

MI-E-799 INTERVENTO PER L'ELIMINAZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO NELL'ABITATO DI BIRINGHELLO IN COMUNE DI RHO

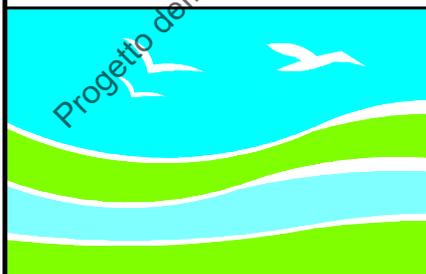
PROGETTO DEFINITIVO

R03 – RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

PROGETTISTA:
 DOTT. ING.
 FULVIO BERNABEI



GRUPPO DI LAVORO:
 DOTT. ING. STEFANO ADAMI
 DOTT. ING. LORENZO BENINCASA STAGNI
 DOTT. ING. ALBERTO MELODIA



DIZETA INGEGNERIA

STUDIO ASSOCIATO

Via Bassini, 19 – 20133 MILANO Tel. 02-70600125
 amministrazione@dizetaingegneria.it Fax 02-70600014

DATA	GIUGNO 2022	
COMMESSA N°	003/2020	REDATTO
CODICE COMMESSA	ESBOZZENTERHO	CONTROLLATO
NOME FILE	R03	APPROVATO BERNABEI

REV.	DATA	DESCRIZIONE MODIFICA	REDATTO	CONTR.	APPR.

Mod. 7.3 F - Rev. 01

Intervento di eliminazione del rischio idraulico
nell'abitato di Biringhello in Comune di Rho (MI)

Relazione geologica, geotecnica e di caratterizzazione sismica

Elaborato	Rev.	Data
330-RE-001	A	06.05.2022

Committente

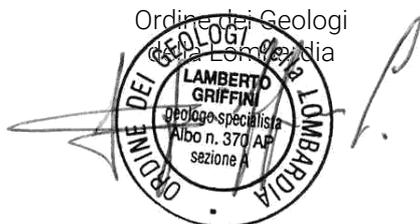


AIPO – Agenzia Interregionale
per il fiume Po

I Professionisti

Dott. Geol. Lamberto Griffini

Ordine dei Geologi
della Lombardia



Dott. Ing. Stefano Griffini

Ordine degli Ingegneri
della Provincia di Milano



Progetto definitivo approvato da AIPO in data 15/06/2022 soggetto a modifiche e ulteriori approfondimenti nei successivi step progettuali

Cronologia delle revisioni

Rev.	Data	Descrizione	Redatto	Controllato	Approvato
A	06.05.2022	Prima Emissione	NG	GS	GL

Progetto definitivo approvato da AIPO in data 15/06/2022 soggetto a modifiche e ulteriori approfondimenti nei successivi step progettuali

Abbreviazioni

NTC2018 DM 17 Gennaio 2018 – Norme Tecniche per le Costruzioni e Circolare 21 Gennaio 2019 n. 7 del Consiglio Sup. LL. PP. – Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni" di cui al DM 17 Gennaio 2018

Progetto definitivo approvato da AIPO in data 15/06/2022 soggetto a modifiche e ulteriori approfondimenti nei successivi step progettuali

Sommario

1	Premessa	4
2	Riferimenti	5
2.1	Normativa e Standard.....	5
2.2	Elaborati di progetto.....	5
2.3	Bibliografia.....	
3	Inquadramento geologico, geomorfologico ed idrogeologico	6
3.1	Inquadramento geologico.....	6
3.2	Inquadramento geomorfologico.....	7
3.3	Assetto idrogeologico.....	8
3.4	Modello Geologico di Riferimento (MGR).....	10
4	Caratterizzazione geotecnica	12
4.1	Prove penetrometriche SPT.....	12
4.1.1	Elaborazione prove penetrometriche.....	14
4.2	Prove di laboratorio geotecnico.....	20
4.3	Definizione dei parametri fisici e meccanici delle Unità Geotecniche.....	23
5	Caratterizzazione sismica	24
	Annessi	29

Annesso A1: Documentazione fotografica

Annesso A2: Log stratigrafici

Annesso A3: Certificati prove di laboratorio geotecnico

Annesso A4: Tavole di progetto

1 Premessa

Il presente documento è stato redatto a supporto del Progetto per la realizzazione di due vasche di laminazione delle acque del T. Bozzente in località Biringhello nel comune di Rho (MI).

Nella presente relazione vengono descritte le caratteristiche geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche, nonché il Modello Geologico di Riferimento (MGR) relativo alle aree in esame.

Sulla base del Modello Geologico di Riferimento e delle indagini geotecniche eseguite nei fori di sondaggio è stato redatto il Modello Geotecnico, in cui vengono definite le proprietà fisiche e meccaniche delle diverse unità geotecniche individuate.

Vengono infine definite le caratteristiche sismiche del sito, i parametri sismici di progetto e le azioni sismiche di progetto.



Figura 1

Ubicazione dell'area oggetto di studio con evidenziate le opere esistenti (deviatore Bozzente, linea nera tratteggiata) e di progetto (vasche di laminazione, linee rosse continue; scarico di fondo, linea rossa tratteggiata)

2 Riferimenti

2.1 Normativa e Standard

- [1] DM 17.01.2018 – Norme Tecniche per le Costruzioni
- [2] Circolare 21 Gennaio 2019 n. 7 del Consiglio Sup. LL. PP. – Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni" di cui al DM 17 Gennaio 2018

2.2 Elaborati di progetto

- [3] 330-RE-001 – Relazione geologica, geotecnica e di caratterizzazione sismica – Studio Griffini, 06.05.2022
- [4] 330-DX-001_C – Planimetria indagini geognostiche preliminari
- [5] 330-DX-002_C – Planimetria indagini geognostiche preliminari-Tavola Catastale
- [6] 330-DX-003_A1 – Planimetria rilievo topografico deviatore Bozzente
- [7] 330-DX-004_A1 – Sezioni rilievo topografico deviatore Bozzente

2.3 Bibliografia

- [8] Berardi R., Lancellotta R., "Stiffness of Granular Soils from Field Performance"; 1991, Geotechnique
- [9] Bieniawski Z.T. (1989) – Engineering rock mass classification. Wiley Interscience Publ., pp. 249
- [10] Cestari F. (2009) – Prove geotecniche in sito", Edizioni Geo-Impianti
- [11] EPRI, 1990 – "Manual on estimating soil properties for foundation design" – Cornell University Ithaca, New York
- [12] Hoek E., 2006-2010 – "Practical rock Engineering"
- [13] ISPRA – Progetto CARG – Carta Geologica d'Italia; Foglio 118, Milano
- [14] ISPRA – Progetto CARG – Note Illustrative della Carta Geologica d'Italia; Foglio 118, Milano
- [15] Jamiolkowski M., Ghionna V.N., Lancellotta R., Pasqualini E. (1988) – "New correlations of penetration tests for design practice", Proceedings of I International Symposium on Penetration Testing, ISOPT I, Orlando
- [16] Liao S.C. e Withmann R.V. (1986). Overburden Correction Factors for SPT in Sand. Journal of GEED, ASCE. 112 (3): 373-377
- [17] PGT del Comune di Rho – Tavole e Relazione Geologica
- [18] Schmertmann, J.H. (1975), "Measurement of in situ shear strength, keynote lecture, Proceedings of the conference on in-situ measurement of soil properties", June 1-4, 1975, vol. II, American Society of Civil Engineers
- [19] Skempton, A. W. (1986), "Standard penetration test procedures and the effects in sands of overburden pressure, relative density, particle size, ageing and overconsolidation". Geotechnique 36, n°2

3 Inquadramento geologico, geomorfologico ed idrogeologico

3.1 Inquadramento geologico

L'area di interesse ricade all'interno del Bacino Padano. È un bacino sedimentario di età terziaria compreso tra le strutture alpine e quelle appenniniche. L'assetto dei suoi depositi è stato determinato sia dalla storia geologica dell'area sia dalle variazioni climatiche che si sono succedute nel tempo.

La successione sedimentaria plio-pleistocenica ha un carattere regressivo, alla base sono presenti depositi torbiditici di mare profondo ricoperti da un prisma sedimentario progradante sia assialmente (legato alle azioni del paleo Po), sia trasversalmente originato dai depositi alpini e appenninici.

All'interno del Bacino Padano, sono state riconosciute e mappate due superfici di discontinuità a scala regionale che hanno portato alla definizione delle tre unità di sottosuolo:

- Supersistema Padano (PD);
- Supersistema Lombardo Inferiore (LI);
- Supersistema Lombardo Superiore (LS).

Secondo quanto riportato dalla cartografia geologica del CARG (**Figura 3.1**), nell'area di interesse affiorano depositi riferibili al Supersistema Lombardo Superiore, e nello specifico al Sistema di Cantù (LCN).

Tale unità è costituita da depositi fluvioglaciali ghiaioso-sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi, espressione dell'ultima glaciazione (LGM), viene pertanto attribuita al tardo Pleistocene Superiore.

In particolare, viene così definita:

- Sistema di Cantù: ghiaie a prevalente supporto clastico, con matrice sabbiosa; sabbie ghiaiose; sabbie, sabbie limose, limi sabbioso argillosi massivi (depositi fluvioglaciali).

Le ghiaie sono sempre caratterizzate da supporto clastico, matrice sabbiosa o sabbioso limosa, i clasti sono arrotondati, subarrotondati e in prevalenza centimetrici; le caratteristiche petrografiche differiscono in base al bacino di alimentazione: in prevalenza si ritrovano metamorfiti, quarzo, porfidi rosa, vulcaniti e diaspri.

Inferiormente le ghiaie poggiano su di una superficie erosionale che verso nord incide i depositi dell'unità di Minoprio (BMI) come mostrato nella sezione geologica B-B' della cartografia geologica del CARG e di cui se ne riporta uno stralcio in **Figura 3.2**.

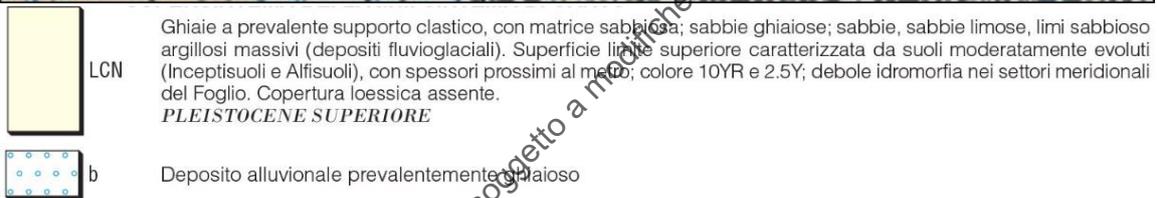


Figura 3.1

Stralcio della Carta Geologica d'Italia (Progetto CARG Foglio 118, Milano) e delle voci della legenda relative ai depositi interessati. Nel riquadro rosso l'area di studio.

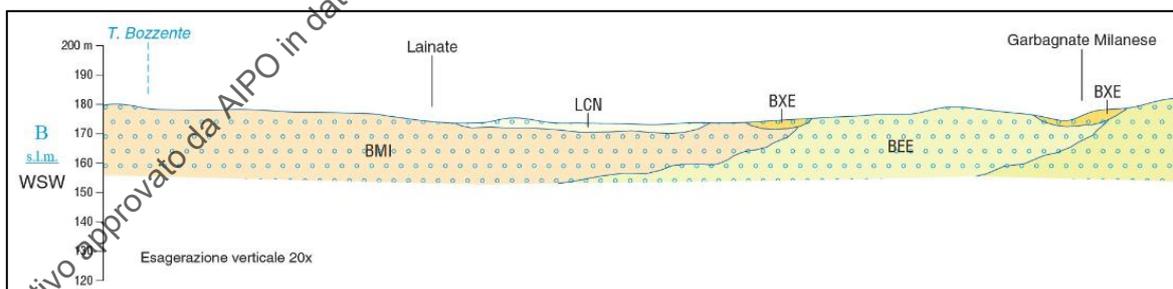


Figura 3.2

Stralcio della sezione geologica B-B' della Carta Geologica d'Italia (Progetto CARG Foglio 118, Milano). La sezione è ubicata poco a nord dell'area di studio (BLCM: supersintema dei Laghi; sintema di Cantù; XE: unità di Bulgarograsso; BMI: unità di Minoprio; BEE: unità di Cadorago)

3.2 Inquadramento geomorfologico

L'area di interesse è ubicata a nord-ovest della provincia di Milano e fa parte del cosiddetto "livello Fondamentale della Pianura" (Auct.), costituito da depositi ghiaioso-sabbiosi con intercalazioni argillose e frequente presenza di ciottoli di dimensioni decimetriche.

In tutta l'area l'azione modellante degli agenti morfogenetici non è più visibile a causa dell'intervento antropico, la presenza di antichi terrazzi fluviali non sono più distinguibili se non dalla mancanza di uno strato superiore di alterazione.

In **Figura 3.3** si riporta lo stralcio della carta litologica, pedologica e geomorfologica allegata al PGT del Comune di Rho, in cui è riportata la presenza di un paleoalveo ad est dell'area investigata con andamento grossomodo nord-sud e di forma arcuata.

Nella medesima carta sono riportate le aree di esondazione del T. Bozzente per diversi tempi di ritorno (in rosso per $Tr=10$ anni, in giallo per $Tr=100$ anni e in verde per $Tr=500$ anni).

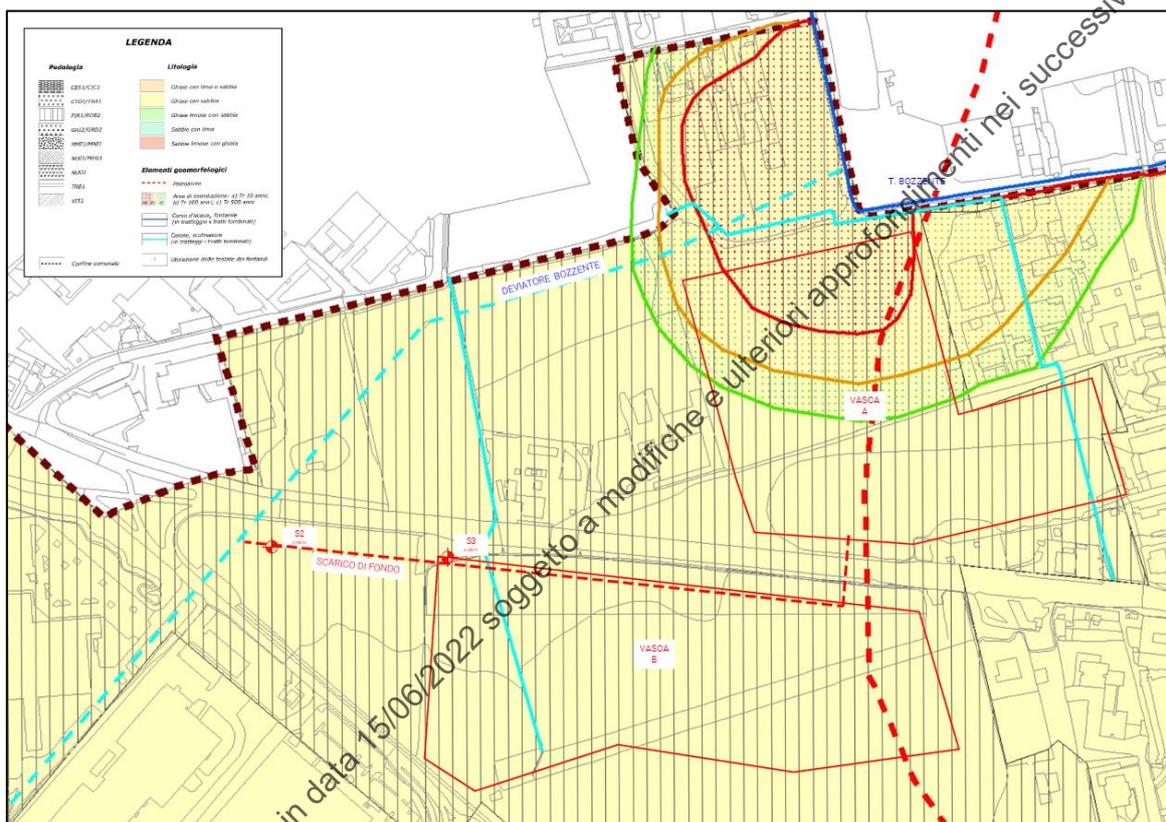


Figura 3.3

Stralcio della carta litologica, pedologica e geomorfologica allegata al PGT del Comune di Rho con sovrapposizione delle opere in progetto.

