



Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti

LABORATORIO AUTORIZZATO - SETTORE A

Esecuzione e certificazione di prove su materiali da costruzione,
con estensione alla prova di carico su piastra,
Autorizzazione n° 466 del 11/12/2015 ai sensi dell'art. 20 della
Legge 1086/71, D.P.R. 380/2001, Circolare 7617/2010

Poliedro

Servizi tecnici
costruzioni stradali

Committente: **AIPO- Agenzia Interregionale per il fiume Po**

Commessa: **Incarico per caratterizzazione prestazionale e qualitativa del materiale di scavo
ditta Fondi Regione Lombardia, Accordo di programma**

**MATTM Regione Lombardi, Fondi AIPO opere di laminazione delle piene del
Fiume Olona da realizzare nei comuni di Canegrate (MI), Legnano (MI), Parabiago (MI), e San
Vittore Olona (MI).**

MI-E-776 CUP B82E04000020002 CIG ZA030C41FB

Oggetto: **Relazione Tecnica “Piano di utilizzo del materiale di scavo”**

Data emissione: **21/05/21**

Poliedro srl

Sede Legale e Operativa principale Via Maestri del Lavoro, 91/93 - 25014 Castenedolo (BS) Italy - Sede Operativa Via Crivellini 7/c - 37010 Afifi (VR) Italy
Tel. +39 030 2319144 Fax +39 030 2319145 E-mail: poliedro.srl@libero.it poliedro@pec-mynet.it www.poliedrolab.it Cod. Fisc. e P. Iva 02277380982

Sommario

1. INTRODUZIONE.....	3
2. POZZETTI ESPLORATIVI (N° campioni e relative profondità)	4
3. PROVE EFFETTUATE IN LABORATORIO	10
3.1 PESO DI VOLUME IN MUCCHIO: Determinazione della massa volumica in mucchio e dei vuoti intergranulari UNI EN 1097-3	10
3.2 LOS ANGELES: Determinazione della resistenza a frammentazione UNI EN 1097-2	12
3.3 PETROGRAFICA SEMPLIFICATA: Procedura e terminologia per la descrizione petrografica semplificata UNI EN 932-3.....	14
3.4 PETROGRAFICA CON SEZIONE SOTTILE: Analisi di aggregati mediante esame microscopio in sezione sottile UNI EN 932-3.....	16
3.5 METODI DI PROVA PER PIETRE NATURALI: Determinazione della resistenza a compressione uniassiale UNI EN 1926....	18
4. DISCUSSIONE DEI DATI e POSSIBILI UTILIZZI DEL MATERIALE DI SCAVO	20
5. CONCLUSIONI	25
Tabella 1: Sondaggi e prove richieste	8
Tabella 2: Masse volumiche terre.....	12
Tabella 3: Resistenza alla frammentazione.....	14
Tabella 4: Classi granulometriche per l'analisi petrografica semplificata	15
Tabella 5: Analisi petrografica media.....	16
Figura 1: Ubicazione dei Sondaggi.....	4
Figura 2: Campionamento a mezzo di escavatore meccanico	9
Figura 3: Campionamento a mezzo di escavatore meccanico.....	9
Figura 4: aggregato sottoposto ad analisi petrografica semplificata	15
Figura 5: Prove di laboratorio	16
Figura 6: particolare dell'esame petrografico al microscopio.....	17
Figura 7: particolare dell'esame petrografico al microscopio.....	18
Figura 8: Provini di roccia pronti per la compressione uniassiale.....	19
Figura 9: Provino di roccia prima del taglio con taglierina a disco diamantato e rettifica	19
Figura 10: Provino di roccia dopo compressione.....	20
Figura 11: Tabella 1 - Norma CNR B.U. n.139/92 – Strati di fondazione	22
Figura 12: Tabella 2 - Norma CNR B.U. n.139/92 – Strati di base	23
Figura 13: Tabella 4 - Norma CNR B.U. n.139/92 – Strati di base (misti cementati).....	24

1. INTRODUZIONE

L'AIPO Agenzia Interregionale per il fiume Po, visto il progetto esecutivo per le **OPERE DI LAMINAZIONE DELLE PIENE DEL FIUME OLONA DA REALIZZARE NEI COMUNI DI CANEGRATE (MI), LEGNANO (MI), PARABIAGO (MI) E SAN VITTORE OLONA (MI)**, ha commissionato a Poliedro il campionamento, mediante pozzetti esplorativi, e le relative "analisi di caratterizzazione delle terre e rocce da scavo".

L'area di studio è interamente formata da aree pianeggianti (quote che vanno dai 188 m s.l.m. ai 182 m s.l.m.) che, in antichità, erano aree di esondazione del fiume Olona. Oggi il territorio è adibito ad uso agricolo e coltivato a prato marciatoio o mais, con piante ad alto fusto in corrispondenza delle zone d'irrigazione.

In genere i campioni volti all'individuazione dei requisiti ambientali delle terre e rocce da scavo sono prelevati come campioni compositi per ogni scavo esplorativo o sondaggio in relazione alla tipologia ed agli orizzonti individuati. Nel caso di scavo esplorativo, al fine di considerare una rappresentatività media, si prospettano le seguenti casistiche:

-campione composito di fondo scavo;

-campione composito su singola parete o campioni compositi su più pareti in relazione agli orizzonti individuabili.

I punti di indagine sono stati scelti in base alle informazioni ricavate dai report dei laboratori Ecosoil ed Eurochem. Questi, infatti, avevano già effettuato dei sondaggi e, successivamente, si sono occupati dell'esame dei dati geologici ed idrogeologici, del rilevamento morfologico ed idrologico dell'area, dell'esecuzione delle prospezioni geognostiche in situ, della verifica di un eventuale acqua di falda e della ricostruzione dell'assetto litostratigrafico e caratterizzazione geologico-tecnica dei terreni.

Al fine di poter ottenere un numero sufficiente di informazioni sugli inerti che costituiscono l'area di interesse, sono stati svolti 25 sondaggi, in grado di garantire una rappresentatività della variazione della qualità del suolo sia in senso orizzontale, che verticale. La profondità d'indagine è stata determinata in funzione della profondità dei futuri scavi di sbancamento ed della stratigrafia riscontrata. In questo caso, infatti, la ricostruzione e la caratterizzazione lito-stratigrafica dell'area, precedentemente elaborata dal laboratorio Ecosoil, ci ha permesso di procedere con il campionamento in modo speditivo, conoscendo la profondità del limite tra i due differenti strati. In tutti i pozzetti esplorativi dell'area, la divisione dei due diversi terreni si trovava a 0,5 m di profondità, mentre i sondaggi sono stati eseguiti fino ad una profondità di 2 m. Nello strato più superficiale è stato campionato del materiale sabbioso limoso con ghiaia, mentre lo strato più profondo era composto da sabbia con ciottoli e ghiaia anche di grosse dimensioni.

Nei prossimi capitoli vengono trattati i pozzetti esplorativi in generale, la descrizione delle prove e dei test effettuati per caratterizzare le terre e rocce da scavo, infine la discussione dei risultati per i possibili utilizzi del materiale da scavo.

2. POZZETTI ESPLORATIVI (N° campioni e relative profondità)

I pozzetti esplorativi sono stati eseguiti nelle date del 15/03/21 e del 16/03/21, per mezzo di un escavatore meccanico. Per l'individuazione dei punti esatti di campionamento, il laboratorio Poliedro ha utilizzato la mappa con i pozzetti effettuati in precedenza da Ecosoil e le coordinate GPS (GARMIN).

È stato necessario raggiungere una profondità di 2,0 m in modo da permettere il campionamento dei due diversi strati. Il tecnico ha prelevato, per ciascun pozzetto, un sacco da 25 Kg per ogni livello. In particolare:

0 - 0,50 m = 1° strato (sabbia scarsamente limosa con ghiaia)

0,50 - 2,00 m = 2° strato (sabbia ghiaiosa con ciottoli e ghiaia)

I sacchi sono stati immediatamente sigillati ed etichettati con codice pozzetto (es: S04) e profondità.

