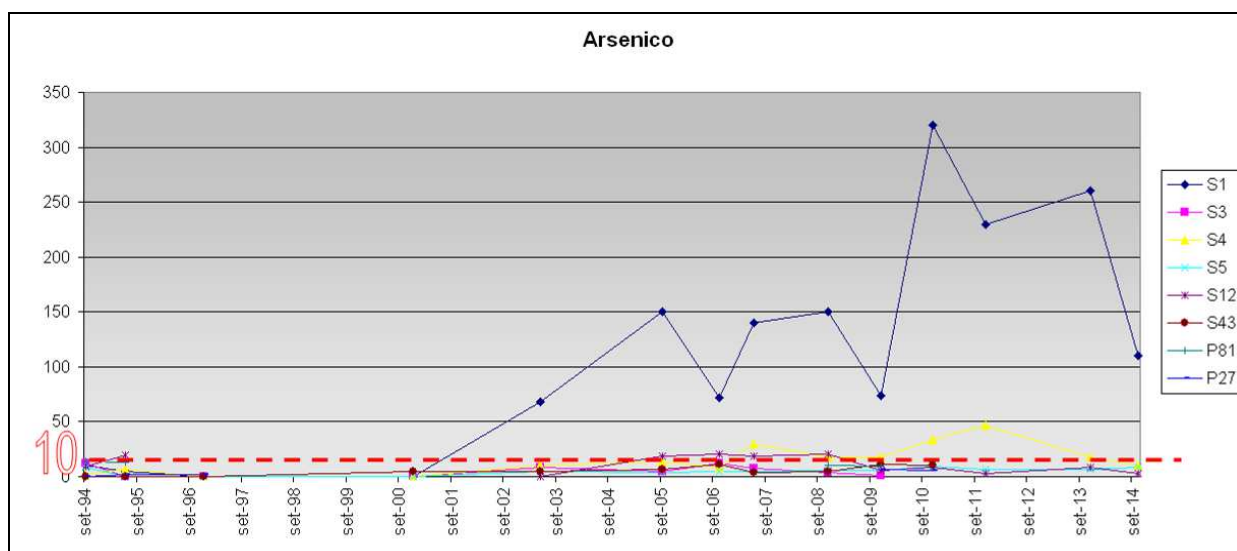
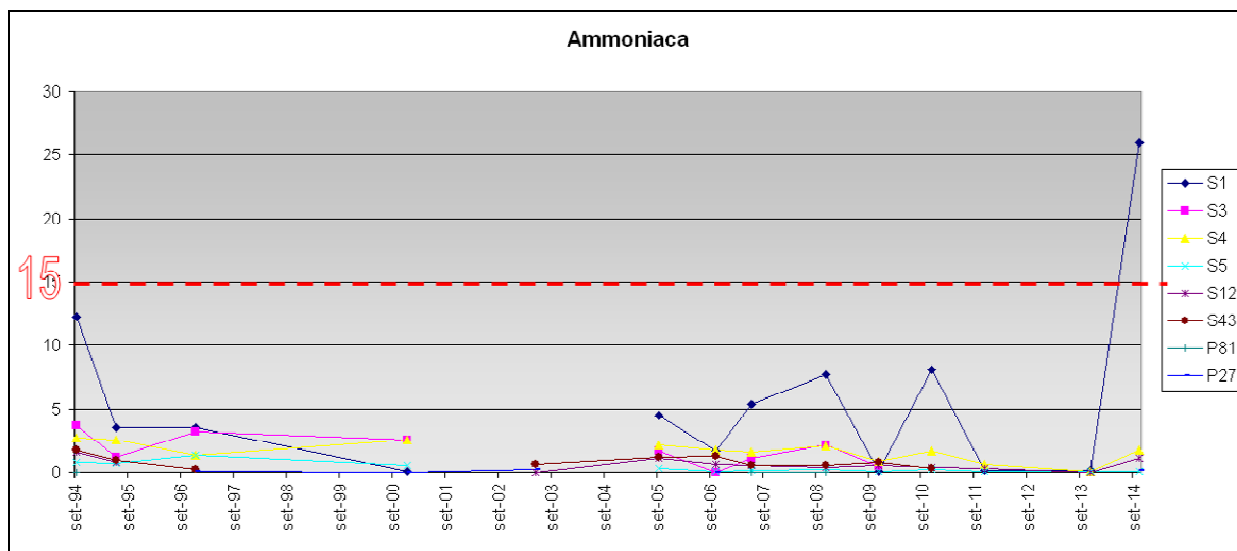
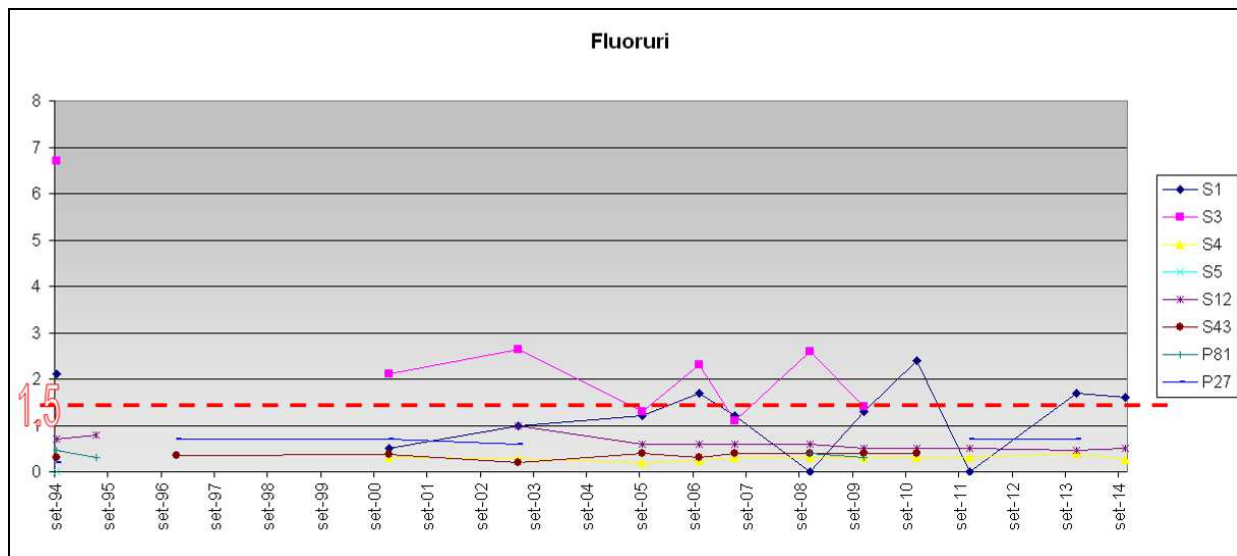
### Pozzo P81

