

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DELL'INSUBRIA  
DIPARTIMENTO DI SCIENZE CHIMICHE E AMBIENTALI  
SEDE DI COMO



## LA RICERCA GEOSITOLOGICA NEL BACINO DE LA FILIPPA (CAIRO MONTENOTTE, SAVONA)



Como, febbraio 2010

## **INTRODUZIONE:**

L'Università degli Studi dell'Insubria, su incarico della Società Ligure Piemontese Laterizi S.p.a., ha svolto una serie di studi volti alla caratterizzazione geositologica per una discarica di rifiuti non pericolosi collocata nel bacino del Rio Filippa (Comune di Cairo Montenotte – SV).

La scelta fatta da LPL è quella di inserire la realizzazione dell'impianto in un contesto di gestione integrata del territorio che tenga conto dei processi morfogenetici in atto o potenziali in una vasta area, e consenta quindi di utilizzare i criteri più avanzati dello stato dell'arte in questo settore, ovvero metodologie e tecniche innovative di salvaguardia e promozione della qualità ambientale.

Si è quindi proceduto ad una caratterizzazione multidisciplinare e di dettaglio dell'intero bacino idrografico, nell'ottica di definire un modello evolutivo del paesaggio nell'Olocene e di quantificare il ruolo giocato dai diversi processi morfogenetici in atto.

L'area di indagine, proprio per la natura dei terreni affioranti (marne), è stata oggetto di attività estrattiva per la produzione di laterizi, che si è protratta per varie decine di anni. La zona ha quindi già subito in passato importanti modificazioni antropiche, che ne hanno inevitabilmente modificato il paesaggio.

Il sito "La Filippa" si trova nel settore a Nord-Ovest del Comune di Cairo Montenotte (SV), in una zona collinare a vocazione agricola; a valle dell'area della discarica è collocato lo stabilimento di produzione dei laterizi. Le aree urbane più prossime distano circa 1,5 km dall'impianto.

La realizzazione della discarica va quindi ad inserirsi all'interno di un contesto non più naturale, ma pesantemente modificato dalla mano dell'uomo. Inoltre, l'esaurimento delle attività estrattive comporta la chiusura e la sistemazione della cava.

L'obiettivo finale è quello di riportare l'area alle morfologie originarie, riempiendo la depressione creata dalla cava con rifiuti inerti e non pericolosi; come risultato, si avrà anche una riqualificazione e una valorizzazione del sito.

## **FASI DI LAVORO:**

Le attività condotte dal Gruppo di ricerca dell'Università dell'Insubria sono state impostate in due fasi di studio sulla base degli approfondimenti conoscitivi e di integrazione della caratterizzazione dell'ambiente fisico secondo le osservazioni formulate dagli Enti tecnici di controllo (APAT, ARPAL).

È stato così possibile ottenere un quadro conoscitivo dettagliato dell'area, basato su un'indagine geositologica integrata, comprendente vari approcci scientifico-metodologici in settori quali geologia, geomorfologia, tettonica, pluviometria, idrogeologia e idrologia.

[APPROFONDIMENTO \(1\)](#)

## **STORIA GEOLOGICA DELL'AREA:**

Il contesto geologico ed evolutivo di riferimento per il bacino del Rio Filippa, affluente del Fiume Bormida di Millesimo, è quello del Bacino Terziario Piemontese (BTP), che comprende il Piemonte meridionale e il settore settentrionale delle Alpi Liguri. L'areale del Rio Filippa si colloca al margine meridionale del BTP.

Il Bacino Terziario Piemontese è un bacino marino che era presente nella zona compresa tra le Alpi Liguri e la Pianura Padana circa 20 – 25 milioni di anni fa; nel corso del tempo, sul fondo di questo bacino, si sono depositate potenti formazioni rocciose a prevalente composizione marnosa (sedimenti a granulometria fine composti dal 50% di argille e materiale terrigeno e il 50% di materiale carbonatico).

Nel Quaternario, l'intensità dei fenomeni di subduzione dell'avanfossa Padana sotto la placca Adriatica, e l'interazione con il sollevamento del versante mediterraneo delle Alpi Liguri, determinarono l'attuale profilo asimmetrico della catena, con un versante più ripido (quello ligure – mediterraneo) ed uno a pendenze minori (quello piemontese – padano). L'impatto dei processi tettonici sulla morfogenesi del settore al confine settentrionale dell'Appennino Ligure generò anche una diversione regionale del reticolo idrografico: nel Sud del Piemonte è infatti possibile riconoscere una rete di paleoalvei orientata NW-SE, mentre attualmente la direzione delle principali aste fluviali è SW-NE.

