



COMUNE DI COLOGNE

PROVINCIA DI BRESCIA



Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU

**LAVORI DI ADEGUAMENTO DELLE RETI IDRICHE
E DELLE RETI FOGNARIE
PER MESSA IN SICUREZZA STRADE
COMUNE DI COLOGNE**

(M2C4 INV 2.2 – ART. 1 C. 139 L. 145/2018)

progetto DEFINITIVO-ESECUTIVO

Oggetto:	N. Elaborato:
RELAZIONE GEOLOGICA	A5

I PROGETTISTI:

**studio d'ingegneria
dott.ing. SERGIO SAVOLDI**

sede operativa:

Francesco Rismondo 12 - 25128 Brescia tel. 030/3389560

e-mail sergiosavoldi@gmail.com studioingsergiosavoldi@gmail.com

pec sergio.savoldi@ingpec.eu studioingsergiosavoldi@pec.it

sede amministrativa:

via Costa 3 - 25040 Monticelli Brusati (Bs) tel. e fax 030/622251

c.f. SVL SRG 46C27 B157B p.iva 02620920989

Dott. Geol. Marino Motta

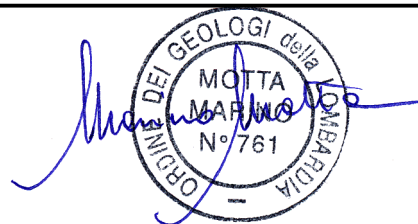
Ordine dei Geologi della Lombardia n.761

Via Quinta Q.re Abba, 23 - 25127 - Brescia - Italia

P.IVA IT03230030177 Cod.Fisc. MTTMNN66M27B157V

Tel. e Fax +39 030/311855 cell +39 348-9017999

email: marinoantonio.motta@tin.it email PEC: marinomotta@epap.sicurezza postale.it



rev. n° 00	data: GENNAIO 2023	scala:
---------------	-----------------------	--------



Dott. Geol. Marino Motta
Studio Geologia ed Ambiente
Via Quinta Q.re G.C.Abbà, 23 - 25127 Brescia

PROVINCIA DI BRESCIA

COMUNE DI COLOGNE

**INTERVENTI DI ADEGUAMENTO DELLE RETI IDRICHE E DELLE ACQUE REFLUE
PER MESSA IN SICUREZZA STRADE**



**STIMA DELLA PERMEABILITA' DEL SUBSTRATO PER LA PROGETTAZIONE
DELLE OPERE DI DISPERSIONE DELLE ACQUE METEORICHE**

Il tecnico incaricato:

Dott. Geol. Marino Motta
Ordine dei Geologi della Lombardia
iscrizione n. 761



Brescia, 19/01/2023

SOMMARIO

1. PREMESSA

2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE E MORFOLOGICO

3. DESCRIZIONE DEL PROGETTO

4. INQUADRAMENTO GENERALE DELL'AREA NELLA COMPONENTE GEOLOGICA COMUNALE

5. STIMA DELLA PERMEABILITÀ LOCALE

6. CONCLUSIONI

1. PREMESSA

Nell'ambito del progetto di previsti interventi di adeguamento delle reti idriche e delle acque reflue per la messa in sicurezza di strade in Comune di Cologne (BS), ed in particolare in Via Leopardi, è stata elaborata la presente relazione tecnica, particolarmente finalizzata alla *stima* della permeabilità del substrato, in corrispondenza della confluenza del tracciato di progetto dei suddetti interventi. La presente relazione è quindi volta a supportare con dati di carattere sito-specifici il progetto di realizzazione di opere di raccolta, canalizzazione e smaltimento delle acque meteoriche superficiali. La stima della permeabilità del substrato locale deriva dalla applicazione di correlazioni empiriche che permettono di stimare la permeabilità di un mezzo poroso, passando attraverso l'analisi della curva granulometrica. Sono stati infatti realizzati due scavi esplorativi in corrispondenza dei punti ove sono previste le opere di infiltrazione (pozzi disperdenti): in corrispondenza di ognuno di essi è stata visionata la successione stratigrafica più superficiale ed è stato ricavato un campione di substrato ghiaioso in posto da sottoporre ad analisi granulometrica.



