Comune di Sant'Arcangelo Trimonte

Provincia di Benevento



PROGETTO ESECUTIVO

"Interventi di Messa in Sicurezza Operativa della discarica di località Nocecchia, Comune di S. Arcangelo Trimonte (BN), ai sensi dell'art. 240, comma 1, lettera n) del D.lgs. 152/2006 e s.m.i."

Committente :

REGIONE CAMPANIA

Il Responsabile Unico del Procedimento:

ing. Gianluigi Della Ragione

Studio di progettazione :

IMPERIA SOCIETÀ DI INGEGNERIA

IMPERIA S.R.L.
84128 SALERNO
Via Antonio Iannuzzi, 35
tel. 348 549 4302

e-mail: info@imperiaingegneria.com
www.imperiaingegneria.com
Imperia Ingegneria
imperia_ingegneria

TÜV SÜD ISO 9001
ISO 9001:2015
Nr. 50 100 16636

ing. Egidio Grillo
(Direttore tecnico)

IMPERIA S.r.l.
Il Direttore Tecnico
ingegnere Egidio Grillo

Geol. Gianfranco Mastrogiovanni

ELABORATO

Relazione Geologica e Idrogeologica

CODIFICA

prog.	categoria	sottocatgoria	progress.	revisione	data	scala	plot
PE	GEO	RS	001	B	09/2026	----	A4

rev	data	descrizione	redatto	approvato
a	04/2026	EMISSIONE	GM	EG
b	09/2026	INTEGRAZIONE VERBALE DI VERIFICA	EG	EG
c				
d				
e				

Il presente documento non potrà essere riprodotto, copiato o altrimenti pubblicato senza il consenso scritto da parte di Imperia srl. Ogni utilizzo non autorizzato sarà perseguitato a norma di legge.

Sommario

1 PREMESSA 1
2 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO TERRITORIALE 3
3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO 6
4 ASPETTI IDROGEOLOGICI 9
4.1 Complesso idrogeologico molassico 9
4.2 Complesso idrogeologico argilloso-calcareo delle Unità Sicilidi Auct. 10
5 INDAGINI DISPONIBILI ED EFFETTUATE 15
6 CARATTERISTICHE DEI TERRENI 20
Profondità media 20
7 CONCLUSIONI 27

1 PREMESSA

Lo scrivente Dott. Geol. Gianfranco Mastrogiovanni, iscritto all'Ordine dei Geologi della Regione Campania al n.1123, ha redatto la presente relazione geologica ed idrogeologica a corredo della progettazione esecutiva degli "INTERVENTI DI MESSA IN SICUREZZA OPERATIVA DELLA DISCARICA DI LOCALITÀ NOCECCHIA, COMUNE DI S. ARCANGELO TRIMONTE (BN), AI SENSI DELL'ART. 240, COMMA 1, LETTERA N) DEL D.LGS. 152/2006 E S.M.I."

L'intervento prevede la messa in sicurezza operativa del sito, in coerenza con la Relazione tecnica generale (01.PE.GEN.RT.1), mediante i seguenti interventi: attività preliminari di monitoraggio e attualizzazione delle posizioni (INT.00); ripristino della rete di raccolta delle acque meteoriche di piattaforma stradale (INT.01); ripristino del fosso perimetrale per la raccolta delle acque sopra telo (INT.02); realizzazione del canale di scarico delle acque meteoriche post trattamento (INT.03); consolidamento e ripristino della sede stradale a valle delle vasche 2 e 3 mediante deep mixing (INT.04); realizzazione di un piezometro per il monitoraggio della falda (INT.05); realizzazione della rete di emungimento della falda (INT.06); fornitura e posa in opera dell'impianto di trattamento delle acque di falda di tipo chimico-fisico, comprensivo del sistema di telecontrollo (INT.07).

Il presente studio è stato realizzato sia mediante sopralluoghi effettuati sull'area, sia medianteano l'acquisizione della documentazione afferente studi ed indagini effettuate sull'area, tra cui:

- Piano di caratterizzazione ambientale (Natura srl ott.2018);
- Piano di caratterizzazione ambientale (Ingeo srl-Ecosistem srl 2019);
- Indagini e prove effettuate a corredo del (Progetto di messa in sicurezza della discarica comunale di Sant'Arcangelo Trimonte (Presidenza del Consiglio dei Ministri Unità-Tecnica Amministrativa- 2022);
- Indagini di nuova esecuzione, affidati alla società Geoprove srl di Ruffano (LE).

Avendo, come finalità quella di definire:

- L'assetto litostratigrafico dei terreni costituenti il sito in studio;
- le principali caratteristiche idrogeologiche dei terreni dell'immediato sottosuolo;
- analisi e prove di laboratorio su campioni di terreno e acqua prelevati;
- analisi delle caratteristiche idrogeologiche al fine di ricostruire lo schema di circolazione idrica sotterranea oggetto di bonifica.

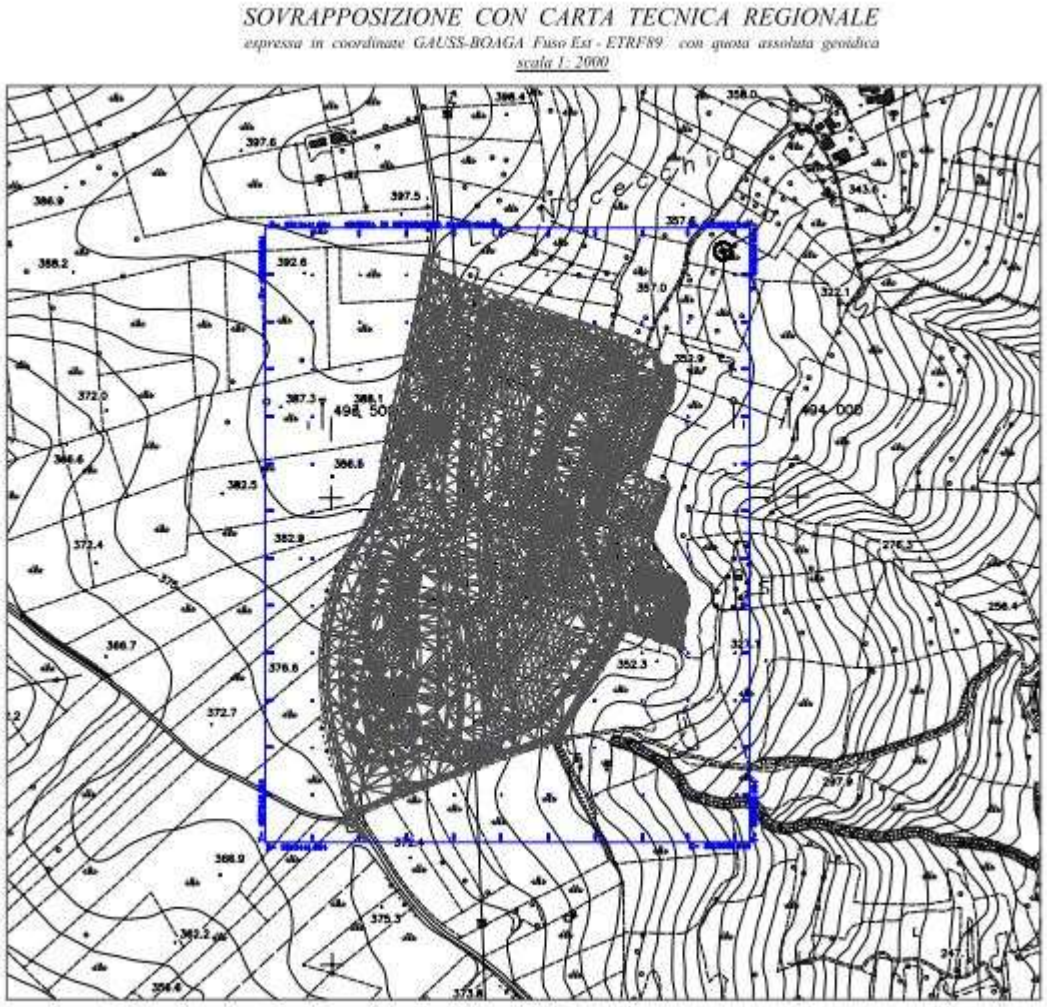
Si evidenzia inoltre, che il Comune di SANT'ARCANGELO TRIMONTE (BN), rientra nei territori dichiarati sismici con L'**Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003, e successivamente,** con i criteri per l'aggiornamento della mappa di **pericolosità sismica** definiti nell'Ordinanza del PCM n. 3519/2006, la quale ha suddiviso l'intero territorio nazionale in quattro zone sismiche sulla base del valore dell'**accelerazione orizzontale massima** (**ag**) su suolo rigido o

pianeggiante, che ha una probabilità del 10% di essere superata in 50 anni. Includendo il suddetto Comune nella Zona sismica 1

