Prof. Geologo Giovanni RAGGI
Via Maestà 29 Ameglia La Spezia

INCHIESTA PUBBLICA
sul Progetto
Lavori di messa in sicurezza permanente e realizzazione di nuovo impianto di riqualificazione ambientale in località Saturnia (Comune della Spezia)
I.G. Ingegneria Geotecnica srl Torino
per
ACAM Ambiente SpA

Procedimento V364

OSSERVAZIONI ALLE INDAGINI ED AL PROGETTO

1. Premessa

Le note che seguono hanno lo scopo di offrire le indispensabili basi tecniche di conoscenza sulle condizioni geologiche, idrogeologiche, geotecniche ed ambientali che oggi caratterizzano l'area di Saturnia, in modo da permettere ai Cittadini, qualora non particolarmente esperti nella materia, una più attenta e documentata valutazione in merito agli interventi descritti nel Progetto presentato da ACAM Ambiente.

Dopo una necessaria premessa sullo stato dei luoghi vengono richiamate e quindi commentate le indagini geognostiche eseguite per la progettazione del "*nuovo impianto di riqualificazione ambientale*", in realtà una nuova discarica nello stesso sito già usato per il deposito dei *rifiuti solidi urbani* nella seconda metà degli anni 1980, posto sotto sequestro dalla Pretura Unificata della Spezia a seguito dei danni ambientali provocati.

Infine ritengo doveroso mettere in evidenza le numerose criticità del Progetto, derivanti da una sottovalutazione e/o scarsa conoscenza in quanto alla eventuale presenza di inquinanti nelle matrici ambientali del sito, derivanti dai rifiuti già collocati in discarica, ma anche in merito alle caratteristiche fisico meccaniche ed idrogeologiche del sottosuolo ed alle acque sotterranee, dalle quali possono scaturire nuove condizioni di rischio, già nelle fasi esecutive dei lavori.

2. La struttura geologica ed idrogeologica della zona di Saturnia

L'ossatura dell'area collinare che si affaccia sul Levante del Golfo, da Pitelli al Monte Val di Lochi ed ai Boschetti attraverso il sottosuolo della depressione degli Stagnoni, è formata da strati di quarzite intercalati a sottili livelli filladici. Le quarziti sono composte da granuli di quarzo in cemento siliceo, le filladi derivano dal metamorfismo di sottili letti argillosi. Tale successione di strati ha tratto origine con la diagenesi ed il metamorfismo di carico di antichissimi sedimenti fluviali. Mentre le arenarie quarzitiche hanno assunto una notevole rigidezza e quindi una facile predisposizione alla fratturazione ove sottoposte ad importanti stress tettonici, le filladi sono duttili e pertanto si deformate plasticamente sotto l'effetto degli stessi eventi tensionali. Anche nella valletta in località Saturnia, in destra idrografica del canale di Ruffino, affiorano le quarziti e le filladi di età triassica, riferibili all'antico basamento dei complessi rocciosi calcarei più diffusi nei rilievi che chiudono il Golfo della Spezia dal lato di Ponente.

Le mie conoscenze stratigrafiche e tettoniche dell'area spezzina e del Levante del Golfo risalgono a studi e ricerche di campagna effettuate nel corso degli ultimi 50 anni, data l'importanza

dell'area nel quadro dell'evoluzione tettonica e morfologica di questa parte estrema dell'arco costiero ligure. La mia lunga attività professionale, svolta anche nell'area spezzina ad iniziare dai primi anni 1960, mi ha inoltre permesso l'acquisizione di numerosissimi dati di estremo dettaglio in quanto a caratteri sedimentologici, strutturali, geotecnici ed idrogeologici del complesso roccioso quarzitico-filladico che dal sottosuolo degli Stagnoni raggiunge le colline di Monte Montada, per immergersi nel sottosuolo di Pitelli e quindi affiorare nella parte estrema della Punta Bianca e nel territorio di Ameglia.

Pongo l'accento sulle complessità litologico-strutturali di tale ammasso roccioso, sull'elevato grado di alterazione e di fratturazione delle quarziti, sui fenomeni di alterazione idrotermale delle filladi fino alla loro trasformazione in letti e strati di spessore decimetrico di argilla plastica. Ricordo inoltre la circolazione sotterranea delle acque termominerali all'interno delle quarziti fratturate, la presenza di piccole cavità aperte e tra loro connesse tali da rendere porose e permeabili le bancate di quarzite.

Lungo la costa di Ruffino – San Bartolomeo sono note da tempo immemorabile le manifestazioni superficiali di tale circolazione idrotermale: alcune emergenze sono spontanee e perenni, altre temporanee ove causate dalla risalita in pressione delle acque termominerali attraverso i fori dei sondaggi geognostici o delle perforazioni per il getto dei pali di fondazione.