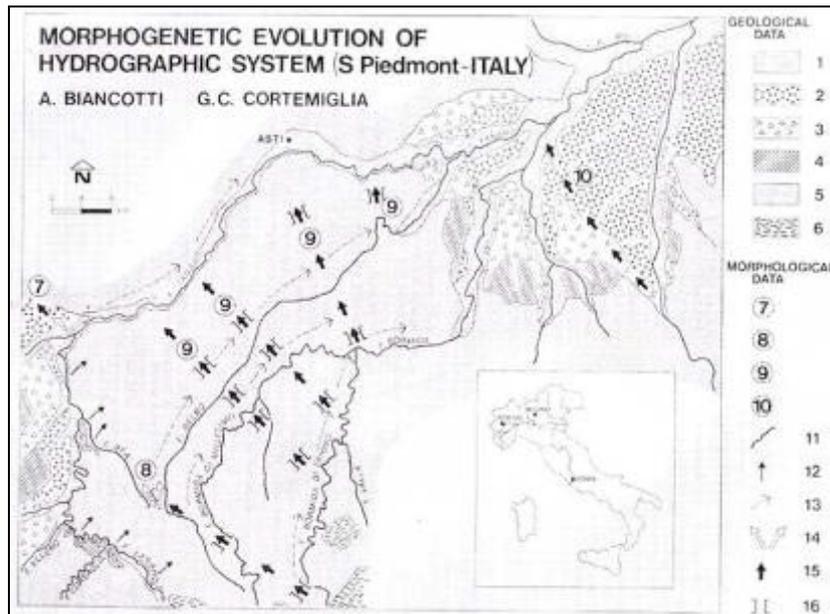


Figura 1: Evoluzione morfogenetica del sistema idrografico del Sud del Piemonte (da Biancotti e Cortemiglia, 1982).

Il reticolo idrografico presenta pertanto caratteri giovanili, ed è ancora in una fase evolutiva: ad esempio, sono presenti erosioni regressive, visibili soprattutto lungo le testate dei bacini più piccoli, che in alcuni casi sono calanchiformi o privi di testata.

[APPROFONDIMENTO GEOLOGICO \(2\)](#)

**RISULTATI:**

Il bacino del Rio Filippa presenta vari fattori che rendono l'ambiente fisico potenzialmente vulnerabile; il verificarsi di eventi naturali rilevanti (ancorché remoti) potrebbe quindi comportare effetti sull'ambiente, e di conseguenza anche sugli impianti industriali e antropici in genere.

Nell'ambito territoriale in esame, i fattori che possono presentare criticità sono:

- Stabilità dei versanti;
- Mobilizzazione di volumi solidi all'interno del bacino;
- Precipitazioni intense e parametri idrologici del Rio Filippa;
- Vulnerabilità delle falde idriche.

Le indagini condotte hanno permesso di raccogliere informazioni dettagliate su vari aspetti ambientali, utili per valutare i processi naturali in atto o potenziali e per identificare le sorgenti, i meccanismi di sviluppo e gli obiettivi più sensibili, nell'ottica di prevenire il verificarsi di situazioni problematiche e, ove ciò non fosse possibile, di minimizzarne gli effetti.

In particolare, sono stati analizzati i seguenti aspetti:

• **Clima e precipitazioni:**

Sono state prese in considerazione le serie di precipitazioni e temperature di varie stazioni per un periodo di oltre 50 anni. È stato verificato che esiste una correlazione tra quantità di precipitazioni e quota altimetrica e si è stimata la massima precipitazione attendibile nella zona.

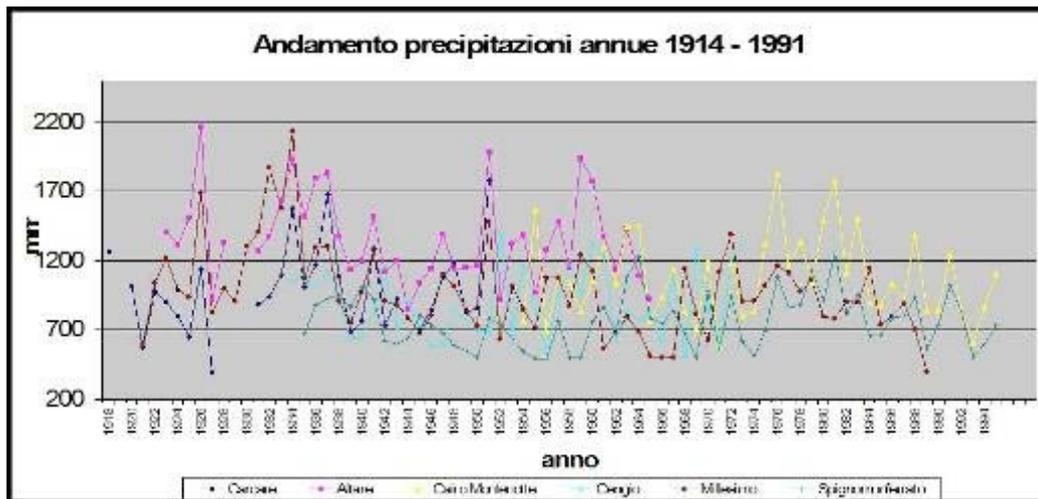


Figura 2 : Andamento delle precipitazioni annue in varie stazioni liguri nel periodo 1914 – 1991.