Zona sismica	*Descrizione*	*accelerazione con probabilità di superamento del 10% in 50 anni [a_g]*	*accelerazione orizzontale massima convenzionale (Norme Tecniche) [a_g]*	*numero comuni con territori ricadenti nella zona (*)*
1	Indica la zona più pericolosa, dove possono verificarsi fortissimi terremoti.	$0,25 < a_g \leq 0,35$ g	0,35 g	740
2	Zona dove possono verificarsi forti terremoti.	$0,15 < a_g \leq 0,25$ g	0,25 g	2.365
3	Zona che può essere soggetta a forti terremoti ma rari.	$0,05 < a_g \leq 0,15$ g	0,15 g	3.014
4	E' la zona meno pericolosa, dove i terremoti sono rari ed è facoltà delle Regioni prescrivere l'obbligo della progettazione antisismica.	$a_g \leq 0,05$ g	0,05 g	1.789

2 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO TERRITORIALE

L"area in studio per la realizzazione del suddetto intervento, ricade, nel comune di Sant'Arcangelo Trimonte (BN), alla loc. La nocecchia a circa 1.5 km ad Ovest dell'abitato di Sant'Arcangelo Trimonte la cui ubicazione viene riportata nello stralcio cartografico che segue:



SOVRAPPOSIZIONE CON CARTA IGM E ORTOFOTO

espressa in coordinate GAUSS-BOAGA Fuso Est - ETRF89 con quota assoluta geodica

scala 1: 2000



Il sito su cui si trova l'impianto di discarica è ubicato in prossimità della cima di un crinale, opposto al centro urbano di Sant'Arcangelo Trimonte (BN), posto a una quota di circa 370/360 metri (s.l.m.).

Il versante è caratterizzato da pendenze medio-basse con piccole rotture del pendio fino al raggiungimento del vicino Torrente Pazzano (segue foto panoramica dell'area).

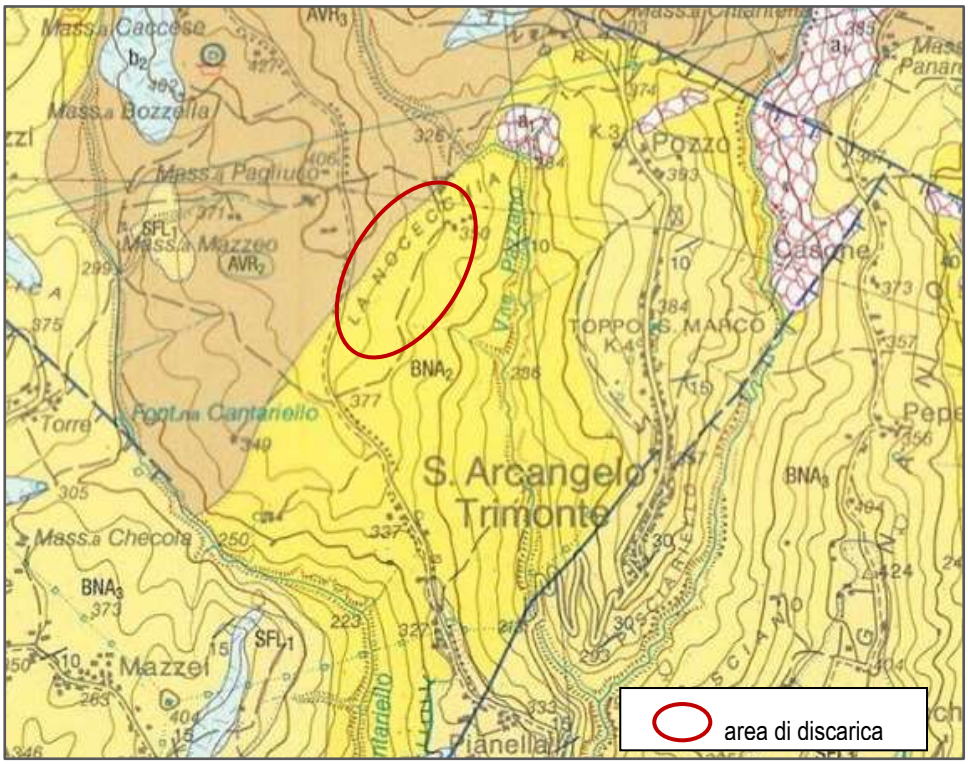


Figura 1 Ortofoto dell'aerea su cui insiste l'impianto di discarica

3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

L'area ove insiste l'ex discarica oggetto del presente intervento, dal punto di vista geologico, ricade tra le Unità tardo-orogene che sovrastano le sottostanti Unità Stratigrafico Strutturali che costituiscono la compagine dei terreni appenninici (Trias sup. – Oligo - Miocene medio - inf.). L'area è caratterizzata in affioramento da argille e marne siltose, grigie e varicolori, con intercalazioni di calcari e calcari marnosi avana o verdastri, di calcareniti verdastre con liste di selce bruna, di arenarie talora grossolane (**AVR2**) dell'Oligo-Miocene inf. in contatto tettonico, per faglia, con argille e argille sabbiose grigie e/o giallastre (**BNA2**) di età basso pliocenica.

Il Foglio 432 – Benevento - relativo al progetto C.A.R.G. (vd. fig. 4) conferma pro parte la ricostruzione della carta geologica in scala 1:100.000 (vd. fig. 3). Di fatto nell'area in esame affiorano (vd. fig. 5) delle "argilliti varicolori, marne calcaree, marne argillose; calcari marnosi, marne grigie e calcareniti torbiditiche; selce in strati medio-sottili (AVR3) – *Membro argillitico di Montaperto*" in contatto stratigrafico e non più tettonico con "peliti grigiastre in strati da medi a spessi, talora anche molto spessi, con intercalazioni di arenarie giallastre in strati medio-sottili (BNA2) – *Membro pelitico-arenaceo del F. Miscano*".





membro sabbioso di Apollosa

Sabbie e arenarie giallastre in strati da medi a molto spessi, anche lenticolari, talora con ciottoli e intercalazioni di peliti in strati sottili e medi (**BNA5**). Passano lateralmente e parzialmente al membro sabbioso conglomeratico (**BNA4**) e nella porzione superiore al membro pelitico-arenaceo (**BNA2**). Strutture sedimentarie: bioturbazione intensa, lamine piane ed inclinate a basso angolo, lamine incrociate (increspature da onda) Datazione isotopica $^{87}Sr/^{86}Sr$ su guscio di bivalvi: 2,6 Ma (Pliocene inferiore - medio). Spessore: compreso tra 100 e 250 m. Ambiente deposizionale: battigia e spiaggia sommersa. Foraminiferi e Nannofossili non significativi.

membro pelitico-arenaceo del F. Miscano

Peliti grigiastre in strati da medi a spessi, talora anche molto spessi, con intercalazioni di arenarie giallastre in strati medio-sottili (**BNA2**). Localmente si intercalano torbiditi arenaceo-pelitiche (facies C_1 e B_3) in strati medio-spessi. Passano superiormente al membro sabbioso-conglomeratico (**BNA4**) e lateralmente al membro sabbioso (**BNA5**). Lo spessore è compreso tra circa 100 e 250 m. Foraminiferi: Nannofossili: biozona MNN19a. Età: Pliocene inferiore-medio. Datazione isotopica $^{87}Sr/^{86}Sr$ su gusci di bivalvi: 2,6 Ma (Pliocene medio). biozona a *Globorotalia puncticulata* e probabile biozona a gr. *Globorotalia crassaformis*. Ambiente deposizionale: rentico di transizione-piattaforma.

