



Anas SpA

Direzione Progettazione e Realizzazione Lavori

S.S. 675 UMBRO-LAZIALE
(EX RACCORDO CIVITAVECCHIA-ORTE)
TRONCO 3° - LOTTO 1° - STRALCIO B

REALIZZAZIONE DELLO STRALCIO FUNZIONALE TRA LO SVINCOLO DI
CINELLI ED IL NUOVO SVINCOLO DI MONTE ROMANO EST DELLA SS675

CIG 3371930CA6 CUP F11B05000460002

PROGETTO ESECUTIVO

IMPRESA ESECUTRICE ATI:

Donati S.p.A

M A N D A T A R I A

S.A.L.C. spa

DEMA COSTRUZIONI srl

IRCOPI
COSTRUZIONI GENERALI

PROGETTAZIONE:

GP INGEGNERIA

GESTIONE PROGETTI INGEGNERIA srl
Viale Tiziano 3 - 00196 Roma

GTA s.r.l.

INGEGNERIA PER IL TERRITORIO E L'AMBIENTE srl
Via Caio Mario 27 - 00192 Roma

IL PROGETTISTA
RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE
DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE

Dot. Ing. Giorgio **GIUDICCI**
Ordine Ing. Prov. Roma n. 14035
ROMA
N° 14035

STUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO

INDAGINI GEOGNOSTICHE

Studio della stabilizzazione a calce

VISTO: IL RESP. DEL PROCEDIMENTO

Dott. Ing. Nicola Dinnella

IL COORDINATORE DELLA SICUREZZA
IN FASE DI PROGETTAZIONE

Dott. Ing. Ambrogio Signorelli
Ordine Ing. Prov. Roma A35111

IL GEOLOGO

Dot. **Salvatore Marino**
Ordine Geol. Lazio 1069
Geologo
N. 1069

ELABORAZIONE PROGETTUALE

CODICE PROGETTO

PROGETTO LIV. PROG. N. PROG.

LO402B E 1501

NOME FILE

LO402B_E_1501_T00_GE00_GEO_RE06_B

REVISIONE

B

SCALA:

n.a.

CODICE ELAB. T00GE00GEORE06

REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
B	REVISIONE A SEGUITO ISTRUTTORIA 20/01/2016	02/2016	AB	AS	GG
A	EMISSIONE	28/10/15	GUA	AS	GG

INDICE

1. <u>PREMESSA</u>	2
2. <u>NORMATIVA E DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO</u>	2
3. <u>CARATTERISTICHE DELLE TERRE DA STABILIZZARE</u>	3
3.1. VALUTAZIONE DELL'IDONEITÀ AL TRATTAMENTO A CALCE.....	3
3.2. TERRE DA STABILIZZARE	3
4. <u>STUDIO SPERIMENTALE</u>	5
4.1. INDAGINI ESEGUITE	5
4.2. RISULTATI	6
4.2.1. <i>Indagini Chimiche</i>	6
4.2.2. <i>Valutazione dell' Idoneità al Trattamento a Calce</i>	7
4.2.3. <i>Prove Meccaniche</i>	11
5. <u>CONCLUSIONI</u>	14

ALLEGATO 1 – Documentazione fotografica e sintesi delle operazioni di prelievo e preparazione dei provini.

1. PREMESSA

Nell'ambito della progettazione esecutiva per i lavori di realizzazione della SS675 Umbro Laziale (ex raccordo Civitavecchia – Orte) tra il km 86+000 della SS1 Aurelia e il km 21+500 della SS1bis, tratto Monte Romano Est – Cinelli, è stato condotto il presente studio per accertare l'idoneità dei materiali provenienti dagli scavi ad essere riutilizzati previa stabilizzazione a calce nella realizzazione dello strato di bonifica e nella formazione del corpo del rilevato.

Lo studio è stato svolto al fine di accertare l'idoneità del trattamento delle terre di scavo e di confrontare gli effetti che la stabilizzazione con diverse percentuali di calce induce nei terreni trattati, comparando fra loro i campi di variabilità dei più significativi parametri geotecnici al variare della percentuale di calce.

2. NORMATIVA E DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

- CNR-UNI 10006 “Costruzione e manutenzione delle strade - Tecnica di impiego delle terre”;
- CNR B.U. n°25 “Campionatura di terre e terreni”;
- CNR-UNI 10014/64 “Prove sulle terre - Determinazione dei limiti consistenza o di Atterberg, di una terra”;
- CNR-UNI 10009/64 “Prove sui materiali stradali - Indice di Portanza CBR di una terra”;
- CNR B.U. n°69 “Norme sui materiali stradali – Prove di costipamento di una terra”;
- CNR B.U. n°36 “Stabilizzazione delle terre con calce”;
- Capitolato Speciale d’Appalto - Norme Tecniche (*elaborato T00CT00TAMET02*).