3.3 Assetto idrogeologico

Secondo i più recenti studi sul sottosuolo della pianura padana lombarda (Regione Lombardia & ENI, 2002), è possibile identificare quattro acquiferi sovrapposti, schematizzabili in:

- Gruppo Acquifero A: corrisponde alla porzione più superficiale dell'acquifero tradizionale (litozona ghiaioso-sabbiosa), che nell'area di studio si presenta generalmente libero. La profondità di quest'acquifero è di circa 40÷45 m dal piano campagna;
- Gruppo Acquifero B: corrisponde alla porzione di acquifero tradizionale più profondo, generalmente confinato o semi-confinato e che raggiunge una profondità di circa 80÷120 m dal piano campagna. È separato dal precedente da livelli e lenti poco permeabili di spessore variabile dai 5 ai 20 m non sempre continui;

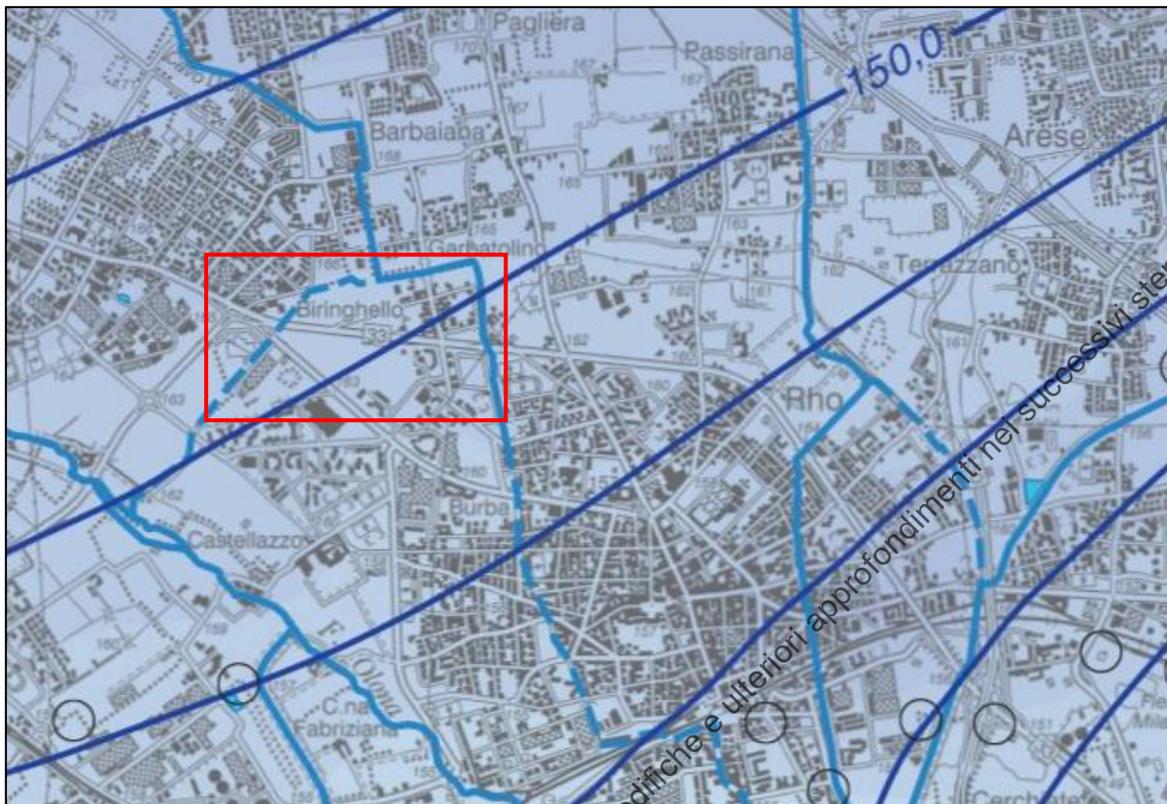


Figura 3.5

Stralcio della carta piezometrica della falda freatica (dalla Carta Geologica d'Italia, Progetto CARG Foglio 118, Milano). Dati del 2003

Per quanto riguarda l'idrografia superficiale dell'area in esame, il corso d'acqua di maggior rilievo è rappresentato dal T. Bozzente, che scorre in direzione nord-sud con andamento quasi rettilineo salvo alcuni tratti dove si hanno bruschi cambi di direzione.

Uno di questi è presente immediatamente a monte dell'area indagata e in prossimità del canale scolmatore (deviatore Bozzente). In corrispondenza di quest'ultimo è presente una saracinesca di controllo della portata entrante.

Lo studio idraulico riportato nel PGT del comune di Rho (riff. [17] e **Figura 3.3**) mostra che, nonostante la presenza dello scolmatore, durante gli eventi piovosi di maggiore intensità si verificano fenomeni di esondazione delle acque immediatamente a valle dello scolmatore con conseguente allagamento delle aree adiacenti.

3.4 Modello Geologico di Riferimento (MGR)

L'area di interesse è ubicata a nord-ovest del territorio comunale di Rho (MI) adiacente alla SS33 del Sempione. La morfologia del territorio è grossomodo pianeggiante, salvo in prossimità del Torrente Bozzante dove sono presenti piccole scarpate che ne delimitano l'alveo.

Dalle indagini svolte, e riassunte nel successivo capitolo, risulta che la successione stratigrafica è caratterizzata da un primo livello costituito da ghiaie sabbiose debolmente limose di colore marrone, con clasti poligenici da spigolosi a sub-arrotondati per uno spessore di circa 5 m da piano campagna.

Al di sotto è presente un livello di circa 1.5 m di spessore costituito da limi argilloso-sabbiosi di colore marrone chiaro/rossastro rinvenuto in entrambi i fori di sondaggio.

Dai 6.5 m circa di profondità fino ai 20.0 m da piano campagna (profondità a cui sono stati spinti i due fori di sondaggio), i depositi sono costituiti da sabbie limose o debolmente limose, con ghiaia e ciottoli di colore marrone chiaro/rossastro. I clasti si presentano da spigolosi a sub-arrotondati a diversa natura petrografica e con dimensioni fino a decimetriche.

La falda, secondo quanto riportato dalla carta geologica del CARG, presenta una soggiacenza di circa 13 m da piano campagna e associabile al Gruppo Acquifero A definito nel paragrafo precedente.

Progetto definitivo approvato da AIPO in data 15/06/2022 soggetto a modifiche e ulteriori approfondimenti nei successivi step progettuali

4 Caratterizzazione geotecnica

Il Modello Geotecnico di Riferimento è stato definito a partire dalle informazioni riportate nel Modello Geologico di Riferimento, dai dati ottenuti con le indagini geognostiche effettuate in sito, dai risultati delle prove di laboratorio geotecnico e integrate con dati bibliografici relativi a siti prossimi a quello in oggetto e/o depositi analoghi per caratteristiche granulometriche e di addensamento.

Le indagini e prove eseguite sono consistite in:

- n.2 sondaggi geognostici spinti fino ad una profondità di 20 m da p.c. comprensivi di prove SPT ogni 3 m e prelievo di campioni rimaneggiati per le prove di laboratorio geotecnico (n.4 per ogni sondaggio);
- Prove di laboratorio geotecnico sui campioni prelevati (analisi granulometriche e limiti di consistenza quando possibili).

Sulla base dei valori di resistenza alla punta delle prove penetrometriche e delle analisi di laboratorio realizzate, è stata definita la successione stratigrafica delle unità geotecniche presenti in sito:

- Da 0.0 a 5.0 m riporti superficiali poco addensati (RPR-GSPA);
- Da 5.0 a 6.6 m limo argilloso-sabbioso poco addensato (GTH1-LSAPA);
- Da 6.6 a 15 m sabbia limoso-ghiaiosa moderatamente addensata (GTH2-SLGMa);

La stratigrafia di riferimento è quella ottenuta in corrispondenza delle prove penetrometriche.

Nei paragrafi seguenti sono descritte in dettaglio le analisi ed elaborazioni svolte per definire i parametri caratteristici da considerare per le tre unità sopra descritte.

La caratterizzazione geotecnica di riferimento è sintetizzata in **Tabella 4.1**.

Unità	Profondità		Peso di volume naturale	Peso di volume saturo	Angolo di resistenza al taglio	Coesione efficace	Modulo elastico operativo	Coefficiente di Poisson
	da	a	γ_N	γ_{SAT}	ϕ'_k	c'_k	E_{25}	ν
	[m da p.s.]	[m da p.s.]	[kN/m ³]	[kN/m ³]	[°]	[kPa]	[MPa]	[-]
RPR	0.0	5.0	20.0	21.0	34	0	15	0.35
GTH1	5.0	6.6	20.0	21.0	32	5	7.5	0.35
GTH2	6.6	15.0	20.5	21.5	36	0	15÷25	0.30

Tabella 4.1

Caratterizzazione geotecnica

4.1 Prove penetrometriche SPT

Durante le fasi di perforazione sono state eseguite quattro prove SPT a diverse profondità in funzione dei materiali presenti e tenendo conto delle caratteristiche delle opere in progetto.

La prova standard consiste nel far penetrare nel terreno un campionatore standardizzato (campionatore Raymond), o a punta conica chiusa nei terreni a granulometria grossolana, mediante battitura con un maglio con peso di 63,5 kg e altezza di caduta di 76 cm.

Le misure vengono effettuate per tre avanzamenti consecutivi di 15 cm ciascuno, contando il numero di colpi necessari (N_{spt}) per ogni avanzamento. La resistenza alla penetrazione del terreno è definita

come somma del numero di colpi di infissione per il secondo e terzo avanzamento, cioè $N=N_2+N_3$. Data la natura dei materiali attraversati si è reso necessario l'utilizzo della punta conica chiusa, con dimensioni, peso ed angolo standardizzati.

In **Tabella 4.2** sono riportati i risultati delle prove SPT realizzate nei sondaggi S2 ed S3, mentre in **Figura 4.1** è riportata la distribuzione dell' N_{SPT} in funzione della profondità della prova.

Risultati prove SPT						
Sondaggio	n. prova	Profondità	N1	N2	N3	N_{SPT}
[-]	[-]	[m da p.c.]	[-]	[-]	[-]	[-]
S2	1	3.00	9	15	21	36
	2	6.50	8	11	13	24
	3	9.00	10	9	21	30
	4	12.00	6	8	13	21
	5	15.00	10	11	14	25
	6	18.00	26	R (4 cm)*	-	100
S3	1	3.00	24	36	33	59
	2	6.50	8	11	12	23
	3	9.00	8	9	11	20
	4	12.00	7	8	10	18
	5	15.00	7	8	14	22
	6	18.00	44	R (4 cm)*	-	100

* R = Prova a rifiuto (infissione a seguito dei 50 colpi)

Tabella 4.2

Tabella riassuntiva dei risultati ottenuti dalle prove penetrometriche eseguite nei fori di sondaggio

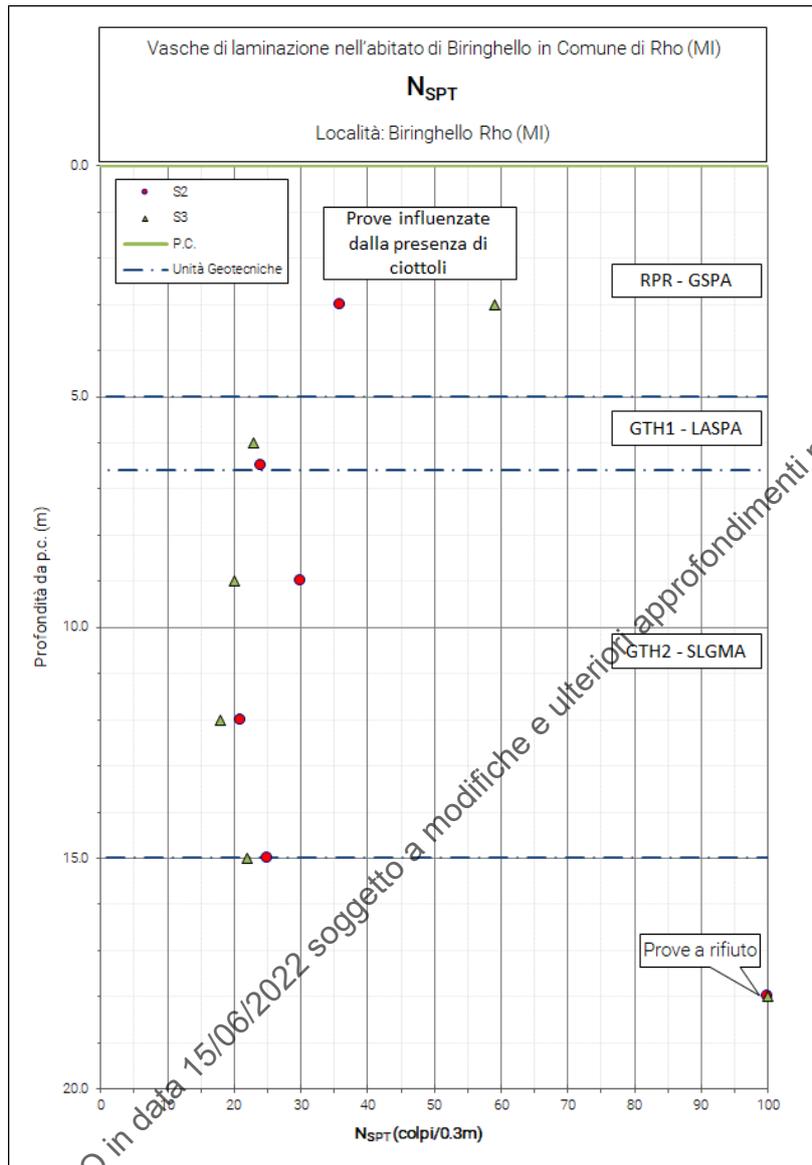


Figura 4.1

Risultati prove penetrometriche

4.1.1 Elaborazione prove penetrometriche

Sulla base dei risultati delle prove penetrometriche dinamiche sono stati valutati i seguenti parametri geotecnici:

- Numero di colpi normalizzati N_{160}
- Densità relativa D_r ;
- Angolo di resistenza al taglio di picco ϕ'_p ;
- Coesione non drenata C_u ;
- Modulo elastico secante per un grado di mobilitazione della resistenza ultima del 25%, E_{25} .

N₁₆₀

I valori ottenuti in sito sono stati normalizzati in funzione della profondità, del tipo di attrezzatura utilizzata e delle caratteristiche granulometriche generali dei terreni (**Figura 4.2**), secondo la seguente equazione:

$$N_{160} = N_{60} \times C_{R} \times C_N$$

dove:

$$N_{60} = N_{SPT} \times E_R/60 \times C_B \times C_S \times C_R \text{ (Skempton, 1986)}$$

e:

- N_{160} : valore di resistenza normalizzato;
- N_{60} : valore di resistenza in rapporto ad un'energia di riferimento pari al 60% ($E_R/60$), al diametro del foro (C_B), al campionatore (C_S) ed alla lunghezza delle aste (C_R);
- C_N : fattore di correzione in funzione della granulometria del terreno (Liao & Whitmann, 1986).