POZZO OBERRAUCH ANTON - P81					Limiti	
					471/99	236/88
Data prelievo	23/05/2003	23/09/2005	28/11/2013	08/10/2014		
Aspetto						
pH		7,32	7,5	7,2		6-9,5
Conduc. Elettr. Spec. (20°C)	µS/cm	700	640	550		
Durezza totale	°F	40	37	26		
COD (KMnO <sub>4</sub> ) (O <sub>2</sub> )	mg/l	3,5	3	1,6		5
COD (K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> ) (O <sub>2</sub> )	mg/l					
Ammoniacca (NH <sub>4</sub> )	mg/l		<0,02	<0,02	<0,02	0,5
Nitriti (N)	mg/l	0,041	<0,01	0,01	<0,01	0,5
Nitrati (N)	mg/l		32	18	2,3	50
Fosfati (P)	mg/l					5
Solfati (SO <sub>4</sub> )	mg/l	31,8	75	33	17	250
Cloruri (Cl)	mg/l		18	22	26	200
Fluoruri (F)	mg/l	0,453	0,3	0,4	0,3	1,5
Alluminio (Al)	µg/l	78	<10			200
Arsenico (As)	µg/l	14	13	10	9	10
Cadmio (Cd)	µg/l	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	5
Cromo (Cr)	µg/l	<1	<1	1,6	<1	50
Rame (Cu)	µg/l	12	<4	<10	<10	1000
Ferro (Fe)	µg/l	56	7	55	23	200
Manganese (Mn)	µg/l	<3	<4	2	3,1	50
Piombo (Pb)	µg/l	<1	<1	<1	<1	10
Zinco (Zn)	µg/l	29	7	15	8,7	3000
Nichel (Ni)	µg/l	3	4	2,5	1,4	20
Mercurio (Hg)	µg/l	<0,1		<0,2	<0,2	1
Antimonio (Sb)	µg/l	2	1,9	1,4	1,3	5
Selenio (Se)	µg/l	<3	1	1,7	<1	10
Solventi clorurati	µg/l					
Oli minerali	µg/l				50	

### ELABORAZIONI dei DATI in forma GRAFICA









## **CONSIDERAZIONI CRITICHE di SINTESI**

L'osservazione dei dati disponibili, ben rappresentati in forma grafica rispetto ad un intervallo temporale di vent'anni circa (1994-2014) e ai relativi interventi (diaframmi, drenaggi, coperture, ecc.) via via completati nel comparto di Castelfirmiano (Nuova e Vecchia discarica), permette di evidenziare sostanzialmente i seguenti aspetti:

- il valore di **Conducibilità elettrica Specifica** è andata stabilizzandosi in tutti i punti;
- il valore di **Solfati** appare via via stabilizzarsi verso il basso, a meno del S4, posto ad una certa distanza dal piede del massiccio porfirico, entro la piana di Frangarto. Tale valore appare in relazione debole o nulla con la contaminazione proveniente dal sito;
- il valore di **Cloruri** e di **Arsenico** appaiono anch'essi in via di stabilizzazione, a meno che nel piezometro S1, collocato al piede del dosso di discarica, in corrispondenza di una delle due fratture strutturali (di seguito descritte), da cui possono dipendere rispettivamente le marcate oscillazioni di concentrazione per (CL) e l'incremento di valore (per As);
- le concentrazioni di **Manganese, Fluoruri e Ammoniaca** presentano andamenti sostanzialmente equivalenti tra loro, a meno di qualche anomalia (strumentale?) non confermata, caratterizzati da una stabilizzazione nel tempo.

**In estrema sintesi i dati mostrano un andamento complessivo in via di sostanziale stabilizzazione, a meno di un'anomalia localizzata in corrispondenza di S1, che presenta valori fondamentalmente non stabili, da ricondursi alla via preferenziale di infiltrazione ben individuata e di seguito approfonditamente descritta.**

### ***5.4 Modello idrogeologico locale – Vecchia discarica***

Fermo restando quanto richiamato nel precedente Paragrafo 5.3, relativo alla falda di Frangarto, per quanto riguarda il modello idrogeologico locale – Vecchia discarica, va fatto presente che tale tematica venne approfonditamente trattata nell'ambito della fase di caratterizzazione del 2007 (Documento in Nota 2), acquisendo tutti gli elementi morfologici ed idrogeologici necessari all'elaborazione del modello, a cui si rimanda per eventuali approfondimenti.

Le indagini integrative eseguite nel 2014 hanno portato, grazie anche al rilievo geomeccanico di dettaglio dell'area Vedi Cap. 5.1), ad un affinamento del modello idrogeologico di riferimento.

Come evidenziato dalle foto seguenti il sistema di fratturazione KK2, è continuo nelle due formazioni mentre i sistemi KK3 e KK1 scompaiono o si riducono ad una fratturazione di second'ordine all'interno della formazione di Gries.

E' inoltre importante evidenziare come la formazione di Ora abbia una fratturazione molto aperta e di conseguenza sia molto più permeabile della sottostante formazione di Gries, che si presenta generalmente chiusa con un'alta persistenza e quindi con permeabilità molto bassa o nulla.



***Figura 10: Foto delle due differenti litologie, come si può notare la fratturazione verticale accomuna tutte e due le unità. Evidente anche come cambia il grado di apertura delle fratture e di conseguenza il grado di permeabilità dell'ammasso.***

L'indagine integrativa del 2014 ha permesso inoltre l'individuazione della presenza di due elementi strutturali, non precedentemente individuabili in quanto non era al tempo disponibile il modello Lidar.

Lungo questi allineamenti avviene un incremento dell'infiltrazione di acque meteoriche proveniente dal "dosso" di CastelFirmiano verso il materiale depositato in discarica, come meglio esposto nel seguito del presente documento.

Riassumendo, la situazione geologico-geomeccanica dell'area può essere definita nel seguente modo:

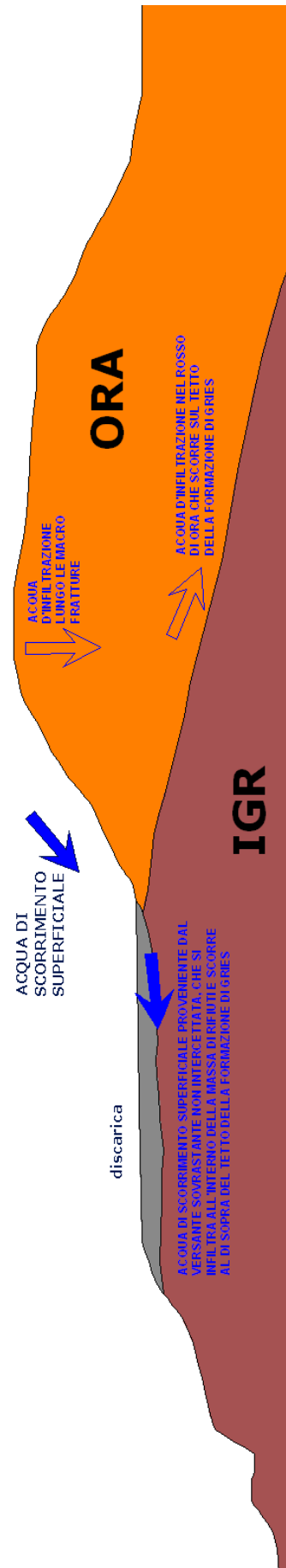
- Presenza di due vallecicole con direzione N340 e N300 che colleghino le acque meteoriche verso la "vecchia discarica".
- Presenza di una superficie di discontinuità tra le due unità stratigrafiche (ORA-IGR) con andamento S-SE con inclinazione di 20-25°.
- Presenza di tre sistemi fratturativi principali, il predominante con andamento subverticale (KK2).

Al proposito si consulti la specifica Tavola 05, da considerarsi quale sintesi dei rilievi geomeccanici aggiornati.