3. CARATTERISTICHE DELLE TERRE DA STABILIZZARE

3.1. VALUTAZIONE DELL'IDONEITÀ AL TRATTAMENTO A CALCE

Una terra, affinché risulti adatta alla stabilizzazione a calce deve avere le seguenti caratteristiche:

- granulometria fuso granulometrico riportato nel bollettino CNR 36-1973
- indice di plasticità $IP \geq 10$
- sostanze organiche $< 2\%$
- solfati totali $< 1\%$

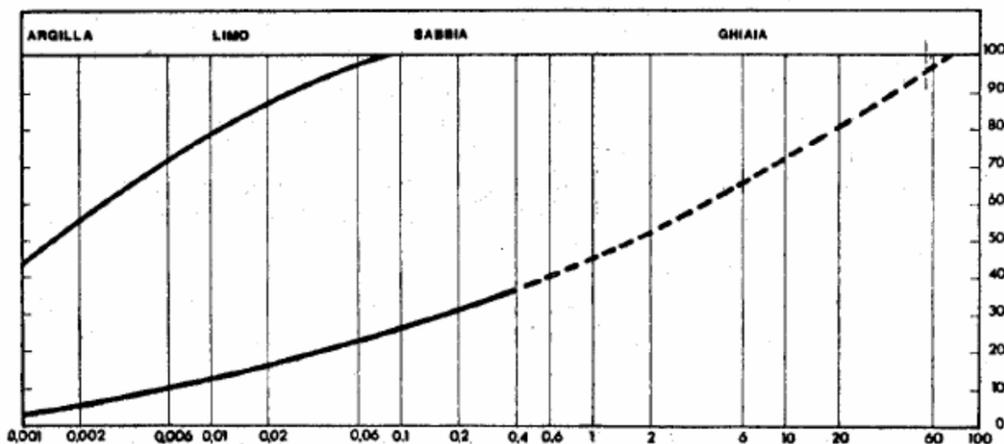


Figura 3-1 Fuso granulometrico delle terre per la stabilizzazione a calce.

Possono essere trattate a calce anche terre ghiaioso-argillose, ghiaioso-limose, sabbioso-argillose e sabbioso-limose (gruppi A2-6 e A2-7), qualora presentino una frazione di passante al setaccio 0,40 UNI non inferiore al 35%.

Si riportano, nei paragrafi seguenti, i risultati delle prove eseguite al fine di verificare che i terreni provenienti dagli scavi siano idonei al trattamento a calce.

3.2. TERRE DA STABILIZZARE

Il bilancio materie proposto prevede il reimpiego dei materiali provenienti dagli scavi in parte come tal quale, previa frantumazione e vagliatura, in parte previa stabilizzazione a calce.

Lo studio sperimentale è quindi finalizzato all'accertamento dell'idoneità al trattamento delle terre di scavo e al confronto prestazionale fra miscele.

Vista l'eterogeneità delle formazioni interessate dagli scavi si prevede di trattare a calce la frazione terrigena con più scadenti caratteristiche meccaniche della formazione dei Flysch Tolfetani, depositi argilloso-marnosi con intercalazioni litoidi, caratterizzato dalle sequenze ritmiche calcareo marnose-argilloso, in strati o banchi con marne, argille, calcari marnosi ed in particolare delle seguenti facies:

- *facies FY1 dei Flysch Tolfetani - alternanza in sequenza irregolare nella distribuzione e nello spessore, da pochi centimetri a oltre il metro, di calcari, calcari marnosi, marne calcaree, marne argillose e argille marnose;*
- *facies FY3 dei Flysch Tolfetani - argilla marnosa e marna argillosa di colore dal grigio, finemente fogliettata, di aspetto caotico, inglobante calcari marnosi con venature di calcite biancastra*

La formazione indicata come FY1 risulta quella maggiormente interessata dagli scavi, per un volume complessivo di scavo di circa 380.000 mc (180.000 mc circa provenienti dallo scavo delle gallerie artificiali, 180.000 mc circa dagli scavi delle trincee del corpo stradale e 20.000 mc circa dagli scavi delle fondazioni dei viadotti, delle opere minori e delle opere idrauliche).

La formazione FY3 è intercettata dallo scavo della sola galleria artificiale Crognolo per un volume di circa 50.000 mc.

La percentuale di terreno da stabilizzare a calce è stimabile pari a circa il 50% per la formazione FY1 (circa il 40% dello scavo delle GA e il 20% dello scavo del corpo stradale) e pari a circa l'80% per la formazione FY3. Complessivamente si stima un volume da trattare a calce di circa 230.000 mc (geometrici).

In funzione del bilancio materie proposto, le prove di laboratorio finalizzate alla possibilità di trattare a calce i materiali sono state eseguite sui campioni di grande volume prelevati in corrispondenza delle gallerie artificiali (PZE3bis, PZE4bis, PZE7bis, PZ12, PZ13, PZ15, PZ16) e del tratto di corpo stradale in cui risultano volumi di scavo maggiori (PZE6bis, PZ14).

4. STUDIO SPERIMENTALE

4.1. INDAGINI ESEGUITE

In fase di progettazione esecutiva sono state eseguite indagini di dettaglio finalizzate allo studio della possibilità di trattare a calce i terreni provenienti dagli scavi.

