



COMUNE DI GENOVA

DIREZIONE ATTUAZIONE NUOVE OPERE - PORTO E MARE  
SETTORE OPERE PUBBLICHE A

**DETERMINAZIONE DIRIGENZIALE N. 2019-176.1.0.-76**

L'anno 2019 il giorno 31 del mese di Ottobre il sottoscritto Arch. Ferdinando De Fornari, in qualità di Dirigente del Settore Opere Pubbliche A, ha adottato la Determinazione Dirigenziale di seguito riportata.

Approvazione del progetto esecutivo, dei lavori e delle modalità di gara d'appalto per i lavori di "Consolidamento fondazionale del palazzo comunale sito in Genova, Piazza Ippolito Nievo 1 – I° Lotto".

CUP B32H17000050004 - CIG 8084355CC8 - MOGE 20022

Adottata il 31/10/2019

Esecutiva dal 11/11/2019

31/10/2019	DE FORNARI FERDINANDO
------------	-----------------------

Sottoscritto digitalmente dal Dirigente Responsabile



COMUNE DI GENOVA

DIREZIONE ATTUAZIONE NUOVE OPERE - PORTO E MARE  
SETTORE OPERE PUBBLICHE A

### **DETERMINAZIONE DIRIGENZIALE N. 2019-176.1.0.-76**

Approvazione del progetto esecutivo, dei lavori e delle modalità di gara d'appalto per i lavori di "Consolidamento fondazionale del palazzo comunale sito in Genova, Piazza Ippolito Nievo 1 – I° Lotto". CUP B32H17000050004 - CIG 8084355CC8 - MOGE 20022

### **IL DIRIGENTE RESPONSABILE**

#### **Premesso che**

- con Deliberazione di Consiglio Comunale n. 59 del 30.07.2019 è stato approvato il terzo adeguamento del Programma Triennale dei Lavori Pubblici 2019-2021, comprensivo dell'intervento in questione;
- con Deliberazione di Giunta Comunale n. 2019/213 del 01.08.2019 esecutiva, è stato approvato il progetto definitivo relativo ai lavori in oggetto, redatto dall'Ing. Marco Zerbinati dello studio associato Persico e Zerbinati Ingegneri, per una spesa complessiva pari ad Euro 250.000,00, come da quadro economico allegato al provvedimento stesso.

#### **Premesso inoltre che:**

- a seguito di segnalazioni pervenute all'Assessorato Lavori Pubblici da parte del Municipio IX Levante circa la sicurezza dell'edificio di proprietà comunale sito in Piazza Nievo civ. 1 e dallo stesso Municipio gestito quale sede di uffici dell'anagrafe e dei servizi sociali, la Direzione Lavori Pubblici ha provveduto alle seguenti azioni:
  - con Determinazione Dirigenziale della Direzione Lavori Pubblici-Settore Opere Pubbliche C n. 2017/176.3.0/113 in data 24.10.2017, è stato approvato l'affidamento degli incarichi di redazione della progettazione e Direzione Operativa strutturale e Sicurezza in fase di progettazione ed esecuzione per l'appalto di intervento di consolidamento strutturale dell'edificio in argomento allo studio associato Persico e Zerbinati Ingegneri;
  - contestualmente a quanto sopra, con il medesimo provvedimento veniva affidato l'incarico di monitoraggio e diagnostica strutturale sull'edificio di cui trattasi, allo studio C.D.S. Controlli e Diagnostica Strutturale S.r.l.;
- nel corso del suddetto monitoraggio, nel maggio 2018, sono comparse nuove lesioni nelle murature del corpo aggiunto al piano terreno;

Sottoscritto digitalmente dal Dirigente Responsabile

- in conseguenza di tale evento aggravante le condizioni di dissesto statico in cui versa l'immobile, il progettista ha ritenuto di richiedere un supplemento d'indagine conoscitiva sui materiali di cui sono composte le murature dell'edificio ed un ampliamento del monitoraggio delle lesioni già in atto con ulteriori punti aggiuntivi, da cui è conseguito l'appalto di servizio integrativo a quello già in atto, affidato con Determinazione Dirigenziale n. 2018-176.1.0-36 del 05.07.2018 in continuità alla medesima società C.D.S.;