Il numero complessivo dei pozzetti esplorativi effettuati dal laboratorio Poliedro è di 25. Il codice campione riferito al singolo sondaggio, che si trova sui rapporti di prova, è identico a quelli del laboratorio Ecosoil, per non confondere le diverse ubicazioni dei sondaggi.

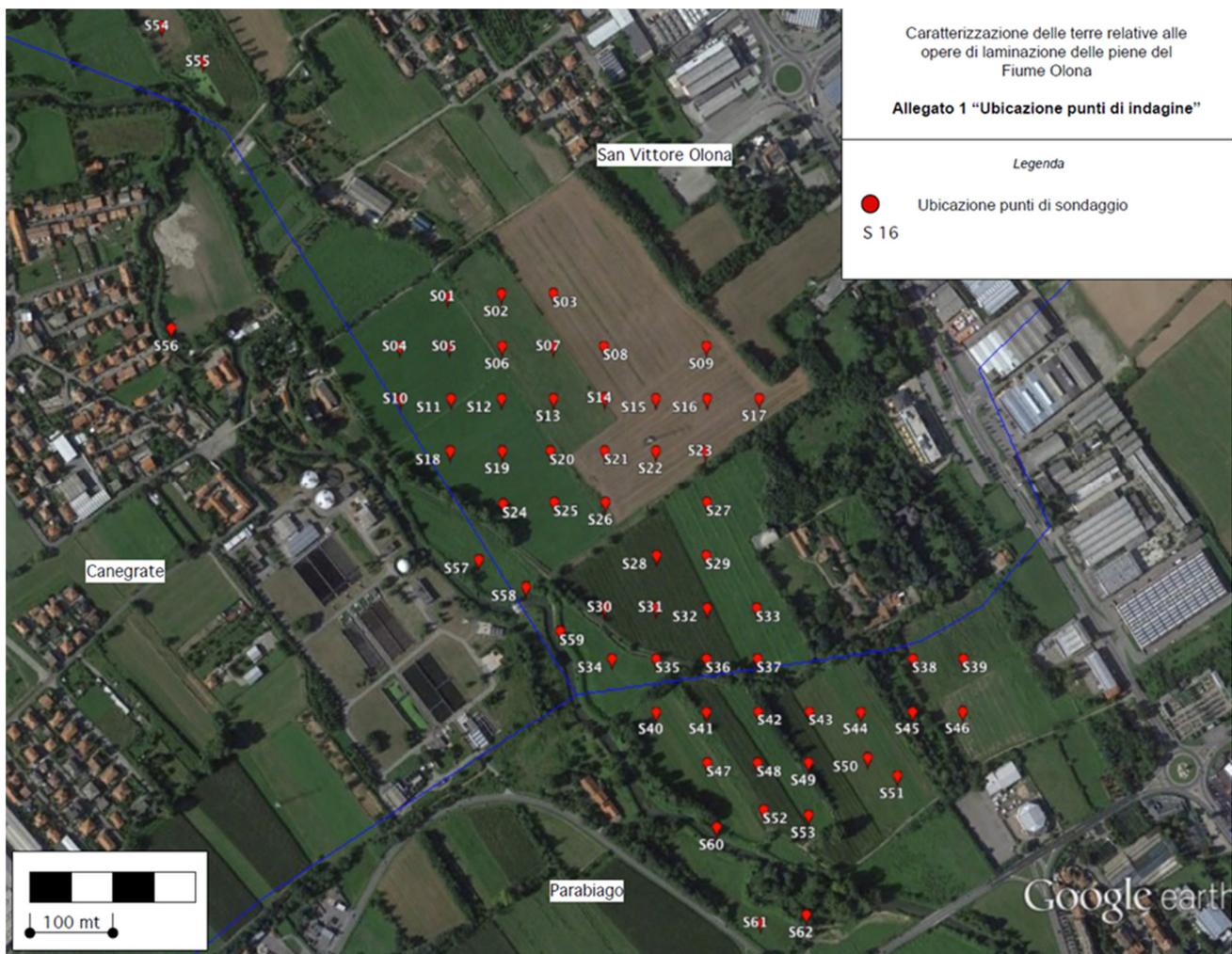


Figura 1: Ubicazione dei Sondaggi

Nelle pagine seguenti saranno indicati tutti i codici dei pozzetti esplorativi con le relative profondità di campionamento e le prove effettuate sia nello strato più superficiale, che in quello più profondo.

Sondaggio (n°)	Profondità del prelievo (m.)	Prove effettuate
S02	Da -0,00 a -0,50	Determinazione della massa volumica in mucchio – UNI EN 1097-3
	Da -0,50 a -2,00	Determinazione della massa volumica in mucchio (UNI EN 1097-3) - Metodi per la determinazione della resistenza alla frammentazione (UNI EN 1097-2) - Determinazione della resistenza a compressione uniassiale UNI EN 1926) - Procedura e terminologia per la descrizione petrografica semplificata (UN EN 932-3) Analisi sezione sottile al microscopio ottico.
S04	Da -0,00 a -0,50	Determinazione della massa volumica in mucchio – UNI EN 1097-3
	Da -0,50 a -2,00	Determinazione della massa volumica in mucchio (UNI EN 1097-3) - Metodi per la determinazione della resistenza alla frammentazione (UNI EN 1097-2) - Determinazione della resistenza a compressione uniassiale UNI EN 1926) - Procedura e terminologia per la descrizione petrografica semplificata (UN EN 932-3) Analisi sezione sottile al microscopio ottico.
S07	Da -0,00 a -0,50	Determinazione della massa volumica in mucchio – UNI EN 1097-3
	Da -0,50 a -2,00	Determinazione della massa volumica in mucchio (UNI EN 1097-3) - Metodi per la determinazione della resistenza alla frammentazione (UNI EN 1097-2) - Determinazione della resistenza a compressione uniassiale UNI EN 1926) - Procedura e terminologia per la descrizione petrografica semplificata (UN EN 932-3) Analisi sezione sottile al microscopio ottico.
S09	Da -0,00 a -0,50	Determinazione della massa volumica in mucchio – UNI EN 1097-3
	Da -0,50 a -2,00	Determinazione della massa volumica in mucchio (UNI EN 1097-3) - Metodi per la determinazione della resistenza alla frammentazione (UNI EN 1097-2) - Determinazione della resistenza a compressione uniassiale UNI EN 1926) - Procedura e terminologia per la descrizione petrografica semplificata (UN EN 932-3) Analisi sezione sottile al microscopio ottico.
S11	Da -0,00 a -0,50	Determinazione della massa volumica in mucchio – UNI EN 1097-3
	Da -0,50 a -2,00	Determinazione della massa volumica in mucchio (UNI EN 1097-3) - Metodi per la determinazione della resistenza alla frammentazione (UNI EN 1097-2) - Determinazione della resistenza a compressione uniassiale UNI EN 1926) - Procedura e terminologia per la descrizione petrografica semplificata (UN EN 932-3) Analisi sezione sottile al microscopio ottico.
S14	Da -0,00 a -0,50	Determinazione della massa volumica in mucchio – UNI EN 1097-3
	Da -0,50 a -2,00	Determinazione della massa volumica in mucchio (UNI EN 1097-3) - Metodi per la determinazione della resistenza alla frammentazione (UNI EN 1097-2) - Determinazione della resistenza a compressione uniassiale UNI EN 1926) - Procedura e terminologia per la descrizione petrografica semplificata (UN EN 932-3) Analisi sezione sottile al microscopio ottico.
S17	Da -0,00 a -0,50	Determinazione della massa volumica in mucchio – UNI EN 1097-3