Formazione delle Argille Varicolori - Formazione suddivisa in tre membri.
OLIGOCENE - MIOCENE INFERIORE



membro argillitico di Montaperto

Argilliti varicolori, marne calcaree, marne argillose; calcari marnosi, marne grigie e calcareniti torbiditiche; selce in strati medio-sottili (**AVR3**). Strutture sedimentarie: non osservabili. Spessore: non definibile con precisione, dell'ordine di alcune centinaia di metri. Foraminiferi: probabilmente dalla biozona *Globigerina angulisuturalis* a alla biozona a *Globigerinoides bisphaericus*. Nannofossili: biozone non chiaramente definibili, probabilmente dalla biozona MNP25 alla biozona MNN2. Sia tra i Foraminiferi che tra i Nannofossili sono presenti forme rielaborate del Cretaceo e dell'Oligocene. Età: Oligocene superiore-Burdigaliano. Ambiente deposizionale: pelagico da scarpata a piana sottomarina.

membro calcareo-pelitico di Pietrelcina

Calciruditi e calcareniti biancastre torbiditiche in strati medi, spessi e molto spessi, fino a megastrati, con rare intercalazioni di peliti policrome in strati molto sottili (**AVR2**). Strutture sedimentarie: sequenze di Bouma T_{b-e} e T_{c-e}. Spessore: da poche decine di metri ad alcune decine di metri. Fossili: frammenti di macroforaminiferi (alveoline e nummuliti), planctonici e nannofossili rimaneggiati in genere di età eocenica. Ambiente deposizionale: base di scarpata.

membro arenaceo di Tufiello

Arenarie vulcanoclastiche medio-grossolane ricche in mica (**AVR1**). Strutture sedimentarie: massiva la facies A_1. Spessore: da pochi metri ad alcune decine di metri. Foraminiferi: assenti. Nannofossili: biozona NP22. Età: Oligocene inferiore. Ambiente deposizionale: base di scarpata.

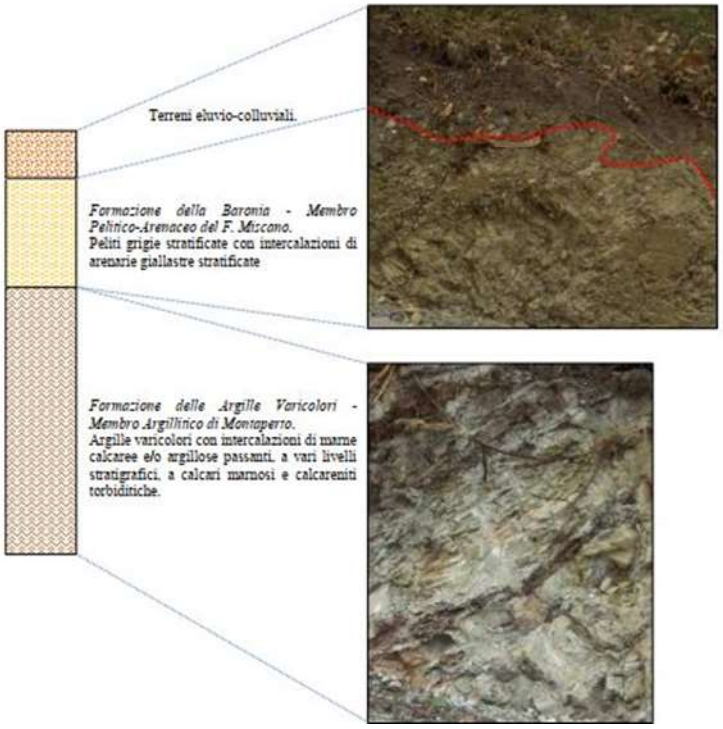


Figura 2 Schema litostratigrafico con relative foto dei tipi litologici affioranti

4 ASPETTI IDROGEOLOGICI

Dal punto di vista idrogeologico, i terreni presenti nell'area investigata sono caratterizzati da una permeabilità variabile tra bassa per i litotipi con e/o a componente granulometrica sabbiosa e molto bassa o nulla per i litotipi argillosi e limo-argillosi.

In particolare, nell'area investigata, le varie indagini geognostiche che si sono succedute nel tempo, in particolare i sondaggi geognostici spinti fino a – 10 m dal p.c. non hanno intercettato nessun livello freatico, ciò a comprova della presenza di terreni prevalentemente impermeabili diffusi e facente parte del complesso idrogeologico che costituisce la struttura stessa della zona collinare.

La possibile circolazione idrica si può verificare, solamente nei livelli alterati superficiali e solo nei periodi piovosi (morbida). In queste condizioni si determina un discreto assorbimento delle acque meteoriche all'interno della fascia d'alterazione con una sporadica circolazione di acque d'infiltrazione superficiale che trova un naturale livello di base nelle compagini di substrato impermeabili.

Si realizza, così, una circolazione idrica "effimera" limitata nel tempo e di nessuna rilevanza idrogeologica con direzione di scorrimento prevalentemente lungo i piani di contatto che seguono le linee di massima pendenza del versante.

In particolare, sono stati individuati due principali complessi idrogeologici distinti in base alle caratteristiche litologiche al tipo e al grado di permeabilità relativa.

Di fatto, nell'area d'interesse progettuale ricadono i seguenti complessi così come differenziati nella Carta Idrogeologica che segue.

4.1 Complesso idrogeologico molassico

Questo complesso accorpa l'intera "Formazione della Baronia Auct." costituita da quattro membri. Nell'area in oggetto, in particolare, ne predominano in affioramento solo due ovvero il membro Pelitico-Arenaceo del F. Miscano e il membro Sabbioso di Apollosa. Il primo costituito da peliti grigie stratificate con intercalazioni di arenarie giallastre ben stratificate.

Il secondo costituito da sabbie e arenarie giallastre in genere medio-fini, talora grossolane con inclusi pelitici in strati da medi a molto spessi piano paralleli, più raramente lenticolari, a luoghi con nuvole di ciottoli in prevalenza calcarei, con intercalazioni di peliti in strati sottili. In chiave idrogeologica si tratta di un'alternanza piuttosto complessa e articolata di rocce permeabili e impermeabili, i cui rapporti sia stratigrafici sia tettonici sono riconducibili agli schemi del "limite di permeabilità" e della "soglia di permeabilità".

Al deflusso sotterraneo più superficiale, che ha sede nelle coltri di alterazione e/o nelle litologie caratterizzate da grado di permeabilità più elevato, se ne aggiunge uno, relativamente più profondo, soprattutto nei livelli lapidei fratturati e con favorevoli assetti strutturali. Indipendentemente dalla tipologia di deflusso (superficiale o profondo) è l'estensione e la continuità del bacino di alimentazione a giocare un ruolo fondamentale per la presenza di acquiferi produttivi.

La potenzialità idrogeologica di tali affioramenti è indicativamente bassa perché predomina la presenza delle intercalazioni pelitiche che rende frammentaria la circolazione idrica sotterranea. La prova di ciò sono le bassissime portate delle sporadiche emergenze idriche. In generale il tipo di permeabilità prevalente è per porosità e/o fratturazione; il grado di permeabilità relativo può considerarsi variabile da basso a medio.

Più articolata è la situazione dell'associazione pelitico-arenacea rispetto a quella delle argille policrome (varicolori). In particolare, la frazione grossolana, pur rimanendo subordinata a quella pelitica, è più abbondante che nelle argille varicolori. I livelli arenacei poco cementati presentano una permeabilità primaria per porosità di grado medio e medio-elevato, mentre quelli da moderatamente cementati a cementati hanno una permeabilità secondaria per fratturazione di grado medio.

Pertanto, anche se nell'area è da escludere la presenza di falde d'interesse regionale, all'interno dell'associazione pelitico arenacea, non si può escludere la presenza di una circolazione idrica sotterranea nei livelli grossolani confinati dagli orizzonti pelitici, generando in tal modo delle falde multistrato. Viste le evidenze lungo l'intero versante tali circuiti presentano capacità molto limitate. Tutto ciò trova conferma nelle indagini effettuate nell'area per conto del "*Consorzio di Smaltimento RSU-Comuni del Bacino NA3*" nell'ambito della "*Messa in sicurezza e sistemazione finale della discarica di S. Arcangelo Trimonte (BN)*".