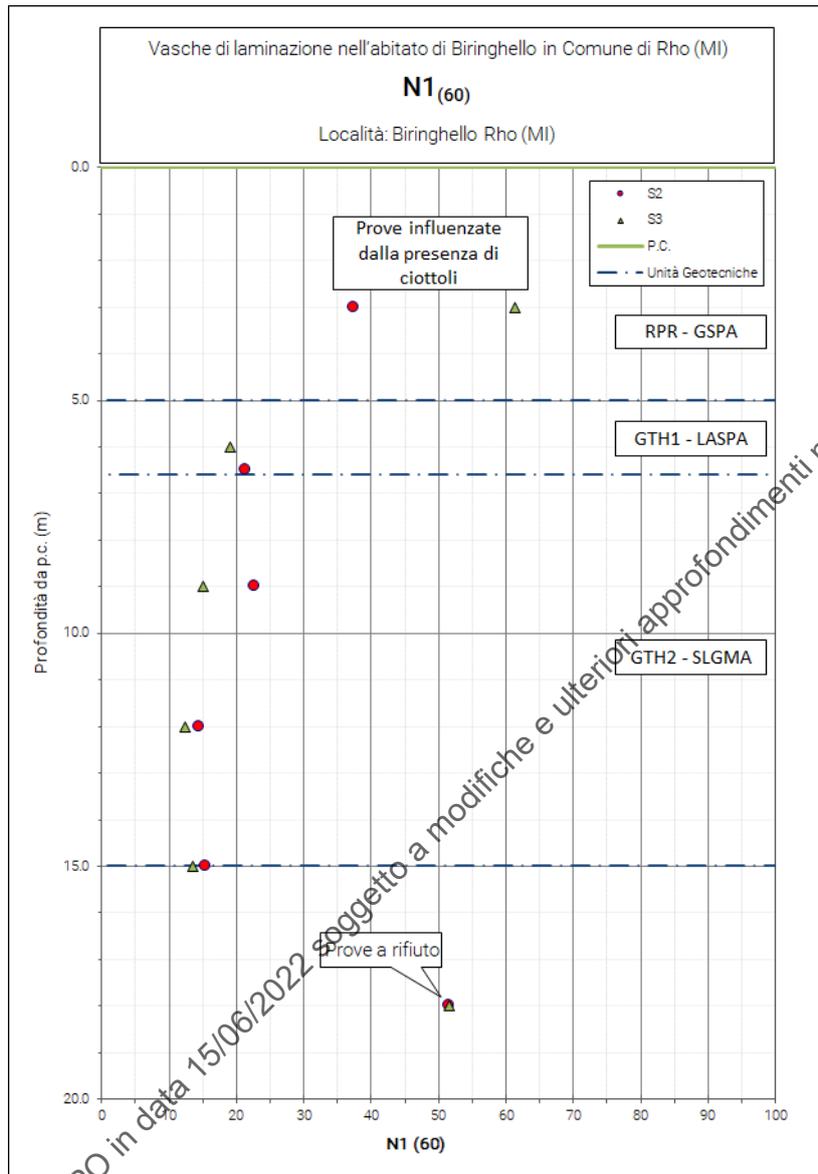


Figura 4.2

Risultati prove penetrometriche normalizzate

Densità relativa

Il valore di densità relativa (D_r) è stato ricavato applicando l'equazione proposta da Skempton (1986) sulla base del valore della resistenza normalizzata $N1_{60}$:

$$D_r (\%) \approx [N_{SPT} \times (98.1/\sigma'_{v0})^{0.5}/60]^{0.5}$$

I risultati delle elaborazioni sono mostrati in **Figura 4.3**.

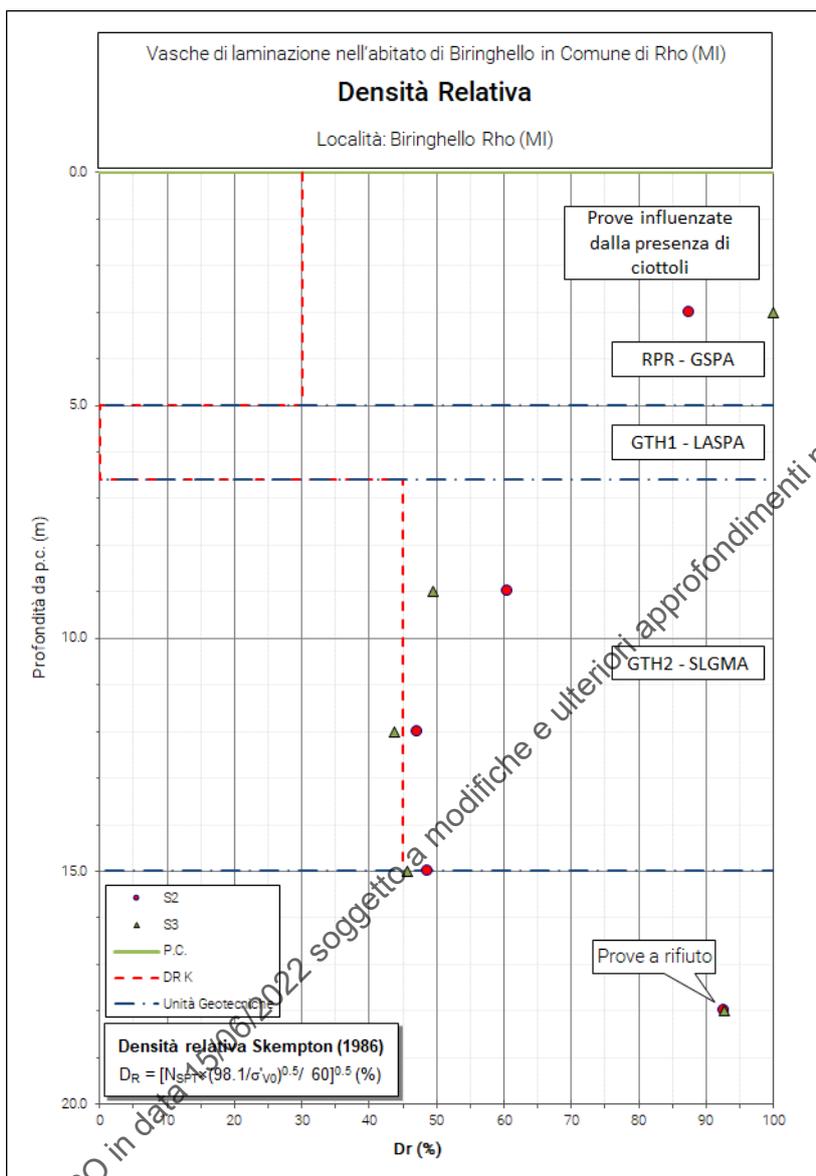


Figura 4.3

Definizione dei valori di densità relativa (DR) dai risultati delle prove penetrometriche

Angolo di resistenza al taglio di picco ϕ'_p

Per la definizione dell'angolo di resistenza al taglio di picco dei depositi prevalentemente granulari, sono state utilizzate le formulazioni proposte da Schmertmann (1975), di cui si riportano per completezza le equazioni:

- $\phi'_p = 28.0 + 0.140 \times Dr$ (sabbia fine uniforme)
- $\phi'_p = 31.5 + 0.115 \times Dr$ (sabbia media uniforme/sabbie fini ben gradate)
- $\phi'_p = 34.5 + 0.100 \times Dr$ (sabbia grossa uniforme/sabbia media ben gradata)
- $\phi'_p = 38.0 + 0.080 \times Dr$ (ghiaietto uniforme/sabbie e ghiaie poco limose)

I risultati delle elaborazioni svolte, in termini di angolo di resistenza al taglio di picco, sono mostrati in **Figura 4.4**. Nella stessa figura sono indicati i valori caratteristici assunti per la caratterizzazione geotecnica delle diverse unità interessate dalle prove penetrometriche.

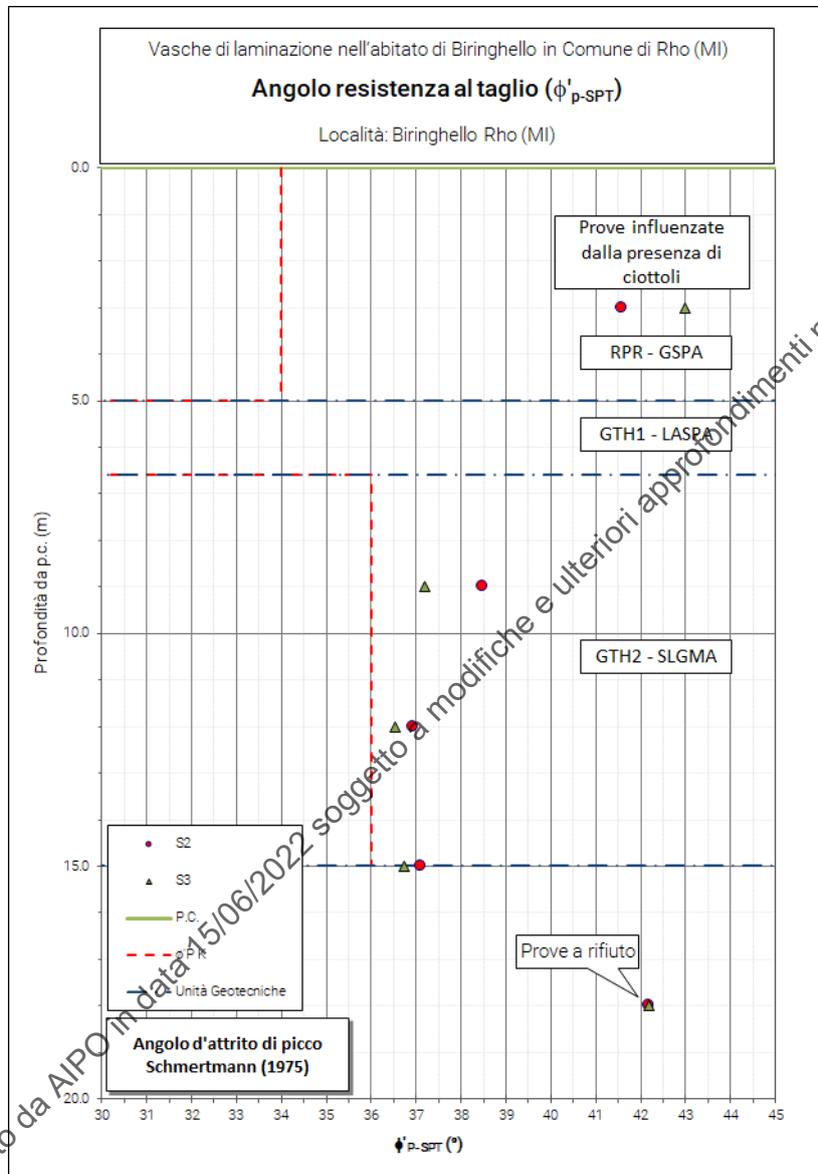


Figura 4.4

Definizione dei valori di angolo di resistenza al taglio di picco ϕ'_p dai risultati delle prove penetrometriche

Modulo elastico secante operativo E_{25}

Il modulo elastico secante per un grado di mobilitazione della resistenza ultima pari al 25% è stato stimato utilizzando la correlazione proposta da Jamiolkowsky (1988) relativo al caso di terreni normal-consolidati:

$$E_{25} = 0.0981 \times (10.5 - 3.5 D_r) \times N_{SPT} \quad [Mpa]$$

I risultati delle elaborazioni ed i valori assunti nella caratterizzazione sono mostrati in **Figura 4.5**.

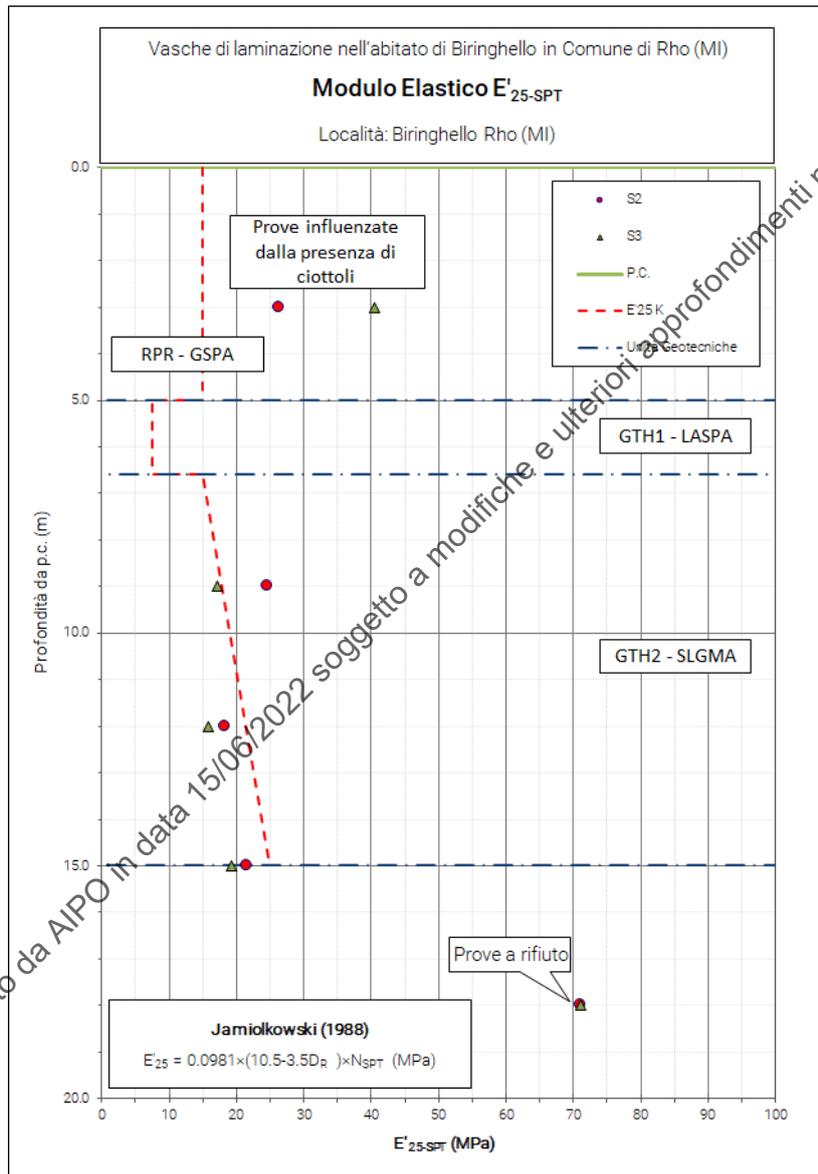


Figura 4.5

Modulo elastico secante per un grado di mobilitazione della resistenza ultima del 25% (Jamiolkowsky, 1988)

4.2 Prove di laboratorio geotecnico

Di seguito si illustrano i risultati delle prove di laboratorio geotecnico eseguite sui campioni di terreno prelevati.

Analisi Granulometriche

È stata ricostruita la distribuzione delle granulometrie per mezzo di prove granulometriche per setacciatura e sedimentazione dei campioni prelevati.

I risultati delle elaborazioni ed i valori assunti nella caratterizzazione sono mostrati in **Figura 4.6**

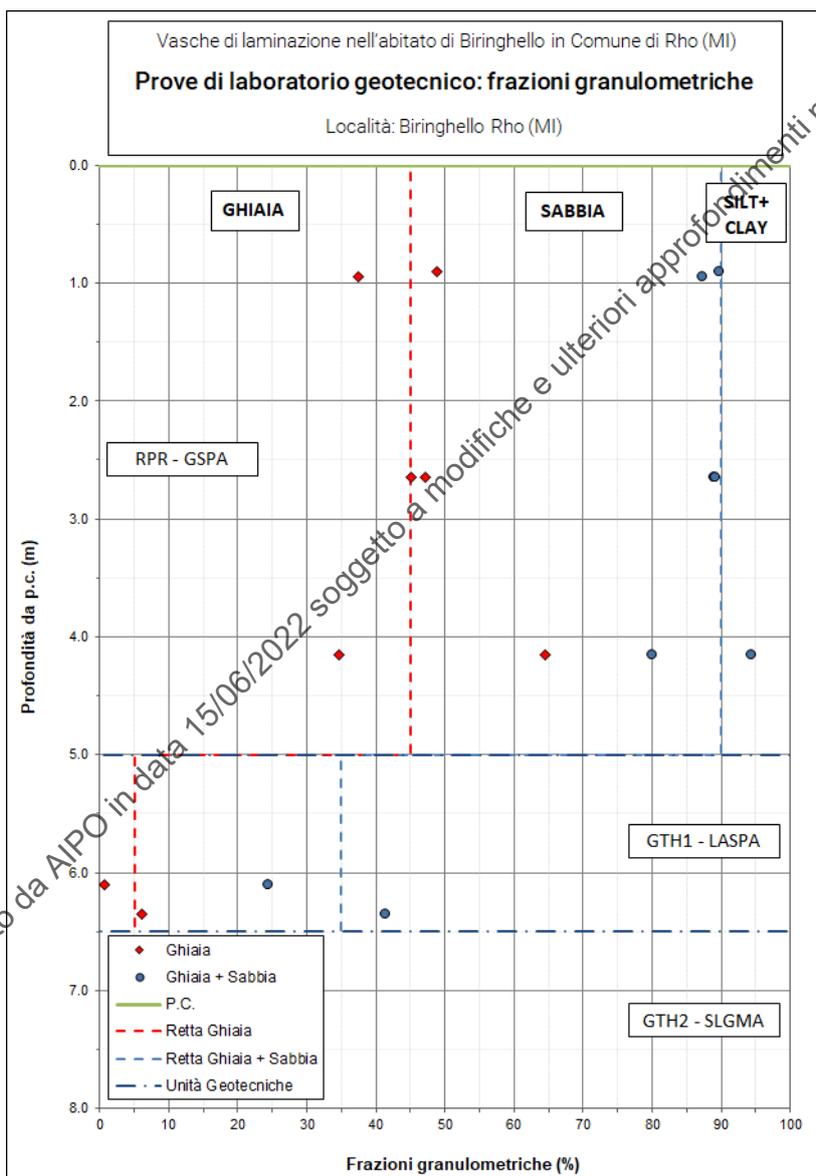


Figura 4.6

Risultati delle analisi granulometriche sui campioni rimaneggiati prelevati

Limiti di consistenza

A partire dalla frazione fine dei campioni prelevati in sito (di cui solo due avevano un contenuto in fine idonei), sono stati definiti i limiti di consistenza (Limiti di Atterberg) definendone il Limiti Plastico (WP), il Limite Liquido (WL) e da questi l'Indice di Plasticità (IP).