### APPROFONDIMENTO (3)

- **Geologia e geomorfologia:**

Il substrato roccioso nella zona in esame è costituito da 3 Formazioni, di età Oligocene superiore – Miocene: la F.ne di Molare, la F.ne di Rocchetta e la F.ne di Monesiglio; la discarica “La Filippa” è collocata nella zona di affioramento della Formazione di Rocchetta, costituita da alternanze di sabbie e marne e così descritta (Progetto CARG, Nuovo foglio geologico “Cairo Montenotte”):

Sabbia gialla o rossastra in banchi da 50 cm a 4 m, con grossi noduli arenacei, conglomerato poligenico spesso con resti di Lamellibranchi ed arenaria grigia in strati da 10 a 30 cm con sottili rare intercalazioni marnose, costituenti nel loro assieme livelli fino a 60-80 m di spessore; marna grigia, localmente alternata ad arenaria in strati fino a 20 cm con strutture da correnti interne e basali, il tutto in livelli fino a 100 m di potenza. Sono frequenti resti di Foraminiferi.

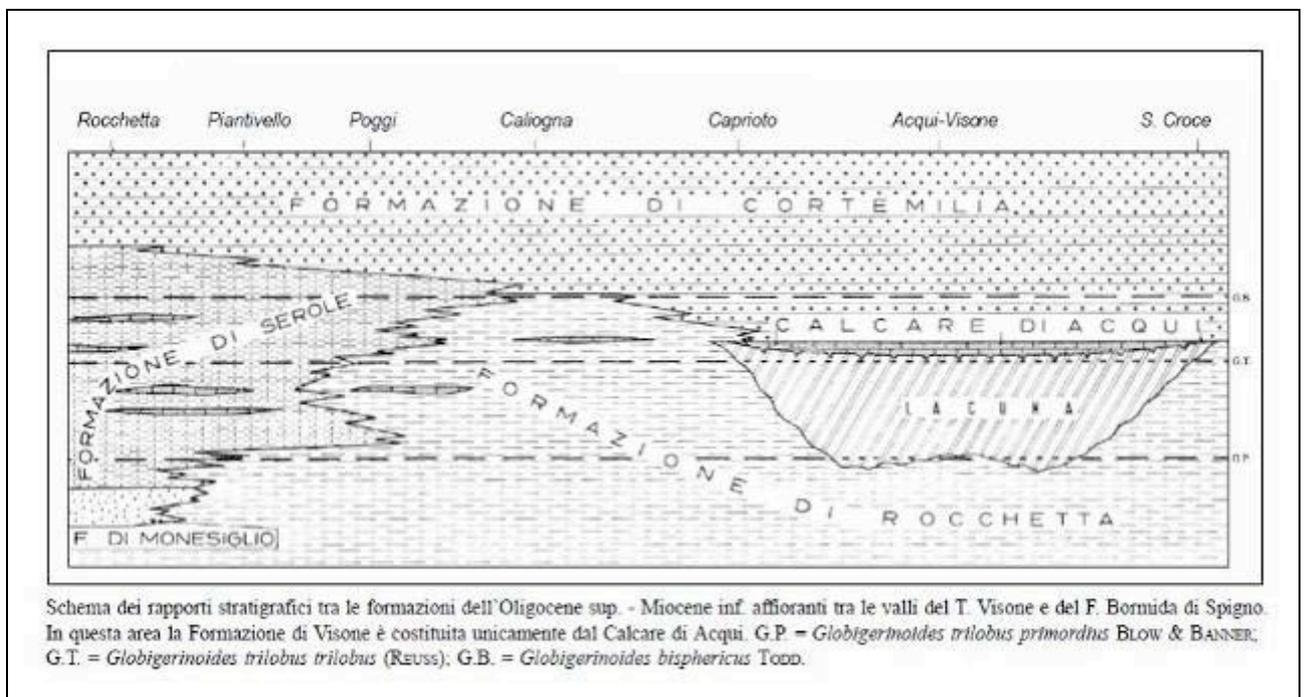


Figura 3 : Schema stratigrafico delle Formazioni del Bacino Terziario Piemontese (Quaderni SGI, 2002).

### APPROFONDIMENTO (4)

- **Circolazione idrica sotterranea:**

Il monitoraggio dei piezometri (strumenti che permettono di valutare l'altezza della falda nel sottosuolo) ha mostrato che, al di sotto dell'orizzonte alterato, in condizioni integre e in assenza di zone di fratturazione, la permeabilità dell'ammasso roccioso è estremamente ridotta, tale da poter classificare ai fini applicativi la formazione geologica in cui è impostato l'impianto come roccia del tutto impermeabile.