Di fatto le prove di permeabilità effettuate su campioni indisturbati, prelevati nei sondaggi realizzati in corrispondenza degli impianti esistenti, hanno dato valori di permeabilità compresi tra 4,53 x 10^{-8} e 8,47 x 10^{-8} m/s.

4.2 Complesso idrogeologico argilloso-calcareo delle Unità Sicilidi Auct.

Il complesso che affiora estesamente nel settore nord-occidentale dell'area in studio accorpa litologie essenzialmente pelitiche, quali argille, argilliti a fissilità elevata e marne siltose alle quali s'intercalano, a più livelli, litosomi in facies torbiditica sia carbonatica sia arenacea. I forti contrasti di permeabilità determinano una significativa frammentazione del deflusso idrico sotterraneo con la formazione di sorgenti che, in genere, hanno portate molto modeste.

La permeabilità, per porosità, è molto bassa con gli orizzonti carbonatici, quando caratterizzati da spessori significativi, che elevano il grado di permeabilità per fratturazione variabile da medio a medio-basso. Il ruolo idrostrutturale prevalente è quello d'impermeabile relativo di base.

In particolare, nell'associazione delle argille policrome si ha una permeabilità primaria per porosità e una secondaria per fessurazione di grado molto basso perché costituita quasi esclusivamente da marne, marne argillose e argille marnose.

La componente calcarea e arenacea, con permeabilità secondaria per fessurazione di grado medio, è nettamente subordinata alla componente pelitica.

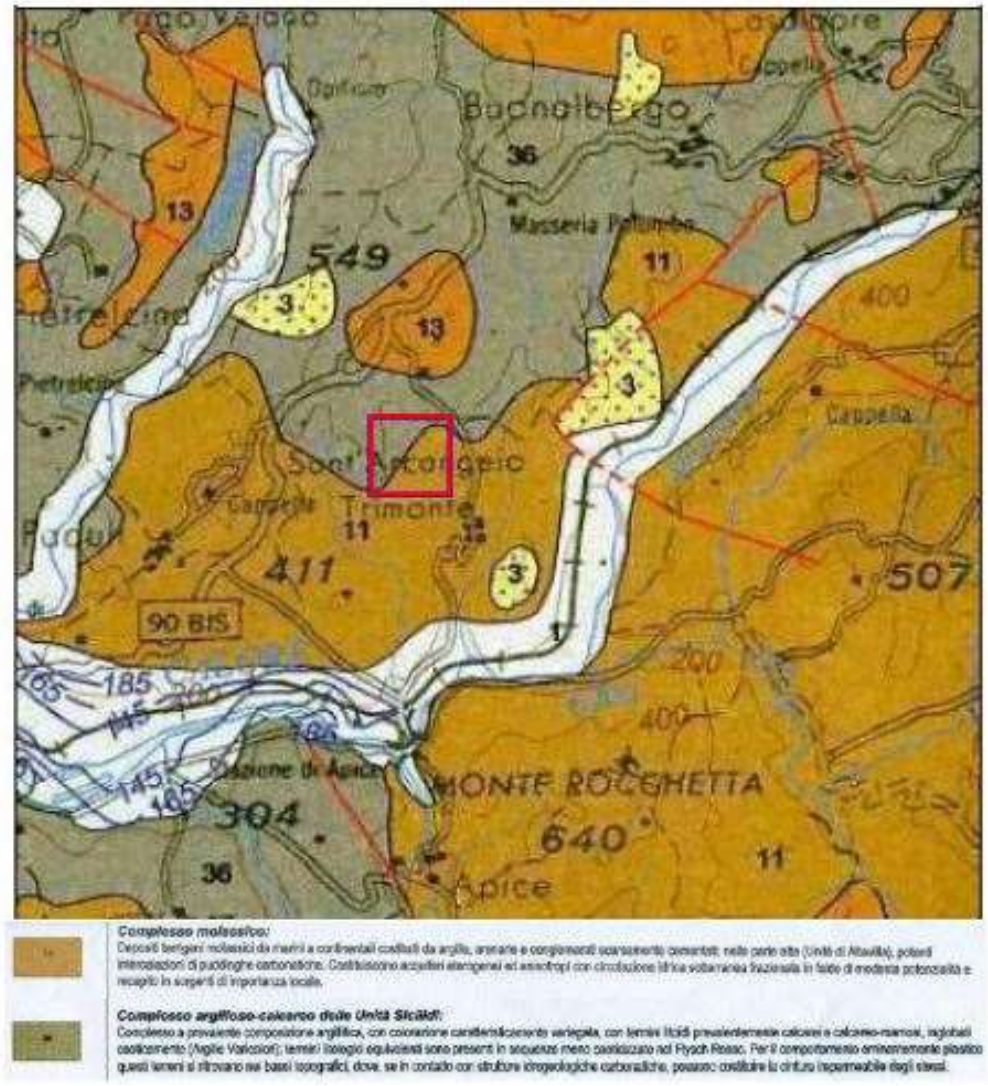
L'assenza di falde è in stretta relazione con la natura e l'assetto dei depositi presenti, infatti, nonostante l'eterogeneità dei litotipi presenti e la complessità strutturale dell'area, i valori di permeabilità delle formazioni si mantengono su valori bassi.

Come già detto in entrambe i complessi idrogeologici è presente una coltre d'alterazione superficiale che riveste il ruolo di acquifero effimero e di scarso interesse idrogeologico. Di fatto la successione stratigrafica locale può essere inserita nel contesto morfoevolutivo del territorio di cui si è fatto cenno nei capitoli precedenti: i depositi di versante (che assumono spessori anche superiori ai dieci metri) costituiscono, prevalentemente, accumuli di materiale eroso durante fasi di esasperate condizioni meteo-climatiche o antichi accumuli deposizionali. Il substrato "*in posto*", invece, si presenta sovraconsolidato e ricoperto da spessori di terreni in seguito erosi nell'ambito dell'evoluzione morfotettonica del territorio.

Nel substrato decompresso la circolazione idrica è possibile per permeabilità secondaria dovuta ai meati o macro e microscopici canalicoli esistenti in seno ai terreni alterati, tamponata verso il basso dal substrato compatto impermeabile.

I circuiti ipodermici sono facilitati dal fatto che nei periodi siccitosi e nei periodi estivi, le argille possiedono una certa capacità di ritiro che le porta a fessurarsi facilmente in superficie, con fenditure che possono spingersi a discrete profondità.

Questo fenomeno favorisce con l'arrivo delle piogge una modestissima infiltrazione efficace nei primi metri del sottosuolo fino a -3/-5 m dal p.c. con un grado di permeabilità medio e dell'ordine di $k = 1,0 \times 10^{-5}$ m/s, segue stralcio carta idrogeologica dell'Italia Meridionale.



La misurazione dei livelli dell'acqua effettuati a dicembre 2025, su alcuni piezometri presenti nell'area usati per il monitoraggio (dal personale addetto alla discarica), ha consentito la costruzione della carta delle isopiezometrie, (di seguito riportata), da cui si evince che la direzione di flusso delle acque segue la morfologia del versante.