In particolare, durante le indagini sono state eseguite le seguenti prove:

- prelievo di n. 24 campioni di terreno su cui sono state eseguite le indagini chimiche, in particolare determinazione del contenuto di sostanza organica e solfati;
- determinazione del CIC (consumo iniziale di calce) su n. 4 campioni, prelevati in pozzetto;
- prelievo di n. 18 campioni rimaneggiati e n. 14 campioni di grande volume in pozzetto, per la determinazione della curva granulometrica e limiti di Atterberg, con classificazioni CNR UNI 10006;
- su un campione di terreno ottenuto dalla miscelazione dei campioni PZE3bis (da 2,5 a 3,0 m), PZE4bis (da 2,5 a 3,0 m), PZE6bis (da 5,0 a 5,5 m), sono state eseguite Prova di costipamento Proctor (tal quale, +2,5% calce, +3,0% calce) e Prove di penetrazione CBR (tal quale, +2,0 % calce, +2,5% calce, +3,0% calce dopo 4 gg di maturazione e 72 ore di imbibizione)

Nel periodo di dicembre 2015 - gennaio 2016 è stato integrato lo studio sulla stabilizzazione a calce con il prelievo di n. 5 campioni di grande volume nei pozzetti PZ12, PZ13, PZ14, PZ15, PZ16.

Su tali campioni sono state eseguite le seguenti prove:

Campioni tal quale

- Limiti di Atterberg, Analisi granulometrica, Classificazione CNR UNI 10006;
- Prova di costipamento AASHTO Modificata;
- Prova di compressione semplice su provino compattato all'ottimo non imbibito e dopo imbibizione di 96 ore;
- Prova CBR su provino compattato all'ottimo non imbibito e dopo imbibizione di 96 ore;
- Prova edometrica su provino compattato all'ottimo.

Campioni trattati al 2,5% calce

- Limiti di Atterberg, Analisi granulometrica, Classificazione CNR UNI 10006;
- Prova di costipamento AASHTO Modificata;
- Prova di compressione semplice su provino compattato all'ottimo dopo maturazione di 7 gg e dopo maturazione di 7 gg e imbibizione di 96 ore;
- Prova CBR su su provino compattato all'ottimo dopo maturazione di 7 gg e dopo maturazione di 7 gg e imbibizione di 96 ore;
- Prova edometrica su provino compattato all'ottimo.

La campagna integrativa si è resa necessaria a seguito dell'analisi e valutazione dei risultati ottenuti dalla campagna precedente. I materiali individuati presentano, infatti, una notevole eterogeneità e conseguente variabilità del comportamento meccanico. Pertanto si è provveduto al prelievo di campioni ponendo particolare attenzione alle modalità operative:

- lo scavo è avvenuto mediante escavatori (benna e martellone), il terreno marnoso argilloso è stato accumulato in adiacenza ai pozzetti mentre i blocchi di roccia sono stati frantumati con martellone ed accumulati separatamente.
- al termine dello scavo si è proceduto a mescolare il terreno accumulato;
- il prelievo di campioni è stato fatto a mano, dopo aver verificato l'omogeneità del terreno e in più punti del mucchio;
- in laboratorio il materiale è stato opportunamente essiccato e frantumato con l'ausilio di elementi in gomma dura.

Le procedure seguite consentono di ottenere campioni con caratteristiche quanto più prossime a quelle dei terreni di scavo a seguito delle reali condizioni operative (scavo, separazione, frantumazione e vagliatura).

Si riporta, nell'allegato 1, la documentazione fotografica e la sintesi delle operazioni di prelievo e di preparazione dei campioni.

4.2. RISULTATI

4.2.1. INDAGINI CHIMICHE

Le prove di laboratorio eseguite per in materiali in oggetto hanno fornito valori di pH compresi fra 7,98 e 8,66 e una concentrazione di sostanza organica massima pari a 0,95%.

Il tenore di solfati rilevato dalle analisi di laboratorio eseguite è risultato molto basso variabile tra 0% e 0,09%.

Al fine di valutare inizialmente la quantità di legante necessaria affinché tutto il terreno risulti trattato sono state condotte prove per la stima del Consumo Iniziale di Calce (CIC). Le prove eseguite hanno indicato un consumo iniziale di calce pari al 2,0%.

Nelle tabelle seguenti sono sintetizzati i risultati delle indagini chimiche eseguite sui campioni prelevati durante la campagna di indagine. Il contenuto di sostanze organiche e solfati è inferiore ai minimi indicati nel Capitolato Speciale d'Appalto – Norme Tecniche per le terre da stabilizzare a calce.

		PZ1	PZ2	PZ5	PZ6	PZ8	PZ9	PZ10	PZ11	SE1	SE4	SE4	SE4
		CRA	CRA3	CRA1	CRA2	CRA3							
		3	1,8	1	1,8	1	2	1	2	7,1	1,2	8,2	15
Descrizione della Prova	U.M.												
Contenuto idrico a 105°	%	9,36	6,38	11,70	5,11	8,72	11,91	9,36	9,57	13,90	12,00	14,40	9,00
Sostanza secca	%	90,64	93,62	88,30	94,89	91,28	88,09	90,64	90,43	86,10	88,00	85,60	91,00
pH	UpH	8,19	8,38	8,27	8,28	8,04	8,02	7,98	8,05	8,24	8,27	8,43	8,31
Conducibilità elettrica	μS/cm/25°C	97	89	90	80	74	88	75	72	130	120	120	125
Carbonio organico totale	%	0,09	0,36	0,30	0,17	0,02	0,38	0,04	0,02	0,14	0,20	0,01	0,05
Sostanza organica	%	0,17	0,63	0,52	0,30	<0,1	0,66	<0,1	<0,1	0,24	0,36	0,02	0,09
Nitrati	%	<LR	0,007	7E-04	0,001	6E-04	3E-04						
Solfati	%	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,02	0,01	0,00	0,00
Solfuri	%	<LR											
Blu di metilene	g/100 g	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2