**Figura 11: Modello geologico semplificato nell'area della vecchia discarica, la direzione della sezione è 310° N. In evidenza i due differenti moti d'infiltrazione dell'acqua. Acqua d'infiltrazione: permea nell'ammasso ORA (più permeabile) per poi essere intercettata dal tetto della formazione di Gries (più impermeabile). Acqua di scorrimento superficiale: l'acqua meteorica che non permea nel terreno attraversa l'area della vecchia discarica fuoriuscendo in direzione N-NO.**

L'affinamento del modello idrogeologico locale fornisce certa ragione delle importanti venute di percolato lungo i fianchi nord e ovest della discarica, non modificando peraltro il modello idrogeologico generale relativo alla falda di Frangarto, ampiamente studiata e monitorata.



## 5.5 *Modello concettuale definitivo*

I contenuti espressi nel presente paragrafo intendono integrare e affinare quanto già presentato nel Capitolo 5 del documento: "*2° Parte del Piano di Caratterizzazione*" (2007), già depositato nelle precedenti fasi di studio della problematica in oggetto, in cui si trovava delineata una prima ipotesi di Modello concettuale definitivo, che per il corpo discarica confermava le supposizioni precedenti:

*"(...omissis...)"*

- *discarica di rifiuti industriali di volumetria complessiva: circa 332.000 mc*
- *estensione areale complessiva della discarica: 42.000 mq*
- *superficie coperta attuale (guaina): 13.800 mq*
- *spessore medio dei rifiuti in zona centrale: 15-18 m*
- *natura dei rifiuti: elevati spessori di scorie e demolizioni industriali*
- *contaminazione dovuta a **IPA, metalli pesanti, fluoruri***
- *assenza di fitofarmaci*
- *minima frazione di r.s.u...."*

Per quanto riguarda il numero di elementi (sondaggi, trincee, campioni) per la caratterizzazione del sito acquisiti nel tempo (2007-2014), di seguito si presenta una sintesi:

- n.  $4+3 =$  **7 sondaggi a carotaggio continuo**, mediamente profondi 12-15m, fino a raggiungere il livello roccioso di base,
- n.  $10+7 =$  **17 trincee geoambientali**,
- n.  $29+15+10+1 =$  **55 campioni complessivi analizzati**.

Sebbene i rifiuti costituenti la "Vecchia discarica", per la specifica storia dei conferimenti (di origine antropica) presentino localmente una natura sostanzialmente eterogenea e caotica, sulla base degli esiti delle indagini sopra richiamate emerge, a scala più ampia, una sostanziale "omogeneità" nei materiali di rifiuto presenti: una sublocalizzazione delle diverse tipologie di materiali inquinati (sorgenti di contaminazione) all'interno del volume complessivo perde quindi di senso.

E' infatti evidente come la natura caotica e casuale dei conferimenti non permetta una suddivisione in sottozone (specificatamente caratterizzabili) del volume complessivo della discarica; al contrario la "somma delle casualità" conferisce al deposito, nel suo complesso, quella certa "omogeneità" poco sopra anticipata.



Relativamente alla congruenza tra numero di punti di indagine e dimensioni (superficie) della discarica (circa 42.000 mq) in oggetto, solo per completezza si richiama il fatto che l'Allegato 2 della citata D.G.P. 1072/05 e s.m. e i. fornisce, sulla base delle dimensioni del sito da investigare, le seguenti indicazioni:

< 10.000 m<sup>2</sup>: almeno 5 punti

**10.000 - 50.000 m<sup>2</sup>: da 5 a 15 punti**

50.000 - 250.000 m<sup>2</sup>: da 15 a 60 punti

250.000 - 500.000 m<sup>2</sup>: da 60 a 120 punti

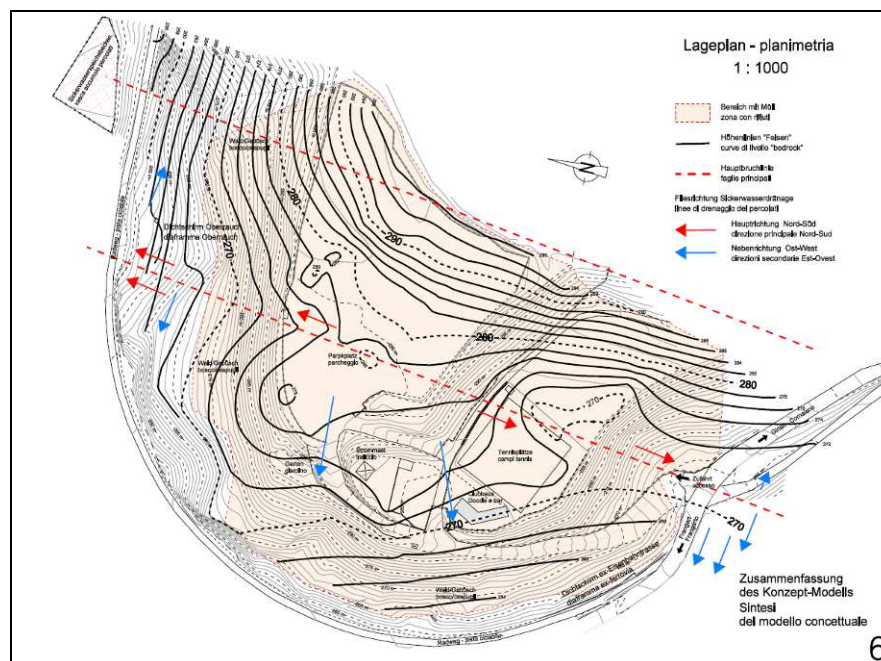
> 500.000 m<sup>2</sup>: almeno 2 punti ogni 10.000 m<sup>2</sup>

Nel citato documento del 2007, sulla base delle evidenze e degli elementi conoscitivi al tempo disponibili, venne inoltre proposta una prima ricostruzione dell'andamento del bedrock, quale guida di base nella migrazione dei contaminanti, di fondamentale importanza per quanto riguarda le vie preferenziali di migrazione dei percolati, come di seguito riportato:

*“La morfologia della roccia di fondo e le risultanze delle indagini hanno confermato la presenza di un impluvio e di due faglie in direzione N-S:*

- *la più importante, che corre più a ovest, e già indicata nei precedenti lavori, direttamente responsabile delle venute di percolato in zona Magazzino Oberrauch, e indirettamente, poiché veicolate trasversalmente da fratture per detensionamento dei porfidi di bordo, nella zona presso l'imbocco della strada che sale alla discarica (nei pressi del sottopasso ciclabile);*
- *l'altra che corre più a est, in prossimità del versante che chiude il Villaggio Nomadi, responsabile delle venute nei pressi del Maso Oberrauch.*
- *l'impluvio citato, come elemento morfologico di notevole rilevanza, questo può essere responsabile della migrazione di percolati che, originati nella parte centrale della discarica, sversano verso ovest (Zona Trincee T6 e T7). Questa forma di fondo, rilevata grazie alle indagini non invasive, permette di meglio comprendere le cause di emergenze dei percolati in tale zona.”*

Le due faglie profonde, individuate nel 2007 come correnti circa tra loro parallele e in asse nord-sud (linee tratteggio colore rosso), vennero immaginate così importanti da condizionare le direzioni di flusso (freccie colore rosso e blu), secondo lo schema di seguito richiamato:



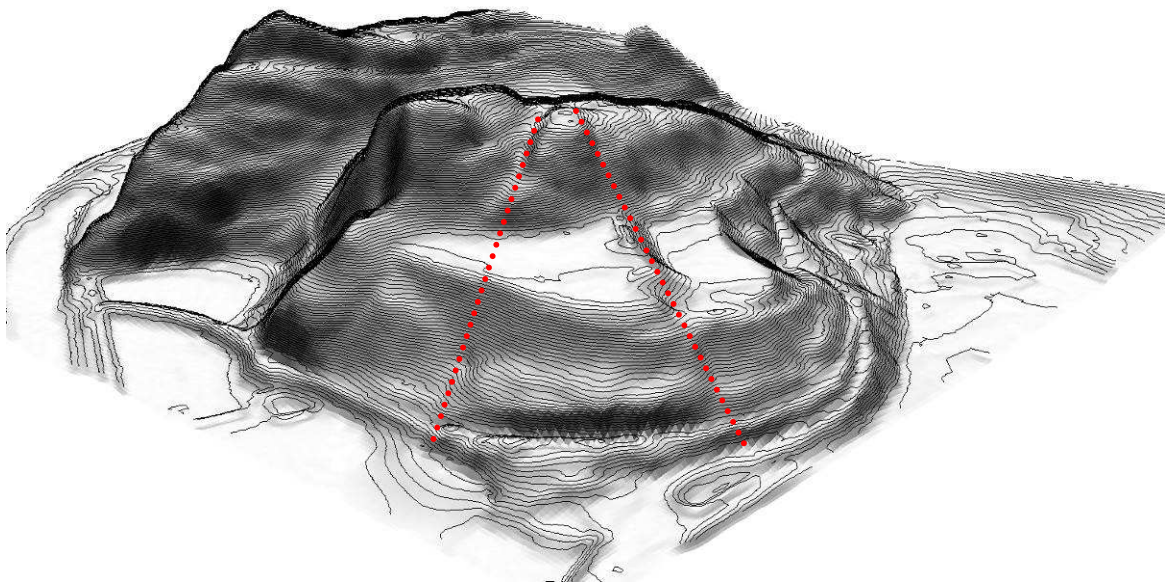
**Figura 12 – Sintesi del modello concettuale (Bedrock) anno 2007**

**Alla luce dei nuovi elementi, acquisiti con le indagini integrative 2014, è ora possibile aggiornare tale modello di riferimento.**

Se da una parte vengono confermate le informazioni relative alle dimensioni spaziali e alla volumetria della discarica, guidate dall'andamento del bedrock, così come vengono confermate le informazioni relative alla tipologia e natura dei materiali (rifiuti) costituenti il corpo discarica, è invece necessario perfezionare il modello idrogeologico di riferimento a scala locale.

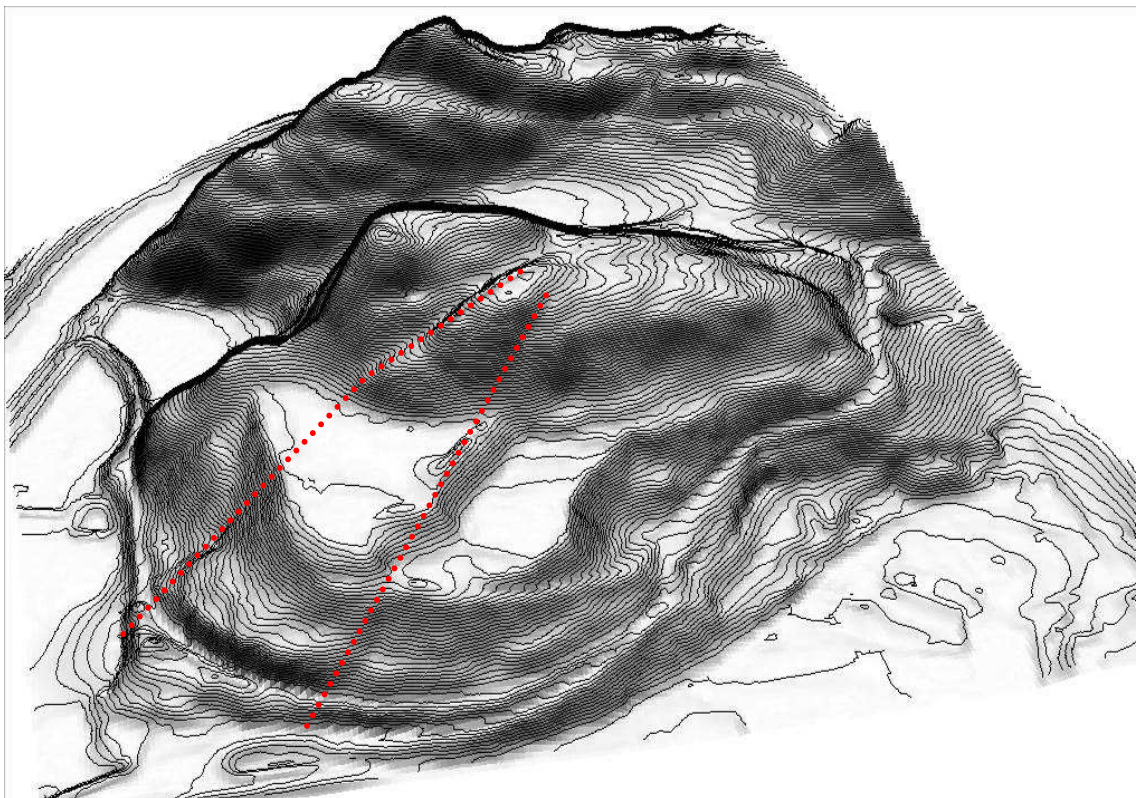
In particolare una corretta interpretazione delle nuove informazioni acquisite attraverso le ulteriori indagini geofisiche, l'analisi del modello Lidar (ossia il Modello digitale del terreno "depurato" da infrastrutture antropiche e copertura vegetale) divenuto recentemente disponibile, e ulteriori indagini di campo e sopralluoghi, consente di dettagliare in modo certo le morfologie di dettaglio del bedrock e delle linee di deflusso profondo elaborate nel 2007, con l'individuazione di un diverso andamento in particolare di una delle faglie principali (quella ad ovest) caratterizzanti il massiccio porfirico locale.

Il modello Lidar ha evidenziato la presenza di almeno due importanti strutture tettoniche: ben visibili nel versante a monte della discarica, verso il maniero di Castelfirmiano, risultano parzialmente sepolte in corrispondenza dell'ex Villaggio Nomadi dall'elevato spessore di rifiuti del corpo discarica.



**Figura 13a – Vecchia discarica di Castel Firmiano – Allineamenti strutturali principali (da ovest)**

Tali strutture riemergono al piede della discarica, poco al di sopra della pista ciclabile, la prima lungo il fianco Nord Nord/ovest e la seconda sul fianco Ovest, e sono responsabili, a livello profondo, dei significativi apporti idrici di origine meteorica che, infiltrandosi all'interno del corpo discarica, contribuiscono in modo rilevante alla formazione di percolati in uscita dal sito verso la piana di Frangarto.