Via Leopardi in corrispondenza delle opere di smaltimento di progetto (pozzi infiltranti)

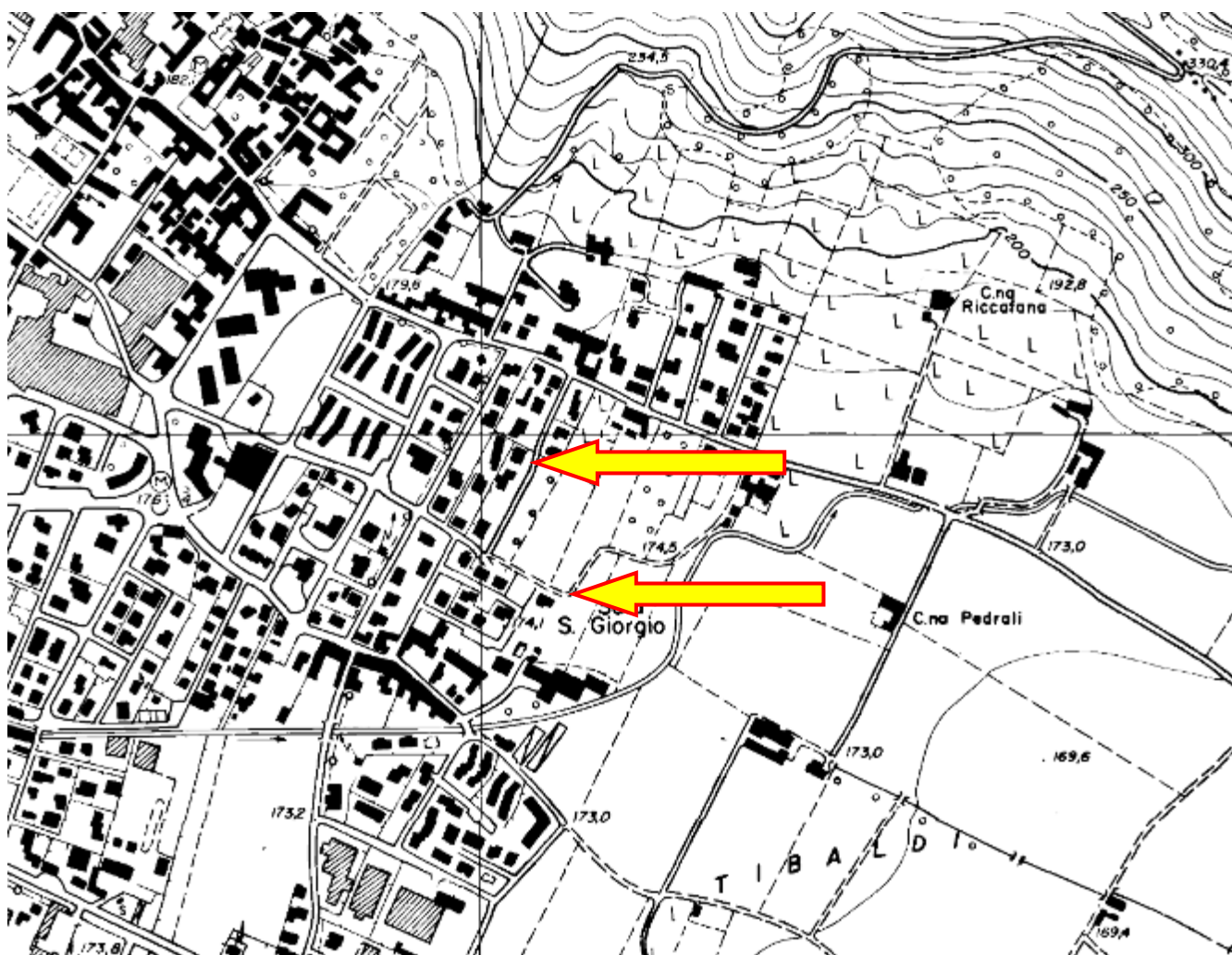


Via Corioni in corrispondenza delle opere di smaltimento di progetto (pozzi infiltranti)

2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE E MORFOLOGICO

L'area in esame è ubicata in Via Leopardi in Comune di Cologne. La localizzazione precisa delle due zone indagate viene indicata nell'estratto planialtimetrico fornito dai Progettisti (Studio di Ingegneria Ing. Sergio Savoldi).

L'area viene rappresentata nell'estratto cartografico seguente, derivante dal Foglio C5e5 della Carta Tecnica Regionale.