[APPROFONDIMENTO \(5\)](#)

- **Indagini geognostiche:**

I sondaggi sono stati condotti nel settore superiore del Rio Filippa, sul versante sovrastante l'impianto e nella struttura del conoide. Il piano di indagine ha comportato:

- Esecuzione di 10 sondaggi a carotaggio continuo per un totale di 243 metri di stratigrafie;
- Esecuzione di 2 sondaggi a distruzione di nucleo per l'installazione di strumentazione, per una profondità totale di 21 metri;
- Installazione di 4 piezometri a tubo aperto con diametro di 4", per una lunghezza totale di 100 metri;
- Installazione di 5 piezometri a tubo aperto con diametro di 2", per una lunghezza totale di 80,5 metri;
- Esecuzione di 11 prove penetrometriche dinamiche (SPT) in foro;
- Esecuzione di 12 prove di permeabilità in foro del tipo Lefranc.



**Figura 4 : Cassette catalogatrici di uno dei sondaggi; ogni cassetta contiene 5 carote di 1 metro di lunghezza.**



Figura 5 : Fasi di perforazione e installazione dei piezometri.

#### [APPROFONDIMENTO \(6\)](#)

- **Analisi di stabilità dei versanti:**

Il rilievo ad alto dettaglio, l'esame degli affioramenti e le indagini geognostiche condotte hanno permesso di individuare dei volumi di terreno potenzialmente in grado di mobilizzarsi; la pericolosità di questi depositi è connessa alla possibilità del loro distacco in concomitanza di intensi eventi meteorici, con la conseguente formazione di colate ad alta energia e ad elevata concentrazione di materiale detritico (*debris flow*).

Si è provveduto a posizionare una rete di capisaldi per il monitoraggio geodetico e due tubi inclinometrici per il monitoraggio delle deformazioni di versante.

La modellizzazione dei fenomeni di *debris flow* è stata condotta dai ricercatori del Politecnico di Milano (Prof. R. Rosso, D.ssa M. C. Rulli) applicando il programma Seneca – Augusto.

#### [APPROFONDIMENTO \(7\)](#)

## CONCLUSIONI:

La definizione di un quadro conoscitivo migliorato, con dati sia qualitativamente che quantitativamente dettagliati, permette di valutare la compatibilità dell'impianto con le dinamiche evolutive del territorio ospite. Gli elementi acquisiti nelle fasi di caratterizzazione permettono di definire i processi morfogenetici come fenomeni prettamente puntuali, che lo stato di sviluppo ingegneristico e tecnologico consentono di controllare con strumenti di gestione ordinari (quali la regimazione idraulica del Rio Filippa, la manutenzione del bosco e la costruzione di un bacino per il contenimento dei fenomeni di sovralluvionamento).

In sintesi, le indagini svolte permettono di affermare che:

- La permeabilità della Formazione di Rocchetta è estremamente ridotta, tale da poter classificare ai fini applicativi la roccia come pressoché impermeabile.
- Le caratteristiche idrogeologiche del sito e gli accorgimenti ingegneristici dell'impianto impediscono la contaminazione dei circuiti idrici superficiali e nei depositi colluviali, poiché non esiste alcun collegamento idraulico tra vasca di stoccaggio dei rifiuti e substrato.
- Dal momento che l'impianto "La Filippa" è collocato all'esterno del limite deposizionale del conoide individuato nel corso dei rilevamenti in campo, si può dedurre che eventuali *debris flow* non costituiscono un rischio per l'impianto stesso.

A scopo cautelativo, nell'ottica del principio di precauzione, sono comunque state adottate le seguenti misure:

- Costruzione di un impianto di drenaggio della vasca di stoccaggio;
- Rinforzo e innalzamento degli argini del Rio Filippa;
- Creazione di un bacino di accumulo controllato dei sedimenti, costituito da due vasche e da adeguate opere idrauliche trasversali di invito e restituzione del materiale;
- Tutte le simulazioni sono state condotte nel peggiore scenario ipotizzabile, vale a dire con una mobilitazione contemporanea di tutti i depositi, un livello piezometrico massimo, parametri geomeccanici peggiori rispetto a quelli riscontrati in realtà e in concomitanza di un evento sismico del massimo grado attendibile.

Lo studio presentato, oltre ai fini applicativi, commissionati da LPL, vuole proporsi come modello di gestione per casi di caratterizzazione geositologica, non solo per l'installazione di impianti a rischio, ma anche per un adeguato recupero dell'area nella fase post-esercizio dell'impianto.

## APPROFONDIMENTI:

### 1. FASI DI STUDIO:

La prima fase di studio, volta alla caratterizzazione ambientale su scala regionale, ha compreso:

- Raccolta sistematica del materiale disponibile nella bibliografia scientifica degli ultimi 50 anni, per contestualizzare dal punto di vista geologico l'areale della discarica sia a scala locale che all'interno delle unità tettoniche che costituiscono le Alpi Liguri;
- Analisi della cartografia disponibile;
- Caratterizzazione climatica e delle precipitazioni dell'area in esame, anche attraverso l'installazione all'interno dell'impianto di una stazione meteorologica;
- Rilevamento geologico, geomorfologico ed idrogeologico in campo;
- Studio delle foto aeree dell'areale di interesse;
- Rilievo cartografico del territorio con carta CTR 1:5000;
- Rilievo puntuale *ex-novo* del bacino del Rio Filippa in scala 1:1000, preceduto dalla pulizia delle aste torrentizie e dalla rimozione della copertura vegetale e detritica grossolana;
- Rilevamento idrogeologico puntuale in campo di sorgenti, affioramenti idrici, corsi d'acqua e impluvi;
- Installazione e misurazione sistematica di 8 piezometri, impostati sull'orizzonte acquifero principale;
- Individuazione in via preliminare dei depositi potenzialmente soggetti a fenomeni gravitativi.