La circolazione idrotermale nelle rocce quarzitiche è favorita dall'elevato grado di fratturazione degli strati rigidi e quindi dalla permeabilità secondaria dell'ammasso roccioso, in modo preferenziale lungo le superfici di taglio per faglia, ma anche in modo più diffuso e capillare secondo i variegati sistemi di diaclasi. A tale fenomeno di circolazione ipodermica profonda si accompagna ovunque ed in modo diffuso un elevato grado di alterazione idrotermale a carico degli strati filladici e siltosi, la quale si manifesta nelle frequenti intercalazioni e lenti di materiali argillosi plastici, generalmente di colore bianco–giallastro, inclusi in modo irregolare nell'ammasso roccioso, oltre che nella pervasiva diffusione di piccoli vuoti all'interno delle quarziti, in alcuni casi riconoscibile distintamente nelle carote estratte con i sondaggi, ma più di frequente segnalata dalla bassa percentuale di carotaggio.

Tali peculiarità potrebbero apparire come singolari manifestazioni di un processo naturale, comunque insignificanti ai fini pratici, in realtà hanno talora comportato seri problemi nell'esecuzione delle opere umane ove le perforazioni nel terreno hanno favorito la risalita di acque termali con forte pressione.

A testimonianza della permeabilità del complesso roccioso quarzitico, ricordo che sulle scarpata che delimita l'invaso di Saturnia sul lato di N-NE, ancora nei primi anni 2000 erano bene evidenti le infiltrazioni di percolato provenienti dalle sovrastante discarica di Monte Montada.

Segnalo fin d'ora che la profonda infiltrazione nel sottosuolo del percolato che si è formato con la piccola discarica di RSU di Saturnia (seconda metà degli anni 1980), è ben documentata con le tomografie elettriche allegate al Progetto di cui trattasi, come sarà meglio specificato più oltre.

Anche le coperture detritiche, ove formate da frammenti litici in matrice sabbioso limosa, sono caratterizzate da permeabilità primaria di basso – medio grado e pertanto sede di una modesta circolazione freatica alimentata dalle piogge locali e dalle stesse acque termominerali.

In conclusione, il complesso assetto strutturale delle bancate quarzitiche, variamente deformate da pieghe ed intersecate da fratture per faglia, il vario grado di alterazione delle stesse, unitamente alla distribuzione spaziale delle coperture detritiche, si traduce in una notevole disomogeneità del terreno che forma il sottosuolo della vallecola, in quanto a grado di compattezza e di permeabilità.

In tali condizioni è necessaria una dettagliata modellazione geologica e geotecnica del sottosuolo come richiesto dalle norme delle NTC 2008, mentre la documentazione tecnica di Progetto è carente in merito a questi aspetti.

3. La Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica preliminare di Progetto

Vengono richiamate le indagini eseguite nel **2014** consistenti in quattro sondaggi geognostici ed in alcuni pozzetti esplorativi, sostanzialmente rivolti alla caratterizzazione ambientale del sito.

La **campagna di indagini del febbraio 2015** consiste in 6 sondaggi, quattro dei quali sostanzialmente definiti a verificare la fattibilità della nuova strada di accesso: solo i sondaggi S3 ed S4 sono all'interno dell'invaso, con prove sismiche in foro. Sono state effettuate 10 sezioni sismiche a rifrazione con onde P e 6 tomografie elettriche, molte fuori discarica in quanto sempre finalizzate ad indagare il sedime della futura strada di accesso: solo 5 sezioni sismiche ed 1 tomografia elettrica all'interno dl bacino di Saturnia.

Dall'esame del "fascicolo delle indagini geotecniche e geognostiche" si rileva che nel catino della discarica è presente una copertura detritica di spessore superiore ai 10 metri. Più in dettaglio il sondaggio S4 della campagna 2015, eseguito al piede dell'argine di contenimento attuale, mostra 6 metri di sabbia limosa giallastra, seguita da 4 metri di ceneri, quindi dalla roccia quarzitica ridotta allo stato di breccia di arenaria con "*fenomeni di dissoluzione e successivo riempimento con terre residuali rossastre"*. Fra 17 e 19 metri dal boccapozzo viene rinvenuto uno strato di "*argilla caolinica bianca di origine residuale".*

Questi dati di sottosuolo ottenuti mediante sondaggi confermano quanto sopra da me riferito in merito alla stato di estrema fratturazione dell'ammasso roccioso ed alla profonda alterazione idrotermale delle rocce quarzitiche e filladiche.