Inquadramento generale su CTR Sezione D5a5

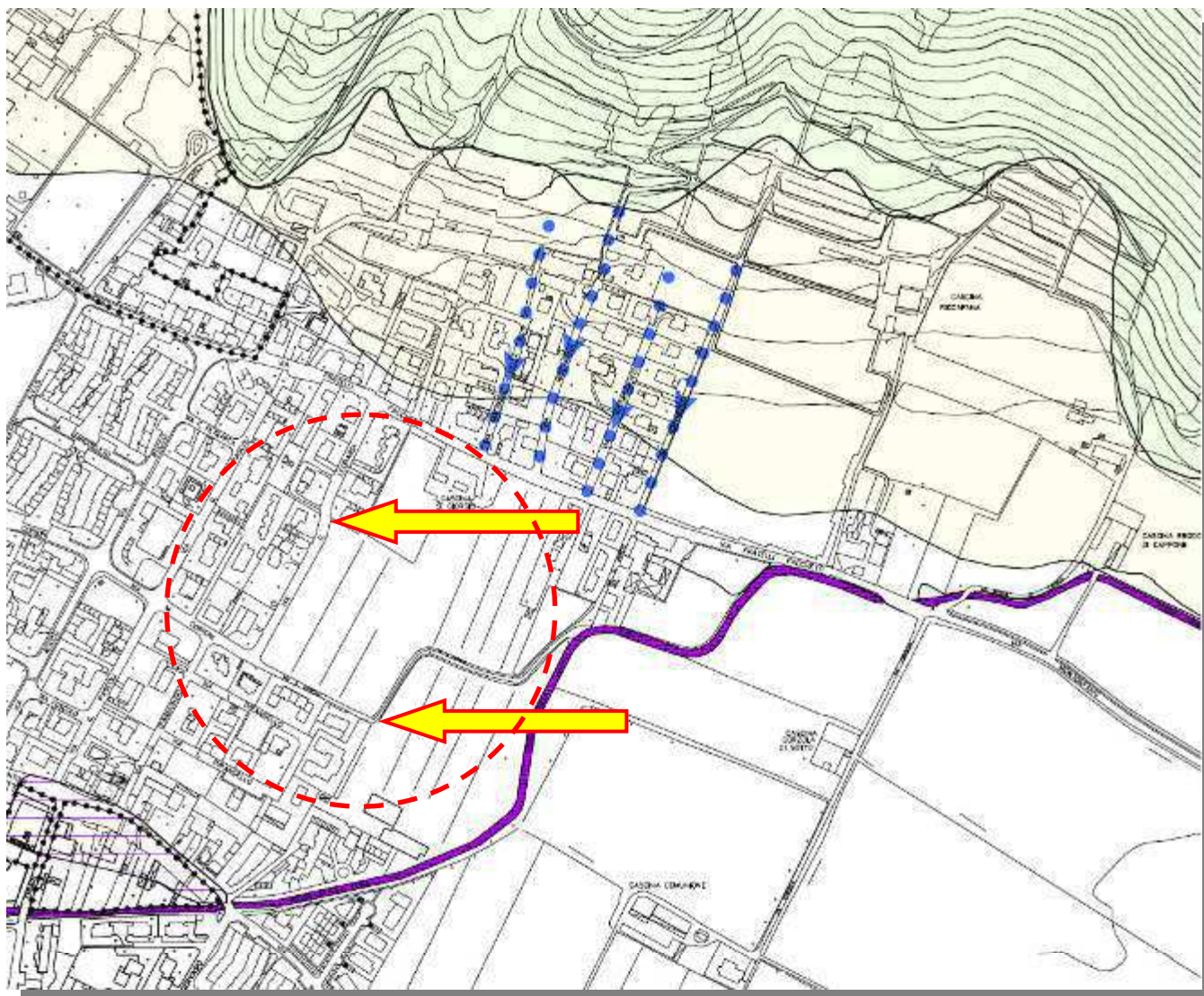
3. DESCRIZIONE DEL PROGETTO

Il progetto esaminato prevede sostanzialmente la realizzazione di una serie di interventi di collettamento, canalizzazione e smaltimento attraverso pozzi infiltranti in corrispondenza della zona compresa tra via Leopardi e Via Corioni, finalizzati alla risoluzione delle emergenze di carattere idrologico ed idraulico che da tempo affliggono tale zona; la necessità di approfondire gli aspetti idrogeologici ed stratigrafici locali deriva dal fatto che l'infiltrazione delle acque meteoriche deve essere gestita in funzione delle caratteristiche geologiche ed idrogeologiche sito-specifiche.