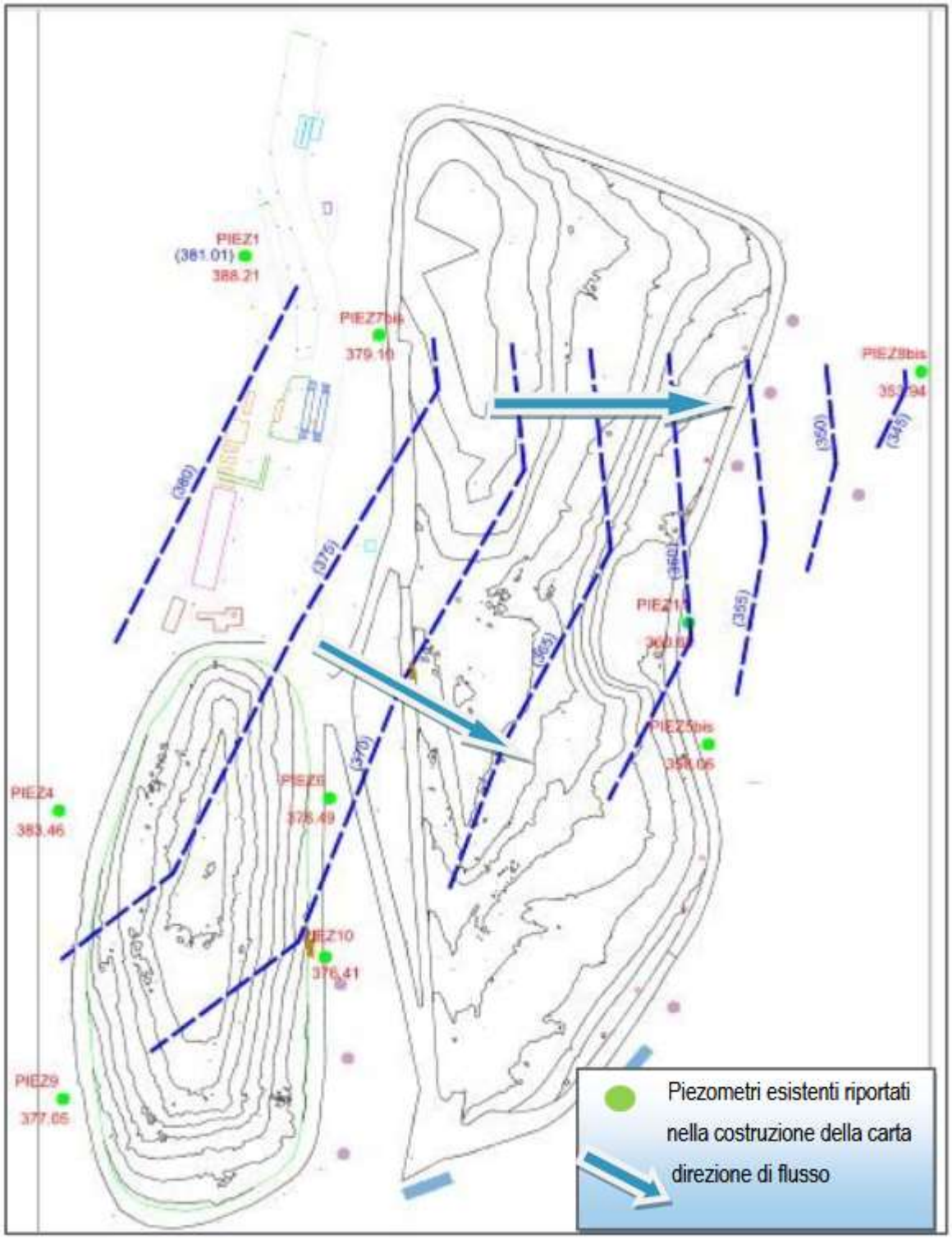

PIEZ1
(381.01)
388.21
PIEZ7bis
379.10
PIEZ8bis
PIEZ4
383.46
PIEZ5
376.49
PIEZ10
376.41
PIEZ9
377.05
Piezometri esistenti riportati nella costruzione della carta
direzione di flusso



Figura 3 Ortofoto con ubicazione della discarica e sovrapposizione della carta delle isopiezometrie

5 INDAGINI DISPONIBILI ED EFFETTUATE

Al fine di risalire all'assetto geologico-stratigrafico dell'immediato sottosuolo, si è fatto ricorso, alle indagini effettuate per altri lavori nell'area, di seguito descritte*:*

- Piano di caratterizzazione ambientale (Natura srl ott.2018);
- Piano di caratterizzazione ambientale (Ingeo srl-Ecosistem srl 2019);
- Indagini e prove effettuate a corredo del (Progetto di messa in sicurezza della discarica comunale di Sant'Arcangelo Trimonte (Presidenza del Consiglio dei Ministri Unità-Tecnica Amministrativa- 2022);

nonché, alle indagini di nuova realizzazione, eseguite dalla Geoprove srl di Ruffano (LE), così dettagliate:

- *Numero 2 sondaggi geognostici con sonda idraulica a rotazione a carotaggio continuo con profondità di investigazione variabile da m. 0,00 a m. 15,00 dal p.c.;*
- *Condizionamento a piezometro dei sondaggi;*
- *Analisi e prove sui campioni di suolo ed acqua prelevati, le cui risultanze sono contenute nel report allegato alla documentazione progettuale.*

Le suddette indagini opportunamente ubicate (segue stralcio ubicazione indagini geognostiche effettuate), a monte e valle idrologico, hanno consentito la ricostruzione litostratigrafica dell'immediato sottosuolo dell'area di discarica confermando il modello geologico rilevato dai precedenti lavori e studi, di seguito rappresentati (stratigrafie estratte dal report nuove indagini -marzo 2026), con prelievo di campioni per le determinazioni geotecniche e chimiche, nonché prove idrauliche in sito.

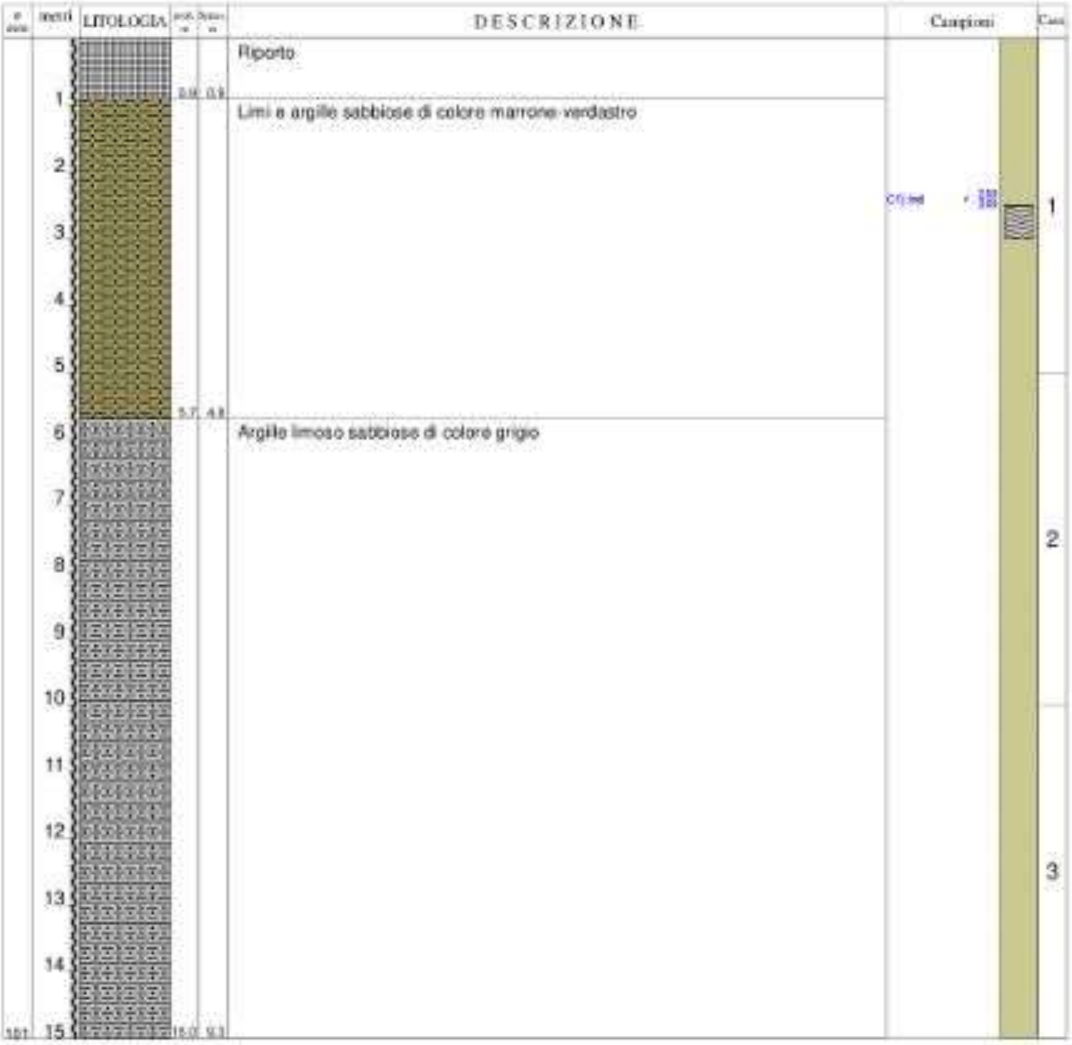

POSIZIONE INDAGINI
SONDAGGI GEOGNOSTICI E PIEZOMETRI
Legenda
Sondaggio-Piezometro
P2N
P1N
Google Earth
300 m
N