Le **Prospezioni sismiche a rifrazione** vengono sommariamente descritte in quanto a metodologia di indagine, vengono allegate alla Relazione le sezioni tomografiche, ma **non viene sprecata neppure una riga di interpretazione e di commento dei risultati ottenuti.**

In realtà la *Sezione Tomografica PS6* condotta lungo l'asse longitudinale della discarica di Saturnia, mostra con estrema chiarezza lo spessore dei rifiuti, i quali si estendono dalla parte sommitale dell'abbancamento, quota 48 m sul livello medio mare, alla quota 14 – 16 metri sul livello medio mare, per lo spessore comunque mai inferiore ai 25 metri. La roccia progressivamente consistente si riconosce nelle velocità Vp superiori ai 2000 m/s alle quote di 5 – 10 metri sul l. m.

La *Sezione Tomografica PS3* evidenzia l'approfondimento del fondo in roccia in corrispondenza dell'asse vallivo e conferma il forte spessore di rifiuti collocati in discarica.

Le **Sezioni geoelettriche** sono state effettuate in numero di 5 nel settore di crinale fra la discarica di Monte Montada e la discarica della Marina, quindi al di fuori del bacino di Saturnia, ma solo la *Sezione geoelettrica Te 6* si sviluppa lungo l'asse maggiore della discarica di Saturnia. Alla relazione in questione **vengono allegate le sezioni elettriche, ma senza alcun commento**, anche in questo caso con solo un accenno alla metodologia delle prove.

In realtà l'esame delle sezioni elettriche a colori mette chiaramente in evidenza i corpi a diversa resistività:

- **i colori in blu scuro (resistività da 0 a 10 ohm/m) sono da riferire senza alcun dubbio ai rifiuti saturi in percolato,**
- i colori sui toni dell'azzurro individuano i rifiuti (RSU – ceneri),
- i colori dal verde, al giallo ed al rosso sono da riferire ai terreni di sottofondo dei rifiuti,
- i colori progressivamente più scuri, dal rosso al marrone esprimono il substrato roccioso.

La *Sezione geoelettrica Te6* mette infatti in evidenza in blu le grandi sacche di rifiuti saturi di percolato fra le quote 30 e 15 metri sul l. m. ed altri sacche minori anche più superficiali.

Il risultato della prospezione geoelettrica mette bene in evidenza la presenza di importanti accumuli di percolato nel sottosuolo del bacino di Saturnia e ciò contraddice i dati acquisiti con le indagini per la caratterizzazione ambientale del sito.

La **Relazione geologica non contiene la modellazione geologica** del sito, come è invece richiesto dalle nome di Legge (NTC 2008), limitandosi ad un *Profilo geologico-idrogeologico* (D02.04) della vecchia discarica di Saturnia, sul quale è riportata la tomografia sismica e gli schemi stratigrafici di alcuni sondaggi, tra i quali, in modo improprio, anche il sondaggio S2Pz, perforato sul lato destro della vallecola.

Per quanto attiene agli aspetti idrogeologici, il profilo citato evidenzia il "*Livello massimo piezometrico della falda nelle quarziti…aprile-novembre 2015..*" e la superficie piezometrica che raccorda il pozzo P16, esterno alla discarica (q. 9,91 metri s.l.m.) con il pozzo S5 Pz (q. 10,94 metri s.l.m.) interno alla discarica. Il gradiente conferma il flusso idrico sotterraneo dalla discarica verso il mare.

4. La relazione geotecnica e di calcolo strutturale di Progetto

I Tecnici facenti parte del gruppo di progettazione, riscontrando delle "…….*discrepanze tra le informazioni geologiche pregresse, confermate prevalentemente dalle indagini geofisiche, nonché dai rilievi geologico strutturali di superficie, e quelle ottenute dalle indagini geologiche della campagna del febbraio 2015…."* proposero "……..*all'ACAM spA di realizzare una ulteriore campagna di indagini integrative per il Progetto Definitivo,da realizzarsi con tecnologie differenti rispetto a quelle eseguite in precedenza……."*

Le ulteriori indagini proposte sono state infatti svolte mediante nuovi sondaggi, seguiti direttamente dai Progettisti, ed eseguiti con carotiere doppio scomponibile TS6, tale da ridurre al minimo l'azione di disturbo delle carote. Nel corso dei sondaggi sono state eseguite prove SPT in avanzamento e prelevati campioni per prove di laboratorio. Sono state quindi eseguite prove ed analisi di vario tipo, ma in conclusione, come si legge a pag. 9 della Relazione Geotecnica, *"…… i risultati di suddette prove non sono stati ritenuti rappresentativi in considerazione dell'elevato grado di disturbo indotto dalle modalità di perforazione".*

Solo a seguito di tali **approfondite indagini i Progettisti giungono alla ovvia conclusione** che (pag.10 Relazione Geotecnica) "……*Nell'insieme l'ammasso risulta frequentemente scompaginato per l'intensa fratturazione che sovente si somma all'alterazione, dando così luogo a strutture caotiche, localmente interpretabili come fasce cataclastiche".*

E' opportuno rimarcare che tali caratteri dell'ammasso roccioso sono facilmente già riconoscibili in affioramento.