La seconda fase, di approfondimento delle indagini, ha compreso:

- Una campagna di indagini geognostiche condotta sull'intero bacino con sondaggi a carotaggio continuo, per un totale di 12 nuovi sondaggi;
- Carotaggi geofisici, usati per la ricostruzione dell'assetto del sottosuolo e per implementare i dati geognostici;
- Installazione di ulteriori strumenti di monitoraggio (9 piezometri e 2 tubi inclinometrici);
- Installazione di una rete di capisaldi sul versante e sul conoide del Rio Filippa, per il monitoraggio degli eventuali movimenti della superficie topografica;
- Realizzazione di sezioni di misura topografiche lungo l'asta torrentizia del Rio Filippa per monitorare fenomeni di trasporto detritico e individuare deformazioni gravitative di versante;
- Validazione del modello idrogeologico di riferimento, in base ai risultati della prima fase di indagine e alle misure di monitoraggio;
- Valutazione globale della stabilità dell'intero versante mediante verifiche di stabilità;
- Modellizzazione dei possibili fenomeni di trasporto solido in massa, definendo le condizioni di movimento, i volumi e gli areali coinvolti;
- Definizione di un programma di rilievi e misure sistematiche sulla rete strumentale installata (capisaldi, piezometri e inclinometri).

[Torna su](#)

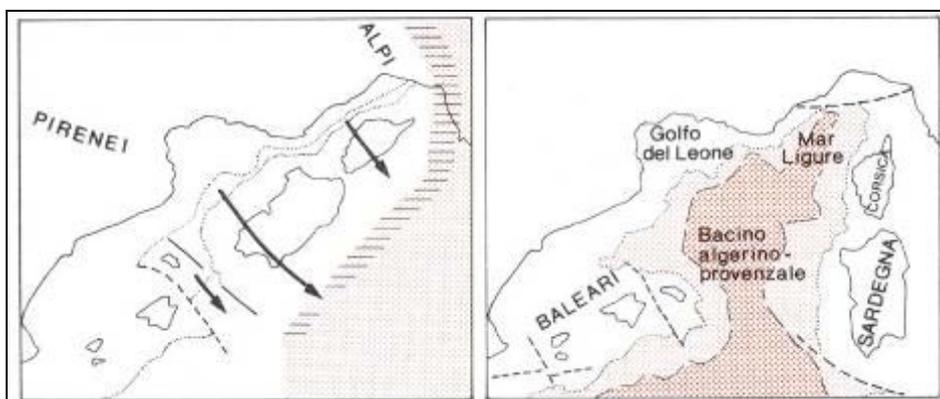
## 2. APPROFONDIMENTO GEOLOGICO

Le rocce attualmente affioranti nella zona della discarica sono marne (rocce sedimentarie terrigene deposte in ambiente marino e costituite da alternanze di argille e carbonati) attribuibili alla serie di Formazioni del Bacino Terziario Piemontese. Il periodo di deposizione è al passaggio tra Oligocene e Miocene, intorno a 20-25 milioni di anni fa.

La storia evolutiva di queste rocce affonda però le radici in tempi molto più remoti, in particolare nel Paleozoico (oltre 250 Ma), con la presenza dell'Oceano Ligure - Piemontese e nel Mesozoico (tra 65 e 250 Ma), con l'apertura del Mar Ligure.

L'Oceano Ligure - Piemontese raggiunse la sua massima espansione nel Giurassico, circa 150 Ma; in seguito, iniziò una fase di compressione che portò alla chiusura del bacino e alla conseguente collisione tra due paleocontinenti, che avvenne tra 90 e 40 Ma: questo processo è stato l'inizio della formazione delle Alpi. L'avvicinamento e la collisione delle placche europea e africana generarono importanti fenomeni tettonici, che modificarono completamente l'assetto strutturale precedente: alcune unità andarono incontro ad un processo di subduzione, cioè vennero portate a grandi profondità nella crosta terrestre, altre vennero innalzate e impilate le une sulle altre.

La chiusura dell'Oceano Ligure - Piemontese portò alla formazione del golfo Padano a Nord della paleocatena ligure alpina; nello stesso periodo, ci fu un nuovo importante evento: l'apertura del Mar Ligure, (cioè lo sviluppo di un nuovo bacino oceanico interno al Mar Mediterraneo) e la conseguente rotazione della microplacca sardo-corsa.