In **Figura 4.7** sono riportati i risultati dei limiti di consistenza sui campioni analizzati in funzione della quota.

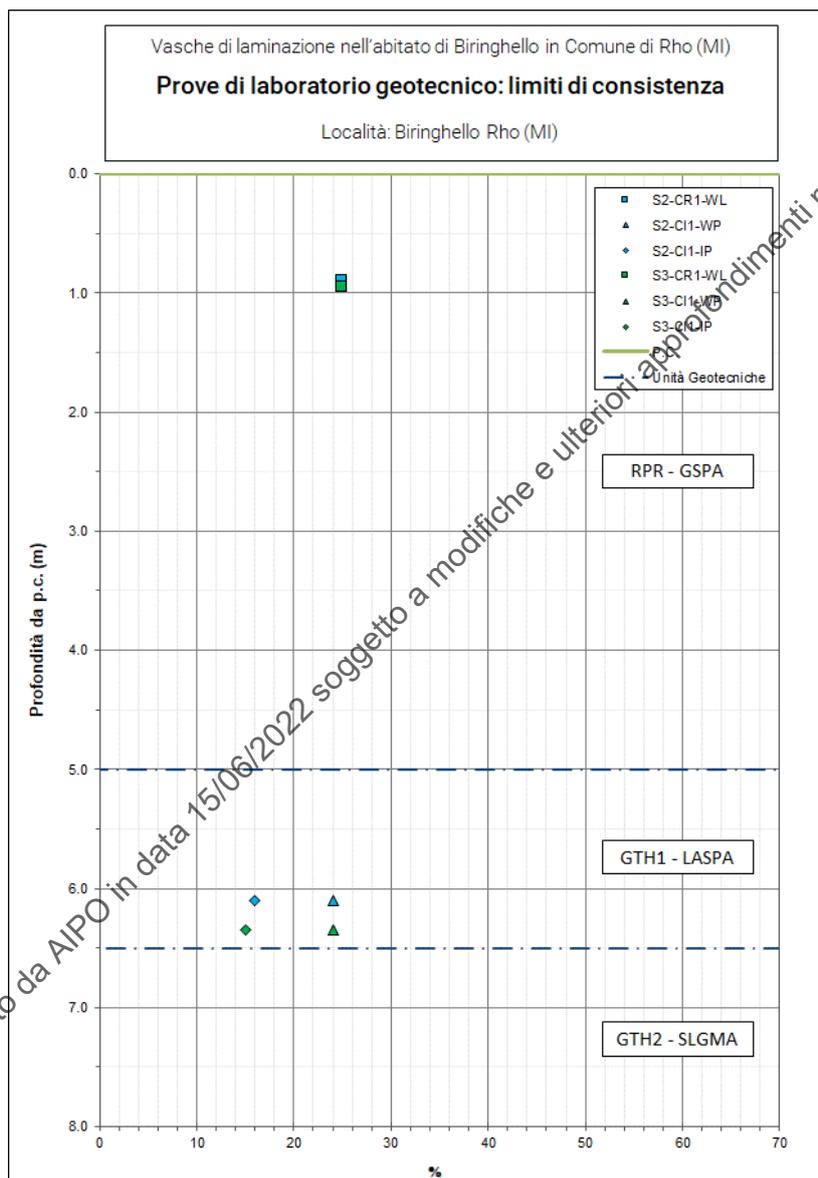


Figura 4.7

Limiti di consistenza eseguiti sulla frazione fine dei campioni rimaneggiati prelevati

Resistenza al taglio a volume costante

In **Figura 4.8** sono riportati i valori di angolo di resistenza al taglio ottenuti mediante la formula proposta da Mitchell (1979) partendo dai valori dell'Indice di Plasticità (IP) ottenuti dai limiti di consistenza.

Di seguito la formulazione proposta da Mitchell (1979):

$$\text{sen}\phi'_{cv} = 0.8 - 0.094 \ln(IP)$$

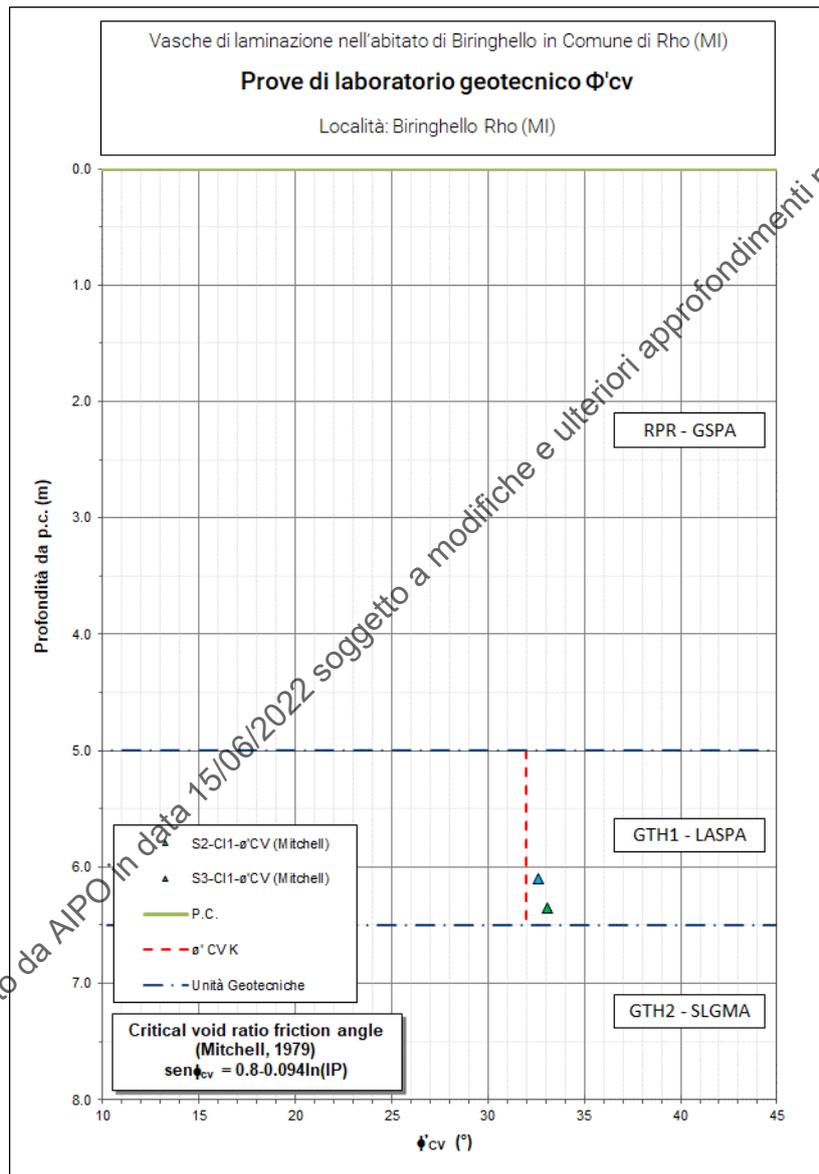


Figura 4.8

Definizione del ϕ'_{cv} (Mitchell, 1979)

4.3 Definizione dei parametri fisici e meccanici delle Unità Geotecniche

Peso di volume

Il peso di volume naturale (γ_n) e saturo (γ_{sat}) delle unità presenti in sito è stato definito sulla base di dati tipici di letteratura relativi a depositi analoghi per caratteristiche geologiche e a partire dai dati di densità relativa ottenuti dalle prove.

Nello specifico sono stati assegnati i seguenti valori γ_n e γ_{sat} :

- Da p.c. a 5.0 m γ_n pari 20.0 kN/m³ e γ_{sat} pari a 21.0 kN/m³;
- Da 5.0 a 6.6 m γ_n pari 20.0 kN/m³ e γ_{sat} pari a 21.0 kN/m³;
- Da 6.6 a 15.0 m γ_n pari 20.5 kN/m³ e γ_{sat} pari a 21.5 kN/m³

Parametri di rigidezza

Il modulo elastico longitudinale secante E_{25} (o modulo operativo) è stato stimato partendo dai dati ricavati dalle prove SPT e utilizzando la correlazione proposta da *Jamiolkowsky* (1988) relativo al caso di terreni normal consolidati per gli strati superficiali (fino a 15.0 m da p.c.), così come riportato in **Figura 4.5** del precedente paragrafo.

In definitiva, sulla base di quanto sopra riportato, per le Unità Geotecniche in esame si considerano i seguenti moduli:

- Da p.c. a 5.0 m E_{25} pari a 15.0 MPa;
- Da 5.0 a 6.6 m E_{25} pari a 7.5 MPa;
- Da 6.6 a 15.0 m E_{25} progressivamente crescente da 15.0 a 25.0 Mpa.

Modulo di Poisson

Il modulo di Poisson assegnato alle varie Unità Geotecniche deriva dai valori reperiti in letteratura per depositi con caratteristiche granulometriche simili. I valori assegnati sono:

- Da p.c. a 5.0 m ν pari a 0.35;
- Da 5.0 a 6.6 m ν pari a 0.35;
- Da 6.6 a 15.0 m ν pari a 0.30.

Resistenza al taglio

L'angolo di resistenza al taglio è stato stimato partendo dai dati ricavati dalle prove SPT e utilizzando le correlazioni proposte da *Schmertmann* (1975) come riportato in **Figura 4.4** del precedente paragrafo per la frazione granulare, mentre per la frazione coesiva dalla formulazione proposta da *Mitchell* (1979) come riportato in **Figura 4.8**.

Gli angoli di resistenza al taglio caratteristici considerati per le diverse unità geotecniche sono quindi:

- Da p.c. a 5.0 m ϕ'_p pari a 34°;
- Da 5.0 a 6.6 m ϕ'_p pari a 32°;
- Da 6.6 a 15.0 m ϕ'_p pari a 36°;

5 Caratterizzazione sismica

Classificazione sismica comunale

La stima della pericolosità sismica locale a livello è definita in base al D.M. 14 gennaio 2008 aggiornato dal DM 17.01.2018 mediante un approccio "sito dipendente". L'azione sismica di progetto, funzione dello stato limite da considerare, viene definita partendo dalla "pericolosità di base" del sito.

Il D.g.r. n. 2129/2014 della Regione Lombardia ha provveduto all'aggiornamento della zonazione sismica regionale; secondo tali aggiornamenti il comune di Rho ricade in Zona sismica 4 con a_{gMax} pari a 0,044399.

Definizione dei parametri sismici di progetto

La definizione dei parametri sismici di progetto è stata eseguita, direttamente per il sito in esame, a partire dai parametri fondamentali per le opere in progetto.

Vita nominale, classi d'uso e periodo di riferimento delle opere

Sulla base dei dati forniti dal Progettista, per la definizione delle azioni sismiche si è fatto riferimento ai seguenti parametri:

- Tipo di costruzione: Cat. 3
- Vita nominale: 100 anni
- Classe d'uso: II
- Coefficiente C_u : 1.0

Pericolosità sismica

I parametri di pericolosità sismica sono stati elaborati a partire dalle coordinate del sito di riferimento:

- Latitudine: 45.542035°N
- Longitudine: 9.022628°E

Sulla base di tali parametri di ingresso si ottengono i seguenti valori di pericolosità sismica:

Parametri stati limite	U.M.	SLD	SLV
Probabilità di superamento P_{vr}	(%)	63	10
Tempo di ritorno T_r	(anni)	101	949
Accelerazione orizzontale massima (su suolo rigido) a_g	(g)	0.027	0.050
Valore massimo fattore amplificazione dello spettro di accelerazione orizzontale F_0	(-)	2.594	2.722
Tempo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale T^*_c	(s)	0.206	0.304

Tabella 5.1

Pericolosità sismica

Categoria di sottosuolo e condizioni topografiche

La determinazione della categoria di sottosuolo è stata definita a partire dalle prove SPT eseguite nei fori di sondaggio S2 ed S3, da cui è stato ricavato il valore di $N_{SPT,30}$, in accordo con quanto descritto nella circolare applicativa alle NTC2018 al §C3.2.2 (rif. [2]).

Nelle elaborazioni non sono stati presi in considerazione i valori ottenuti dalla prima prova (posta a 3 m da p.c. e molto probabilmente influenzate dalla presenza di ciottoli); inoltre si è ritenuto di non considerare neppure le prove "a rifiuto", potenzialmente conseguenti alla locale presenza di ciottoli poste a 18 m da p.c.

Poiché le prove penetrometriche raggiungono una profondità di 15.0 m da piano campagna, per la definizione dei valori di $N_{SPT,30}$ relativi alle profondità comprese tra 15.0 e 30.0 m, cautelativamente si è adottato il valore misurato in corrispondenza dell'ultima prova penetrometrica valida posta a profondità -15.0 m.

Dalle elaborazioni è stato ricavato il valore di $15 < N_{SPT,30} < 50$ per entrambi i sondaggi, a cui, secondo quanto riportato in Tab. 3.2.II delle NTC2008, per valori $N_{SPT,30}$ corrispondono valori di V_{s30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

Secondo quanto sopradescritto la categoria di sottosuolo simico in cui ricadono i depositi presenti sul sito indagato è la categoria C ai sensi delle NTC2018, Tab. 3.2.II.

Categoria di sottosuolo: 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.

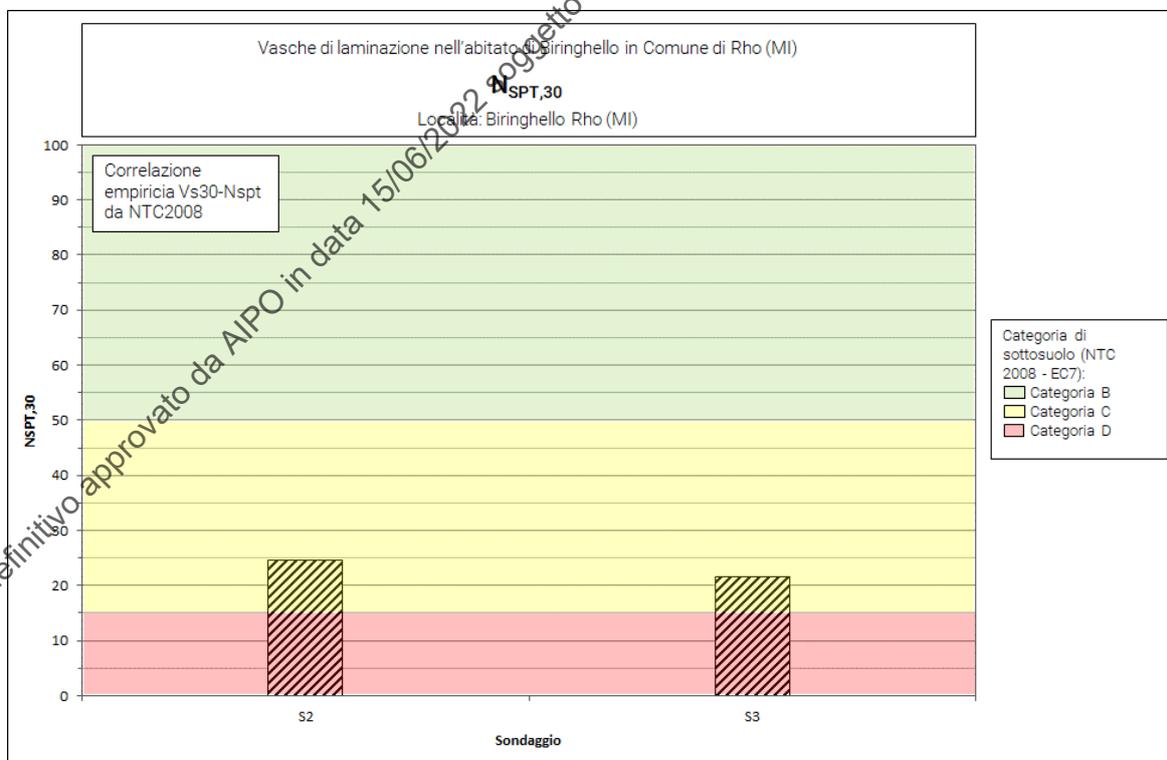


Figura 5.1

Categoria di sottosuolo (NTC2008) da $N_{SPT,30}$

Il sito in esame si trova su superficie pianeggiante, si assume quindi categoria topografica T1:

Categoria Topografica: T1 – Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$

Azione sismica di progetto

In definitiva, in base a tutte le analisi sopra descritte i parametri sismici di progetto elastici risultano:

Coefficienti sismici	SLD	SLV
S_s	1.5	1.5
C_C	1.769	1.555
S_T	1.0	1.0
a_{max} (g)	0.041	0.075

Tabella 5.2

Parametri sismici di progetto

Gli spettri di progetto elastici all'SLD e all'SLV, definiti in accordo alle NTC2018 sia per la componente orizzontale che per quella verticale del sisma sono riportati in **Figura 5.2** e in **Figura 5.3**.