		SE5	SE5	SE5	SE7	SE9	SE9	SE9	SE11	SE11	SE13	SE13	PZE7bis
		CRA1	CRA2	CRA3	CRA1	CRA1	CRA2	CRA3	CRA1	CRA2	CRA1	CRA2	CRA
		0,8	7	15	4,7	1	9,4	16	0,7	2,7	0,8	2,8	5
Descrizione della Prova	U.M.												
Contenuto idrico a 105°	%	3,50	3,50	13,20	33,00	14,00	13,60	3,90	14,60	24,70	10,30	13,60	9,90
Sostanza secca	%	96,50	96,50	86,80	67,00	86,00	86,40	96,10	85,40	75,30	89,70	86,40	90,10
pH	UpH	8,36	8,42	8,66	8,08	8,36	8,30	8,50	8,09	8,37	8,34	8,30	8,42
Conducibilità elettrica	μS/cm/25°C	110	100	120	150	120	135	120	160	95	95	135	120
Carbonio organico totale	%	0,10	0,03	0,39	0,04	0,11	0,16	0,18	0,55	0,03	0,06	0,05	0,04
Sostanza organica	%	0,17	0,05	0,67	0,07	0,19	0,28	0,31	0,95	0,05	0,10	0,09	0,07
Nitrati	%	<LR	<LR	0,01	<LR	0,011	<LR						
Solfati	%	0,08	0,05	0,08	0,01	0,07	0,09	0,06	0,01	<LR	<LR	<LR	0,01
Solfuri	%	<LR	<LR	<LR	0,01	<LR	<LR	<LR	0,01	<LR	<LR	<LR	0,01
Blu di metilene	g/100 g	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2

4.2.2. VALUTAZIONE DELL' IDONEITÀ AL TRATTAMENTO A CALCE

I materiali da trattare a calce presentano una curva granulometrica che rientra nel fuso granulometrico riportato nel bollettino CNR 36-1973. In particolare, si riportano le curve granulometriche determinate sui campioni di grande volume prelevati nella fase di indagine integrativa eseguita nel periodo di dicembre 2015 - gennaio 2016. Per tali campioni il terreno, dopo essere stato opportunamente essiccato in aria e in forno, è stato frantumato con l'ausili di elementi in gomma dura. Nelle seguenti figure si riportano alcune fasi di preparazione dei provini. Per il dettaglio delle prove eseguite si rimanda all'elaborato T00GE00GEORE11_A "Studio sulla stabilizzazione a calce – Certificati delle prove di laboratorio".



Nella tabella seguente sono riportati i risultati delle prove di classificazione dei campioni di grande volume prelevate nei pozzetti.

In particolare, le prove sui campioni prelevati nella campagna di indagini di dettaglio eseguiti nel mese di dicembre 2015 (PZ12÷PZ16) sono classificati come A6 – A7-6 ad eccezione del campione proveniente dal PZ12, classificato come A2-7, che presenta una frazione di passante al setaccio 0,40 UNI pari a 39,7%. I campioni, hanno, inoltre, un indice di plasticità IP > 10, variabile nell'intervallo 10,4÷20,9.

Tabella 4-1 Risultati delle prove di laboratorio – provini tal quale.

Campagna	Sondaggio	Campione	Classificazione CNR UNI 10006	Limiti di Atterberg		Indici		Indice di gruppo	Composizione granulometrica			
				W _{LL}	W _p	I _p	A		Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla
				%	%	%	%		%	%	%	%
2015	PZ12	CGV	A2-7	40,82	25,08	15,74	1,14	1	31,68	38,08	16,42	13,82
2015	PZ13	CGV	A7-6	43,22	23,87	19,35	0,42	12	3,27	16,49	34,42	45,82
2015	PZ14	CGV	A6	40,00	23,49	16,51	0,47	8	11,67	24,79	28,72	34,82
2015	PZ15	CGV	A7-6	46,82	25,96	20,86	0,58	12	18,89	15,87	29,02	36,22
2015	PZ16	CGV	A6	31,62	21,26	10,36	0,39	7	0,51	31,45	41,52	26,52

Nella figura seguente si riportano le curve granulometriche dei campioni tal quali, tutte contenute nel fuso granulometrico riportato nel bollettino CNR 36-1973.