	Da -0,50 a -2,00	Determinazione della massa volumica in mucchio (UNI EN 1097-3) - Metodi per la determinazione della resistenza alla frammentazione (UNI EN 1097-2) - Determinazione della resistenza a compressione uniassiale UNI EN 1926) - Procedura e terminologia per la descrizione petrografica semplificata (UN EN 932-3) Analisi sezione sottile al microscopio ottico.
S19	Da -0,00 a -0,50	Determinazione della massa volumica in mucchio – UNI EN 1097-3
	Da -0,50 a -2,00	Determinazione della massa volumica in mucchio (UNI EN 1097-3) - Metodi per la determinazione della resistenza alla frammentazione (UNI EN 1097-2) - Determinazione della resistenza a compressione uniassiale UNI EN 1926) - Procedura e terminologia per la descrizione petrografica semplificata (UN EN 932-3) Analisi sezione sottile al microscopio ottico.
S22	Da -0,00 a -0,50	Determinazione della massa volumica in mucchio – UNI EN 1097-3
	Da -0,50 a -2,00	Determinazione della massa volumica in mucchio (UNI EN 1097-3) - Metodi per la determinazione della resistenza alla frammentazione (UNI EN 1097-2) - Determinazione della resistenza a compressione uniassiale UNI EN 1926) - Procedura e terminologia per la descrizione petrografica semplificata (UN EN 932-3) Analisi sezione sottile al microscopio ottico.
S25	Da -0,00 a -0,50	Determinazione della massa volumica in mucchio – UNI EN 1097-3
	Da -0,50 a -2,00	Determinazione della massa volumica in mucchio (UNI EN 1097-3) - Metodi per la determinazione della resistenza alla frammentazione (UNI EN 1097-2) - Determinazione della resistenza a compressione uniassiale UNI EN 1926) - Procedura e terminologia per la descrizione petrografica semplificata (UN EN 932-3) Analisi sezione sottile al microscopio ottico.
S27	Da -0,00 a -0,50	Determinazione della massa volumica in mucchio – UNI EN 1097-3
	Da -0,50 a -2,00	Determinazione della massa volumica in mucchio (UNI EN 1097-3) - Metodi per la determinazione della resistenza alla frammentazione (UNI EN 1097-2) - Determinazione della resistenza a compressione uniassiale UNI EN 1926) - Procedura e terminologia per la descrizione petrografica semplificata (UN EN 932-3) Analisi sezione sottile al microscopio ottico.
S28	Da -0,00 a -0,50	Determinazione della massa volumica in mucchio – UNI EN 1097-3
	Da -0,50 a -2,00	Determinazione della massa volumica in mucchio (UNI EN 1097-3) - Metodi per la determinazione della resistenza alla frammentazione (UNI EN 1097-2) - Determinazione della resistenza a compressione uniassiale UNI EN 1926) - Procedura e terminologia per la descrizione petrografica semplificata (UN EN 932-3) Analisi sezione sottile al microscopio ottico.
S30	Da -0,00 a -0,50	Determinazione della massa volumica in mucchio – UNI EN 1097-3
	Da -0,50 a -2,00	Determinazione della massa volumica in mucchio (UNI EN 1097-3) - Metodi per la determinazione della resistenza alla frammentazione (UNI EN 1097-2) - Determinazione della resistenza a compressione uniassiale UNI EN 1926) - Procedura e terminologia per la descrizione petrografica semplificata (UN EN 932-3) Analisi sezione sottile al microscopio ottico.
S33	Da -0,00	Determinazione della massa volumica in mucchio – UNI EN 1097-3

	a -0,50	
	Da -0,50 a -2,00	Determinazione della massa volumica in mucchio (UNI EN 1097-3) - Metodi per la determinazione della resistenza alla frammentazione (UNI EN 1097-2) - Determinazione della resistenza a compressione uniassiale UNI EN 1926) - Procedura e terminologia per la descrizione petrografica semplificata (UN EN 932-3) Analisi sezione sottile al microscopio ottico.
S34	Da -0,00 a -0,50	Determinazione della massa volumica in mucchio – UNI EN 1097-3
	Da -0,50 a -2,00	Determinazione della massa volumica in mucchio (UNI EN 1097-3) - Metodi per la determinazione della resistenza alla frammentazione (UNI EN 1097-2) - Determinazione della resistenza a compressione uniassiale UNI EN 1926) - Procedura e terminologia per la descrizione petrografica semplificata (UN EN 932-3) Analisi sezione sottile al microscopio ottico.
S35	Da -0,00 a -0,50	Determinazione della massa volumica in mucchio – UNI EN 1097-3
	Da -0,50 a -2,00	Determinazione della massa volumica in mucchio (UNI EN 1097-3) - Metodi per la determinazione della resistenza alla frammentazione (UNI EN 1097-2) - Determinazione della resistenza a compressione uniassiale UNI EN 1926) - Procedura e terminologia per la descrizione petrografica semplificata (UN EN 932-3) Analisi sezione sottile al microscopio ottico.
S37	Da -0,00 a -0,50	Determinazione della massa volumica in mucchio – UNI EN 1097-3
	Da -0,50 a -2,00	Determinazione della massa volumica in mucchio (UNI EN 1097-3) - Metodi per la determinazione della resistenza alla frammentazione (UNI EN 1097-2) - Determinazione della resistenza a compressione uniassiale UNI EN 1926) - Procedura e terminologia per la descrizione petrografica semplificata (UN EN 932-3) Analisi sezione sottile al microscopio ottico.
S38	Da -0,00 a -0,50	Determinazione della massa volumica in mucchio – UNI EN 1097-3
	Da -0,50 a -2,00	Determinazione della massa volumica in mucchio (UNI EN 1097-3) - Metodi per la determinazione della resistenza alla frammentazione (UNI EN 1097-2) - Determinazione della resistenza a compressione uniassiale UNI EN 1926) - Procedura e terminologia per la descrizione petrografica semplificata (UN EN 932-3) Analisi sezione sottile al microscopio ottico.
S44	Da -0,00 a -0,50	Determinazione della massa volumica in mucchio – UNI EN 1097-3
	Da -0,50 a -2,00	Determinazione della massa volumica in mucchio (UNI EN 1097-3) - Metodi per la determinazione della resistenza alla frammentazione (UNI EN 1097-2) - Determinazione della resistenza a compressione uniassiale UNI EN 1926) - Procedura e terminologia per la descrizione petrografica semplificata (UN EN 932-3) Analisi sezione sottile al microscopio ottico.
S46	Da -0,00 a -0,50	Determinazione della massa volumica in mucchio – UNI EN 1097-3
	Da -0,50 a -2,00	Determinazione della massa volumica in mucchio (UNI EN 1097-3) - Metodi per la determinazione della resistenza alla frammentazione (UNI EN 1097-2) - Determinazione della resistenza a compressione uniassiale UNI EN 1926) - Procedura e terminologia per la descrizione petrografica semplificata (UN EN 932-3) Analisi sezione sottile al microscopio ottico.