Committente: Imperia Srl	Sondaggio: PZ1N
Riferimento: Discarica di Sant'Arcangelo Trimonte	Data: 23-24/02/2026
Perforazione: Carotaggio Continuo	Quota: 358 m slm
Coordinate: 41.172501° N, 14.926295° E	

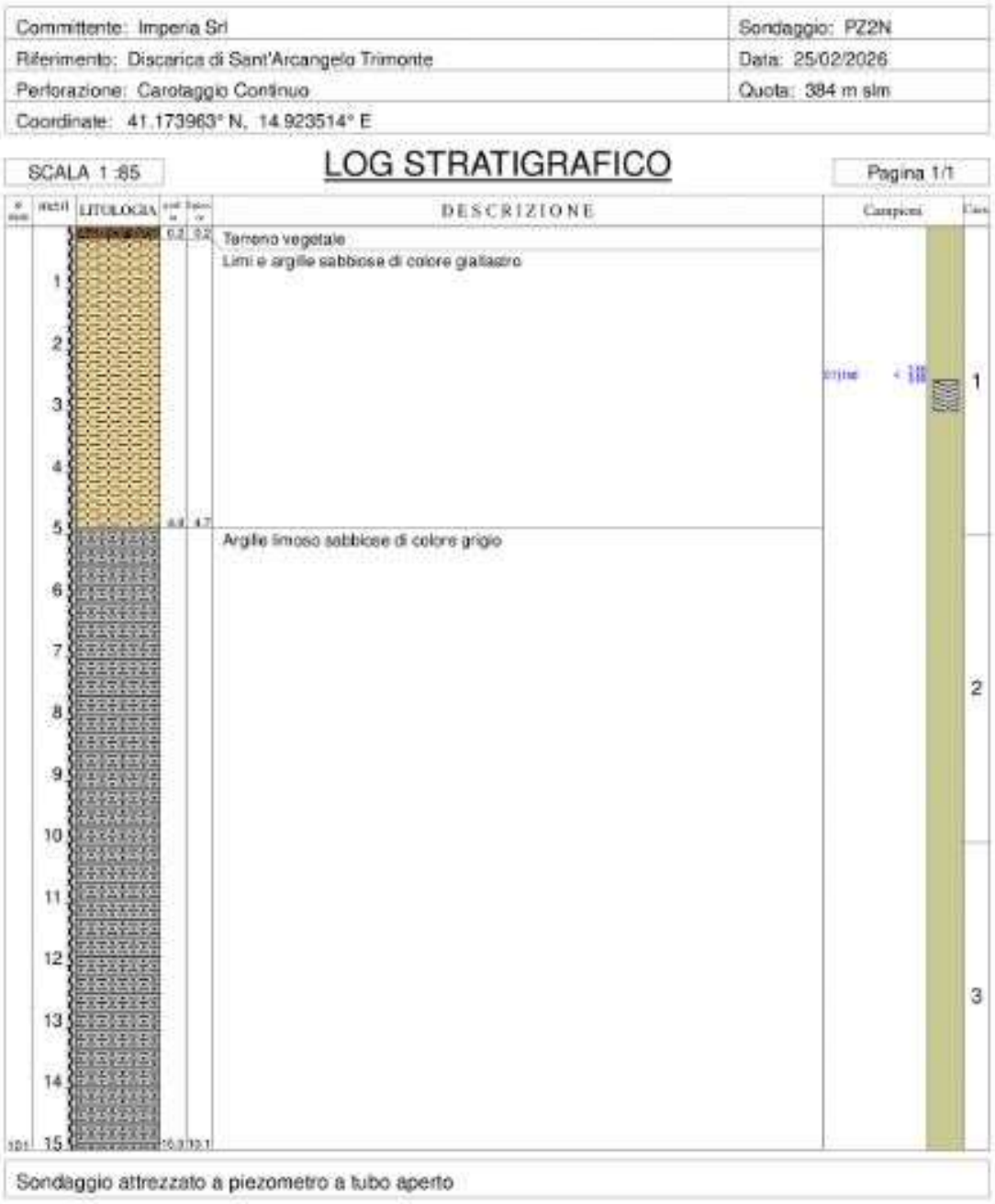
SCALA 1:85

LOG STRATIGRAFICO

Pagina 1/1



Sondaggio attrezzato a piezometro a tubo aperto

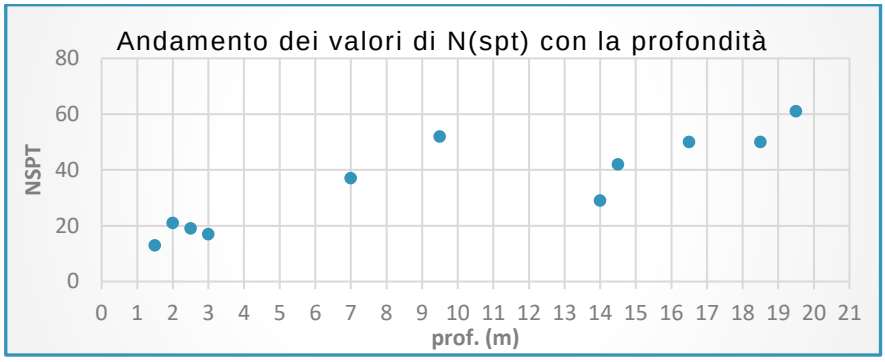


Si riportano, di seguito, i valori rilevati dalle prove SPT effettuate durante l'esecuzione delle indagini geognostiche (P1-P2-P3-P4/2020), Committente Comune di Sant'Arcangelo a corredo del progetto "di messa in sicurezza della discarica comunale".

Indagini geognostiche nov.2020	***Profondità (m)***	***Nspt***
P1	1.50	13

Indagini geognostiche nov.2020	*Profondità (m)*	*Nspt*
	9.50	52
	18.50	Rif
P2	3.00	17
	7.00	37
	16.50	35-Rif
P3	2.00	21
	14.50	42
	19.50	61
P4	2.50	19
	14.00	29

Nel grafico che segue sono stati diagrammati i valori di Nspt (diversi da "rifiuto") in funzione della profondità potendo così osservare un progressivo e significativo aumento delle caratteristiche di consistenza a partire da circa 3 metri di profondità.



6 CARATTERISTICHE DEI TERRENI

Dai risultati ottenuti dalle indagini effettuate precedentemente descritte, con riferimento anche ai dati disponibili ed a quelli indirettamente accertati, per altri lavori nel comprensorio, l'area sotto il profilo geologico si presenta, costituita da limi e argille-sabbiose con uno spessore medio di 5.50÷6.00 m passanti verso il basso ad argille limose con livelli talora argillitici marnosi laminati grigio.