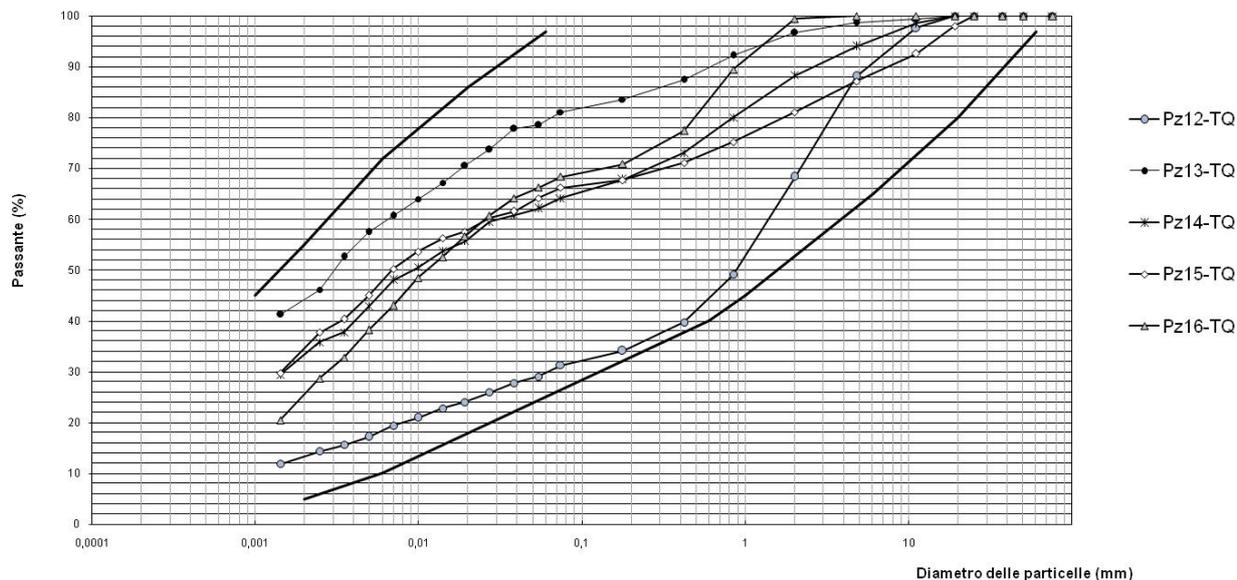


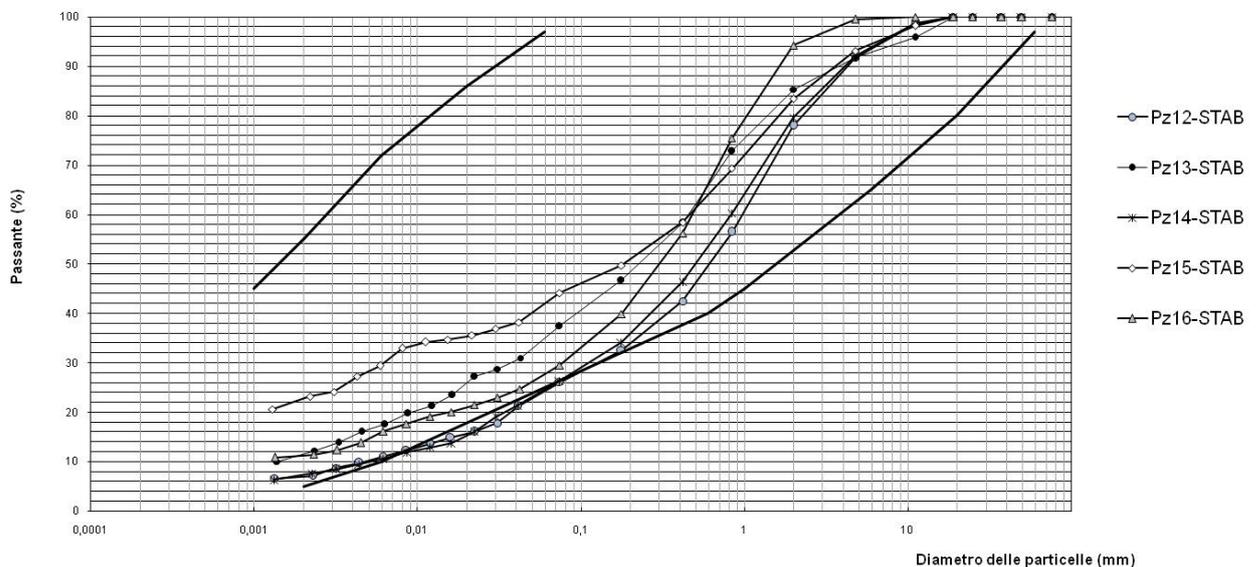
Figura 4-1 Distribuzione granulometrica delle particelle (provini tal quale).

Nella tabella seguente si riportano i risultati delle prove di classificazioni sui provini trattati con 2,5 % di calce. Secondo la classificazione UNI 13242 – UNI 14688 – UNI 13285 (ex CNR UNI 10006) i campioni passano da A6 ad A2-4 (PZ14 – PZ16) da A7-6 ad A4 e A5 (P13 – P15) e da A2-7 ad A2-4 (PZ12).

Tabella 4-2 Risultati delle prove di laboratorio – campioni trattati con 2,5 % di calce.