S47	Da -0,00 a -0,50	Determinazione della massa volumica in mucchio – UNI EN 1097-3
	Da -0,50 a -2,00	Determinazione della massa volumica in mucchio (UNI EN 1097-3) - Metodi per la determinazione della resistenza alla frammentazione (UNI EN 1097-2) - Determinazione della resistenza a compressione uniassiale UNI EN 1926) - Procedura e terminologia per la descrizione petrografica semplificata (UN EN 932-3) Analisi sezione sottile al microscopio ottico.
S49	Da -0,00 a -0,50	Determinazione della massa volumica in mucchio – UNI EN 1097-3
	Da -0,50 a -2,00	Determinazione della massa volumica in mucchio (UNI EN 1097-3) - Metodi per la determinazione della resistenza alla frammentazione (UNI EN 1097-2) - Determinazione della resistenza a compressione uniassiale UNI EN 1926) - Procedura e terminologia per la descrizione petrografica semplificata (UN EN 932-3) Analisi sezione sottile al microscopio ottico.
S51	Da -0,00 a -0,50	Determinazione della massa volumica in mucchio – UNI EN 1097-3
	Da -0,50 a -2,00	Determinazione della massa volumica in mucchio (UNI EN 1097-3) - Metodi per la determinazione della resistenza alla frammentazione (UNI EN 1097-2) - Determinazione della resistenza a compressione uniassiale UNI EN 1926) - Procedura e terminologia per la descrizione petrografica semplificata (UN EN 932-3) Analisi sezione sottile al microscopio ottico.
S53	Da -0,00 a -0,50	Determinazione della massa volumica in mucchio – UNI EN 1097-3
	Da -0,50 a -2,00	Determinazione della massa volumica in mucchio (UNI EN 1097-3) - Metodi per la determinazione della resistenza alla frammentazione (UNI EN 1097-2) - Determinazione della resistenza a compressione uniassiale UNI EN 1926) - Procedura e terminologia per la descrizione petrografica semplificata (UN EN 932-3) Analisi sezione sottile al microscopio ottico.
S61	Da -0,00 a -0,50	Determinazione della massa volumica in mucchio – UNI EN 1097-3
	Da -0,50 a -2,00	Determinazione della massa volumica in mucchio (UNI EN 1097-3) - Metodi per la determinazione della resistenza alla frammentazione (UNI EN 1097-2) - Determinazione della resistenza a compressione uniassiale UNI EN 1926) - Procedura e terminologia per la descrizione petrografica semplificata (UN EN 932-3) Analisi sezione sottile al microscopio ottico.

Tabella 1: Sondaggi e prove richieste



Figura 2: Campionamento a mezzo di escavatore meccanico

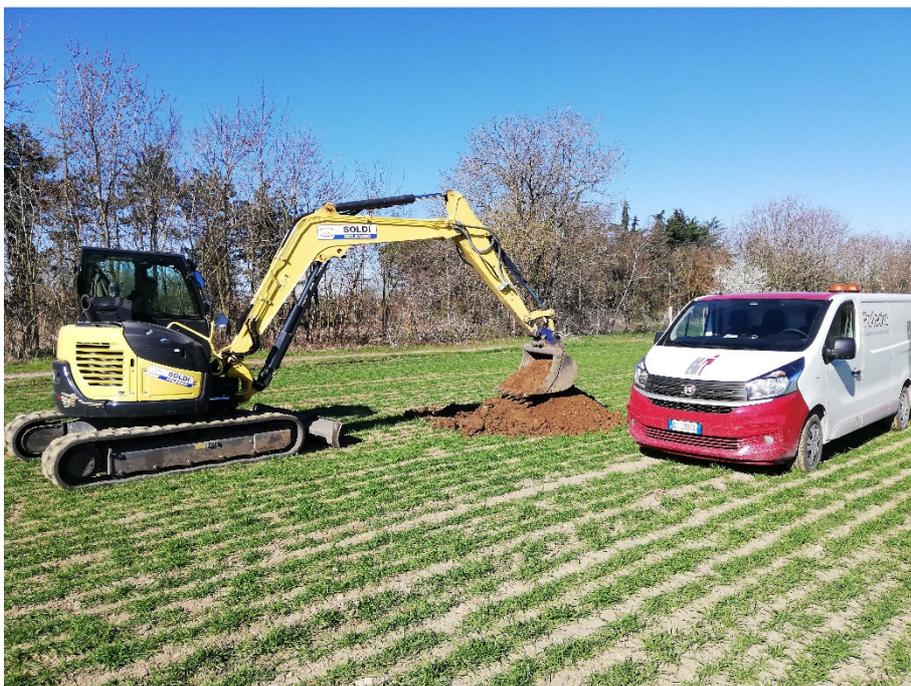


Figura 3: Campionamento a mezzo di escavatore meccanico.

3. PROVE EFFETTUATE IN LABORATORIO

Una volta ultimati tutti i pozzetti esplorativi e raccolti tutti i campioni, quest'ultimi vengono portati in laboratorio per la caratterizzazione meccanica e qualitativa. In laboratorio, il materiale è ben identificato con apposita etichetta che descrive: **data di campionamento, codice pozzetto, cliente, tipo di materiale e profondità di campionamento.**

La caratterizzazione dei terreni e rocce da scavo è suddivisa nelle seguenti prove:

Determinazione della massa volumica in mucchio e dei vuoti intergranulari UNI EN 1097-3;

Determinazione della resistenza a frammentazione (Los Angeles) UNI EN 1097-2;

Determinazione della resistenza a compressione uniaassiale delle rocce UNI EN 1926;

Procedura per la descrizione petrografica semplificata UNI EN 932-3;

Analisi di aggregati mediante esame microscopio in sezione sottile.

Seguono una breve descrizione delle procedure utilizzate in laboratorio per le analisi complete dei vari campioni di terreno naturale.

3.1 PESO DI VOLUME IN MUCCHIO: Determinazione della massa volumica in mucchio e dei vuoti intergranulari UNI EN 1097-3

La norma europea di cui sopra specifica i procedimenti di prova per la determinazione della massa volumica in mucchio di aggregati essiccati e il calcolo dei vuoti intergranulari. La prova si applica agli aggregati naturali ed artificiali di dimensioni fino ad un massimo di 63 mm.

Nel caso di studio, gli aggregati sono naturali e il materiale superiore ai 63 mm è stato scartato utilizzando l'apposito setaccio per le analisi delle curve granulometriche.

Prima della descrizione della prova effettuata in laboratorio è bene sapere la definizione di:

Massa volumica in mucchio: rapporto tra la massa dell'aggregato essiccato non compattato contenuto in uno specifico recipiente e la capacità del recipiente stesso.

Vuoti intergranulari: spazi pieni d'aria esistenti fra le particelle dell'aggregato.

Il procedimento per il calcolo della massa volumica in mucchio consiste nel pesare il recipiente vuoto, asciutto e pulito (m_1). Mettere il recipiente su una superficie orizzontale e riempirlo fino all'orlo.

Una volta riempito bene il recipiente rimuovere con attenzione l'aggregato dalla parte superiore assicurandosi che la superficie di livellamento sia regolare per evitare la segregazione del campione.

Pesare il recipiente pieno (m_2) e registrare la sua massa.

Procedere in questo modo per 3 provini di materiale.

Per calcolare la massa volumica in mucchio si utilizza la seguente equazione: $\rho_b = m_2 - m_1 / V_1$

ρ_b Massa volumica in mucchio, in megagrammi al metro cubo;

m_2 è la massa del recipiente e del provino, in Kilogrammi;

m_1 è la massa del recipiente vuoto, in Kilogrammi;

V_1 è la capacità del recipiente in litri;

Si registra poi la massa volumica in mucchio come media dei tre valori arrotondati.

Di seguito è riportata una tabella con i valori medi di massa volumica in mucchio (sia umida, sia secca) alle diverse profondità, che servirà per analizzare la totalità delle risultanze.