Progetto definitivo approvato da AIPO in data 15/06/2022 soggetto a modifiche e ulteriori approfondimenti nei successivi step progettuali

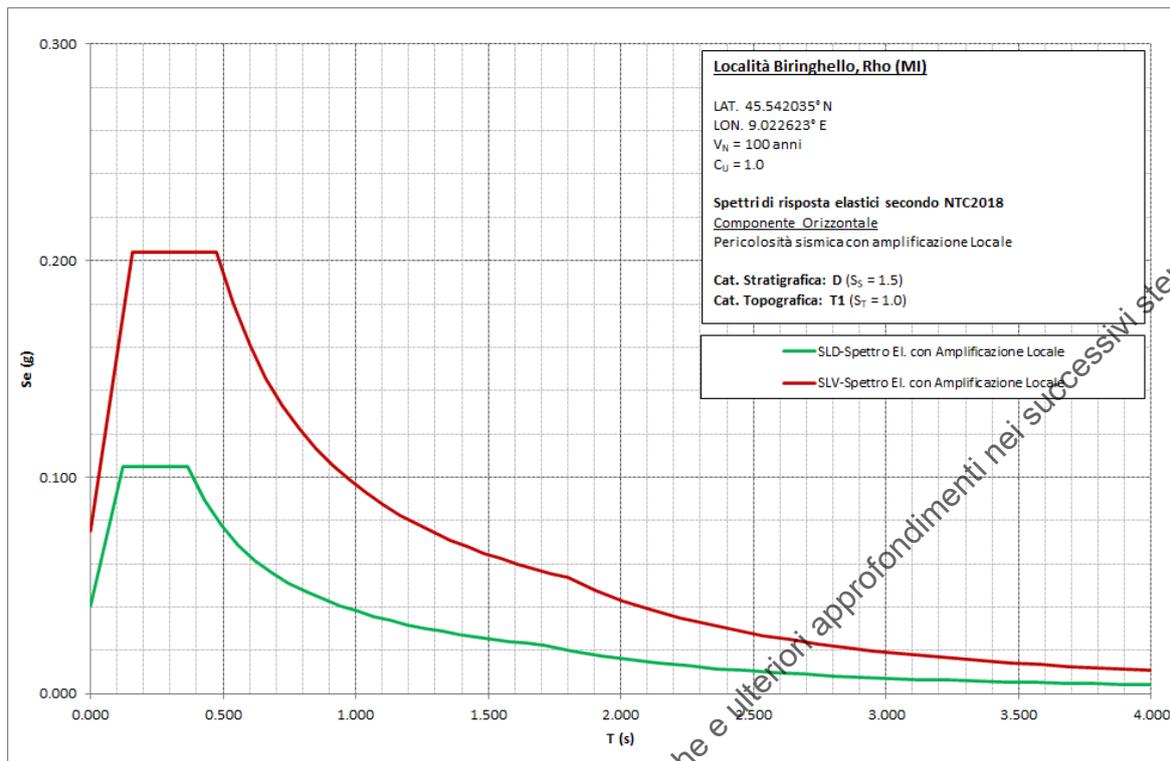


Figura 5.2

Spettri elastici di progetto – Componente Orizzontale

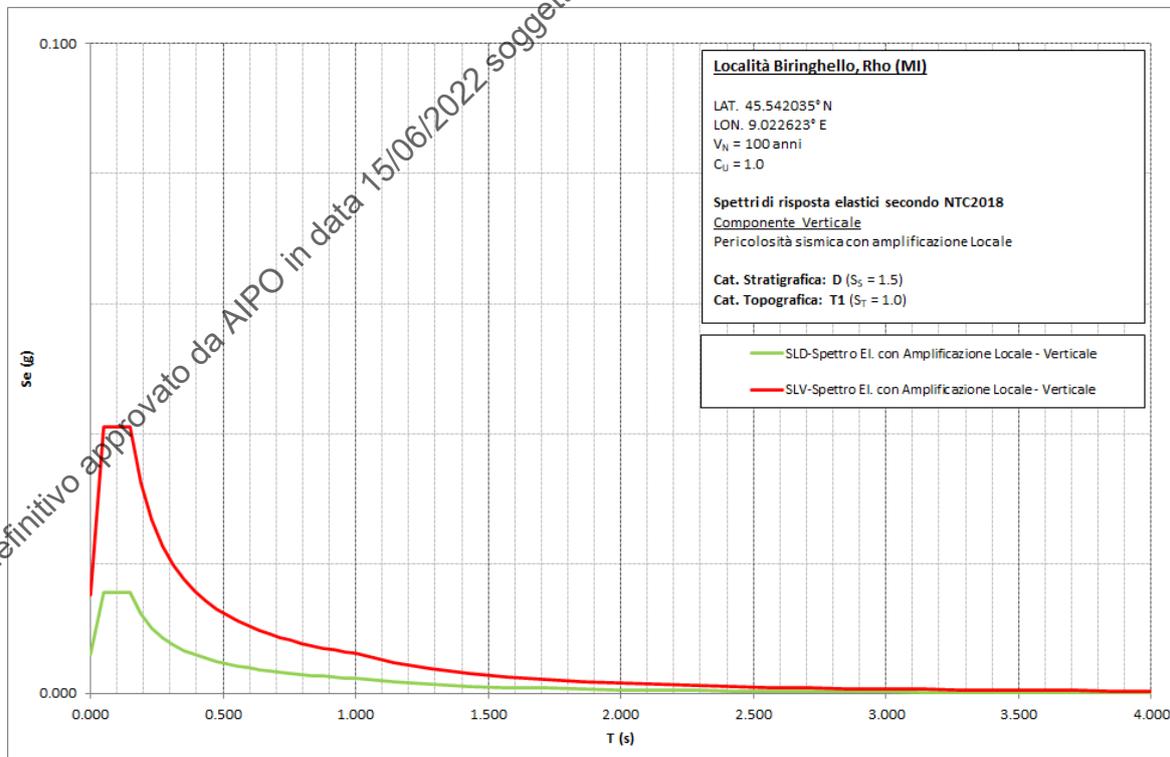


Figura 5.3

Spettri elastici di progetto – Componente Verticale

Progetto definitivo approvato da AIPO in data 15/06/2022 soggetto a modifiche e ulteriori approfondimenti nei successivi step progettuali

Annessi

Progetto definitivo approvato da AIPO in data 15/06/2022 soggetto a modifiche e ulteriori approfondimenti nei successivi step progettuali

Annesso A1: Documentazione fotografica

Progetto definitivo approvato da AIPO in data 15/06/2022 soggetto a modifiche e ulteriori approfondimenti nei successivi step progettuali

Sondaggio S2



Figura 1

Ubicazione del sondaggio S2 prima delle lavorazioni



Figura 2

Sondaggio S2 in fase di realizzazione

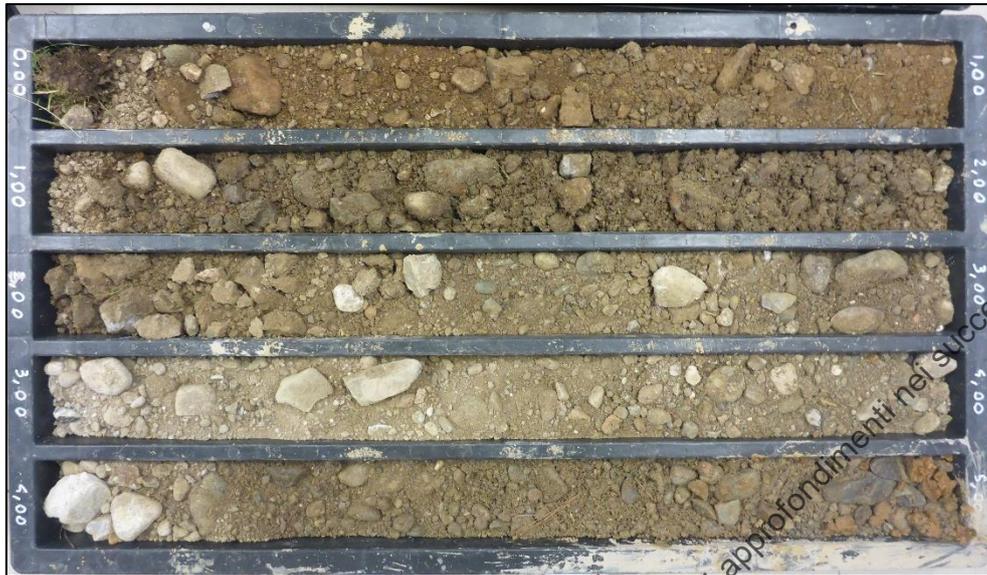


Figura 3

Sondaggio S2 – cassetta catalogatrice n.1 – profondità 0 – 4 m



Figura 4

Sondaggio S2 – cassetta catalogatrice n.2 – profondità 5 – 10 m



Figura 5

Sondaggio S2 – cassetta catalogatrice n.3 – profondità 10 – m



Figura 6

Sondaggio S2 – cassetta catalogatrice n.4 – profondità 15 – 20 m

Sondaggio S3



Figura 7

Ubicazione del sondaggio S3 prima delle lavorazioni



Figura 8

Sondaggio S3 in fase di realizzazione



Figura 9

Sondaggio S3 – cassetta catalogatrice n.1 – profondità 0 e 5 m



Figura 10

Sondaggio S3 – cassetta catalogatrice n.2 – profondità 5 – 10 m



Figura 11

Sondaggio S3 – cassetta catalogatrice n.3 – profondità 10 – 15 m



Figura 12

Sondaggio S3 – cassetta catalogatrice n.4 – profondità 15 – 20 m

Annesso A2: Log stratigrafici

Progetto definitivo approvato da AIPO in data 15/06/2022 soggetto a modifiche e ulteriori approfondimenti nei successivi step progettuali

Stratigrafia sondaggio S2

Progetto definitivo approvato da AIPO in data 15/06/2022 soggetto a modifiche e ulteriori approfondimenti nei successivi step progettuali

Stratigrafia sondaggio S3

Progetto definitivo approvato da AIPO in data 15/06/2022 soggetto a modifiche e ulteriori approfondimenti nei successivi step progettuali

Committente: AIPO – Agenzia Interregionale per il fiume Po

Intervento di eliminazione del rischio idraulico nell'abitato di Biringhella in Comune di Rho (MI)

Relazione geologica, geotecnica e di caratterizzazione sismica

Doc. 330-RE-001_A del 06.05.2022

Pag. Annessi

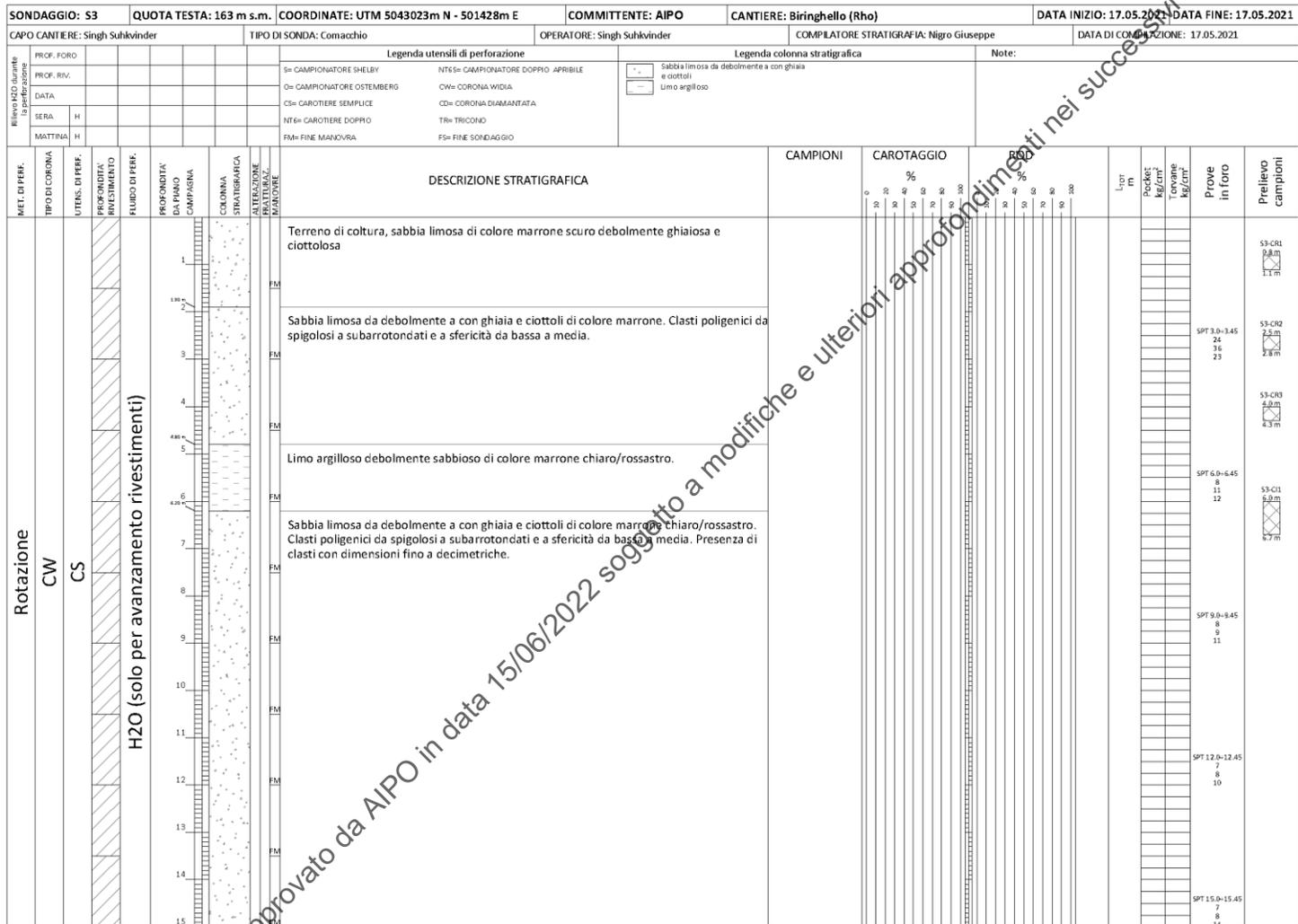


Figura 15

Log stratigrafico sondaggio S3 0÷15 m

Studio GRIFFINI S.r.l.