In questo caso, il dato necessario sito-specifico per il dimensionamento delle opere di smaltimento delle acque (pozzi di infiltrazione) corrisponde alla definizione stratigrafica del sottosuolo ed alla definizione della permeabilità del substrato, calcolata partendo dall'analisi granulometrica di un campione estratto dal substrato locale stesso.

4. INQUADRAMENTO GENERALE DELL'AREA NELLA COMPONENTE GEOLOGICA COMUNALE

Nell'ambito dell'inquadramento del sito rispetto alla componente geologica del PGT comunale vigente, si è fatto riferimento alla Carta Geologica, Geomorfologica con elementi idrografici (TAV.1) redatta da L. Ziliani (Luglio 2008) ed alla Carta Idrogeologica (TAV.2 - L. Ziliani, Luglio 2008), delle quali si riporta di seguito un estratto. Nella prima l'area è inquadrata all'interno di aree di affioramento di depositi fluvioglaciali ghiaioso-sabbiosi con ciottoli frequenti (litologia confermata dalle risultanze degli scavi esplorativi).



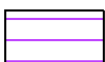
UNITA' LITOLOGICHE



Depositi fluvioglaciali costituiti da ghiaia con sabbia e ciottoli, localmente contenenti lenti sabbioso-limose o argillose. I suoli generalmente sono profondi (100 - 150 cm) o moderatamente profondi (50 - 100 cm), con scheletro da scarso a frequente, tessitura media, drenaggio buono. Localmente, soprattutto nel settore occidentale del territorio comunale, sono molto profondi (> 150 cm). Caratteristiche geotecniche buone inferiormente al suolo.



Scorrimento lungo la sede stradale delle acque di ruscellamento provenienti dal Monte Orfano.



Area allagata per problemi legati agli scarichi fognari (acque bianche) e per difficoltà di smaltimento delle acque piovane.

Come evidenziato nell'estratto della Carta Geologica sopra riportato, le due zone individuate progettualmente risultano inquadrate all'interno di aree di affioramento di alluvioni di origine fluvioglaciale costituite da ghiaie eterometriche, sabbiose con ciottoli, sormontate localmente da un suolo limoso-argilloso color bruno di discreto spessore; In corrispondenza dello scavo n.1 il suolo presenta uno spessore medio pari a circa 2,0 mt , mentre in corrispondenza dello scavo n.2 il suolo presenta uno spessore di circa 1,70 mt.