**Figura 6 : Apertura del Mar Ligure e rotazione del blocco sardo - corso. A sinistra: Oligocene, a destra fine Miocene. (Da Vanossi, 1994, Guide Geologiche Regionali, Alpi Liguri)**

Le Formazioni del Bacino Terziario Piemontese sono composte dai sedimenti che si sono depositati all'interno del un bacino marino compreso tra l'ambiente continentale della catena alpina in crescita e il mare Padano. In generale, tutte le Formazioni del BTP sono riconducibili a marne, arenarie e conglomerati; tuttavia, le diverse caratteristiche dell'ambiente di sedimentazione hanno portato alla deposizione di vari tipi di *facies*, con varianti deltizie o torbiditiche.

[Torna su](#)

### **3. INQUADRAMENTO CLIMATICO E ANALISI PLUVIOMETRICA:**

Lo studio qualitativo e quantitativo delle precipitazioni a partire dal secondo dopoguerra ha comportato l'analisi delle serie pluviometriche di 10 stazioni ubicate entro un raggio di circa 20 km dall'area in esame; i dati sono stati raccolti dagli Annali Idrologici, dal Servizio Idrografico Nazionale e dall'ARPAL (Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente, Liguria).

Il quadro climatico ottenuto, comprendente anche i valori di temperatura, permette di evidenziare l'andamento stagionale delle piogge e il rapporto diretto che intercorre tra quota altimetrica e piovosità. Sono stati tenuti in particolare considerazione anche gli eventi di rilevanza storica per la loro intensità: l'analisi delle piogge cumulate giornaliere da 1 a 5 giorni, delle piogge consecutive con durata da 1 a 24 ore e delle piogge intense di breve durata ha permesso di identificare quale possa essere la precipitazione massima attendibile nell'area.

[Torna su](#)

#### 4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO:

Il rilevamento geologico in campo dell'areale del bacino del Rio Filippa ha portato alla realizzazione di varie relazioni e carte geologiche e geomorfologiche di dettaglio:

- Relazione sullo Svolgimento delle Attività di Prima Fase del Piano di studi e indagini geologiche integrative.
- Tavola "A" - Ubicazione indagini geognostiche, monitoraggio piezometrico e rete di controllo topografico nel bacino del Rio Filippa. Scala 1:1.000.
- Tavola "B" - Carta geologica dell'area di progetto relativa all'impianto. Scala 1:1.000.
- Tavola "C" - Schema geomorfologico del bacino del Rio Filippa. Scala 1:5.000.
- Tavola "D" - Carta delle coperture detritiche di spessore significativo e dei processi geomorfologici in atto. Scala 1:3.000.
- Tavola "E" - Carta geologica del bacino del Rio Filippa e profilo geologico. Scala 1:5.000.
- Tavola "F" - Sezioni geologiche e profili longitudinali dei torrenti. Scala 1:1.000.
- Tavola "G" - Sezioni topografiche di controllo nel bacino del Rio Filippa. Primo rilievo, Scala 1:1.000 / 1:200.
- Tavola "H" - Carta e profilo idrogeologico del bacino del Rio Filippa. Scala 1:25.000 / 1:2.500 / 1:1000.

Il substrato sottostante l'impianto della discarica "La Filippa" è costituito dalla Formazione di Rocchetta; l'assetto giaciturale delle rocce genera una tipica morfologia a *cuestas*, con rilievi asimmetrici: da un lato, dove le rocce immergono a reggipoggio, i versanti sono molto acclivi ed evolvono per arretramento parallelo; ; dall'altro lato, con rocce a franapoggio, i versanti sono molto più dolci e si verificano principalmente scivolamenti planari.

Il bacino del Rio Filippa è caratterizzato da fenomeni di erosione regressiva: alcuni tratti, soprattutto in corrispondenza della porzione più marnosa della Formazione di Rocchetta, presentano versanti calanchiformi, profonde incisioni a V e azione erosiva delle acque di ruscellamento superficiale; i crolli per scalzamento al piede, collocati nei pressi del limite della testata del bacino, sono invece in corrispondenza del substrato a maggiore componente arenacea.

[Torna su](#)

## 5. ANALISI DELLA CIRCOLAZIONE IDRICA SOTTERRANEA:

La definizione delle sequenze litologiche, integrata alla ricostruzione della circolazione idrica sotterranea, riveste grande importanza per elaborare il Modello Idrogeologico di Riferimento (MIR) dell'area.