Sondaggio (n°)	Profondità del prelievo (m.)	Massa volumica in mucchio – Umida (Mg/m ³)	Massa volumica in mucchio – Essiccata (Mg/m ³)
-------------------	---------------------------------	---	---

S02	Da -0,00 a -0,50	1,37	1,29
	Da -0,50 a -2,00	1,45	1,36
S04	Da -0,00 a -0,50	1,38	1,27
	Da -0,50 a -2,00	1,47	1,38
S07	Da -0,00 a -0,50	1,30	1,19
	Da -0,50 a -2,00	1,43	1,36
S09	Da -0,00 a -0,50	1,31	1,22
	Da -0,50 a -2,00	1,47	1,39
S11	Da -0,00 a -0,50	1,18	1,05
	Da -0,50 a -2,00	1,40	1,31
S14	Da -0,00 a -0,50	1,38	1,21
	Da -0,50 a -2,00	1,41	1,32
S17	Da -0,00 a -0,50	1,31	1,25
	Da -0,50 a -2,00	1,47	1,40
S19	Da -0,00 a -0,50	1,21	1,13
	Da -0,50 a -2,00	1,37	1,29
S22	Da -0,00 a -0,50	1,39	1,32
	Da -0,50 a -2,00	1,58	1,54
S25	Da -0,00 a -0,50	1,18	1,05
	Da -0,50 a -2,00	1,49	1,39
S27	Da -0,00 a -0,50	1,51	1,40
	Da -0,50 a -2,00	1,52	1,44
S28	Da -0,00 a -0,50	1,33	1,25
	Da -0,50 a -2,00	1,44	1,36
S30	Da -0,00 a -0,50	1,33	1,15
	Da -0,50 a -2,00	1,40	1,24
S33	Da -0,00 a -0,50	1,45	1,34
	Da -0,50 a -2,00	1,49	1,41
S34	Da -0,00 a -0,50	1,32	1,20
	Da -0,50 a -2,00	1,42	1,28
S35	Da -0,00 a -0,50	1,32	1,24
	Da -0,50 a -2,00	1,45	1,39
S37	Da -0,00 a -0,50	1,29	1,19
	Da -0,50 a -2,00	1,52	1,43
S38	Da -0,00 a -0,50	1,20	1,04
	Da -0,50 a -2,00	1,44	1,34
S44	Da -0,00 a -0,50	1,39	1,28
	Da -0,50 a -2,00	1,49	1,40
S46	Da -0,00 a -0,50	1,22	1,14
	Da -0,50 a -2,00	1,40	1,31
S47	Da -0,00 a -0,50	1,23	1,08

	Da -0,50 a -2,00	1,25	1,18
S49	Da -0,00 a -0,50	1,18	1,13
	Da -0,50 a -2,00	1,27	1,19
S51	Da -0,00 a -0,50	1,44	1,31
	Da -0,50 a -2,00	1,52	1,44
S53	Da -0,00 a -0,50	1,21	1,08
	Da -0,50 a -2,00	1,19	1,07
S61	Da -0,00 a -0,50	1,27	1,12
	Da -0,50 a -2,00	1,39	1,30

Tabella 2: Masse volumiche terre

La media totale della massa volumica non addensata umida risulta 1,366 (Mg/m³), mentre la media totale della massa volumica non addensata secca risulta 1,269 (Mg/m³).

3.2 LOS ANGELES: Determinazione della resistenza a frammentazione UNI EN 1097-2

Questa norma ha come campo di applicazione i procedimenti per la determinazione della resistenza a frammentazione degli aggregati grossi. Anche in questo caso è importante dare la definizione seguente:

Coefficiente Los Angeles (LA): la percentuale del campione di prova passante attraverso uno staccio con luce di maglia di 1,6 mm a prova completata.

I campioni scelti in laboratorio da analizzare con la prova Los Angeles sono quelli alla profondità da 0,5 a 2 m.

Una volta estratti i campioni dai sacchi, si procede a setacciarlo e lavarlo dal terreno in eccesso, in modo da ottenere del materiale da sottoporre ad una curva granulometrica. Ottenuta la curva, e viste le percentuali di passante ai diversi stacci, si può determinare la classe granulometrica da utilizzare per il campione da usare per la prova.

In questo caso si è deciso di utilizzare le classi 6,3 - 10 mm e 10 - 14 mm.

La prova, quindi, è eseguita su un aggregato passante attraverso uno staccio di prova di 14 mm e trattenuto ad uno staccio di 10 mm. Inoltre, il campione di prova deve soddisfare almeno uno dei seguenti requisiti:

- Percentuale passante attraverso uno staccio di prova di 12,5 mm compresa tra 60% e il 70 %.
- Percentuale passante per uno staccio di prova di 11,2 compresa fra 30% e il 40%.

Una volta vagliato il materiale ed ottenute le varie percentuali necessarie, si procede con il lavaggio del materiale e la successiva essiccazione in stufa. Si introduce la massa di prova (5000±5 g) asciutta all'interno del cilindro, verificando che sia pulito, e si mettono le sfere (11 sfere per la classe 10 - 14 mm e 9 sfere per la classe 6,3 - 10 mm). Si chiude il coperchio del cilindro e si fa compiere alla macchina 500 giri a velocità costante. Quindi, il materiale frantumato viene lavato con il setaccio 1,6 mm ed essiccato ad una temperatura di (110±5) °C.

Per calcolare il coefficiente Los Angeles (LA) si utilizza la seguente formula: **LA = 5000-m / 50**

m è la massa trattenuta al setaccio da 1,6 mm in grammi.

Di seguito è riportata una tabella con i valori di LOS ANGELES (LA).

Sondaggio (n°)	Profondità del prelievo (m.)	Resistenza alla frammentazione Classe granulometrica 6,3 - 10 mm	Resistenza alla frammentazione Classe granulometrica 10 - 14 mm
-------------------	---------------------------------	---	--

		(%)	(%)
S02	Da -0,00 a -0,50		
	Da -0,50 a -2,00	28	29
S04	Da -0,00 a -0,50		
	Da -0,50 a -2,00	28	28
S07	Da -0,00 a -0,50		
	Da -0,50 a -2,00	27	29
S09	Da -0,00 a -0,50		
	Da -0,50 a -2,00	27	27
S11	Da -0,00 a -0,50		
	Da -0,50 a -2,00	29	27
S14	Da -0,00 a -0,50		
	Da -0,50 a -2,00	27	27
S17	Da -0,00 a -0,50		
	Da -0,50 a -2,00	28	28
S19	Da -0,00 a -0,50		
	Da -0,50 a -2,00	28	28
S22	Da -0,00 a -0,50		
	Da -0,50 a -2,00	28	29
S25	Da -0,00 a -0,50		
	Da -0,50 a -2,00	28	27
S27	Da -0,00 a -0,50		
	Da -0,50 a -2,00	27	27
S28	Da -0,00 a -0,50		
	Da -0,50 a -2,00	28	29
S30	Da -0,00 a -0,50		
	Da -0,50 a -2,00	27	27
S33	Da -0,00 a -0,50		
	Da -0,50 a -2,00	28	29
S34	Da -0,00 a -0,50		
	Da -0,50 a -2,00	27	28
S35	Da -0,00 a -0,50		
	Da -0,50 a -2,00	28	27
S37	Da -0,00 a -0,50		
	Da -0,50 a -2,00	28	28
S38	Da -0,00 a -0,50		
	Da -0,50 a -2,00	27	27
S44	Da -0,00 a -0,50		
	Da -0,50 a -2,00	27	27
S46	Da -0,00 a -0,50		
	Da -0,50 a -2,00	29	28

S47	Da -0,00 a -0,50		
	Da -0,50 a -2,00	26	27
S49	Da -0,00 a -0,50		
	Da -0,50 a -2,00	27	28
S51	Da -0,00 a -0,50		
	Da -0,50 a -2,00	28	28
S53	Da -0,00 a -0,50		
	Da -0,50 a -2,00	27	27
S61	Da -0,00 a -0,50		
	Da -0,50 a -2,00	28	28

Tabella 3: Resistenza alla frammentazione

La media totale del coefficiente Los Angeles (LA) risulta 27,6% per la classe 6,3 - 10 mm e 27,76% per la classe 10 - 14 mm.

3.3 PETROGRAFICA SEMPLIFICATA: Procedura e terminologia per la descrizione petrografica semplificata UNI EN 932-3

La suddetta norma specifica una procedura di base per l'esame petrografico degli aggregati a scopi di classificazione generale. Questa si applica solo ad aggregati naturali, sabbia e ghiaia o roccia frantumata.