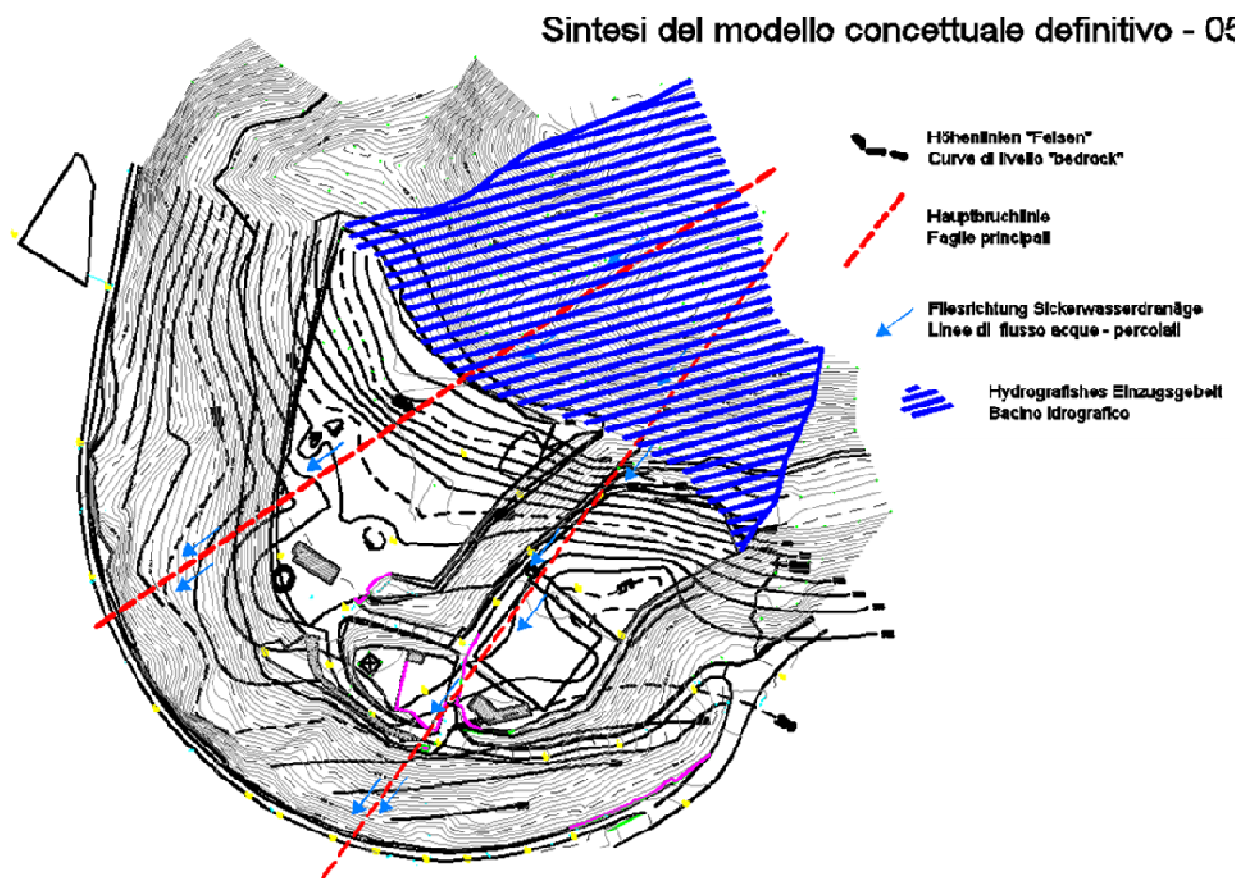
**Figura 13b – Vecchia discarica di Castel Firmiano – Allineamenti strutturali principali (da sud-ovest)**



A questo punto, come meglio delineato nel seguito del presente progetto, è fondamentale interrompere tali vie, attraverso l'esecuzione di specifiche opere di captazione da realizzarsi A MONTE del corpo discarica, quindi prima ancora che le acque meteoriche possano infiltrarsi nei rifiuti stessi.

Tale intervento, una volta completato con la realizzazione della chiusura a mezzo "capping" multistrato dell'intera superficie della discarica, permetterà la riduzione, quasi totale, delle infiltrazioni di acque nei rifiuti, e corrispondente minimizzazione di produzione di percolati.

Considerando le due figure precedenti come illustrative, per un riscontro grafico di dettaglio del modello concettuale definitivo del sito, aggiornato con le nuove evidenze, si faccia riferimento alla specifica Tavola 05.



*Figura 14 – Sintesi del modello concettuale definitivo 2015*

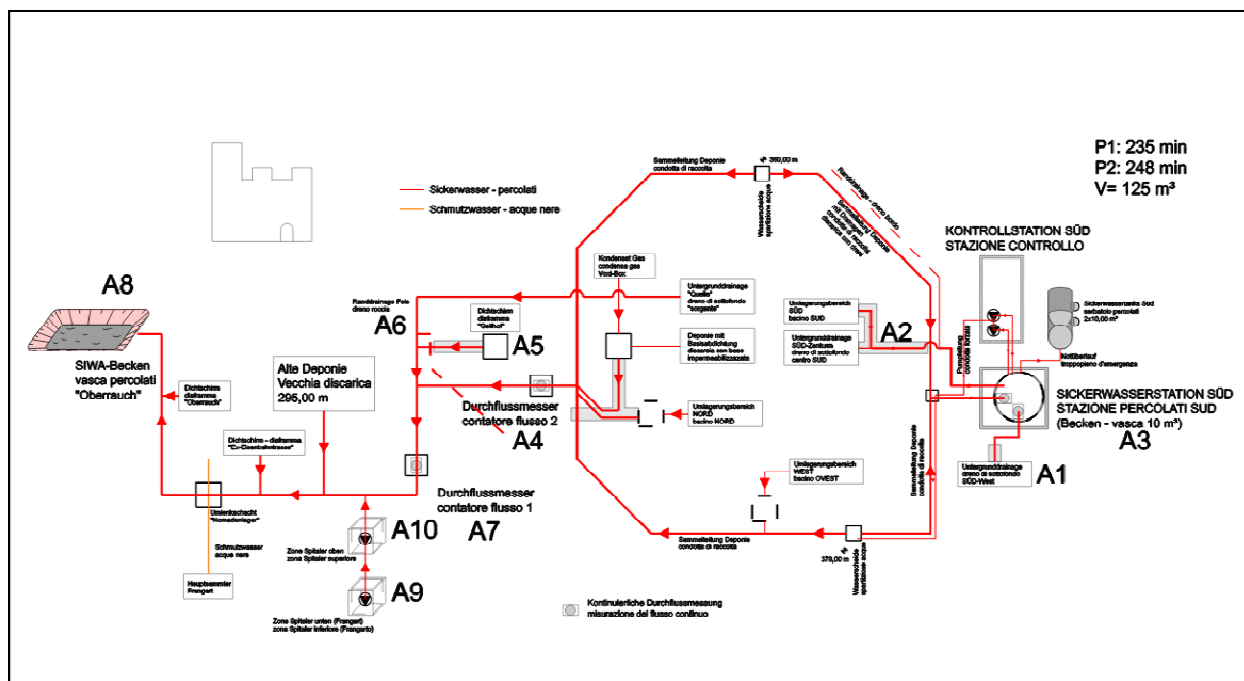
## 5.6 Considerazione sulle quantità di captazione/smaltimento percolati

Un aspetto significativo che collega il modello concettuale definitivo all'evoluzione della contaminazione della falda di Frangarto riguarda l'andamento negli anni delle quantità di percolati che è stato possibile raccogliere attraverso i vari sistemi di captazione installati nei bacini della "Nuova discarica" e della "Vecchia discarica", anche in relazione all'importante intervento definitivo di capping della "Nuova discarica".