Sede Legale: Via E. Pagliano, 37 20149 Milano – Uffici: Via A. Martini, 11 20092 Cinisello Balsamo (MI)
T. 02 61298274 – F. 02 61770281 – E. studio@studiogriffini.eu – Web: www.studiogriffini.eu

Progetto definitivo approvato da AIPO in data 15/06/2022 soggetto a modifiche e ulteriori approfondimenti nei successivi step progettuali

STUDIO GRIFFINI - Via A. Martini, 11 20092 Cinisello Balsamo (MI) - T. 02 61298274 - F. 02 61770281 - E-mail: studio@studiogriffini.eu

Foglio 1 di 2

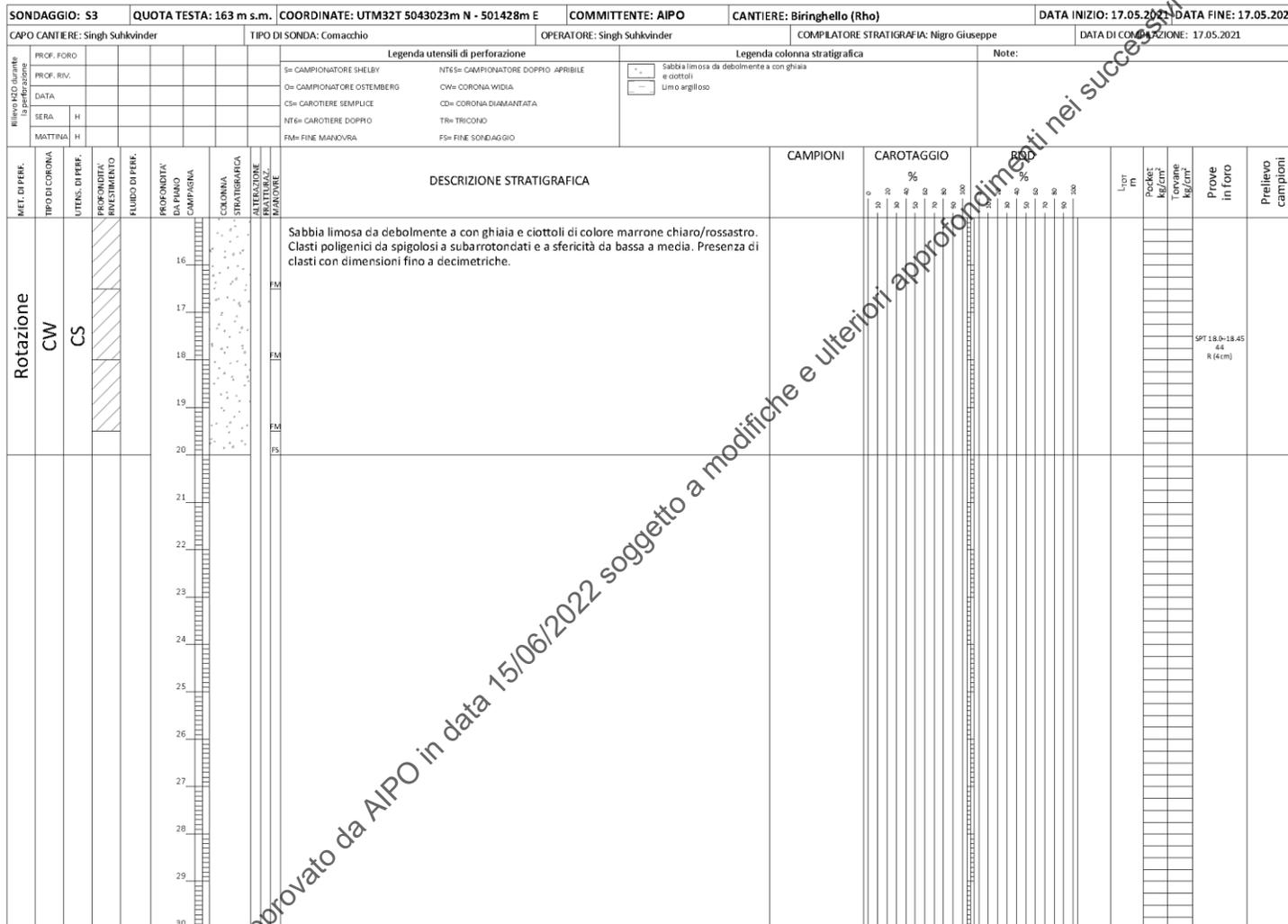
Committente: AIPO – Agenzia Interregionale per il fiume Po

Intervento di eliminazione del rischio idraulico nell'abitato di Biringhella in Comune di Rho (MI)

Relazione geologica, geotecnica e di caratterizzazione sismica

Doc. 330-RE-001_A del 06.05.2022

Pag. Annessi



Annesso A3: Certificati prove di laboratorio geotecnico

Progetto definitivo approvato da AIPO in data 15/06/2022 soggetto a modifiche e ulteriori approfondimenti nei successivi step progettuali

Campioni sondaggio S2

Progetto definitivo approvato da AIPO in data 15/06/2022 soggetto a modifiche e ulteriori approfondimenti nei successivi step progettuali

ALTAIR SRL

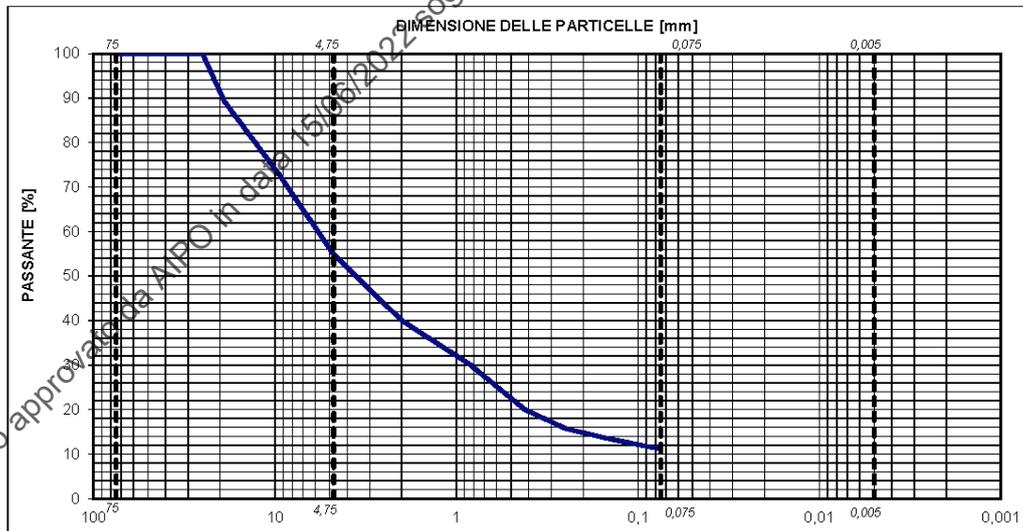
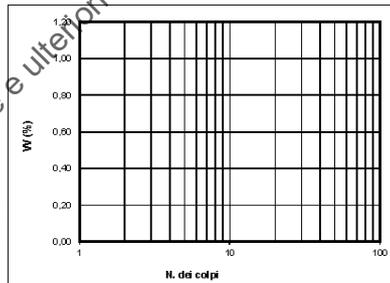
Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti prove terre (sette "a") e rocce (sette "b")
 D.P.R. 06.06.2001 n.380 art. 59 - Circ. 7618/STC del 08.09.2010 Autorizzazione n. 52505 del 11.10.2004 e successivi rinnovi
 Laboratorio Certificato UNI BN ISO 9001 ICMQ n.11353 del 28.10.2011 e successivi rinnovi



Certificato n. 1732	del 07/06/2021	Accettazione n. 2796	del 18/05/2021
SETACCIATURA - (ASTM D6913)		data inizio prova 25/05/2021	data fine prova 31/05/2021

COMMITTENTE:	AIPO		
COMMESSA:	330		
LOCALITA':	BIRINGHELLO RHO (MI)		
SONDAGGIO:	S2	CAMPIONE:	IN CLASSE Q3 PROFONDITA': 2,50-2,80 m

ANALISI PER SETACCIATURA				ANALISI PER SEDIMENTAZIONE			LIMITI DI CONSISTENZA						
Peso iniziale	834,3	g		Peso iniziale		g	Limite Liquido (WL)		%				
Diametro massimo	35	mm		Diametro massimo		mm	Limite Plastico (WP)		%				
Diametro minimo	25	mm					Indice di Plasticità (IP)		%				
Contenuto d'acqua	-	%					Indice di Consistenza (IC)		%				
	mm	Set in. - No.	Percentuale passante	Diametro	u.m.	Percentuale							
Passante	75,0	3	100,00 %										
Passante	50,8	2	100,00 %										
Passante	38,1	1 1/2	100,00 %										
Passante	25,4	1	100,00 %										
Passante	19,0	3/4	89,28 %										
Passante	9,5	3/8	72,92 %										
Passante	4,75	No. 4	54,91 %										
Passante	2,0	No. 10	40,00 %										
Passante	0,850	No. 20	30,30 %										
Passante	0,425	No. 40	20,04 %										
Passante	0,254	No. 60	15,76 %										
Passante	0,150	No. 100	13,60 %										
Passante	0,075	No. 200	11,14 %										
Ghiaia g	{19-75}		10,72 %	ASTM CLASSIFICATION GW- GM GW-GC GP-GM GGC			AASHTO M 145-82 A1-a						
Ghiaia f	{4,75-19,0}		34,38 %										
Sabbia g	{2-4,75}		14,91 %	γs - Mg/mc									
Sabbia m	{0,425-2}		19,96 %	CU - nd -									
Sabbia f	{0,075-0,425}		8,91 %	CC - nd -									
Limo+argilla	{< 0,075}		11,14 %										
Limo	{0,005-0,075}		%										
Argilla	{< 0,005}		%										



Capitale Sociale € 95.000,00.- i.v. Sede Legale Via E. Pagliano, 37 20149 MILANO
 Laboratorio: Via A. Martini, 11 20092 CINISELLO BALSAMO (MI) Tel. 0261293850 r.a. Fax 0261770281
 E-mail: info@geodaltair.it P.E.C.: altair srl@legalmail.it R.E.A. n. 1198777 - Registro Imprese Milano / C.F. / p.IVA n. 08041580153

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO:

1 di 1

ALTAIR SRL

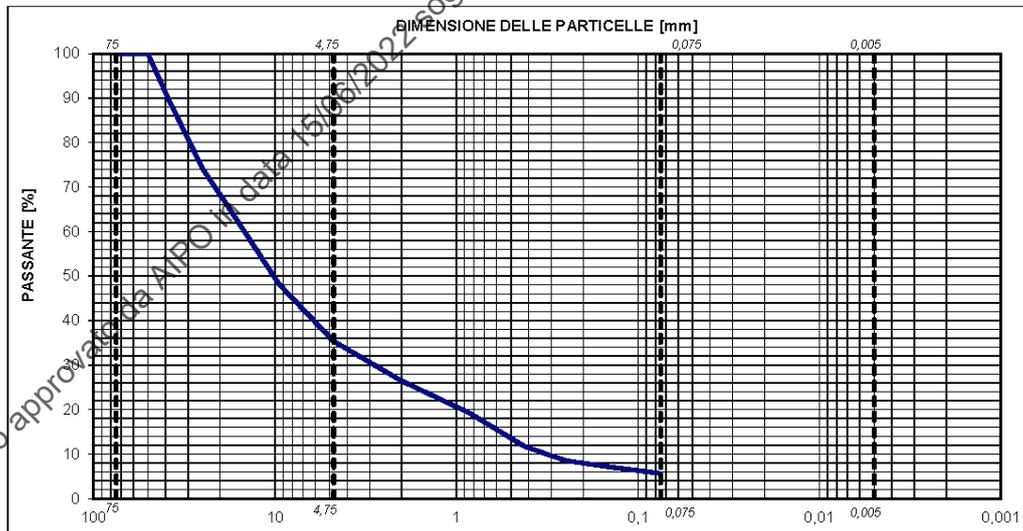
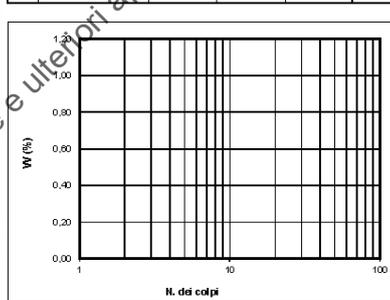
Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti prove terre (sette "a") e rocce (sette "b")
D.P.R. 06.06.2001 n.380 art. 59 - Circ. 7618/STC del 08.09.2010 Autorizzazione n. 52505 del 11.10.2004 e successivi rinnovi
Laboratorio Certificato UNI EN ISO 9001 ICMQ n.11353 del 28.10.2011 e successivi rinnovi



Certificato n. 1733	del 07/06/2021	Accettazione n. 2796	del 18/05/2021
SETACCIATURA - (ASTM D6913)		data inizio prova 25/05/2021	data fine prova 31/05/2021

COMMITTENTE:	AIPO		
COMMESSA:	330		
LOCALITA':	BIRINGHELLO RHO (MI)		
SONDAGGIO:	S2	CAMPIONE:	IN CLASSE Q3 PROFONDITA': 4,00-4,30 m

ANALISI PER SETACCIATURA				ANALISI PER SEDIMENTAZIONE			LIMITI DI CONSISTENZA						
Peso iniziale	1477,6	g		Peso iniziale		g	Limite Liquido (WL)		%				
Diametro massimo	75	mm		Diametro massimo		mm	Limite Plastico (WP)		%				
Diametro minimo	50	mm					Indice di Plasticità (IP)		%				
Contenuto d'acqua	-	%					Indice di Consistenza (IC)		%				
	mm	Set in. - No.	Percentuale passante	Diametro	u.m.	Percentuale							
Passante	75,0	3	100,00 %										
Passante	50,8	2	100,00 %										
Passante	38,1	1 1/2	89,33 %										
Passante	25,4	1	74,17 %										
Passante	19,0	3/4	66,92 %										
Passante	9,5	3/8	48,21 %										
Passante	4,75	No. 4	35,39 %										
Passante	2,0	No. 10	26,45 %										
Passante	0,850	No. 20	19,25 %										
Passante	0,425	No. 40	11,70 %										
Passante	0,254	No. 60	8,54 %										
Passante	0,150	No. 100	7,21 %										
Passante	0,075	No. 200	5,67 %										
Ghiaia g	{19-75}		33,08 %	ASTM CLASSIFICATION: GW-GM GW-GC AASHTO M 145-82 A1-a									
Ghiaia f	{4,75-19,0}		31,53 %										
Sabbia g	{2-4,75}		8,94 %										
Sabbia m	{0,425-2}		14,75 %										
Sabbia f	{0,075-0,425}		6,03 %										
Limo+argilla	{<0,075}		5,67 %										
Limo	{0,005-0,075}		%										
Argilla	{<0,005}		%										
				γs	-	Mg/mc							
				CU		27,8	-						
				CC		0,9	-						



Capitale Sociale € 95.000,00.- iv. Sede Legale Via E. Pagliano, 37 20149 MILANO
Laboratorio: Via A. Martini, 11 20092 CINISELLO BALSAMO (MI) Tel. 0261293850 r.a. Fax 0261 770281
E-mail: info@geodaltair.it P.E.C.: altair srl@legalmail.it R.E.A. n. 1198777 - Registro Imprese Milano / C.F. / p.IVA n. 08041580153

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO:

1 di 1

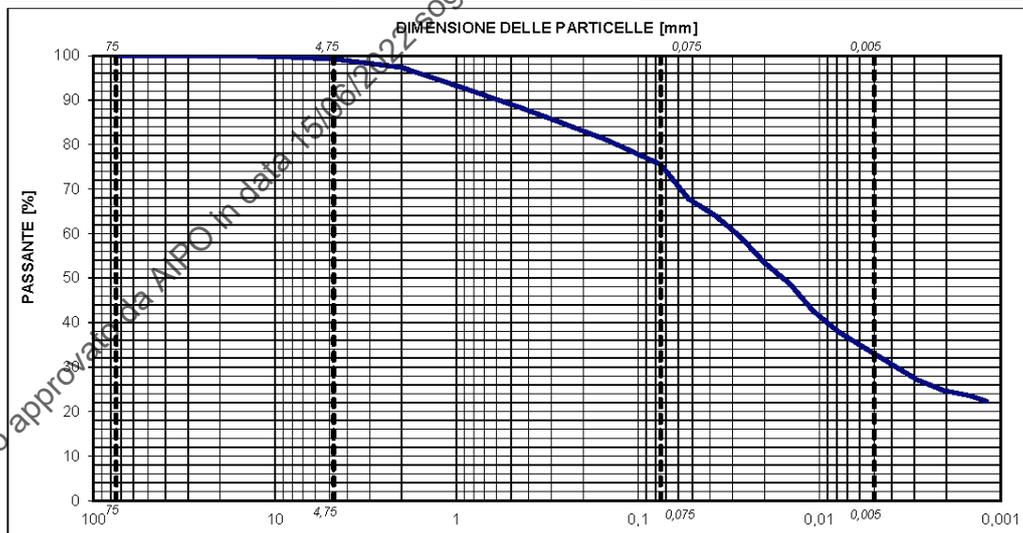
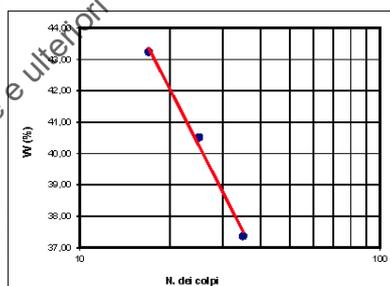
ALTAIR SRL