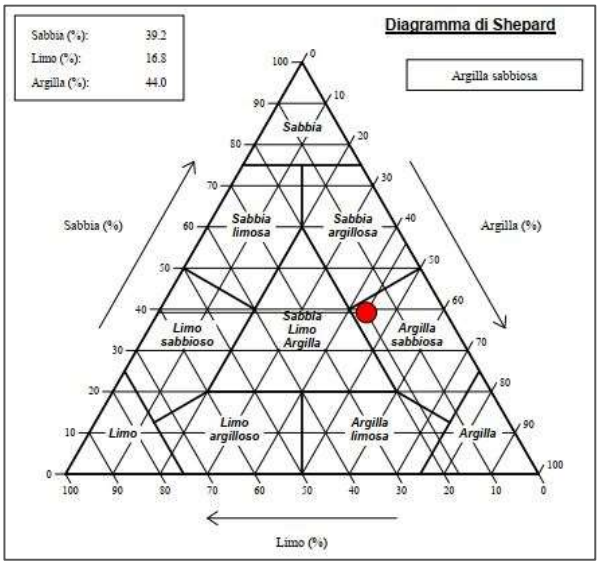
lo schema di sottosuolo al quale, cautelativamente, potersi riferire è così individuabile riportando, in sintesi i parametri di maggiore interesse applicativo:

Profondità media (m dal p.c.)		Coesione Cu (Kpa)	Coesione drenata di picco (Kpa)	Angolo di Attrito di picco (°)	Angolo di Attrito residuo (°)	γ_n (KN/m^3)	Grado di saturazione (%)	LL (%)	LP (%)	IP (%)
Strato 1	0÷6.00	89	25	28	19	18÷20	95	44	25	18.5
Strato 2	6.00÷15.00	164	35	28	19	17÷18.5	90	44	25	18.5
Strato 3	> 15.00	190	70	27	15	19.00	97	50	27	23

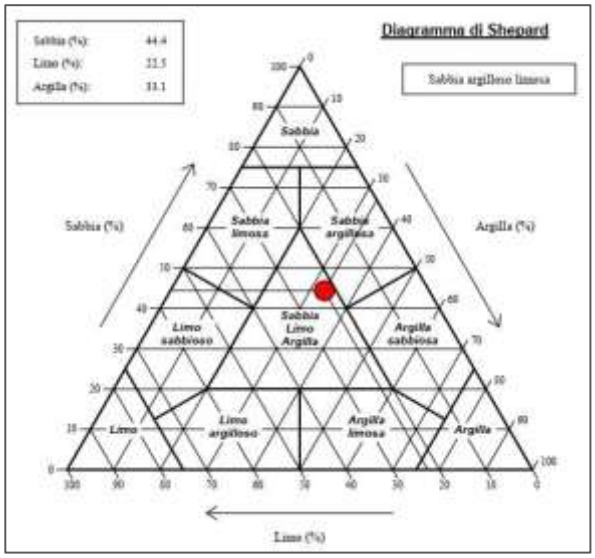
Le proprietà fisico granulometriche dei due campioni prelevati ad una profondità di 2.50 m p.c. in S1-PZ1N e S2-PZ2N, afferenti alla recente campagna di indagine, effettuata dalla Geoprove di Lecce (marzo 2026) sono di seguito riportate:

S1-PZ1N	prof. (m dal p.c.)	γ_n (KN/m^3)	γ_s (KN/m^3)	e (%)	n (%)	G (%)	Ghiaia (%)	limo+argilla (%)
C1	2.50÷3.00	16.37	14.02	0.808	44.7	53.4	10.2	60.8
S1-PZ2N	Prof. (m dal p.c.)							
C1	2.50÷3.00	17.55	14.02	0.853	46	80	12.3	55.6

I cui valori sono stati inseriti nel grafico di Shepard sia per il campione 1 sia per il campione 2



Campione 1



Campione 2

Riguardo alla "categoria sismica di sottosuolo" dei terreni interessati, sono state considerate le risultanze delle indagini geofisiche tipo MASW effettuate per altri lavori, la cui ubicazione, viene di seguito riportata estratta dalla documentazione tecnica allegata alle indagini del 2022 a corredo del "progetto di messa in sicurezza della discarica comunale".



Figura 4 Ortofoto con l'ubicazione degli stendimenti geofisici tipo Masw (D1 e D2 del 2016 e Masw 1 e 2 del 2020)

Le risultanze delle suddette prove condotte, con riferimento, al valore di velocità media ottenuto (Vs_{30}), mediante il software dedicato "EasyMasw" prodotto dalla "GeoStru software", assegnano ai terreni la categoria C dei suoli di fondazione, il cui valore rilevato, in m/s, viene di seguito riportato:

Dataset	Vs30 (m/sec)	Categoria Sismica di Sottosuolo
D1 (2016)	354.69	C
D2 (2016)	241.55	C

Masw 1 (2020)	333.25	C
Masw 2 (2020)	323.57	C

Tab. 3.2.II-Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	*Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi* caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	*Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti*, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti* con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s
D	*Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti*, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	*Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D*, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Tab. 3.2.III-Categorie topografiche

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15°$
T2	*Pendii con inclinazione media $i > 15°$*
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15° \leq i \leq 30°$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30°$

Inoltre, la caratterizzazione meccanica dei depositi costituenti la parte alta del versante è stata eseguita da una campagna d'indagine geognostica a corredo del progetto di "Messa in sicurezza e sistemazione finale della discarica di Sant'Arcangelo Trimonte" dal Consorzio di Smaltimento RSU Comuni del Bacino NA3 a mezzo due sondaggi a carotaggio continuo spinti ad una profondità di 20 m dal p.c. con una serie di prove S.P.T. effettuate lungo la verticale, con il prelievo di numero 5 campioni indisturbati sottoposti a prove geotecniche di laboratorio.

L'insieme dei dati ricavati dalle indagini geologiche e prove geotecniche ha portato alla seguente schematizzazione dei due strati:

prove del 2001	**CONDIZIONI DRENATE**			**CONDIZIONI NON DRENATE**	
Strato 1 prof. m (da 0 a 6.00) dal p.c.	γ_n = 1.70 T/m3	Φ = 10°	C' = 1.5 kg/cm^2	γ_n = 1.70 T/m^3	Cu = 1.5 kg/cm^2
Strato 2 prof. m (da 6.00 a 15.00) dal p.c.	γ_n = 1.70 T/m3	Φ = 15°	C' = 2.0 kg/cm^2	γ_n = 1.70 T/m^3	Cu = 1.9 kg/cm^2

Sotto l'aspetto idrogeologico, il rilievo dei livelli dell'acqua nei rispettivi sondaggi sono stati rilevati volutamente alcuni giorni successi all'esecuzione degli stessi, al fine, di limitare eventuali interferenze dovute alle attività di perforazione, di seguito, si riportano le seguenti letture:

Sondaggio	data	Quota dal p.c. (m)
PZ1N	07-03-2026	3,00
PZ2N	07-03-2026	0.5

Contestualmente è stato effettuato lo spurgo dei suddetti piezometri portando il livello a -14 m dal p.c. nei rispettivi piezometri, la lettura a distanza di 5 giorni ha fatto registrare i seguenti livelli, confermando per il piezometro di valle, ovvero per la porzione di area a valle della discarica un forte condizionamento al deflusso delle acque operato dai vari interventi di consolidamento effettuati a presidio dell'impianto di discarica.

Sondaggio	data	Quota dal p.c. (m)
PZ1N	12-03-2026	11,50
PZ2N	12-03-2026	1.00

Al fine di risalire alle caratterizzazione dell'acquifero, ovvero, ai parametri idrogeologici tra cui la permeabilità dei terreni investigati dell'immediato sottosuolo della discarica sono state realizzate sempre dalla società Geoprove srl numero 4 prove di permeabilità a carico variabile, nei fori di sondaggio (due per ciascun foro - secondo le raccomandazioni dell'AGI 1977), e numero due Slug Test nei piezometri realizzati (unna per ciascun piezometro), nonché una prova di risalita in un piezometro esistente, le cui risultanze sono riportate nella relativa relazione "*Relazione finale sulle indagini geognostiche e di caratterizzazione ambientale – aprile 2026*".

Attraverso le suddette prove, sia in campo sia in laboratorio si è pervenuti alla determinazione del valore medio della permeabilità (K) dei terreni sede della circolazione idrica superficiale espressa in m/sec. Di seguito, si riporta un quadro riepilogativo dei valori acquisiti nel corso dei vari studi e lavori condotti sull'area.