- lo stesso progettista, a conclusione dei monitoraggi e analisi diagnostiche svolte negli anni 2017/18, in data 22.11.2018, ha presentato una relazione tecnico illustrativa dell'intervento di consolidamento strutturale proposto per la messa in sicurezza dell'edificio, prevedendo una serie di opere aggiuntive rispetto a quanto prospettato negli studi iniziali, elencabili in: 1) consolidamenti fondazionali, 2) rifacimento coperture, 3) consolidamenti di murature portanti, 4) monitoraggio continuo per almeno 2 anni, il tutto per un importo dei lavori di circa 1.000.000 Euro, oltre IVA e oneri accessori, notevolmente incrementato rispetto all'importo lavori inizialmente preventivato, per il solo consolidamento di murature portanti, pari a 200.000 Euro circa, conseguentemente stanziato dalla Civica Amministrazione nel Piano Triennale 2018-2020;

- in ragione dell'importo stimato dei lavori, e dell'ordine di svolgimento degli stessi, imposto dalla buona regola tecnica come posto in evidenza dallo stesso progettista nella predetta Relazione, la Civica Amministrazione intende procedere con la prima parte di lavori, considerati prioritari ai fini della messa in sicurezza strutturale dell'immobile in questione procedendo per azioni successive, affrontando dapprima le opere di consolidamento fondazionale e, conseguentemente, i consolidamenti delle murature portanti in elevazione e il rifacimento delle coperture, con relativo finanziamento;

- si è ritenuto quindi di appaltare innanzitutto le opere di consolidamento fondazionale costituenti primo lotto di lavori, stimate in 214.055,72, Euro oltre IVA, trattandosi di lavoro specialistico che richiede l'iscrizione dell'esecutore alla categoria OS 21, ed in quanto tale lavoro, una volta eseguito, comporterà un tempo di attesa di circa sei mesi per testarne l'efficacia;

- con Determinazione Dirigenziale n. 2019-176.1.0.-22 del 02.04.2019 è stato disposto un aggiornamento del precedente incarico all'ing. Marco Zerbinati per la redazione della progettazione Definitiva ed Esecutiva delle opere fondazionali e della Direzione Operativa strutturale in corso d'opera;

- in ragione del fatto che i lavori progettati, seppur di categoria prevalente OS 21, prevedono d'intervenire su bene tutelato, classificabile quale "villa storica" ai sensi dell'art. 10 c.4 lett.f) del Codice dei beni culturali, si è provveduto ad ottenere autorizzazione di competenza dalla Soprintendenza A.B.A.P. e ad indicare la qualificazione obbligatoria anche per la categoria OG2 scorporabile, in misura delle opere di finitura da eseguirsi;

- il suddetto progettista ha ultimato la redazione del progetto esecutivo, da porre a base di gara ai sensi dell'art. 59, comma 1, del Codice, composto dalla seguente documentazione:

#### **ELENCO ELABORATI del PROGETTO ESECUTIVO:**

- E1 Relazione generale progetto

Sottoscritto digitalmente dal Dirigente Responsabile

- E2 Relazioni tecniche e specialistiche:
  - E2.1 Relazione geologica;
  - E2.2 Relazione illustrativa e di calcolo delle strutture;
  - E2.3 Relazione gestione delle materie;
  - E2.4 Relazione sulle interferenze;
  - E2.5 Relazione architettonica procedurale;
- E3 Elaborati grafici:
  - E3.1 Corografia generale;
  - E3.2 Pianta piano terra: progetto di consolidamento muri di fondazione;
  - E3.3 Pianta piano terra: progetto di consolidamento sedime fondazionale;
  - E3.4 Sezioni generali: interventi di consolidamento fondazionale;
  - E3.5 Stato delle opere pavimentazioni interne;
  - E3.6 Interventi pavimentazioni interne.
- E4 Elenco dei prezzi unitari;
- E4.1 ANALISI PREZZI;
- E5 Computo metrico estimativo;
- E6 Quadro di incidenza mano d'opera;
- E7 Piano di sicurezza e coordinamento
  - E7.1 Oneri sicurezza;
  - E7.2 Cronoprogramma;
  - E7.3 Fascicolo Tecnico.
- E8 Quadro economico
- E9 Capitolato speciale d'appalto
- E10 Piano di manutenzione dell'opera
- E11 schema di contratto d'appalto