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti prove terre (sette "a") e rocce (sette "b")
 D.P.R. 06.06.2001 n.380 art. 59 - Circ. 7618/STC del 08.09.2010 Autorizzazione n. 52505 del 11.10.2004 e successivi rinnovi
 Laboratorio Certificato UNI EN ISO 9001 ICMQ n.11353 del 28.10.2011 e successivi rinnovi



Certificato n. 1730	del 07/06/2021	Accettazione n. 2796	del 18/05/2021
SETACCIATURA - SEDIMENTAZIONE (ASTM D2487-D422-D6913)		data inizio prova	26/05/2021
LIMITI DI CONSISTENZA (ASTM D4318)		data fine prova	04/06/2021
		data inizio prova	26/05/2021
		data fine prova	01/06/2021
COMMITTENTE:	AIPO		
COMMESSA:	330		
LOCALITA':	BIRINGHELLO RHO (MI)		
SONDAGGIO:	S2	CAMPIONE:	IN CLASSE Q3
		PROFONDITA':	5,80-6,40 m

ANALISI PER SETACCIATURA				ANALISI PER SEDIMENTAZIONE				LIMITI DI CONSISTENZA						
Peso iniziale	477	g		Peso iniziale	50	g		Limite Liquido (WL)	44	%				
Diametro massimo	10	mm		Diametro massimo	0,075	mm		Limite Plastico (WP)	16	%				
Diametro minimo	10	mm						Indice di Plasticità (IP)	28	%				
Contenuto d'acqua	-	%						Indice di Consistenza (IC)	-	%				
	mm	Set in. - No.	Percentuale passante	Diametro	u.m.	Percentuale								
Passante	75,0	3	100,00 %	0,0525	mm	67,76 %								
Passante	50,8	2	100,00 %	0,0379	mm	64,18 %								
Passante	38,1	1 1/2	100,00 %	0,0275	mm	59,40 %								
Passante	25,4	1	100,00 %	0,0200	mm	53,43 %								
Passante	19,0	3/4	100,00 %	0,0145	mm	48,65 %								
Passante	9,5	3/8	99,77 %	0,0109	mm	42,68 %								
Passante	4,75	No. 4	99,25 %	0,0079	mm	37,90 %								
Passante	2,0	No. 10	97,36 %	0,0056	mm	34,32 %								
Passante	0,850	No. 20	92,26 %	0,0040	mm	30,73 %								
Passante	0,425	No. 40	87,95 %	0,0029	mm	27,15 %								
Passante	0,254	No. 60	84,57 %	0,0021	mm	24,76 %								
Passante	0,150	No. 100	81,11 %	0,0015	mm	23,57 %								
Passante	0,075	No. 200	75,53 %	0,0012	mm	22,37 %								
Ghiaia g	{19-75}		0,00 %	ASTM CLASSIFICATION: CL o OL AASHTO M 145-82 A6										
Ghiaia f	{4,75-19,0}		0,75 %					γ_s	-	Mg/mc				
Sabbia g	{2-4,75}		1,89 %	CU	-	-								
Sabbia m	{0,425-2}		9,41 %	CC	-	-								
Sabbia f	{0,075-0,425}		12,41 %											
Limo+argilla	{< 0,075}		75,53 %											
Limo	{0,005-0,075}		42,66 %											
Argilla	{< 0,005}		32,87 %											



Capitale Sociale € 95.000,00.- i.v. Sede Legale Via E. Pagliano, 37 20149 MILANO
 Laboratorio: Via A. Martini, 11 20092 CINISELLO BALSAMO (MI) Tel. 0261293850 r.a. Fax 0261770281
 E-mail: info@geotair.it P.E.C.: altair srl@legalmail.it R.E.A. n. 1198777 - Registro Imprese Milano / C.F. / p.IVA n. 08041580153

Campioni sondaggio S3

Progetto definitivo approvato da AIPO in data 15/06/2022 soggetto a modifiche e ulteriori approfondimenti nei successivi step progettuali

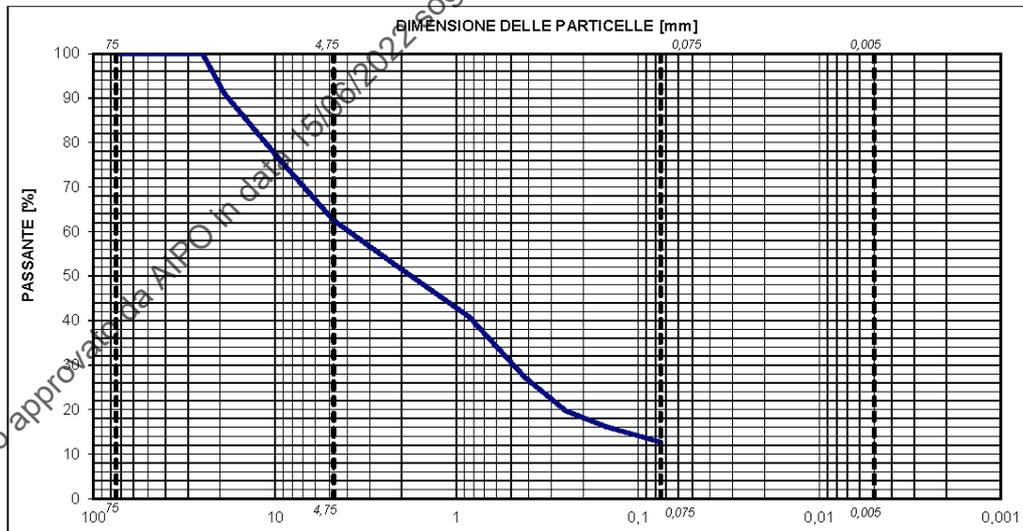
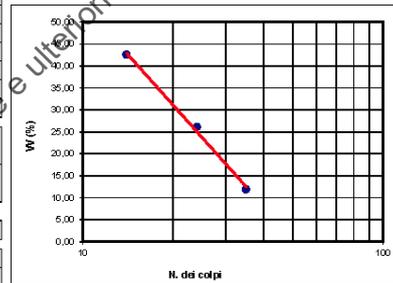
ALTAIR SRL

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti prove terre (sette "a") e rocce (sette "b")
D.P.R. 06.06.2001 n.380 art. 59 - Circ. 7618/STC del 08.09.2010 Autorizzazione n. 52505 del 11.10.2004 e successivi rinnovi
Laboratorio Certificato UNI EN ISO 9001 ICMQ n.11353 del 28.10.2011 e successivi rinnovi



Certificato n. 1734	del 07/06/2021	Accettazione n. 2796	del 18/05/2021
SETACCIATURA (ASTM D2487-D6913)		data inizio prova	25/05/2021
LIMITI DI CONSISTENZA (ASTM D4318)		data fine prova	31/05/2021
		data inizio prova	25/05/2021
		data fine prova	03/06/2021
COMMITTENTE:	AIPO		
COMMESSA:	330		
LOCALITA':	BIRINGHELLO RHO (MI)		
SONDAGGIO:	S3	CAMPIONE:	IN CLASSE Q3
		PROFONDITA':	0,80-1,10 m

ANALISI PER SETACCIATURA				ANALISI PER SEDIMENTAZIONE			LIMITI DI CONSISTENZA						
Peso iniziale	948,9	g		Peso iniziale		g	Limite Liquido (WL)	26	%				
Diametro massimo	45	mm		Diametro massimo		mm	Limite Plastico (WP)	14	%				
Diametro minimo	30	mm					Indice di Plasticità (IP)	12	%				
Contenuto d'acqua	-	%					Indice di Consistenza (IC)	-	%				
	mm	Set in. - No.	Percentuale passante	Diametro	u.m.	Percentuale							
Passante	75,0	3	100,00 %										
Passante	50,8	2	100,00 %										
Passante	38,1	1 1/2	100,00 %										
Passante	25,4	1	100,00 %										
Passante	19,0	3/4	91,07 %										
Passante	9,5	3/8	76,39 %										
Passante	4,75	No. 4	62,53 %										
Passante	2,0	No. 10	51,48 %										
Passante	0,850	No. 20	40,85 %										
Passante	0,425	No. 40	27,29 %										
Passante	0,254	No. 60	19,77 %										
Passante	0,150	No. 100	16,19 %										
Passante	0,075	No. 200	12,72 %										
Ghiaia g	(19-75]		8,93 %	ASTM CLASSIFICATION: GC AASHTO M 145-82 A1-b									
Ghiaia f	(4,75-19,0)		28,55 %										
Sabbia g	(2-4,75)		11,04 %										
Sabbia m	(0,425-2)		24,19 %										
Sabbia f	(0,075-0,425)		14,57 %										
Limo+argilla	(< 0,075)		12,72 %										
Limo	(0,005-0,075)		%										
Argilla	(< 0,005)		%										



Capitale Sociale € 95.000,00.- iv. Sede Legale Via E. Pagliano, 37 20149 MILANO
Laboratorio: Via A. Martini, 11 20092 CINISELLO BALSAMO (MI) Tel. 0261293850 r.a. Fax 0261 770281
E-mail: info@geodaltair.it P.E.C.: altair srl@legalmail.it R.E.A. n. 1198777 - Registro Imprese Milano / C.F. / p.IVA n. 08041580153

ALTAIR SRL

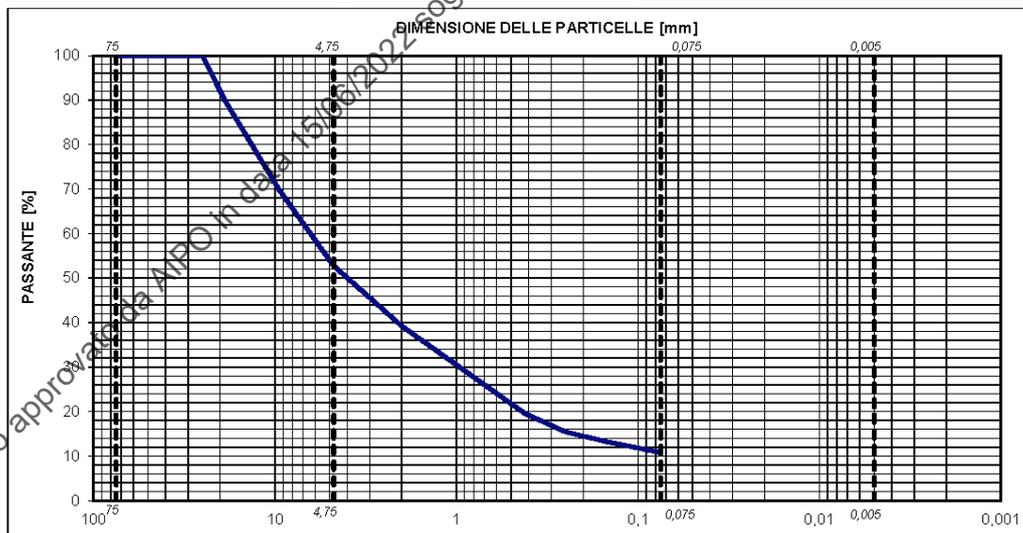
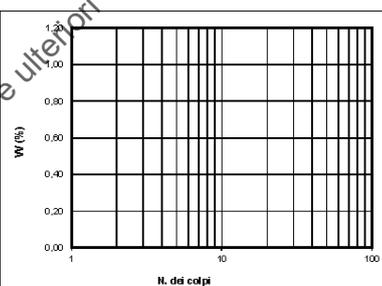
Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti prove terre (settore "a") e rocce (settore "b")
 D.P.R. 06.06.2001 n.380 art. 59 - Circ. 7618/STC del 08.09.2010 Autorizzazione n. 52505 del 11.10.2004 e successivi rinnovi
 Laboratorio Certificato UNI EN ISO 9001 ICMQ n.11353 del 28.10.2011 e successivi rinnovi



Certificato n. 1736	del 07/06/2021	Accettazione n. 2796	del 18/05/2021
SETACCIATURA - (ASTM D6913)		data inizio prova 25/05/2021	data fine prova 31/05/2021

COMMITTENTE:	AIPO		
COMMESSA:	330		
LOCALITA':	BIRINGHELLO RHO (MI)		
SONDAGGIO:	S3	CAMPIONE:	IN CLASSE Q3 PROFONDITA': 2,50-2,80 m

ANALISI PER SETACCIATURA				ANALISI PER SEDIMENTAZIONE			LIMITI DI CONSISTENZA							
Peso iniziale	825,2	g		Peso iniziale		g	Limite Liquido (WL)			%				
Diametro massimo	35	mm		Diametro massimo		mm	Limite Plastico (WP)			%				
Diametro minimo	25	mm					Indice di Plasticità (IP)			%				
Contenuto d'acqua	-	%					Indice di Consistenza (IC)			%				
	mm	Set in. - No.	Percentuale passante	Diametro	u.m.	Percentuale								
Passante	75,0	3	100,00 %											
Passante	50,8	2	100,00 %											
Passante	38,1	1 1/2	100,00 %											
Passante	25,4	1	100,00 %											
Passante	19,0	3/4	90,16 %											
Passante	9,5	3/8	69,91 %											
Passante	4,75	No. 4	52,81 %											
Passante	2,0	No. 10	39,24 %											
Passante	0,850	No. 20	28,51 %											
Passante	0,425	No. 40	19,57 %											
Passante	0,254	No. 60	15,45 %											
Passante	0,150	No. 100	13,28 %											
Passante	0,075	No. 200	10,81 %											
Ghiaia g	{19-75}		9,84 %	ASTM CLASSIFICATION: GW-GM GW-GC AASHTO M 145-82 A1-b										
Ghiaia f	{4,75-19,0}		37,35 %											
Sabbia g	{2-4,75}		13,57 %											
Sabbia m	{0,425-2}		19,67 %											
Sabbia f	{0,075-0,425}		8,76 %											
Limo+argilla	{< 0,075}		10,81 %											
Limo	{0,005-0,075}		%											
Argilla	{< 0,005}		%											
				γs	-	Mg/mc								
				CU		nd	-							
				CC		nd	-							



Capitale Sociale € 95.000,00.- iv. Sede Legale Via E. Pagliano, 37 20149 MILANO
 Laboratorio: Via A. Martini, 11 20092 CINISELLO BALSAMO (MI) Tel. 0261293850 r.a. Fax 0261 770281
 E-mail: info@geodaltair.it P.E.C.: altair srl@legalmail.it R.E.A. n. 1198777 - Registro Imprese Milano / C.F. / p.IVA n. 08041580153

ALTAIR SRL

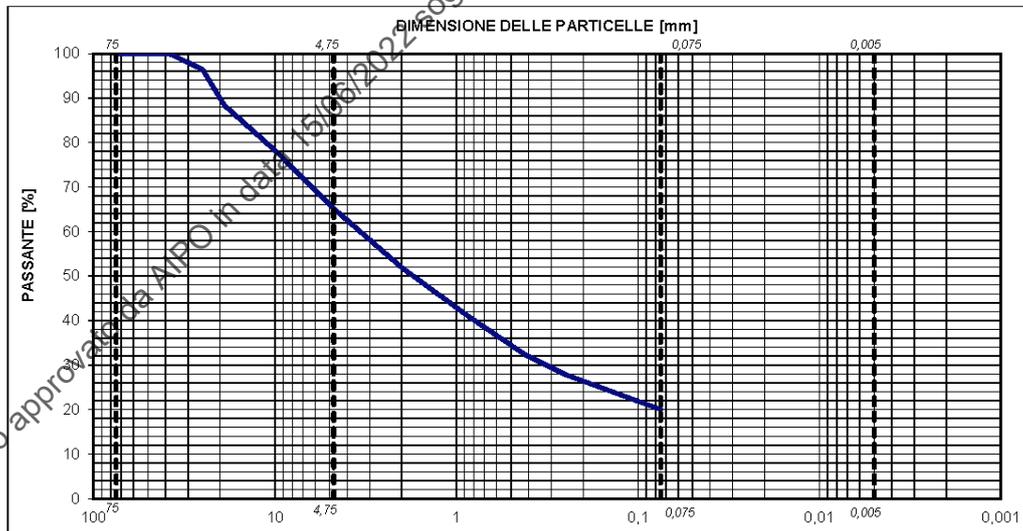
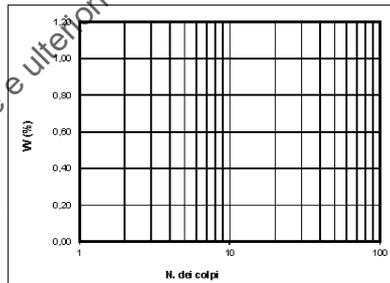
Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti prove terre (sette "a") e rocce (sette "b")
D.P.R. 06.06.2001 n.380 art. 59 - Circ. 7618/STC del 08.09.2010 Autorizzazione n. 52505 del 11.10.2004 e successivi rinnovi
Laboratorio Certificato UNI EN ISO 9001 ICMQ n.11353 del 28.10.2011 e successivi rinnovi