Le rocce vanno classificate in tre categorie principali in base alla origine: ignea, sedimentaria e metamorfica.

- **Rocce Ignee:** Rocce formate da roccia fusa (magma) in superficie o sotto la superficie della terra. Hanno un'ulteriore suddivisione in plutoniche o ipoabissali.
 - **Rocce plutoniche** si formano in profondità in corpi estesi e hanno una struttura cristallina tipicamente grossolana, con i cristalli ben visibili ad occhio nudo.
 - **Rocce ipoabissali** si formano in corpi più piccoli, più vicini alla superficie terrestre ed hanno una struttura cristallina più fine.
 - **Rocce effusive o vulcaniche** si formano come lave e piroclasti sulla superficie terrestre ed hanno una struttura molto fine e vetrosa.
- **Rocce Sedimentarie:** Rocce formate sulla superficie terrestre dall'accumulazione o precipitazione dei prodotti di sgretolamento e di erosione di rocce esistenti. Si possono formare anche dall'accumulo di detriti organici che vengono poi litificati. Le rocce sedimentarie presentano nella maggior parte dei casi una stratificazione.
- **Rocce Metamorfiche:** Rocce che si formano da rocce preesistenti per l'azione di elevate temperature e pressioni nella crosta terrestre, che portano a delle trasformazioni strutturali e mineralogiche. Le strutture più frequenti nelle rocce metamorfiche sono anisotropiche (caratterizzate da una orientazione preferenziale di minerali o elementi strutturali). Le strutture anisotropiche possono essere: planari o lineari.

In base a questa generale descrizione delle rocce, si può passare alla procedura di riconoscimento: nel caso di studio, trattandosi di aggregati, la massa minima di un campione Q per l'esame dipende dalla dimensione massima della particella D e deve essere come di seguito:

Dimensione max della particella D (mm)	Massa minima del Campione Q (kg)
---	-------------------------------------

31,5 – 63,0	50,0
16,0 – 31,5	25,0
8,0 – 16,0	8,0
4,0 – 8,0	2,0
< 4,0	0,50

Tabella 4: Classi granulometriche per l'analisi petrografica semplificata

La classe granulometrica utilizzata in laboratorio è quella evidenziata in verde nella tabella sopra.

Oltre al riconoscimento visivo, che deve essere effettuato da un petrografo, gli strumenti adatti per individuare le diverse rocce sono una lente di ingrandimento 10x e dell'acido cloridrico (HCl).



Figura 4: aggregato sottoposto ad analisi petrografica semplificata

Nella figura 4 si può vedere l'eterogeneità del campione iniziale da sottoporre a riconoscimento petrografico



Figura 5: Prove di laboratorio

In figura 5 si può osservare la procedura di riconoscimento petrografico per verificare la presenza/assenza delle rocce di natura carbonatica per mezzo dell'Acido Cloridrico (HCl). Il carbonato di calcio (CaCO_3), infatti, a contatto con l'acido cloridrico sviluppa effervescenza, causata dalla liberazione di anidride carbonica (CO_2).

Dall'analisi petrografica semplificata è emerso che gli aggregati analizzati hanno le seguente composizione media:

Natura della roccia			
Sedimentarie	Ignee		Metamorfiche
	Plutoniche	Vulcaniche	
16,28%	18,96%	6,16%	58,60%

Tabella 5: Analisi petrografica media

3.4 PETROGRAFICA CON SEZIONE SOTTILE: Analisi di aggregati mediante esame microscopio in sezione sottile UNI EN 932-3

Per sezione sottile si intende una preparazione di laboratorio a cui vengono sottoposti campioni di roccia, minerali, sabbie o suoli, al fine di poterli analizzare al microscopio ottico petrografico.

I campioni analizzati al microscopio ottico Petrografico sono quelli alla profondità da 0,5 a 2 m.

Una descrizione preliminare macroscopica ha permesso di individuare della ghiaia e ghiaietto di color beige con elementi di color bianco, grigiastro e rosato. La morfologia dei clasti si presenta da fortemente angolosa ad arrotondata con una sfericità da molto alta a molto bassa. Per lo stato fisico del materiale, si osserva la presenza di ossidi e idrossidi di ferro di neoformazione. È possibile definirla come ghiaia con ghiaietto a composizione prettamente silicatica.

La **composizione petrografica %** si può esprimere come segue:

- 50% ca. di Rocce Metamorfiche
- 20% ca. di Vulcaniti
- 10% ca. di Quarziti e quarzo ad estinzione.
- 6% ca. di Scisti cristallini

- Il 14% mancante è formato per lo più da Argilliti, Selce, Rocce intrusive granitoidi, ecc.

Bisogna fare riferimento anche alla norma UNI 8520-2 per gli aggregati da ritenersi nocivi: nel caso di attacco chimico o perdita di prestazioni meccaniche dovute alla presenza di minerali con strutture foliate.

1-Solfati (gesso e anidrite) **ASSENTI**

2-Solfuri Ossidabili (pirite, marcasite e pirrotina) **ASSENTI**

3-Minerali potenzialmente reattivi agli alcali (opale, silice amorfa idrata, vetro vulcanico ad alto tenore di silice, quarzo microcristallino, calcedonio, selce e quarzo ad estinzione ondulata). **PRESENTI**

In caso di presenza di minerali potenzialmente reattivi agli alcali è necessario eseguire la seguente prova: Determinazione della potenziale di reattività in presenza di alcali (UNI 8520-22).

4-Miche e scisti cristallini **PRESENTI** la presenza di miche nell'aggregato può comportare riduzioni sia nella resistenza meccanica, sia nel modulo elastico del calcestruzzo.

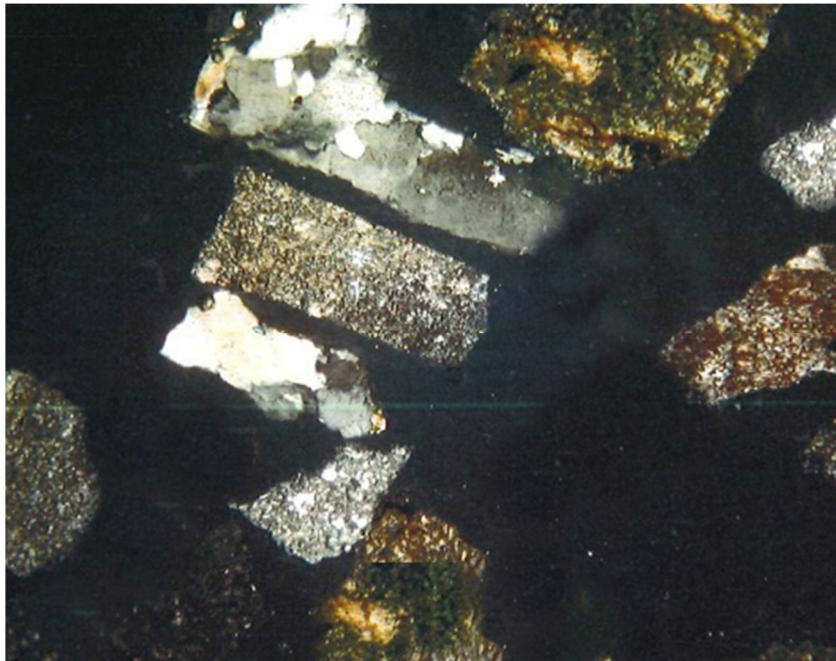


Figura 6: particolare dell'esame petrografico al microscopio



Figura 7: particolare dell'esame petrografico al microscopio

3.5 METODI DI PROVA PER PIETRE NATURALI: Determinazione della resistenza a compressione uniassiale UNI EN 1926

Questa norma stabilisce un metodo per determinare la resistenza a compressione delle pietre naturali.