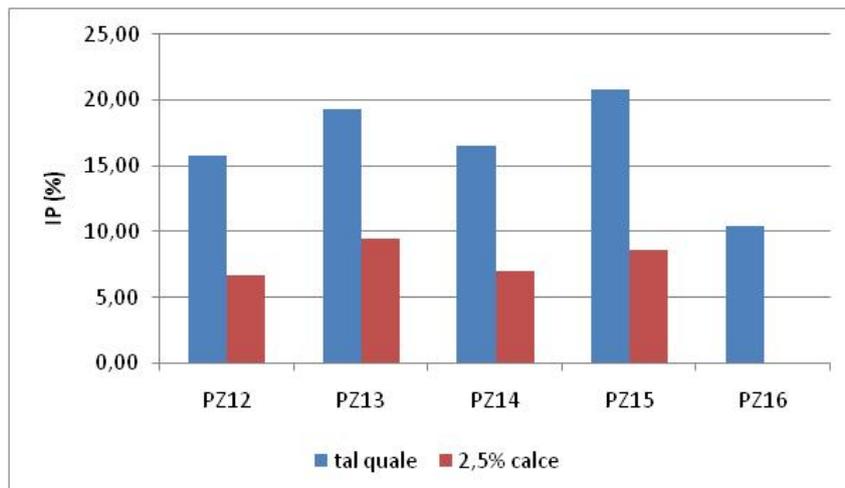
Campagna	Sondaggio	Campione	Classificazione CNR UNI 10006	Limiti di Atterberg		Indici		Composizione granulometrica			
				W _{LL}	W _p	I _p	A	Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla
				%	%	%	%	%	%	%	%
2015	PZ12	2,50%	A2-4	37,85	31,25	6,60	0,94	21,99	53,77	17,22	7,02
2015	PZ13	2,50%	A5	40,92	31,43	9,49	0,80	14,66	50,10	23,42	11,82
2015	PZ14	2,50%	A2-4	36,20	29,21	6,99	0,93	20,46	54,50	17,52	7,52
2015	PZ15	2,50%	A4	38,82	30,26	8,56	0,38	16,59	40,87	19,72	22,82
2015	PZ16	2,50%	A2-4		N.P.			16,59	40,87	19,72	22,82

Nei provini trattati a calce si osserva, come di norma, l'aumento del diametro medio delle particelle. La curva granulometrica spazia dalle sabbie argilloso limose (PZ15-STAB) alle sabbie ghiaioso limose (PZ12-STAB).



Nel seguente grafico si riporta il confronto tra l'indice di plasticità sul terreno tal quale e su quello stabilizzato a calce. Si osserva una drastica riduzione dell'indice di plasticità del materiale a seguito del trattamento a calce.

STUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO – STUDIO DELLA STABILIZZAZIONE A CALCE



4.2.3. PROVE MECCANICHE

Nella seguente tabella si riportano sinteticamente i risultati delle prove eseguite sui campioni prelevati durante la campagna di indagini di dicembre 2015. Nell'elaborato T00GE00GEORE11_A "Studio sulla stabilizzazione a calce – Certificati delle prove di laboratorio" sono riportati i certificati delle prove di laboratorio.

Tabella 4-3 Risultati indagini di laboratorio.

Campagna	Sondaggio	Campione	Prova di costipamento AASHTO Modificato		Prova CBR NON IMBIBITO		Prova ELL NON IMBIBITO	Prova CBR IMBIBITO		Prova ELL IMBIBITO
			γ_d	w(opt)	2,5 mm	5,0 mm	σ_f	2,5 mm	5,0 mm	σ_f
			kN/m ³	%	%	%	kN/m ²	%	%	kN/m ²
2015	PZ12	CGV	19,13	12,00	74	60	666,55	2	3	68,82
2015	PZ12	2,50%	18,64	13,50	153	95	785,36	113	65	323,92
2015	PZ13	CGV	19,28	11,60	84	66	801,50	2	2	85,73
2015	PZ13	2,50%	18,74	12,80	125	61	826,93	66	37	212,90
2015	PZ14	CGV	19,82	11,00	64	45	719,56	3	3	117,01
2015	PZ14	2,50%	19,03	12,50	110	81	850,74	70	42	253,62
2015	PZ15	CGV	19,23	11,00	46	36	651,49	3	4	79,45
2015	PZ15	2,50%	18,74	11,40	137	99	754,04	70	41	282,94
2015	PZ16	CGV	19,42	11,50	63	39	547,13	2	2	29,13
2015	PZ16	2,50%	19,42	10,00	130	76	689,10	91	51	229,03

4.2.3.1. AASHO Modificata

La prova AASHO Modificata fornisce utili indicazioni della miscela ottimale da utilizzare, con particolare riferimento alle indicazioni prestazionali in relazione alla lavorabilità del materiale. Gli effetti del trattamento a calce sono evidenziati da un appiattimento della curva di costipamento Proctor; tale caratteristica costituisce uno dei principali benefici connessi alla stabilizzazione a calce, ampliando il campo di lavorabilità della miscela in rapporto alle prestazioni attese. Per tutti i provini analizzati si osserva un lieve aumento del contenuto d'acqua ottimale e la corrispondente riduzione del peso di volume secco, ad eccezione del PZ16.

Dalle prove eseguite sul campione ottenuto dalla miscela dei terreni provenienti dai pozzetti PZE3bis, PZE4bis, PZE6bis, si osserva che gli effetti di maggior efficacia si evidenziano già con un dosaggio di calce pari al 2,5 %. I provini prelevati nella campagna integrativa di dicembre 2015 sono stati trattati con una percentuale di calce pari al 2,5 %, a verifica dell'efficacia del trattamento previsto. In fase di esecuzione dell'opera saranno eseguite ulteriori prove di verifica su campioni prelevati da cumuli a seguito delle operazioni di separazione, frantumazione e vagliatura.

STUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO – STUDIO DELLA STABILIZZAZIONE A CALCE

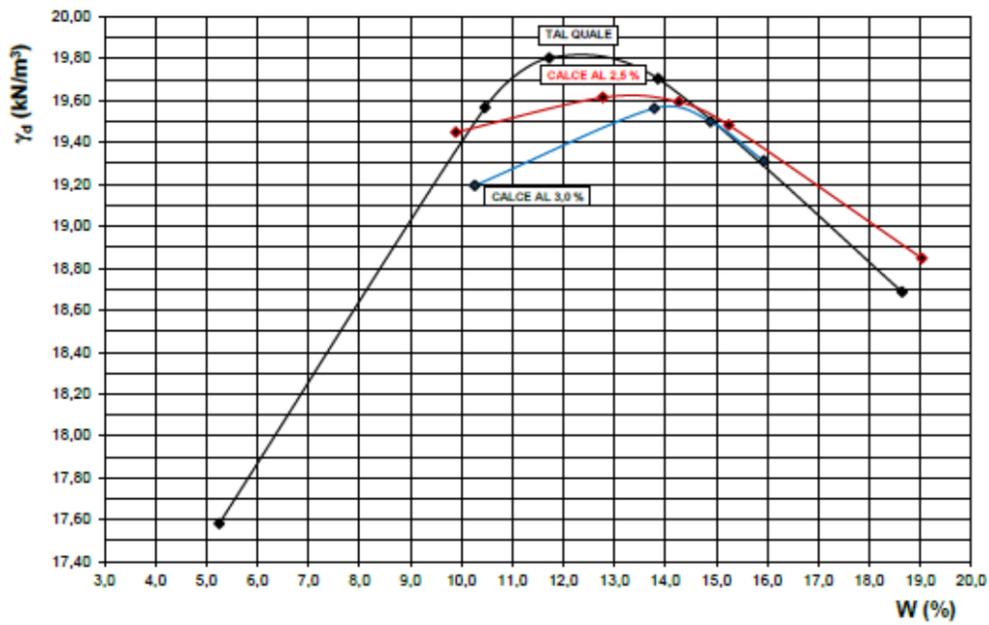


Figura 4-3 Prova AASHO Mod. sul campione ottenuto dal mix dei campioni PZE3bis, PZE4bis, PZE6bis.