Certificato n. 1737	del 07/06/2021	Accettazione n. 2796	del 18/05/2021
SETACCIATURA - (ASTM D6913)		data inizio prova 25/05/2021	data fine prova 31/05/2021

COMMITTENTE:	AIPO		
COMMESSA:	330		
LOCALITA':	BIRINGHELLO RHO (MI)		
SONDAGGIO:	S3	CAMPIONE:	IN CLASSE Q3
		PROFONDITA':	4,00-4,30

ANALISI PER SETACCIATURA				ANALISI PER SEDIMENTAZIONE			LIMITI DI CONSISTENZA						
Peso iniziale	992,9	g		Peso iniziale		g	Limite Liquido (WL)		%				
Diametro massimo	40	mm		Diametro massimo		mm	Limite Plastico (WP)		%				
Diametro minimo	30	mm					Indice di Plasticità (IP)		%				
Contenuto d'acqua	-	%					Indice di Consistenza (IC)		%				
	mm	Set in. - No.	Percentuale passante	Diametro	u.m.	Percentuale							
Passante	75,0	3	100,00 %										
Passante	50,8	2	100,00 %										
Passante	38,1	1 1/2	100,00 %										
Passante	25,4	1	96,45 %										
Passante	19,0	3/4	88,39 %										
Passante	9,5	3/8	77,44 %										
Passante	4,75	No. 4	65,24 %										
Passante	2,0	No. 10	51,94 %										
Passante	0,850	No. 20	40,85 %										
Passante	0,425	No. 40	32,38 %										
Passante	0,254	No. 60	27,84 %										
Passante	0,150	No. 100	24,53 %										
Passante	0,075	No. 200	20,06 %										
Ghiaia g	{19-75}		11,61 %	ASTM CLASSIFICATION: GM - GC GC-GM AASHTO M 145-88 A1-b									
Ghiaia f	{4,75-19,0}		23,14 %										
Sabbia g	{2-4,75}		13,30 %										
Sabbia m	{0,425-2}		19,56 %										
Sabbia f	{0,075-0,425}		12,32 %										
Limo+argilla	(< 0,075)		20,06 %										
Limo	{0,005-0,075}		%										
Argilla	(< 0,005)		%										
				γs	-	Mg/mc							
				CU	-								
				CC	-								



Capitale Sociale € 95.000,00.- i.v. Sede Legale Via E. Pagliano, 37 20149 MILANO
Laboratorio: Via A. Martini, 11 20092 CINISELLO BALSAMO (MI) Tel. 0261293850 r.a. Fax 0261 770281
E-mail: info@geodaltair.it P.E.C.: altair srl@legalmail.it R.E.A. n. 1198777 - Registro Imprese Milano / C.F. / p.IVA n. 08041580153

ALTAIR SRL

Laboratorio Autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti prove terre (sette "a") e rocce (sette "b")
 D.P.R. 06.06.2001 n.380 art. 59 - Circ. 7618/STC del 08.09.2010 Autorizzazione n. 52505 del 11.10.2004 e successivi rinnovi
 Laboratorio Certificato UNI EN ISO 9001 ICMQ n.11353 del 28.10.2011 e successivi rinnovi

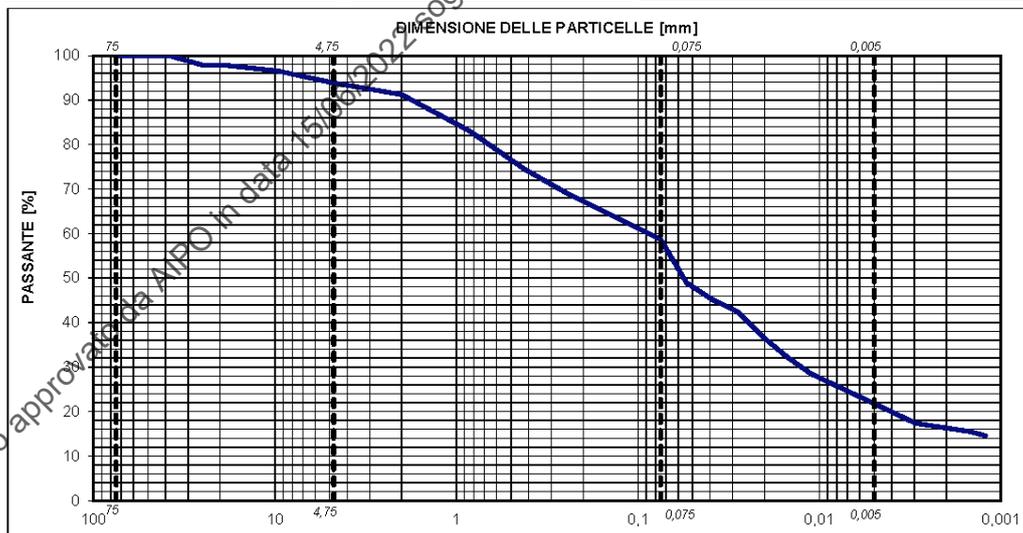
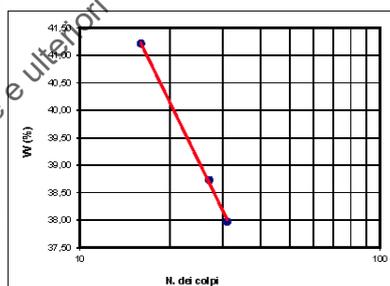


Certificato n. 1731	del 07/06/2021	Accettazione n. 2796	del 18/05/2021
---------------------	----------------	----------------------	----------------

SETACCIATURA - SEDIMENTAZIONE (ASTM D2487-D422-D6913)	data inizio prova 26/05/2021	data fine prova 04/06/2021
LIMITI DI CONSISTENZA (ASTM D4318)	data inizio prova 26/05/2021	data fine prova 03/06/2021

COMMITTENTE:	AIPO
COMMESSA:	330
LOCALITA':	BIRINGHELLO RHO (MI)
SONDAGGIO:	S3
CAMPIONE:	IN CLASSE Q3
PROFONDITA':	6,00-6,70 m

ANALISI PER SETACCIATURA				ANALISI PER SEDIMENTAZIONE			LIMITI DI CONSISTENZA							
Peso iniziale	866,9	g		Peso iniziale	50	g	Limite Liquido (WL)	36	%					
Diametro massimo	40	mm		Diametro massimo	0,075	mm	Limite Plastico (WP)	24	%					
Diametro minimo	30	mm					Indice di Plasticità (IP)	15	%					
Contenuto d'acqua	-	%					Indice di Consistenza (IC)	-	%					
	mm	Set in. - No.	Percentuale passante	Diametro	u.m.	Percentuale								
Passante	75,0	3	100,00 %	0,0539	mm	48,94 %	LL							
Passante	50,8	2	100,00 %	0,0391	mm	45,22 %								
Passante	38,1	1 1/2	100,00 %	0,0282	mm	42,44 %								
Passante	25,4	1	97,88 %	0,0206	mm	36,87 %								
Passante	19,0	3/4	97,88 %	0,0150	mm	32,23 %								
Passante	9,5	3/8	96,49 %	0,0112	mm	28,52 %								
Passante	4,75	No. 4	93,86 %	0,0080	mm	25,73 %								
Passante	2,0	No. 10	91,22 %	0,0058	mm	22,95 %								
Passante	0,850	No. 20	83,10 %	0,0041	mm	20,17 %								
Passante	0,425	No. 40	74,43 %	0,0030	mm	17,38 %								
Passante	0,254	No. 60	69,21 %	0,0021	mm	16,45 %								
Passante	0,150	No. 100	64,78 %	0,0015	mm	15,52 %								
Passante	0,075	No. 200	58,69 %	0,0012	mm	14,60 %								
Ghiaia g	{19-75}		2,12 %	ASTM CLASSIFICATION: CL o OL AASHTO M 145-82 A6										
Ghiaia f	{4,75-19,0}		4,01 %											
Sabbia g	{2-4,75}		2,64 %	γs	-	Mg/mc								
Sabbia m	{0,425-2}		16,80 %	CU	-	-								
Sabbia f	{0,075-0,425}		15,74 %	CC	-	-								
Limo+argilla	{< 0,075}		58,69 %											
Limo	{0,005-0,075}		37,02 %											
Argilla	{< 0,005}		21,66 %											



Capitale Sociale € 95.000,00.- i.v. Sede Legale Via E. Pagliano, 37 20149 MILANO
 Laboratorio: Via A. Martini, 11 20092 CINISELLO BALSAMO (MI) Tel. 0261293850 r.a. Fax 0261 770281
 E-mail: info@geodaltair.it P.E.C.: altair srl@legalmail.it R.E.A. n. 1198777 - Registro Imprese Milano / C.F. / p.IVA n. 08041580153

Annesso A4: Tavole di Progetto

Progetto definitivo approvato da AIPO in data 15/06/2022 soggetto a modifiche e ulteriori approfondimenti nei successivi step progettuali



Intervento di eliminazione del rischio idraulico nell'abitato di Biringhella in Comune di Rho (MI)

Studio di fattibilità

Planimetria rilievo topografico deviatore Bozzente



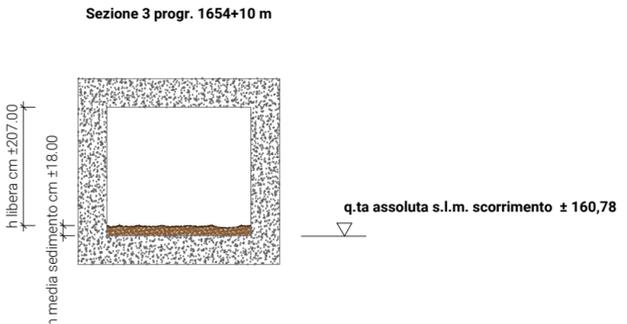
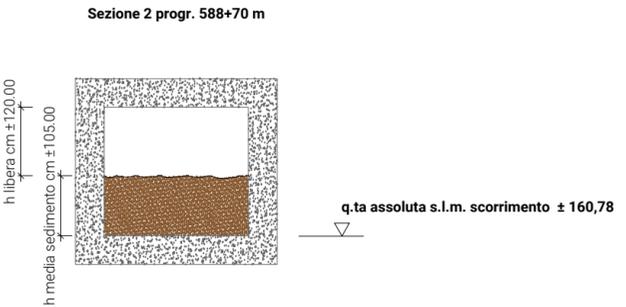
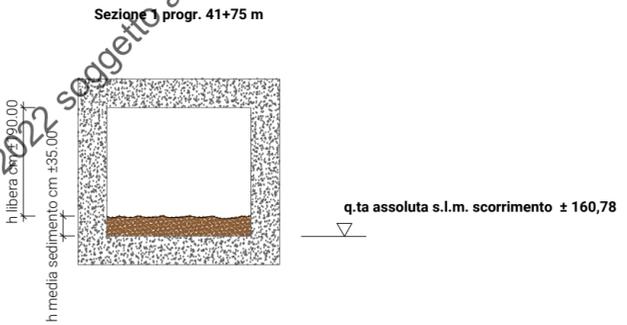
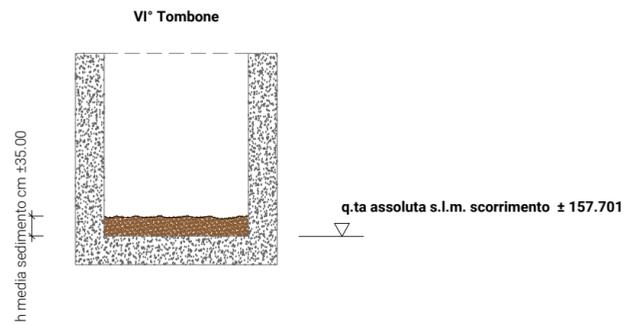
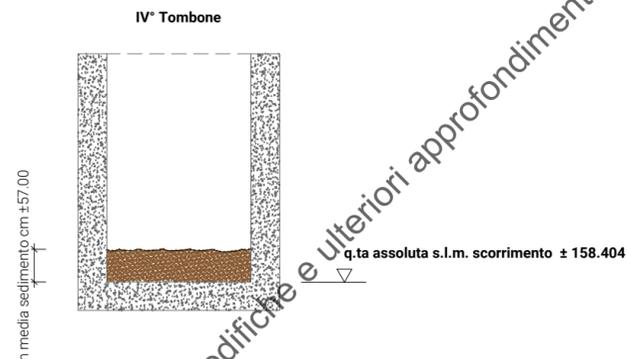
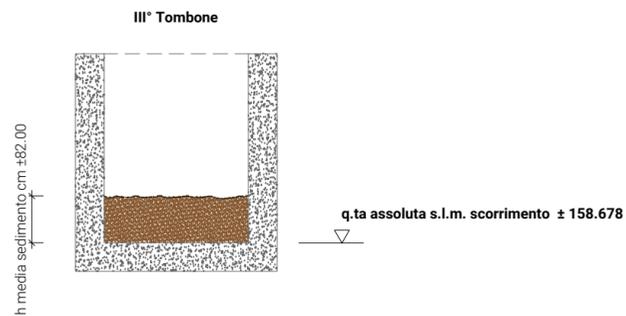
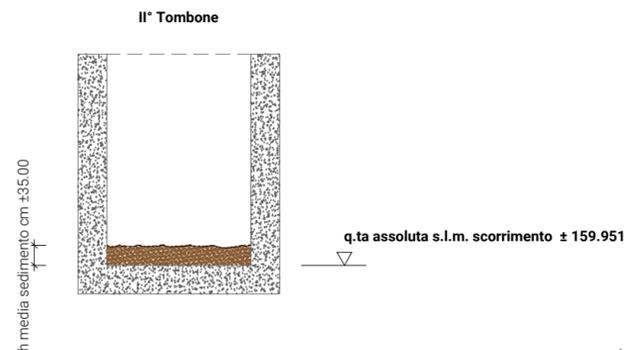
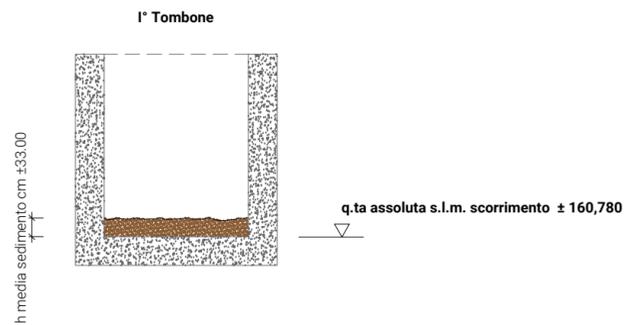
Agenzia Interregionale per il fiume Po

Committente

Rev.	Data	Codifica Cliente	Redatto	Controllato	Approvato
A1	17.12.21	-	NG	GL	GL
330-DX-003			A1	A3+1	1:5000
Elaborato			Rev.	Formato	Scala



I Professionisti



Progetto definitivo approvato da AIPO in data 15/06/2022 soggetto a modifiche e ulteriori approfondimenti nei successivi step progettuali

Intervento di eliminazione del rischio idraulico nell'abitato di Biringhello in Comune di Rho (MI)

Studio di fattibilità

Sezioni rilievo topografico deviatore Bozzente



Agenzia Interregionale per il fiume Po

Committente

Rev.	Data	Codifica Cliente	Redatto	Controllato	Approvato
A1	17.12.21	-	NG	GL	GL
330-DX-004			A1	A3+1	1:10
Elaborato			Rev.	Formato	Scala



I Professionisti

NOTE: La geometria dello scatolare è accertata solamente nelle misure interne. Lo spessore delle strutture in cls non è misurato.