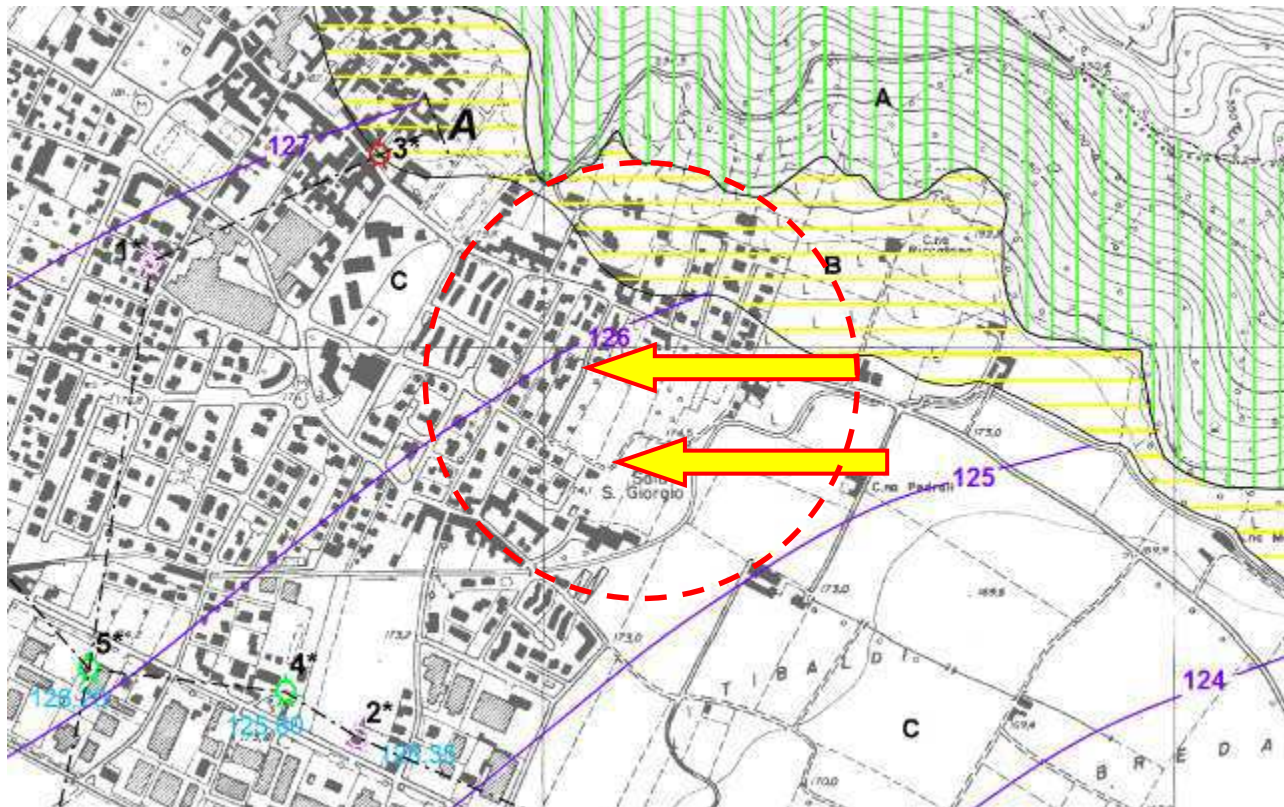
Il contatto stratigrafico tra il suolo e le sottostanti ghiaie avviene per transizione: il livello superiore delle ghiaie (tetto) si presenta con matrice limoso-argillosa, ma mastano pochi decimetri di profondità oltre il letto del suolo per riscontrare ghiaie sabbiose pulite.

Dall'analisi dell'estratto cartografico è inoltre evidente la situazione idrografica critica locale: poco più a sud ovest delle aree indagate (circa 200 mt verso SW), sono state cartografate superfici già nel 2008, in occasione della data di stesura dello studio geologico comunale, definite: *"...aree allagate per problemi legati agli scarichi fognari (acque bianche) e per difficoltà di smaltimento delle acque piovane..."*.

In corrispondenza invece delle soprastanti via Madonna della Pace, Via Riccafana, Via Risorgimento, Via Indipendenza sono evidenziate invece situazioni di scorrimento lungo la sede stradale delle acque di ruscellamento delle acque provenienti dal Monte Orfano.

Tutto ciò evidenzia lo stato idrografico superficiale piuttosto critico del luogo, per il quale gli interventi di progetto (costituzione di nuove linee di raccolta e smaltimento per infiltrazione) rappresentano una auspicata soluzione.

Nell'estratto dalla Tav. 2 (Carta Idrogeologica – L. Ziliani, Luglio 2008) l'area è inquadrata all'interno di superfici con soggiacenza dalla falda freatica pari a circa 48,5 mt ($125,5 \text{ mt s.l.m.} - 174,0 \text{ mt s.l.m.} = 48,5 \text{ mt}$), valore che ben si presta per le previsioni di smaltimento delle acque meteoriche di superficie per infiltrazione nel substrato locale.



UNITA' IDROGEOLOGICHE

C

Depositi fluvioglaciali prevalentemente ghiaioso-limosi con orizzonti cementati; permeabilità per porosità.

—124—

Linea isopiezometrica
n = quota della falda espressa in m s.l.m. (aprile 1997).

Estratto dalla Carta Idrogeologica (TAV.2) redatta da L.Ziliani (Maggio 2008)

L'inquadramento dell'area rispetto alla componente geologica del PGT comunale conferma quindi la compatibilità con le previsioni progettuali relative alla soluzione prospettata di smaltimento delle acque meteoriche per infiltrazione diretta nel sottosuolo.