A fronte di due campagne di indagini, sicuramente onerose e poste a carico di ACAM, i Progettisti concludono che "…….***la caratterizzazione geotecnica è stata fatta facendo riferimento al metodo GSI,…….stimato sulla base delle indicazioni fornite in letteratura (Hoek e Brown 1998)….",*** in tal modo rinunciando ad utilizzare tutti i dati acquisiti mediante le prove sui campioni di terreno, ritenute forse non soddisfacenti alle loro previsioni, ma in realtà rispecchianti la situazione reale.

Anche la **Relazione geotecnica non contiene la modellazione geotecnica** del sito e, per quanto attiene alle fondazioni dell'argine ed alle problematiche inerenti il sovraccarico dei rifiuti e la presenza di acque sotterranee, anche in pressione, **IL PROGETTO SI BASA SU DATI DI LETTERATURA**.

Prof. Geologo Giovanni RAGGI
Via Maestà 29 Ameglia La Spezia

5. Concludendo

Le indagini geologiche mediante sondaggi, anche ove effettuati con carotiere doppio TS6, confermano le **scadenti caratteristiche geomeccaniche delle rocce che formano il substrato dell'area** nella quale è previsto il nuovo impianto di discarica, derivanti dalla fratturazione tettonica e dall'alterazione subaerea ed idrotermale.

Le quarziti ridotte allo stato di un aggregato di frammenti, talora in matrice terrosa, talora completamente sciolti, hanno una permeabilità dell'ordine di 10^{-5} – 10^{-7} m/s . **Le acque sotterranee si muovono nel sottosuolo con direttrici di flusso verso il mare, transitando sotto la discarica alla profondità di circa 10 metri dalla quota di fondo della stessa**.

Le prospezioni rappresentate nelle Relazioni di progetto con le tomografie elettriche, non descritte ed ancor meno commentate, segnalano con tutta evidenza la presenza di **grosse sacche di percolato nel sottosuolo dell'invaso di Saturnia.**

Le **indagini di caratterizzazione 2014** si sono limitate ad alcuni sondaggi al di fuori dell'invaso: il Sondaggio **S1** sul crinale che delimita ad Est l'area di Saturnia, i sondaggi **S2** ed **S3** rispettivamente sul fianco destro e sinistro delle vallecola di Saturnia. L'area dell'invaso è stata esplorata solo mediante pozzetti geognostici, limitati a 3 metri di profondità.

Non è stato indagato il sottosuolo al disotto dell'area occupata dai rifiuti.

Il muro di sostegno progettato al piede dell'argine di contenimento prevede una fondazione indiretta mediante mediopali del diametro 350 mm e lunghezza 10 m, ancorato con tiranti della lunghezza di 30 m. La sezione del sottosuolo nell'area di imposta del muro permette di rilevare che **i pali non raggiungeranno un substrato valido**, restando sospesi all'interno delle ceneri addossate al rilevato arginale della discarica anni 1980 ed i detriti limosi di copertura immediatamente sottostanti alle ceneri stesse.

Anche la fondazione dei tiranti non raggiungerà un substrato valido a garantirne il buon ancoraggio.

Con l'asportazione del terreno per la preparazione del nuovo invaso e la rimozione dei rifiuti, come previsto nelle fasi 1 e 2 di esecuzione dei lavori, potranno essere raggiunte le sacche di percolato individuate con la tomografia elettrica.

In tale prospettiva ritengo quantomeno opportune più approfondite indagini tali da definire la reale distribuzione spaziale delle rocce, delle terre, delle acque, del percolato e dei rifiuti nel bacino di Saturnia. Con tali indispensabili conoscenze potrà essere più precisamente definita la caratterizzazione ambientale del sito, solo di seguito la sua eventuale utilizzazione per una nuova discarica.

Lo scrivente manifesta altresì la propria intenzione a partecipare al prossimo incontro dell'Inchiesta Pubblica per meglio dettagliare quanto sopra esposto anche con grafici illustrativi.

Ameglia (La Spezia) 8 marzo 2016

Prof. Geologo Giovanni Raggi