### **Preso atto che**

- il progetto esecutivo, come sopra costituito, è stato verificato, ai sensi dell'art. 26 del Codice, con esito positivo, secondo le risultanze del Rapporto Conclusivo di Verifica atto NP/2019/1556 del 29/10/2019;
- viste le risultanze positive del Rapporto Conclusivo di Verifica del Progetto Esecutivo di cui sopra, ed accertata la libera disponibilità di aree e immobili oggetto dei lavori art. 31 comma 4, lett. e) del Codice, il Responsabile Unico del Procedimento, in conformità alle disposizioni previste dall'art. 26, comma 8 del Codice, ha provveduto alla validazione del progetto esecutivo dei lavori con verbale di validazione atto NP/2019/1557 in data 29/10/2019;
- detto verbale di validazione costituisce titolo edilizio, ai sensi dell'art. 7, comma 1, lett.c), del D.P.R. 380/2001, essendo intervenuta l'approvazione del progetto definitivo dei lavori di che trattasi con deliberazione di Giunta Comunale n. 2019/213 del 01.08.2019.
- il quadro economico del progetto in argomento, di importo complessivo pari ad Euro 250.000,00 è così articolato:

Sottoscritto digitalmente dal Dirigente Responsabile

## QUADRO ECONOMICO DI SPESA

ai sensi Art. 42 / D.Lgs 207/2010

A. IMPORTO PER LAVORI	A,1	Importo dei lavori	Euro	Euro	
		<i>di cui importo dei lavori a misura</i>		204.055,72	
		<i>di cui importo lavori a corpo</i>		0,00	
		<b>Totale importo lavori</b>			<b>204.055,72</b>
	<b>A.2</b>	<b>Oneri per la sicurezza non soggetti a ribasso</b>		<b>5.000,00</b>	
	<b>A.3</b>	<b>Lavori in economia</b>		<b>5.000,00</b>	
<b>Totale (A.1+A.2+A.3)</b>				<b>214.055,72</b>	
B. SOMME A DISPOSIZIONE DELL'AMMINISTRAZIONE	<b>B</b>	<b>Somme a disposizione dell'Amministrazione (comprehensive di I.V.A. ed eventuali altre imposte ove dovute per legge)</b>		<b>Euro</b>	
	B.1	Lavori in economia, previsti in progetto ed esclusi dall'appalto		0,00	
	B.2	Rilievi, diagnosi iniziali, accertamenti e indagini		0,00	
	B.3	Allacciamento ai pubblici servizi		0,00	
	B.4	Imprevisti (max. 8%)		0,00	
	B.5	Acquisizione aree o immobili, servitù, occupazioni		0,00	
	B.6	Accantonamento di cui all'articolo 113 del D.Lgs.50/2016 (incentivo)		3.917,22	
	B.7	Spese di cui agli articoli 24, comma 4, del D.Lgs.50/2016, spese per la copertura dei rischi di natura professionale a favore dei dipendenti incaricati della progettazione		0,00	
	B.8	Spese per attività tecnico-amministrative connesse alla progettazione, di supporto al responsabile del procedimento, e di verifica e validazione		5.000,00	
	B.9	Eventuali spese per commissioni giudicatrici		0,00	
	B.10	Spese per pubblicità e, ove previsto, per opere artistiche		1.000,00	
	B.11	Spese per accertamenti di laboratorio e verifiche tecniche previste dal capitolato speciale d'appalto, collaudo tecnico amministrativo, collaudo statico ed altri eventuali collaudi specialistici		4.621,49	
	B.12	Oneri del concessionario o contraente generale (progettazione e direzione lavori) e oneri diretti e indiretti (min 6% max 8%)		0,00	
	B.13	Opere di mitigazione e compensazione ambientale, monitoraggio ambientale		0,00	
<b>Totale Somme a disposizione dell'Amministrazione (B.1+....+B.13)</b>				<b>14.538,71</b>	
C. I.V.A.	<b>C</b>	<b>I.V.A.</b>		<b>Euro</b>	
	C.1	I.V.A. su Lavori	10%	21.405,57	
	<b>Totale IVA</b>			<b>21.405,57</b>	

Sottoscritto digitalmente dal Dirigente Responsabile

- che i lavori sono finanziati per Euro 246.082,78 con mutuo da contrarre nel presente esercizio o con devoluzione di mutui già contratti e per Euro 3.917,22 per incentivo ex art. 113 D.Lgs. 50/2016 con entrate proprie dell'Ente.