5. STIMA DELLA PERMEABILITÀ LOCALE

In genere, ma anche nell'ambito delle modifiche introdotte al regolamento regionale sull'invarianza idraulica (introdotte dalla Deliberazione regionale N° XI / 1516 del 15/04/2019, ed in particolare le previsioni di cui all'art. 1 della deliberazione), è previsto che "...lo smaltimento dei volumi idrici invasati deve avvenire mediante infiltrazione nel suolo o negli strati superficiali del sottosuolo, compatibilmente con le caratteristiche pedologiche del suolo e idrogeologiche del sottosuolo, che, in funzione dell'importanza dell'intervento, possono essere verificate con indagini geologiche ed idrogeologiche sito specifiche....".

Per quanto riguarda questo aspetto, si è fatto quindi riferimento ai due scavi esplorativi ed al campionamento di substrato al di sotto del suolo locale, realizzati in corrispondenza del tracciato di progetto in data 17 gennaio 2023: gli scavi sono stati spinti ad una profondità tale da raggiungere il substrato naturale, che inizia localmente a partire rispettivamente da circa -2,0 mt dal piano strada nello scavo esplorativo n.1 e da circa 1,70 mt dal piano strada in corrispondenza dello scavo esplorativo n.2. Si riporta di seguito un estratto planialtimetrico aggiornato fornito dai Progettisti, nel quale è rappresentata la posizione planimetrica dei due scavi esplorativi condotti.



SCAVO ESPLORATIVO N°1

SCAVO ESPLORATIVO N°2

POZZO PERDENTE

Di seguito la successione stratigrafica riscontrata in corrispondenza dello scavo n.1:

- piano strada / -2,0 mt : suolo sabbioso-limoso di color bruno
- -2,0 / -2,20 mt : ghiaie eterometriche con ciottoli in debole matrice limosa
- -2,20 / in poi: ghiaie eterometriche sabbiose con ciottoli



aspetto del campione di substrato ghiaioso in corrispondenza dello scavo esplorativo n.1

Di seguito la successione stratigrafica riscontrata in corrispondenza dello scavo n.2:

- piano strada / -1,70 mt : suolo sabbioso-limoso di color bruno
- -1,70 / -2,00 mt : ghiaie eterometriche con ciottoli in debole matrice limosa
- -2,00 / in poi: ghiaie eterometriche sabbiose con ciottoli



aspetto del campione di substrato ghiaioso in corrispondenza dello scavo esplorativo n.2

Vista l'uniformità stratigrafica locale, i campioni raccolti in corrispondenza dei due scavi sono stati miscelati, al fine di costituire un unico campione da sottoporre ad analisi granulometrica.

Di seguito la tabella dei valori ottenuti dall'analisi granulometrica del campione unico.

Committente: Studio Ing. Sergio Savoldi

Località: Comune di Cologne – Via Leopardi – Via Corioni

Data: 17/01/2023

ANALISI GRANULOMETRICA – Setacciatura (sec. Normativa ASTM D421 e D2217)

Setaccio	Classe granulometrica (mm)	Passante (%)
ASTM 3"	75	98
ASTM 2"	50	90.5
ASTM 1,5"	37.5	82.5
ASTM 3/4"	19	65.5
ASTM 3/8"	9.5	47.5
ASTM 4"	4.75	36.5
ASTM 10"	2	24.05
ASTM 18"	1	18.05
ASTM 40"	0.425	12.30
ASTM 60"	0.25	9.05
ASTM 120"	0.125	6.45
ASTM 200"	0.075	4.75