I dati relativi alle quantità di percolati captati sono stati elaborati sulla base di elementi di diversa natura, non sempre tra loro omogenei, come, ad esempio, le quantità smaltite, numero ore di pompe attive, consumo di elettricità di pompe, ecc.. Tali dati sono stati talvolta estrapolati e talvolta direttamente forniti dai soggetti deputati alla manutenzione/controllo della rete di raccolta, e sono quindi da considerarsi, seppur non privi di qualche approssimazione, fortemente indicativi del comportamento del sistema complessivo.

Dal punto di vista concettuale va fatto presente che sebbene alcune aliquote siano direttamente riferibili in via certa al bacino della "Nuova discarica - ND" ed altre a quello della "Vecchia discarica - VD", altri quantitativi sono stati estrapolati per differenza.

Di seguito lo schema di riferimento concettuale relativo alla rete complessiva di captazione, e una tabella riassuntiva dei quantitativi captati in relazione agli interventi tecnici via via eseguiti negli anni dal 2001 al 2014, e alla piovosità media di ciascun anno.



**Figura 15 – Schema rete captazione percolati "Vecchia e nuova discarica"**



**Produzione percolati discariche di Castelfirmiano 2001 - 2014**

		Alte Deponie (A9)			Neue Deponie (A7)				
		discarica vecchia (A9)			discarica nuova (A7)				
		40 000 m²			100 000 m²				
Jahr anno	Niederschlag precipitazioni	Menge quantità	Regenmenge quant. pioggia	Erfassung captazione	Menge quantità	Regenmenge quant. pioggia	Erfassung captazione	Gesamtmenge quant. Totale	
2001	769,6 mm	???	30 784 m³		21 947 m³	76 960 m³	28,5%	21 947 m³	687 m³ BL 2: Bohrungen Siwa Süd-SüdWest gehen im 2. Halbjahr 2000 in Betrieb
2002	840,8 mm	???	33 632 m³		21 531 m³	84 080 m³	25,6%	21 531 m³	410 m³ BL 4.1: 9-2002 ist Basis Süd, Siwa-Grunddrainagen
2003	537,8 mm	???	21 512 m³		11 597 m³	53 780 m³	21,6%	11 597 m³	490 m³ Reduzierung der "Regenoberfläche" durch Basisabdichtung Süd
2004	574,2 mm	???	22 968 m³		12 887 m³	57 420 m³	22,4%	12 887 m³	512 m³ BL 3.1: 1. Halbjahr 2004, Sickenwasser Eingangsbereich, Siwadrainage Nordbereich, Untergrunddrainage Nord
2005	515,0 mm	???	20 600 m³		8 101 m³	51 500 m³	15,7%	8 101 m³	352 m³
2006	568,5 mm	???	22 740 m³		7 753 m³	56 850 m³	13,6%	7 753 m³	248 m³ BL 4.2: im 2006 Abdichtung Becken Nord + Becken West
2007	603,6 mm	???	24 144 m³	*)	20 000 m³	60 360 m³	33,1%	20 000 m³	503 m³ Nordbecken + 4.000 m³, West 4.000 m³ 3.000 m³ alter Müllbereich + 1.000 m³ - Verfüllung Hügel BZ-Süd
2008	941,0 mm	???	37 640 m³		13 190 m³	94 100 m³	14,0%	13 190 m³	784 m³ Abdeckung Sigmundskron
2009	640,8 mm	???	25 632 m³		17 122 m³	64 080 m³	26,7%	17 122 m³	534 m³ Beginn Arbeiten
2010	678,8 mm	???	27 152 m³		11 565 m³	67 880 m³	17,0%	11 565 m³	566 m³ Ende Jahr alles abgedichtet
2011	584,1 mm	1 734 m³	23 364 m³		4 715 m³	58 410 m³	8,1%	6 449 m³	487 m³ Neuinstallation Pumpen Frangart Spitaler
2012	971,3 mm	5 738 m³	38 852 m³	15%	2 918 m³	97 130 m³	3,0%	8 656 m³	317 m³
2013	932,1 mm	6 482 m³	37 284 m³	17%	1 132 m³	93 210 m³	1,2%	7 614 m³	774 m³
2014	1064,9 mm	5 749 m³	42 596 m³	13%	2 300 m³	106 490 m³	2,2%	8 049 m³	861 m³

\*) stimato in quanto probabile danno della rete di raccolta sulla vecchia discarica

Osservando la tabella la prima cosa che si nota è la SIGNIFICATIVA RIDUZIONE di percolati registrata nella "ND" grazie all'intervento definitivo di "capping" superficiale.

Per quanto riguarda la "VD" si evidenzia come il sistema di captazione attualmente esistente, peraltro realizzato non come intervento complessivo e organico (oggetto della presente progettazione) ma sulla base delle risorse e degli accessi al tempo disponibili, permetta una captazione intorno al 13-17% della quantità di pioggia sul bacino idrogeologico di riferimento.

Proprio per questa ragione i previsti interventi di realizzazione del "capping" e di interruzione delle vie di infiltrazione di monte permetteranno di ridurre significativamente la quantità di pioggia infiltrata nel corpo discarica, quale origine dei percolati e della conseguente compromissione della falda di Frangarto, fino a percentuali del 2%-4%.

## 6. PROCEDURA DI ANALISI DEL RISCHIO SANITARIO AMBIENTALE

Come accennato al Capitolo 1 – Introduzione, va fatto presente che nei casi di interventi di bonifica “con misure di sicurezza” le normative di settore richiedono una valutazione dei rischi sanitario-ambientali residui post intervento, per mezzo di una procedura riconosciuta di analisi del rischio (RBCA).

Nel caso in oggetto tale procedura<sup>(13)</sup> è già stata elaborata negli anni passati, relativamente alla falda di Frangarto, quale “bersaglio” sottoposto agli effetti dell’intero comparto di CastelFirmiano “Nuova e Vecchia discarica”, considerati unitariamente, in tale contesto, come fonte di contaminazione non suddivisibile in due apporti distinguibili.

Visto il lavoro pregresso da ritenersi attualmente ancora valido, in quanto le condizioni ambientali al contorno sono rimaste pressoché invariate, si ritiene non corretto elaborare una nuova procedura di analisi del rischio sanitario ambientale, ma si propone il proseguimento delle campagne di monitoraggio dello stato idrochimico della falda di Frangarto, anche per i prossimi anni, secondo le indicazioni che verranno emesse dal competente Ufficio gestione rifiuti APPA-Bz.

Per completezza di seguito si riportano le conclusioni della “Relazione tecnica” elaborata dal citato Ufficio gestione rifiuti APPA-BZ nell’ambito della causa relativa alla “Nuova discarica di Castel Firmiano”, che di fatto riguarda anche la problematica relativa alla questione ambientale posta dalla “Vecchia discarica”.

### “Conclusioni

*Il progetto, considerate le specificità dell’acquifero e le dimensioni del pennacchio contaminato, nonché la riduzione della sorgente contaminante a seguito delle opere di bonifica, propone di tenere sotto controllo periodico lo stato della falda superficiale di Frangarto e di attivare un eventuale sistema di barriere idrauliche solo nel caso in cui si registrasse un sensibile peggioramento della situazione. Tali considerazioni sono state riprese e rielaborate nel documento di approvazione dell’ufficio gestione rifiuti.*

*Questi inoltre ha provveduto a un regolare monitoraggio della falda constatando come negli anni la situazione possa essere classificata come stazionaria e che quindi, allo stato attuale, non sono necessari interventi ulteriori (attivazione di una barriera idraulica).*

➤ *Ulteriori considerazioni relative alla analisi di rischio applicata per la falda di Frangarto*

- *Il modello applicato col software RBCA*

*Il modello applicato per la distribuzione dei contaminati in falda (Domenico P.A. An analytical model for multidimensional transport of a decaying contaminant species; 1987), che è quello che generalmente si utilizza nelle valutazioni del rischio (e che è quello fornito con il software RBCA, utilizzato anche*

dall'ufficio gestione rifiuti) è un modello che si adatta bene a un acquifero libero. Non riproduce però bene le caratteristiche di un acquifero come quello superficiale di Frangarto che è simile a un acquifero confinato. Pertanto la distribuzione spaziale degli inquinanti, già per questa ragione non risponde bene alla realtà in esame.