A scala regionale, sono state riconosciute tre serie idrogeologiche relative al substrato e una delle coperture quaternarie:

- **Serie del basamento alpino:** permeabilità secondaria per fessurazione, con valori relativi bassissimi, leggermente più elevati in corrispondenza delle aree di disturbo tettonico;
- **Serie triassica:** complesso calcareo – dolomitico, con permeabilità secondaria da fessurazione e con diffusi fenomeni di carsismo; valori relativi da medio a alti, soprattutto in presenza di morfologie carsiche intercettate da sistemi di fratture;
- **Serie oligo - miocenica:** all'interno di questa serie si distinguono tre complessi:
  - **Formazione di Molare**, con permeabilità primaria per porosità, localmente raccoglie acquiferi limitati; valori relativi medio-bassi;
  - **Formazione di Rocchetta**, con permeabilità secondaria da attribuire agli effetti del sollevamento tettonico. Gli orizzonti affioranti sono spesso frantumati in scaglie o sottili lamine a causa della scarsa resistenza meccanica e dell'esposizione agli agenti esogeni; in questo caso, la permeabilità, limitatamente agli orizzonti superficiali alterati, è molto alta. In profondità, la natura limoso – sabbiosa dei sedimenti definisce una permeabilità pressoché nulla. Le stratigrafie argilloso – marnose costituiscono il supporto di base su cui poggiano i circuiti idrici delle coperture, condizionati dai rapporti geometrici e giaciture tra substrato e coperture;
  - **Formazione di Monesioglio:** permeabilità per fessurazione, bassa o medio-bassa; la presenza di orizzonti arenacei, più fragili e fratturati, individua limitati corpi idrici.
- **Serie quaternaria:** si possono distinguere tre complessi:
  - **di conoide**, collocato lungo il tratto di sbocco vallivo del Rio Filippa; lo spessore massimo è di circa 15 m nel settore centrale, mentre nel tratto superiore non si superano i 2-4 m. La granulometria, che determina una permeabilità primaria per porosità e la giacitura, che segue l'andamento basale, favoriscono l'infiltrazione di rilevanti quantità di acqua all'interno del corpo del conoide, ma anche un rapido deflusso;
  - **torrentizio**, con permeabilità primaria per porosità da media a medio-bassa; questi depositi sono sede di falde libere superficiali in connessione idraulica con gli alvei;
  - **detritico – colluviale**, con permeabilità variabile e presenza di circuiti idrici epidermici di natura effimera.

L'analisi della circolazione idrica sotterranea sul versante si è svolta con la misurazione regolare dei livelli piezometrici e delle portate dei corsi d'acqua, integrata al monitoraggio delle precipitazioni con l'ausilio della stazione meteo installata presso l'impianto.

Particolare attenzione è stata posta nell'analisi delle coperture recenti, per individuare i depositi in grado di ospitare una circolazione sotterranea che, per quanto di limitate dimensioni, richiede un'indagine accurata per la tipologia di impianto da installare.

I rilevamenti condotti sulla rete piezometrica hanno consentito di accertare le modalità di variazione della circolazione idrica sotterranea e la risposta ad apporti meteorici anche significativi.

Ne è emerso un assetto prevalentemente stagionale ed effimero della circolazione, limitata alle coperture incoerenti, estremamente ridotta e direttamente dipendente dall'andamento stagionale delle precipitazioni, che di fatto si esprime in modesti circuiti a carattere locale e puntiforme.

A livello del substrato i rilievi e le indagini geognostiche hanno mostrato un assetto delle marne immergente a reggipoggio e inclinato verso NO, che impedisce l'afflusso di rilevanti volumi idrici dal rilievo sovrastante. Le misure nei piezometri evidenziano che lo spessore dei terreni sede di circolazione è limitato (nell'ordine di 2-3 m).

Il substrato dell'area dell'impianto "La Filippa" è interamente costituito dalla *litofacies* 1 della Formazione di Rocchetta, con uno spessore stimato superiore al centinaio di metri. Dai dati piezometrici emerge che, al di sotto dell'orizzonte alterato, in condizioni integre e in assenza di zone di fratturazione, la permeabilità dell'ammasso roccioso è estremamente ridotta, tale da poter classificare ai fini applicativi la roccia come pressoché impermeabile: infatti, i piezometri impostati nel substrato, una volta svuotati sono sempre rimasti privi di alimentazione significativa.

Lo spessore superiore al centinaio di metri consente di affermare che nei terreni di imposta dell'impianto e nel suo substrato profondo non sussiste una circolazione idrica significativa.

Tuttavia alla Filippa è stata realizzata un'ulteriore barriera artificiale utilizzando, oltre a specifici materiali d'ingegneria (quali geomembrane e geocompositi) anche una particolare miscela di argilla che garantisce una impermeabilità fino a 10 volte superiore al valore fissato dalla normativa.

Sono stati inoltre realizzati un sistema di drenaggio e un impianto automatico di estrazione che garantiscono l'allontanamento e lo scarico in fognatura del percolato appena si deposita sul fondo impermeabile della vasca.

Per quanto riguarda la vulnerabilità delle falde idriche, va quindi sottolineato che:

- La vasca di stoccaggio è completamente isolata dal substrato;
- Il substrato marnoso, sulla base dei dati disponibili, è completamente impermeabile per le sue caratteristiche fisiche e meccaniche;
- Non esiste alcun collegamento tra i circuiti idrici superficiali insiti nei depositi colluviali ed i sistemi di drenaggio dell'impianto, sia della vasca di stoccaggio che delle infrastrutture adiacenti.