Unità litologica	Campagne d'indagini in sito e di laboratorio (2001-2020)	K (cm/s)	Campagna d'indagine in sito (piano di caratterizzazione 2019)	K (m/s)	Valore medio di K (m/s)
	Profondità media della prova dal p.c (m)		Profondità media della prova dal p.c (m)		
limi argillosi sabbiosi	0÷5.00	$9*10^{-8}$ cm/s		$1,17*10^{-5}$ m/s	$1.04*10^{-5}$

argille limose con livelli talora argillitici marnosi laminati	5.00÷15.00	6*10^{-8} cm/s	6.00÷7.00	1.38*10^{-5} 1.13*10^{-5} 1.10*10^{-5}	1.20*10^{-5}
			7.00÷8.00	1.33*10^{-5} 7.38*10^{-6} 1,21*10^{-5} 1.17*10^{-5}	2.77*10^{-5}

Dalla recente campagna di indagine (marzo 2026), le cui risultanze sono riportate nell'elaborato "Relazione indagini 2026" a cura della Geoprove srl di Lecce, viene di seguito riportato, nel riquadro che segue in sintesi il valore della permeabilità rilevato:

Unità litologica	Profondità media della prova dal p.c (m)	Campione laboratorio K (cm/s)	Profondità media della prova dal p.c (m)	Prova Lefranc a carico variabile PZ1N K (m/s)	Profondità media della prova dal p.c (m)	Prova Lefranc a carico variabile PZ2N K (m/s)	Valore medio di K (m/s)
limi argillosi sabbiosi	2.50÷3.00	2.96*10^{-6} 6.12*10^{-6}	2.00-3.00 3.00-5.00	6.58*10^{-7} 4.60*10^{-7}	3.00-4.00	1.78*10^{-6}	
					4.50-6.00	4.76*10-7	8.44*10^{-7}
argille limose con livelli talora argillitici marnosi laminati							

Nel calcolo della permeabilità media a cui si è pervenuto non si è tenuto conto volutamente del valore rilevato sui campioni in laboratorio, in quanto, come noto, tale valore risente notevolmente delle ridotte dimensioni del campione per ovvi motivi, risultando poco rappresentativo a scala reale, di norma molto inferiore al valore ottenuto da prove in campo, considerando però, il valore rilevato in campo dalla prova di risalita effettuata sul piezometro esistente P5.

Si è pervenuto al valore della permeabilità media dell'acquifero pari a K= 6.75*10^{-7} m/s, il quale, risulta in linea con il valore medio che si riscontrano normalmente in letteratura come di seguito rappresentato:

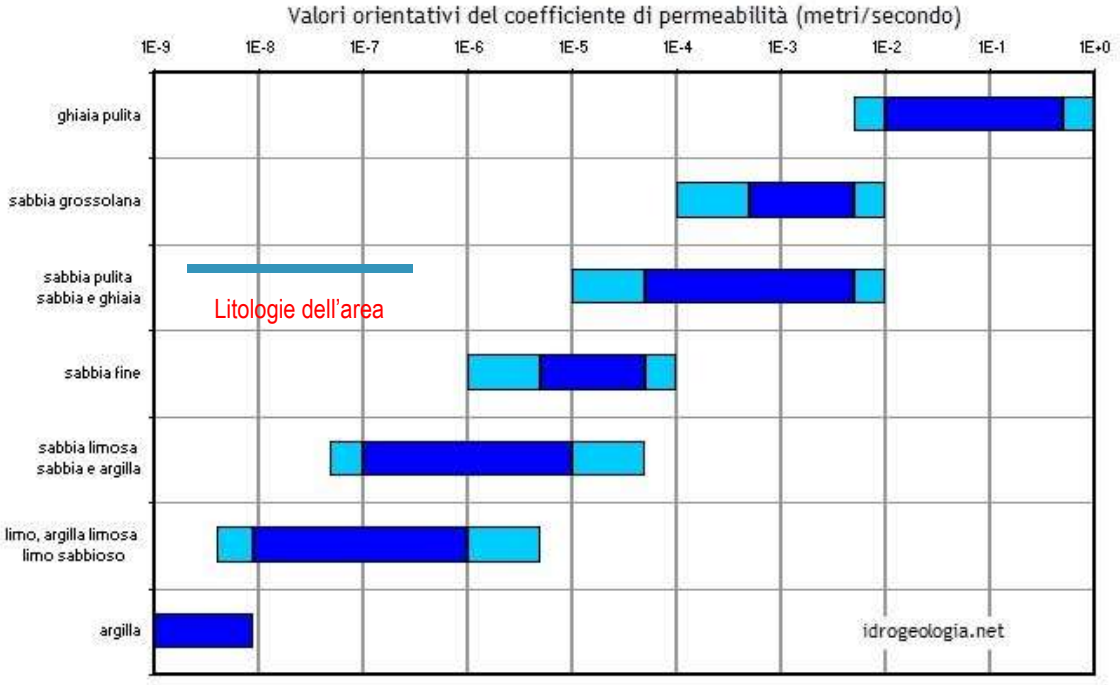


Figura 5 Valori orientativi del coefficiente di permeabilità orizzontale in m/s per terreni sciolti a granulometria decrescente dalle ghiaie alle argille

si è pervenuto al valore della trasmissività tramite la formula

T= K x b

Dove (k) è la conducibilità idraulica e (b) lo spessore medio dell'acquifero.

Ne deriva un valore di Trasmissività medio pari a T= $2.70*10^{-6}$ m^2/s, da cui ne deriva un valore di trasmissività giornaliero pari a 0.23328 mc/g. Che rapportato alla lunghezza del fronte della discarica si perviene a circa 90 mc/g.

Tale dato rappresenta una valutazione scaturita da misure in campo avvenute in periodo di "morbida", pertanto, è da considerarsi per le successive valutazioni applicative come valore di picco strettamente condizionato dagli eventi meteo, in quanto, nell'area in studio, esiste una circolazione idrica.

Non esiste una falda di base ma piuttosto una falda superficiale "effimera" a carattere discontinuo, disomogeneo, impostata prevalentemente nella coltre alterata ed allentata, con variazioni laterali e verticali della permeabilità che fanno variare in modo determinate il flusso previsto, condizionato dagli apporti zenitali diretti.

Da questo dato, al fine di intercettare le acque di falda in funzione delle direttrici di flusso della stessa ed in funzione della geometria della discarica, considerando i vari interventi di consolidamento e sostegno che negli anni sono stati realizzati

nella porzione a valle della stessa, è stata prevista in corrispondenza della pista di coronamento nella sua porzione di valle una cinturazione con la realizzazione di 20 pozzi con diametro di (Φ 600÷800 mm) spinti ad una profondità media di 10 m e distanziati di circa 20 m. atteso uno sviluppo del raggio d'influenza di circa 10 m acquisito tramite la seguente formula:

$$R = C \times \Delta h \times \sqrt{k}$$

Dove (C) rappresenta una costante che vale 3000 per i pozzi singoli e 1500-2000 per barriere con più pozzi, (Δh) rappresenta la depressione misurata nel pozzo, (K) coefficiente di permeabilità.

7 CONCLUSIONI

Le varie campagne d'indagini e studi condotti sull'area nel tempo, hanno permesso di ricostruire un esauriente quadro geologico idrogeologico locale.

È da evidenziare che la complessa situazione idrogeologica locale è stata complicata ulteriormente dai numerosi interventi antropici legati agli scavi di sbancamento e ai successivi rimodellamenti legati alla costruzione dei vari bacini di contenimento dei rifiuti, i quali rappresentano dei veri e propri sbarramenti al deflusso naturale delle acque di circolazione. Tempi di ricarica molto diversi rilevati tra il piezometro realizzato a monte PZ2N ed il piezometro realizzato a valle delle opere di sostegno PZ1N. Tale situazione spiega la non correlabilità tra i livelli idrici in piezometri anche relativamente vicini tra di loro, con diversi tempi di ricarica e in taluni piezometri, la presenza alternata di acque al loro interno.

La recente campagna d'indagine ha confermato l'assetto geologico locale ed ha permesso un approfondimento delle principali proprietà idrogeologiche dei litotipi costituenti l'immediato sottosuolo, ovvero sede di "falda" idrica superficiale, evidenziando inoltre, un quadro chimico delle acque utile ai fini progettuali per un idoneo trattamento delle stesse a mezzo impianto di tipo chimico-fisico (INT.07).

Gli interventi di progetto comprendono inoltre il ripristino della rete di raccolta delle acque meteoriche di piattaforma stradale (INT.01), il ripristino del fosso perimetrale per la raccolta delle acque sopra telo (INT.02) e la realizzazione del canale di scarico delle acque meteoriche post trattamento (INT.03), finalizzati a garantire il corretto deflusso delle acque superficiali e a ridurre i fenomeni di ristagno e di infiltrazione nel corpo discarica.