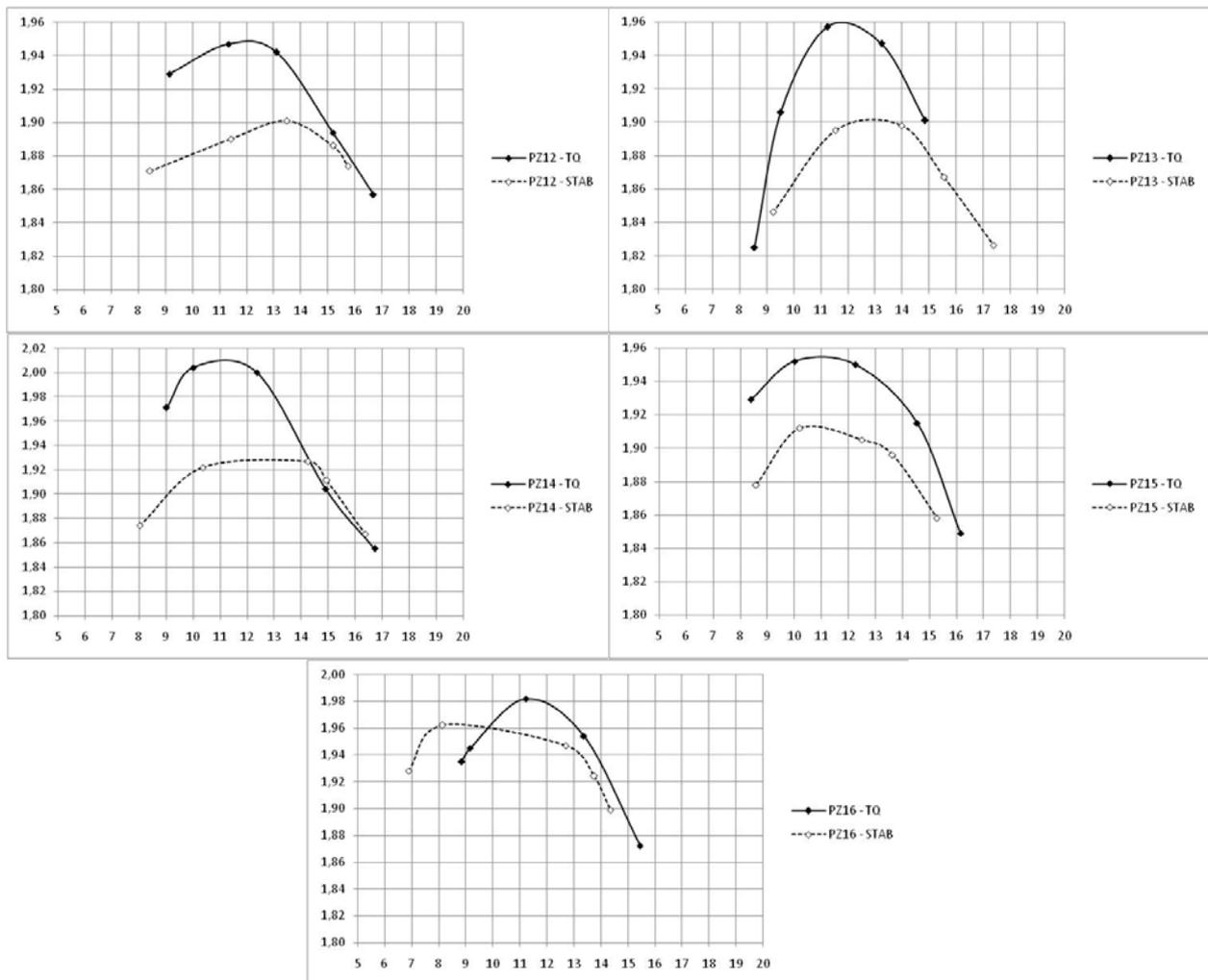
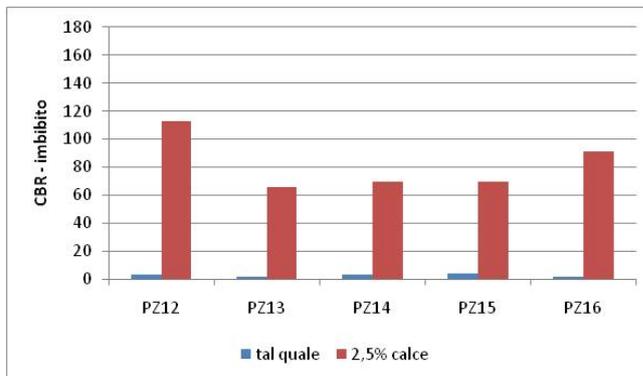
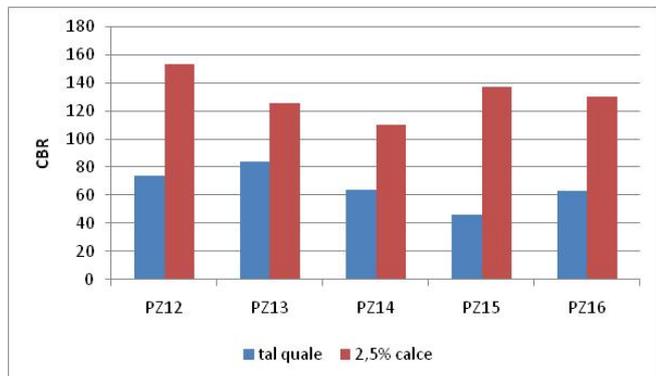


Figura 4-4 Prova AASHO Mod. Indagini dicembre 2015.

4.2.3.2. Prova CBR

Dalla prova C.B.R., effettuata sui diversi provini, si nota come il trattamento a calce porti ad un drastico aumento dell'indice di portanza, da valori medi di circa 60 a valori superiori a 120. Si osservi, inoltre, che per i provini tal quale si ha un abbattimento dell'indice di portanza a seguito dell'imbibizione. La perdita di resistenza del materiale se a contatto con acqua rende necessario il previo trattamento delle terre al fine del riutilizzo. I provini trattati a calce, anche dopo imbibizione, presentano un indice di portanza sempre maggiore di 60.



4.2.3.3. Prove di compressione ad espansione laterale libera (ELL)

La prova di resistenza a compressione non confinata mostra un aumento del valore di resistenza a rottura, sia su campioni non imbibiti, sia imbibiti.

4.2.3.4. Prove edometriche

Dall'analisi dei grafici della prova si evidenzia una traslazione della curva edometrica verso valori dell'indice dei vuoti (e) più bassi, con un aumento del modulo di compressione edometrica per i provini trattati a calce.

5. CONCLUSIONI

Il presente studio sperimentale ha consentito di verificare l' idoneità del trattamento a calce per i terreni provenienti dagli scavi ed appartenenti alla formazione dei Flysch Tolfetani, depositi argilloso-marnosi con intercalazioni litoidi, caratterizzati da sequenze ritmiche calcareo marnose-argilloso, in strati o banchi con marne, argille, calcari marnosi.

Dal punto di vista dell' impatto ambientale, infatti, la stabilizzazione di una terra con calce permettere sia il riutilizzo di un cospicuo volume di terreno che altrimenti sarebbe andato in discarica (perché dotato di caratteristiche meccaniche non idonee) sia la riduzione al minimo del consumo di materiali naturali pregiati. Come conseguenza di questo massimo recupero delle risorse naturali, si realizza altresì una riduzione del trasporto su strada (relativo in questo caso al solo spostamento in sito della calce) e, in generale, un contenimento dei costi e tempi di esecuzione.

Per la porzione terrigena e di più scadenti caratteristiche meccaniche, si prevede la stabilizzazione con il 2,5 % di calce, al fine di migliorarne le caratteristiche prestazionali. Tale previsione sarà confermata in cantiere con le verifiche ed i controlli in corso d' opera previsti dal Capitolato.