Peso iniziale campione (N): 100

Frazione di peso < 0,075 mm (N): 4.75

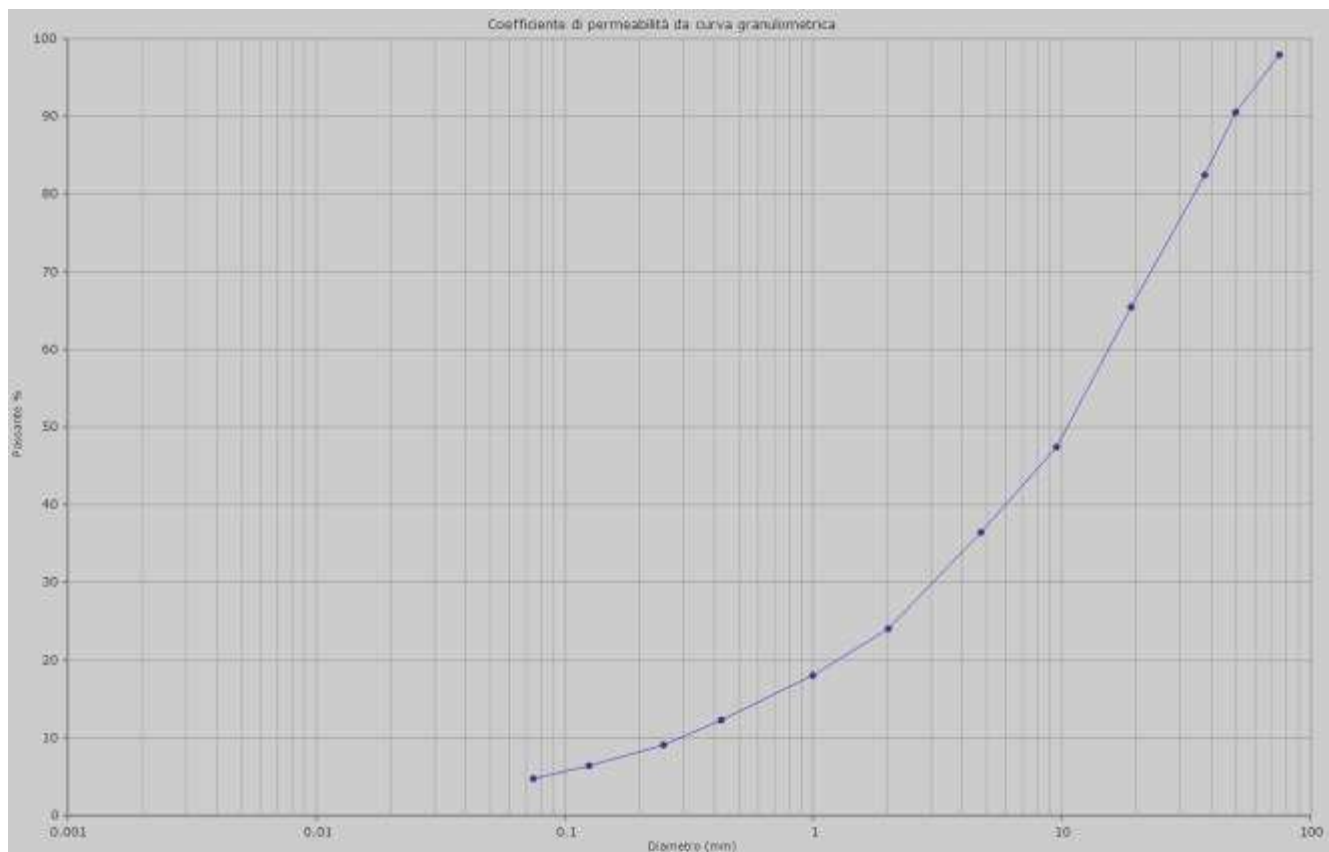
Frazione di peso > 0,075 mm (N): 95.25

Percentile 10 (d10) (mm): 0,19

Percentile 30 (d30) (mm): 3

Percentile 60 (d60) (mm): 16.5

Coefficiente di Uniformità (Cu): 86.87



Come evidenziato, si tratta di una “ghiaia sabbiosa ciottolosa”.

Per quanto riguarda la stima della permeabilità esistono in letteratura numerose correlazioni empiriche che permettono di stimare la permeabilità di un mezzo poroso, passando attraverso l’analisi della curva granulometrica. Tutte, per semplicità, vengono espresse nella forma:

$$K(m/s) = \frac{g}{v} C \phi(n) d_e^2$$

dove:

g =accelerazione di gravità=9,81 (m/s²);

v =coefficiente di viscosità dell’acqua, variabile in funzione della temperatura

Per quanto riguarda il coefficiente di viscosità, questo è in funzione della temperatura:

T (°C)	0	5	10	15	20	30	50
V (mq/s)	1,78 10 ⁻⁶	1,52 10 ⁻⁶	1,31 10 ⁻⁶	1,14 10 ⁻⁶	1,01 10 ⁻⁶	0,81 10 ⁻⁶	0,55 10 ⁻⁶

C = costante

$\phi(n)$ = funzione della porosità del terreno

d_e = diametro efficace dei granuli

Le formule presentate differiscono fra loro per i diversi valori adottati delle grandezze C , $\phi(n)$ e d_e .