Si può quindi affermare che le caratteristiche idrogeologiche del sito e gli accorgimenti ingegneristici dell'impianto impediscono la contaminazione dei circuiti idrici superficiali e nei depositi colluviali.

[Torna su](#)

## **6. INDAGINI GEOGNOSTICHE:**

Le prove condotte hanno permesso di definire le caratteristiche fisiche e meccaniche dei corpi individuati, sia per quanto riguarda i parametri geotecnici che il comportamento nei confronti della circolazione idrica.

A partire da questi dati, sono state impostate le verifiche di stabilità dei versanti e la modellizzazione dei fenomeni di trasporto solido in massa.

All'interno dei fori di sondaggio, è stata posizionata la strumentazione piezometrica e inclinometrica, per monitorare i livelli di falda e le deformazioni del versante.

Le indagini hanno definito i volumi potenzialmente dissestabili, evidenziando come ordinari interventi ingegneristici possano consentire la corretta gestione ed il monitoraggio continuo della loro evoluzione.

[Torna su](#)

## 7. ANALISI DI STABILITA' DEI VERSANTI:

Attraverso il rilevamento in campo, è stata riconosciuta una paleosuperficie ubicata appena a monte della testata del Rio Filippa; al margine di questo elemento morfologico si impostano fenomeni franosi che coinvolgono l'intero versante (Figure 9 – 10). Per monitorare costantemente le deformazioni gravitative, sono stati posizionati due tubi inclinometrici ed è stata impostata una rete di capisaldi, poiché si è ritenuto necessario monitorare il versante molto acclive che degrada verso la testata del Rio Filippa. Infatti, in questo settore l'eventuale rimobilizzazione dei depositi comporterebbe un fenomeno di trasporto solido lungo l'impluvio.

Il monitoraggio inclinometrico e geodetico condotto finora indica che il bacino de "La Filippa" non ha riscontrato problematiche significative dal punto di vista della stabilità dei versanti.



**Figura 7 : Foto di una parte della paleosuperficie limitata a monte da una scarpata con andamento parallelo al crinale spartiacque locale. Nel suo ambito si collocano i ripidi tratti iniziali delle aste tributarie del Rio Filippa. È visibile anche una nicchia di distacco di piccole frane di crollo e una frana di scivolamento.**



**Figura 8 : Foto dell'area situata a monte della testata del Rio Filippa; è visibile l'area di distacco di una piccola frana di crollo.**

Nel corso delle indagini, è stato individuato anche un deposito di conoide presumibilmente tardo-pleistocenico, alla quota di 450 m s.l.m., che può essere considerato come l'accumulo, in tempi successivi, di una serie di eventi di mobilitazione di volumi solidi lungo l'alveo del Rio Filippa; questo ritrovamento ha confermato che i processi di *debris flow* sono propri della zona in esame, evidenziando la possibilità che una simile dinamica possa riproporsi in futuro. E' stato pertanto necessario svolgere indagini integrative per caratterizzare tali fenomenologie di trasporto in massa.

I carotaggi hanno permesso di riferire i depositi a più eventi successivi occorsi negli ultimi 20000 anni, ma allo stesso tempo hanno dimostrato che tutti i volumi di detrito non hanno subito ulteriori rimobilizzazioni. In primo luogo, sono stati individuati sul campo tutti i volumi potenzialmente disponibili per alimentare una colata rapida, per poi definire uno scenario in cui, operando in via cautelativa, si è ipotizzata una mobilitazione contemporanea di tutti i depositi, un livello piezometrico massimo e parametri geomeccanici peggiori rispetto a quelli riscontrati in realtà; inoltre, la simulazione è stata svolta in condizioni estreme, in concomitanza di un evento sismico del massimo grado ragionevolmente attendibile; si ricorda che, nell'attuale catalogo sismico nazionale, il Comune di Cairo Montenotte è in classe 4, cioè quella con pericolosità sismica più bassa.

La modellizzazione dei fenomeni di *debris flow* è stata condotta dal Prof. R. Rosso e dalla D.ssa M. C. Rulli del Politecnico di Milano applicando il programma Seneca - Augusto; i risultati dello scenario ipotizzato coincidono con la distribuzione dei sedimenti di conoide alluvionale come effettivamente cartografata sul terreno.

Dal momento che l'impianto de "La Filippa" è collocato all'esterno del limite deposizionale del conoide, si può dedurre che eventuali *debris flow* non costituiscono un rischio per l'impianto stesso.

A scopo cautelativo, è stato creato un bacino di accumulo controllato dei sedimenti, per evitare che, nel caso di movimenti di massa altamente improbabili o non previsti dalla modellazione a causa di variazioni ambientali, i sedimenti arrivino fino al sito occupato dalla discarica. In termini concreti, le opere di protezione sono costituite dal riassetto morfologico del terreno nel settore immediatamente a valle dell'unghia della conoide alluvionale, dalla creazione di due vasche di accumulo e dalla costruzione di adeguate opere idrauliche trasversali di invito e restituzione del materiale.

[Torna su](#)