Per la preparazione dei provini di roccia abbiamo scelto le terre e rocce alla profondità da 0,5 a 2 m. in particolare, per ciascun pozzetto son stati scelti i ciottoli di grandi dimensioni, identificati e sottoposti al taglio per mezzo di carotatrice con apposito foretto diamantato. Questa preparazione meccanica del provino ha permesso di ottenere dei campioni del diametro di 50 mm. La carota, così ottenuta, è stata successivamente tagliata con il disco diamantato di una taglierina ad acqua al fine di raggiungere le misure prefissate dalla norma di 50 mm di diametro e 50 mm di altezza.

Le superfici su cui viene applicato il carico devono essere retificate e rese piane con una tolleranza del 0,1 mm. Qualora le superfici del provino mostrassero delle irregolarità anche dopo il trattamento, è possibile utilizzare una malta cementizia CEM I 52,5 R secondo la ENV 197-1, aspettando il completo indurimento del cemento.

Si procede, infine, con la compressione del provino tramite apposita pressa, avendo cura che il provino sia posizionato al centro del piano, in modo da ottenere una distribuzione uniforme del carico durante la prova, e che il carico sia applicato con un incremento continuo e costante pari a $(1 \pm 0,5)$ MPa/s. Il carico massimo sul provino deve essere registrato con la precisione di 1 KN.

Il risultato è da esprimersi in megapascal attraverso l'equazione: $R = F/A$

R è la resistenza a compressione uniassiale

F è il carico di rottura

A è l'area della sezione trasversale

I provini di roccia sottoposti a compressioni hanno dato valori medi da un minimo di 42 ad un massimo di 91 Megapascal.



Figura 8: Provini di roccia pronti per la compressione uniassiale



Figura 9: Provino di roccia prima del taglio con taglierina a disco diamantato e rettifica



Figura 10: Provino di roccia dopo compressione

4. DISCUSSIONE DEI DATI e POSSIBILI UTILIZZI DEL MATERIALE DI SCAVO

In base ai risultati ottenuti dai test di laboratorio è possibile riassumere la caratterizzazione delle terre e rocce da scavo in questo modo: nei depositi alluvionali della piana del fiume Olona, i terreni hanno una natura prevalentemente sabbiosa ghiaiosa, con una frequente eterogeneità per la presenza di discontinui livelli limoso argillosi, con un basso grado di addensamento fino ad una profondità di 2 m dal piano campagna.

Le **analisi granulometriche eseguite dal laboratorio Poliedro** per individuare la classe da utilizzare per la determinazione della resistenza a frammentazione LA hanno permesso di **verificare l'appartenenza al gruppo A1 (ghiaia o breccia, ghiaia o breccia sabbiosa, sabbia grossa, pomice, scorie vulcaniche, pozzolane).**

La **determinazione della massa volumica in mucchio** ci ha permesso di ottenere dei valori medi di **1,366 Mg/m³ (massa volumica non addensata umida) e 1,269 Mg/m³ (massa volumica non addensata secca).**

La **determinazione della resistenza a frammentazione LA** presenta valori medi di **27,60 per la classe granulometrica 6,3 - 10 mm e 27,76 per la classe granulometrica 10 - 14 mm.**

L'**analisi petrografica semplificata** ha evidenziato che i campioni sono costituiti da **percentuali rilevanti di rocce metamorfiche e rocce ignee, con percentuali minori di rocce sedimentarie non carbonatiche.**

Il problema che si può presentare dopo aver condotto le **analisi con il microscopio petrografico** è la **presenza di minerali potenzialmente reattivi agli alcali**, per questo sarebbe indicato eseguire la prova del potenziale di reattività agli alcali (UNI 8520-22). Una valutazione della reattività alcali-silice sarebbe particolarmente importante qualora si volesse utilizzare queste terre e rocce per la produzione di calcestruzzo, in modo da non avere problemi di eventuali espansioni post-maturazione del calcestruzzo posato in opera. La **presenza di scisti e minerali di mica, inoltre, può comportare l'indebolimento della resistenza meccanica e del modulo elastico del calcestruzzo.**

Basandoci sulla **Norma UNI 11531-1 "Costruzione e manutenzione delle opere civili delle infrastrutture - Criteri per l'impiego dei materiali - Parte 1: Terre e miscele di aggregati non legati"**, si ritiene dunque che il terreno, compreso tra i -0,50 m e i -2,00 m, possa essere utilizzato per i seguenti scopi:

- **Colmate:** nell'esecuzione di colmate o rinterri non destinati a sostenere il corpo stradale possono essere utilizzate tutte le terre, nel rispetto dei requisiti di portanza, indeformabilità e durabilità compatibili con il particolare impiego e con le disposizioni in materia ambientale.

- **Strati anticapillari:** le terre devono essere necessariamente rilavorate per correggerne la distribuzione granulometrica. In particolare, le terre devono essere caratterizzate da passante al setaccio da 2 mm non maggiore del 15%, passante al setaccio 0,063 mm non maggiore del 3%.
- **Corpo del rilevato:** possono essere utilizzate le terre del gruppo **A1**, con tutto il materiale passante al setaccio 125 mm e il trattenuto al setaccio 63 mm non maggiore del 15%.

Il materiale passante al setaccio 40 mm è mediamente l'80%. È ragionevole, quindi, ipotizzare che la percentuale passante al setaccio da 63 mm sia superiore all'85%. Questo permetterebbe di utilizzare il terreno per il corpo del rilevato.

- **Sottofondo:** possono essere utilizzate in ordine di priorità le terre dei gruppi **A1**, A2-4 e A2-5, A3, con coefficiente di uniformità (D_{60}/D_{10}) maggiore di 7, purché:
 - Dimensione massima ≤ 63 mm;
 - Passante al setaccio da 0,063 mm $\leq 15\%$;
 - Indice di plasticità ≤ 6 ;
 - Passante al setaccio da 16 mm $\geq 50\%$;

Tutte le terre analizzate nello strato compreso tra i -0,50 m e i -2,00 m sono risultate appartenere al gruppo delle A1, considerate tra le migliori impiegabili.

- **Rilevati ferroviari e strato di supercompattato:** per i primi, si possono utilizzare le terre dei gruppi **A1**, A2-4, A2-5, A2-6, A2-7, A3. Per lo strato di supercompattato possono essere utilizzate, in ordine di priorità, le terre dei gruppi **A1**, A2-4 e A3. Quindi, **è possibile utilizzare il terreno per quest'opera senza problemi.**
- **Sovrastrutture stradali:** generalmente le terre derivanti dagli scavi **non possono essere utilizzate come materiali non legati per costituire strati della sovrastruttura stradale**, a meno che non siano state preventivamente qualificate secondo la UNI EN 13242 o UNI EN 13285. **Si può fare eccezione per terre di qualità prestazionali comprovate da adeguati studi sperimentali di laboratorio.**

Basandoci sulla normativa **CNR B.U. n.139:92** "Criteri e requisiti di accettazione degli aggregati impiegati nelle sovrastrutture stradali" è possibile suddividere i diversi strati della sovrastruttura in:

- a- Strato di fondazione in misto granulare o corretto
- b- Strato di base in misto granulare naturale, corretto o di frantumazione
- c- Strato di base in misto stabilizzato con legante bituminoso (misto bitumato)
- d- Strato di base in misto stabilizzato con cemento o con loppe di altoforno
- e- Strato di collegamento in conglomerato bituminoso
- f- Strato di usura in conglomerato bituminoso
- g- Trattamenti superficiali e di irruvidimento
- h- Lastre di calcestruzzo di cemento per pavimentazione

Per comprendere meglio i dati da analizzare è necessario introdurre i valori di traffico medio in base al passaggio di veicoli commerciali sullo stesso senso di marcia:

TRAFFICO:

Per una suddivisione completa del traffico medio giornaliero, si può considerare queste 4 classi:

- L => **TRAFFICO LEGGERO** minore di 450 veicoli per senso di marcia
- M => **TRAFFICO MEDIO** da 450 a 1.100 autoveicoli commerciali per senso di marcia
- P => **TRAFFICO PESANTE** da 1.100 a 3.000 autoveicoli commerciali per senso di marcia
- PP => **TRAFFICO MOLTO PESANTE** maggiore di 3.000 autoveicoli commerciali per senso di marcia

Per ogni strato della sovrastruttura c'è una tabella di riferimento che indica i limiti ai quali attenersi:

TABELLA 1. Strati di fondazione: Requisiti di accettazione degli aggregati per misti granulari naturali o corretti

DETERMINAZIONE			SIMBOLO	NORMA DI RIFERIMENTO			TRAFFICO			
							PP	P	M	L
FRAZIONE >4 mm	TIPO 1	Coeff. Los Angeles	LA	CNR 34/73	%	≤	30	30	40	40
		Dimens. max	Dmax	CNR 23/71	mm	≤	63	63	63	63
		Sens. al gelo(1)	G	CNR 80/80	%	≤	30	30	30	30
	TIPO 2	Coeff. Los Angeles	LA	CNR 34/73	%	≤	(2)	(2)	50	50
		Dimens. max	Dmax	CNR 23/71	mm	≤	63	63	63	63
		Sens. al gelo(1)	G	CNR 80/80	%	≤	(2)	(2)	30	30
FRAZIONE ≤4 mm		Ind. Plasticità	IP	CNR-UNI 10014	%	≤	NP	NP	NP	6
		Limite Liquido	WL	CNR-UNI 10014	%	≤	25	25	35	35
		Equiv. in Sabbia	ES	CNR 27/72	%	≥	40	40	40	40
		Passante al setaccio 0,075 mm	-	CNR 75/80	%	≤	6	6	6	6

(1) In zone considerate soggette a gelo.

(2) Di norma non idoneo, salvo studio particolare.

Figura 11: Tabella 1 - Norma CNR B.U. n.139/92 – Strati di fondazione

Per la realizzazione degli strati di fondazione viene richiesto, per quanto riguarda le strade a traffico "P" e "PP", un aggregato con resistenza alla frammentazione inferiore al 30%. Per quanto riguarda le strade a traffico "M" e "L", le prestazioni richieste sono inferiori. Dalle numerose analisi di laboratorio abbiamo riscontrato che tutti gli aggregati erano in grado di soddisfare tale prescrizione.

TABELLA 2. Strati di base: Requisiti di accettazione degli aggregati costituenti misti granulari naturali o corretti

DETERMINAZIONE		SIMBOLO	NORMA DI RIFERIMENTO			TRAFFICO			
						PP	P	M	L
FRAZION NE >4 mm	Contenuto di:	-	CNR 104/84	%	≤	(2)	(2)	1	1
	- Rocce tenere, alterate o scistose	-	CNR 104/84	%	≤	(2)	(2)	assenti	30
	- Rocce degradab.	LA	CNR 34/73	%	≤	(2)	(2)		
	Coeff. Los Angeles	MDU	CNR 109/85	%	≤	(2)	(2)	20	25
	Micro Deval Umida	-	-	%	≤	(2)	(2)	100	70
	Quantità di frantumato	Dmax	CNR 23/71	mm		50	50	50	50
Dimens. max	G	CNR 80/80	%	≤	(2)	(2)	30	30	
Sens. al gelo(1)									
FRAZION NE ≤4 mm	Ind. Plasticità	IP	CNR-UNI 10014	%	≤	(2)	(2)	NP	NP
	Limite Liquido	WL	CNR-UNI 10014	%	≤	(2)	(2)	25	25
	Passante al setaccio 0,075 mm	-	CNR 75/80	%	≤	(2)	(2)	6	6
	Equiv. in Sabbia	ES	CNR 27/72	%	≥	(2)	(2)	50	50

(1) In zone considerate soggette a gelo.

(2) Di norma non idoneo, salvo studio particolare.

Figura 12: Tabella 2 - Norma CNR B.U. n.139/92 – Strati di base

Per la realizzazione degli strati di base, i misti granulari naturali non sono ritenuti idonei per quanto riguarda le strade a traffico "P" e "PP", salvo studi particolari. Gli aggregati analizzati, dal punto di vista prestazionale potrebbero essere utilizzati per la realizzazione degli strati di base per le strade a traffico "M" e "L", ma richiederebbero un processo di frantumazione e vagliatura. Tali lavorazioni potrebbero modificare le prestazioni meccaniche degli aggregati riscontrate inizialmente.

TABELLA 4. Strati di base: Requisiti di accettazione degli aggregati per misti cementati

DETERMINAZIONE		SIMBOLO	NORMA DI RIFERIMENTO			TRAFFICO			
						PP	P	M	L
FRAZIONE >4 mm	Contenuto di:								
	- Rocce tenere, alterate o scistose	-	CNR 104/84	%	≤	1	1	1	1
	- Rocce degradabili	-	CNR 104/84	%	≤	1	1	1	1
	- Rocce solfatiche	-	CNR 104/84	%	≤	1	1	1	1
	- Rocce reagenti con alcali del cemento	-	CNR 104/84	%	≤	1	1	1	1
	Coeff. Los Angeles	LA	CNR 34/73	%	≤	30	30	40	40
	Micro Deval Umida	MDU	CNR 109/85	%	≤	25	25	35	35
	Quantità di frantumato	-	-	%	≥	40	40	-	-
	Dimensione max	Dmax	CNR 23/71	mm		30	30	30	30
Sens. al gelo(1)	-	CNR 80/80	%	≤	30	30	30	30	
Passante al setaccio 0,075	-	CNR 75/80	%	≤	1	1	1	2	
FRAZIONE ≤4 mm	Contenuto di:								
	- Rocce tenere, alterate o scistose	-	CNR 104/84	%	≤	1	1	1	1
	- Rocce degradabili, solfatiche o reagenti con alcali del cemento	-	CNR 104/84	%	≤	1	1	1	1
	Equiv. in Sabbia	ES	CNR 27/72	%	≥	35	35	35	35
	Indic. Plastic.	IP	CNR-UNI 10014	%	≤	NP	NP	6	6
	Limite Liquido	WL	CNR-UNI 10014	%	≤	25	25	35	35
	Contenuto in ione SO4	-	-	%	≤	1	1	1	1
Contenuto sost. org.	-	-	%	≤	1	1	1	1	

(1) In zone considerate soggette a gelo.

Figura 13: Tabella 4 - Norma CNR B.U. n.139/92 – Strati di base (misti cementati)

La presenza di aggregati scistosi potrebbe richiedere un approfondimento tecnico sull'uso degli aggregati per la realizzazione dei misti cementati. Le resistenze alla frammentazione sono soddisfatte per tutti i livelli di traffico.

Per quanto riguarda l'uso degli aggregati nel confezionamento dei conglomerati bituminosi sarà necessaria una lavorazione degli stessi attraverso un processo di frantumazione meccanico.

5. CONCLUSIONI

Il terreno presente nell'area che interessa le opere di laminazione delle piene del fiume Olona è costituito da materiale di natura petrografica eterogenea, complessivamente con una discreta resistenza meccanica. La presenza, in percentuali inferiori, di aggregati scistosi e di alcuni materiali che potrebbero influenzare la resistenza meccanica dei calcestruzzi richiederebbe un approfondimento tecnico. Tale attività è consigliabile che venga svolta solo dopo l'escavazione e la lavorazione di tali materiali.

Castenedolo (BS), li 21/05/21

Il Tecnico di Laboratorio

Dott. Mariano Ivan



Il Responsabile del Laboratorio

Dolci Claus