- *I limiti per l'Arsenico*

Un secondo aspetto riguarda quali limiti applicare in falda nel caso di una analisi di rischio per il parametro arsenico. Il software utilizzato per la valutazione del rischio è estremamente cautelativo soprattutto per quanto riguarda i parametri cancerogeni. Si tenga presente che ri- svolgendo l'analisi di rischio del 2003 col fine di ottenere gli obiettivi da applicare per la bonifica dell'acqua di falda si arriva a un valore obiettivo (SSTL) di  $5,70E-05$  mg/l; ben al di sotto dei limiti di legge per le acque potabili ( $1,00E-02$  mg/l) e molto al di sotto dei valori riscontrabili in provincia di Bolzano per acque potabile sicuramente non contaminate.

Seguendo un ulteriore e diverso approccio in cui si pone come obiettivo di bonifica in falda il limite (SSTL) di  $3,00E-03$  mg/l, si ottiene che la zona di interdizione all'uso potabile passa dai 3.800 metri ai ca. 400-500 metri

Questi approfondimenti sono stati svolti internamente dalla Agenzia per l'ambiente, alla presente si allegano (ALLEGATO 7 e 8) quindi gli estratti delle due analisi del rischio:

Run 1) Questa analisi del rischio viene effettuata utilizzando gli stessi parametri e lo stesso software utilizzato nel giugno del 2003 ed è finalizzata a ottenere l'ipotetico obiettivo di bonifica che renderebbe il rischio accettabile.

Run 2) In questa seconda analisi, rispetto alla prima si impone come obiettivo di bonifica il valore di  $1/3$  rispetto al limite per l'arsenico nelle acque potabili, si tratta di un valore che spesso si riscontra nelle acque potabili di Bolzano e sicuramente non soggette a contaminazione. Si applica quindi il limiti di 3 microgrammi/litro.

➤ **Ciò premesso la risposta alla domanda di cui sopra è: La contaminazione della falda è limitata a una porzione della falda superficiale di Frangarto e presumibilmente legata a fenomeni ancora attivi di percolazione dalla vecchia discarica. La provincia è in attesa che il Comune di Bolzano predisponga il progetto esecutivo di bonifica per quest'area (non oggetto della presente relazione); Non vi è una situazione di pericolo per la falda di Bolzano. Le prescrizioni relative alla approvazione di data 29.11.2005 sono a tutt'oggi sufficienti".**

---

<sup>13</sup> Geologia e Ambiente s.a. (2003): "PROGETTO DI RISANAMENTO DELLA DISCARICA DI CASTELFIRMIANO - ADEGUAMENTO AL D.M. 471/99 – PROCEDURA DI ANALISI DI RISCHIO - Rel. 800/2/03 - Committente: PROVINCIA AUTONOMA BOLZANO

## 7. PREMESSE ALLA PROGETTAZIONE

### 7.1 *Inquadramento territoriale del sito in oggetto*

Sintetizzando i concetti già anticipati nei precedenti Capitoli, dopo l'intervento di messa in sicurezza della cosiddetta "Nuova Discarica" di Castelfirmiano (già completato nell'anno 2011) si è ora presentata la necessità di procedere anche alla bonifica della "VECCHIA DISCARICA" di CASTEL FIRMIANO, sostanzialmente individuabile in corrispondenza dell'ex-Villaggio Nomadi, dell'attuale campo da tennis e delle zone adiacenti (area parcheggio privato Sig. "Dallo Specchio"), fino alla pista ciclabile, di proprietà in gran parte comunale e in piccola parte privata.

Anche questo intervento si configura come "bonifica con misure di sicurezza", e specificatamente come "Messa in sicurezza permanente" dei rifiuti stoccati. Ciò in quanto, non essendo ipotizzabile il raggiungimento di una bonifica totale del sito, sono state progettate delle soluzioni tecniche in grado di operare un controllo della contaminazione, minimizzando gli effetti negativi sull'ambiente.

Come già descritto nel paragrafo 3.3 *"Breve cronistoria della Vecchia discarica"*, l'areale in oggetto è stato -nel passato a partire dagli anni '80- interessato da interventi localizzati per la captazione di venute idriche e di percolato, posti ai margini dei settori nord-ovest e sud.

Da un paio di anni il Comune di Bolzano lamenta un progressivo aumento della quantità di acque di percolazione raccolte al piede del promontorio "Vecchia Discarica" e rilanciate nella citata "Vasca Oberrauch". L'afflusso massimo si nota lungo il versante nord della discarica, a monte della quale si trova anche una specie di compluvio del terrazzamento che ospita l'ex - Villaggio Nomadi. Tale tematica è stata già introdotta nel precedente Capitolo 5.6, a cui si rimanda per consultazione.

Tornando alla situazione della "Vecchia discarica", prima dell'insediamento degli ospiti (Villaggio nomadi) ivi esisteva un prato a verde - quello appunto dell'allora tiro al piattello - che era stato realizzato al di sopra della guaina impermeabile posta a ca. 1 metro di profondità, quale primitiva soluzione di "Capping". Le acque piovane e di filtrazione attraverso lo strato di terra venivano raccolte lungo delle linee drenanti poste al di sopra della geomembrana e facenti capo ad un collettore acque bianche (a.b.) che si dirigeva verso valle appunto lungo il versante nord ovest della discarica. In occasione dell'allestimento del villaggio nomadi nell'anno 2000, con realizzazione di diverse fondazioni e sottoservizi, è stato manipolato il pacchetto di copertura (primitiva soluzione di "capping") sopracitato. Inoltre, nell'anno 2004, nel villaggio nomadi si è verificato un incendio con distruzione di una parte delle baracche in legno; è probabile che anche il sistema di impermeabilizzazione e di eduazione delle acque piovane abbia subito ulteriori danni.

Si presume che alcuni degli eventi sopraccitati e/o la loro azione combinata abbiano potuto contribuire alla situazione attuale di elevata produzione di percolati, la cui gestione è in carico al Comune di Bolzano con rilevanti costi di smaltimento. Si conclude che l'ex-discarda in oggetto è origine di una significativa quantità di emissioni liquide, con notevoli ripercussioni sull'ambiente attorno ed al piede della collina.

Per la soluzione di tale problematica ambientale sono state, nel passato, analizzate e valutate n.3 alternative di progetto, di seguito richiamate.

## **7.2 Ipotesi preliminari di bonifica/messa in sicurezza, già valutate**

### **7.2.1 Sintesi delle ipotesi di intervento esaminate**

Nel corso dell'elaborazione dello "STUDIO VARIANTI DI BONIFICA E/ MESSA IN SICUREZZA sono state valutate le fattibilità delle seguenti ipotesi:

#### ➤ IPOTESI 1 - Bonifica totale con asporto dei rifiuti

Essa considera lo sbancamento, l'eventuale trattamento chimico-fisico-termico dei rifiuti in loco, trasporto e smaltimento in altro sito con parziale recupero dei materiali (esempio: Collina Bolzano Sud).