Si ricorda infine che la porosità del terreno può essere stimata in prima approssimazione attraverso la relazione empirica:

$$n = 0,255(1 + 0,83^\mu)$$

dove $\mu = d_{60}/d_{10}$ è il coefficiente di uniformità del terreno.

Con riferimento quindi all’analisi granulometrica riportata in precedenza, si può procedere alla determinazione del coefficiente di uniformità μ e, conseguentemente, alla porosità :

$$n = 0,255(1 + 0,83^\mu)$$

$\mu = d_{60}/d_{10} \Rightarrow 86,8$ (coefficiente di uniformità)

$$n = 0,255(1 + 0,83^\mu) = 0,255 \text{ (porosità)}$$

La formula utilizzata nel calcolo della permeabilità locale è in questo caso la Formula di *Zamarin* (Vukovic and Soro, 1992). Nella formula le grandezze da introdurre nella relazione di calcolo di K assumono i seguenti valori:

$$C = 8,3 \cdot 10^{-3}$$

$$\phi(n) = \frac{n^3}{(1-n)^2} (1,275 - 1,5n)^2$$

$$1/d_e = \frac{3}{2} \frac{\Delta g_i}{d_i} + \sum \Delta g_i \frac{\ln d_i^g - \ln d_i^d}{d_i^g - d_i^d} \quad \text{dove } \Delta g_i \text{ è la frazione di peso del campione compresa fra il diametro maggiore e minore } (d_i^g \text{ e } d_i^d) \text{ dei granuli del passante i-esimo}$$

La formula è applicabile nel caso di sabbie grossolane. L'applicazione del metodo descritto porta ad una stima delle permeabilità del substrato locale pari a $K = 5,182 \times 10^{-3} \text{ m/sec}$

Curva granulometrica		
N.	diámetro(mm)	passante(%)
1	0.075	4.75
2	0.125	6.45
3	0.25	9.05
4	0.425	12.30
5	1.00	18.05
6	2.00	24.05
7	4.75	36.5
8	9.50	47.5
9	19.00	65.5
10	37.50	82.5
11	50.00	90.5
12	75.00	98.0

Coefficiente di permeabilità (m/s)= $5.182 \cdot 10^{-3}$ metodo: Zamarin

Il valore stimato è del tutto compatibile con il tipo di terreno analizzato.

6. CONCLUSIONI

Nell'ambito del progetto di previsti interventi di adeguamento delle reti idriche e delle acque reflue per la messa in sicurezza di strade in Comune di Cologne (BS), ed in particolare in Via Leopardi, è stata elaborata la presente relazione tecnica, particolarmente finalizzata alla stima della permeabilità del substrato. La presente relazione è quindi volta a supportare con dati di carattere sito-specifici il progetto di realizzazione di opere di raccolta, canalizzazione e smaltimento delle acque meteoriche superficiali, laddove anche la normativa specifica prevede che l'infiltrazione delle acque meteoriche debba essere gestita in funzione delle caratteristiche geologiche ed idrogeologiche sito-specifiche.

Sono stati quindi realizzati due scavi esplorativi ed due campionamenti di substrato al di sotto del suolo locale, realizzati in corrispondenza dei tracciati di progetto, in cui gli scavi sono stati spinti ad una profondità tale da raggiungere il substrato naturale, all'interno del quale smaltire le acque di origine meteorica provenienti dalle opere di collettamento.

I campioni raccolti all'interno degli scavi ed in corrispondenza dello strato ghiaioso in posto sono stati miselati (verificata l'uniformità stratigrafica locale) ed il campione risultante è stato sottoposto ad analisi granulometrica.

L'applicazione del metodo descritto nel capitolo 5 ha portato ad una stima delle permeabilità (conducibilità idraulica) del substrato locale pari a $K = 5,182 \times 10^{-3} \text{ m/sec}$.

Le acque di superficie potranno essere smaltite attraverso pozzi di infiltrazione, intestati nello strato di ghiaia pulito in posto mediamente a partire da -2,50 / -3,00 mt dal locale piano strada.

Il tecnico incaricato



The image shows a handwritten signature in blue ink over a circular professional stamp. The stamp is from the 'ORDINE DEI GEOLOGI della PROV. DI MANTOVA' and contains the text 'MOTTA MARINO' and 'N° 761'. The signature is written across the stamp.