L'intervento può essere sintetizzato come segue:

- interessa una quantità di ca. 332.000 m<sup>3</sup> di rifiuti, pari a ca. 597.600 ton,
- crea impatto elevato in fase di lavorazione e di trasporto e lascia un "vuoto" paesaggistico,
- dopo intervento si otterrebbe una restituzione di ca. 29.000 m<sup>2</sup> di superficie senza vincoli ambientali.

#### ➤ IPOTESI 2 - Bonifica con messa in sicurezza permanente (con modesto rimodellamento interno del corpo rifiuti)

Essa considera la messa in sicurezza dei rifiuti, tramite scavo e riprofilamento dei fianchi instabili con spostamento di rifiuti all'interno del cantiere; impermeabilizzazione della superficie della discarica compresi i fianchi.

L'intervento può essere sintetizzato come segue:

- regimazione e allontanamento delle acque ipogee provenienti dall'esterno,
- movimentazione di modeste quantità di rifiuti e terreni parzialmente contaminati,
- crea un impatto limitato in fase di lavorazione,
- dopo l'intervento si otterrebbe una superficie rinaturata su livelli gradonati e pianeggianti.



➤ *IPOTESI 3 - Bonifica con messa in sicurezza permanente (con notevole spostamento rifiuti)*

Essa considera una messa in sicurezza dei rifiuti, tramite sbancamento e spostamento interno al cantiere, accumulo e copertura superficiale e laterale dei materiali movimentati.

L'intervento può essere sintetizzato come segue:

- movimentazione di ca. 70.000–80.000m<sup>3</sup> di rifiuti, pari a oltre 100.000 ton,
- crea un notevole impatto in fase di lavorazione ed a lavori eseguiti,
- dopo l'intervento si otterrebbe una superficie rinaturata con unico livello pianeggiante di ca. 17.000 mq.

7.2.2 *Conclusioni e scelte preventive sull'intervento*

Come risulta dal verbale della riunione datato 04.07.2013, redatto dal Dott. Geol. Mauro Platter del Comune di Bolzano, la Giunta Comunale si era espressa approvando l'

**IPOTESI DI BONIFICA n.2**

**7.3 *Argomentazioni alla base della scelta progettuale definitiva***

Anche all'interno della stessa "IPOTESI DI BONIFICA n.2" erano possibili più soluzioni, tra loro solo parzialmente diverse, in termini di morfologia (forma e volume), ottenuta a fine intervento.

Il progetto è stato elaborato cercando di sintetizzare i diversi aspetti che concorrono in interventi di questo tipo: tecnici, economici, ambientali e paesaggistici, come di seguito meglio approfondito. Il concetto di base risiede nel fatto che l'intera area da bonificare, a fronte di un'unica complessiva problematica ambientale, interessa particelle catastali pubbliche e private, con storie di conferimento non direttamente sovrapponibili.

Per tale ragione le scelte progettuali, che interessano l'intera area (pubblica+privata), sono state sviluppate ponendo particolare riguardo all'ottimizzazione delle forme: "forme" compatte della morfologia finale presentano maggiori vantaggi, sia in fase esecutiva, che di "vita utile" dell'opera, in particolare **la minimizzazione del rapporto superficie/volume è la maggiormente favorevole.**

Vengono di seguito dettagliate le varie motivazioni, di carattere tecnico, economico, ambientale e paesaggistico, che stanno alla base della soluzione adottata, rimandando alla *Relazione tecnica di progetto –R3* lo sviluppo di dettaglio delle specifiche scelte progettuali.

### > **Argomentazioni tecniche**

In particolare, tra le diverse possibili scelte progettuali, è stata privilegiata quella che fosse in grado di:

- evitare scarpate troppo ripide e/o troppo alte,
- ridurre il numero di berme/gradoni intermedi,
- garantire buona accessibilità a tutta la superficie di intervento, sia in fase di cantiere che di manutenzione nel tempo,
- evitare punti critici quali cigli e spigoli, tipicamente soggetti a problematiche localizzate di stabilità e di impermeabilità.

### > **Argomentazioni economiche**

- limitare al massimo le superfici da impermeabilizzare (asportando i rifiuti dalla zona periferica fino dove gli spessori siano limitati  $h < 1,5\text{m}$  ca.): riduzione dei costi del pacchetto impermeabilizzante;
- limitare il numero dei gradoni e relative possibili criticità del pacchetto impermeabile: riduzione dei costi per la realizzazione di piste di cantiere, e conseguente riduzione di eventuali costi di manutenzione/ripristino del pacchetto impermeabile in corrispondenza dei cambi di pendenza;
- evitare superfici troppo movimentate (basso rapporto superficie/volume): minimizzazione complessiva dei costi di intervento;
- garantire buona accessibilità e ottimali condizioni di lavoro per i mezzi d'opera, evitando configurazioni ad elevata complessità realizzativa che potrebbero incrementare i costi finali: minimizzazione complessiva dei costi di intervento;
- preservare la piena fruibilità del servizio sportivo esistente (Campi tennis con struttura recettiva di supporto), mantenendo tale sottoarea ad uso sportivo ad una medesima quota pianeggiante: massima resa dell'intervento per l'amministrazione pubblica, nell'ottica della somministrazione di un servizio pubblico (sportivo) di rilievo.

### > **Argomentazioni ambientali**

- evitare l'asportazione dei rifiuti con spostamento in altro sito esterno evita una significativa serie di problematiche ambientali e sanitarie connesse con le attività di carico/scarico e trasporto su pubblica via, con incremento di traffico e disagi,
- garantire un buon deflusso delle acque piovane, in particolare di quelle di corrivazione dal versante, evitando così infiltrazioni nel corpo rifiuti, ristagni o zone ad elevata umidità,

- creare un buon ammorsamento del pacchetto impermeabile al bedrock a monte e sui lati, tale da confinare definitivamente il corpo rifiuti dall'ambiente esterno,
- realizzare un argine perimetrale di sostegno del nuovo piede del corpo discarica, con funzione di rinforzo e di confinamento laterale del corpo rifiuti.

#### > **Argomentazioni paesaggistiche**

- limitare l'eccessivo innalzamento della sommità della nuova morfologia, ottenendo una maggiore superficie semipianeggiante disponibile ad altri usi,
- evitare forma troncoconica troppo evidente, con vantaggio morfologico e paesaggistico,
- imitare la forma naturale del promontorio, riprofilando la parte sommitale dell'area con una certa baulatura (forma a "schiena d'asino"), tale da raccordarsi alla principale morfologia naturale retrostante.

Considerate le evidenze emerse in fase di studio e il relativo modello concettuale definitivo, si ritiene fondamentale poter **SUDDIVIDERE L'INTERVENTO DI BONIFICA IN PIÙ FASI**, in modo da ridurre nell'immediato, con la realizzazione URGENTE del sistema di captazione delle acque superficiali/sub superficiali in scorrimento da monte e gli interventi di sistemazione del versante nord dell'area in corrispondenza delle venute maggiormente critiche, un'aliquota significativa dei fenomeni di infiltrazione, riducendo in modo sensibile -già nella prima fase- la formazione complessiva di percolati.

Bolzano, Febbraio 2014