**Considerato che:**

- in virtù della natura dell'opera, si ritiene necessario procedere con la stipula di un contratto **“a misura”** ai sensi dell'articolo 59, comma 5-bis, del Codice;

- che i lavori di cui al progetto esecutivo hanno ad oggetto beni culturali tutelati ai sensi del D. Lgs. 42/2004 e ss.mm.ii. e, pertanto sono sottoposti alla disciplina di cui alla Parte II, Titolo VI, Capo III, “Appalti nel settore dei beni culturali” artt. 145 – 151 del Codice;

- in ragione dell'importo e delle caratteristiche dei lavori oggetto del contratto, non sono ravvisabili a priori elementi obiettivi che consentano margini di miglioramento nella realizzazione dell'opera e, pertanto, si ritiene opportuno procedere all'affidamento dei lavori stessi con il criterio del minor prezzo, inferiore a quello posto a base di gara, ex art. 148, comma 6 del Codice, determinato mediante ribasso unico percentuale sull'elenco prezzi posto a base di gara per i lavori in oggetto allegato al presente provvedimento, per un importo complessivo dei lavori ammontanti ad Euro 214.055,72 di cui Euro 5.000,00 per oneri sicurezza ed Euro 5.000,00 per opere in economia, il tutto oltre I.V.A.;

- ai sensi dell'art. 97, comma 8 del Codice, è opportuno applicare alla gara di che trattasi il criterio dell'esclusione automatica delle offerte che presentano una percentuale di ribasso pari o superiore alla soglia di anomalia individuata ai sensi dell'art. 97, comma 2, del Codice, tramite applicazione di uno dei metodi di calcolo in base al numero delle offerte ammesse.

**Considerato inoltre che:**

- nel rispetto dei principi di cui all'art. 30 del Codice, il suddetto appalto può essere affidato mediante procedura negoziata, ai sensi del combinato disposto di cui all'art. 36, comma 2, lettera c) ed art. 148 comma 6 del Codice, alla quale dovranno essere invitati almeno trenta operatori, se presenti per le lavorazioni previste, utilizzando l'apposito albo telematico aperto per le procedure negoziate del Comune di Genova costituito sul portale <https://appalti.comune.genova.it/PortaleAppalti/>, nel rispetto del principio di rotazione garantito dallo stesso e in ossequio a quanto stabilito dalla deliberazione della Giunta Comunale n. 239/2017;

- la gara suddetta dovrà essere esperita alle condizioni ed oneri del Capitolato Speciale d'Appalto e dello Schema di Contratto, allegati quali parte integrante del presente provvedimento, e del Capitolato Generale approvato con D.M.LL.PP. 19.04.2000 n.145, per quanto ancora vigente ed in quanto compatibile con le disposizioni del Codice.

**Considerato infine che:**

- si ritiene opportuno, nel rispetto dei principi di economicità, efficacia e tempestività di cui all'art. 30 del Codice, che lo svolgimento della procedura negoziata avvenga attraverso l'utilizzo della piattaforma telematica accessibile dalla pagina web <https://appalti.comune.genova.it/PortaleAppalti/>, previa registrazione degli operatori economici al portale, con le modalità e i termini che verranno indicati nella lettera di invito.

**Dato atto che:**

- il presente provvedimento è regolare sotto il profilo tecnico, amministrativo e contabile ai sensi dell'art. 147 bis, comma 1 del D.lgs. 267/2000 (TUEL).

Vista la delibera del Consiglio Comunale n. 7 del 24.01.2019 e successivi adeguamenti con cui sono stati approvati i documenti previsionali e programmatici 2019/2021;

Vista la delibera della Giunta Comunale n. 30 del 14.02.2019 con cui è stato approvato il piano esecutivo di gestione 2019/2021.

Visti gli artt. 107, 153 comma 5, 192 del D.Lgs. 18.8.2000, n. 267;

Visti gli artt. 77 e 80 dello Statuto del Comune di Genova;

Visti gli artt. 4, 16 e 17 del D. Lgs. 165/2001;

**DETERMINA**

1) di approvare il progetto esecutivo, costituito dagli elaborati elencati in parte narrativa, relativo ai lavori di: "Consolidamento fondazionale del palazzo comunale sito in Genova, Piazza Ippolito Nievo, civ. 1 – I° Lotto", di cui si allegano, come parte integrante del presente provvedimento, Capitolato Speciale d'Appalto, Schema di Contratto ed Elenco Prezzi;

2) di dare atto che in data 29/10/2019 il Responsabile di Procedimento ha sottoscritto il verbale di Validazione atto NP/2019/1557, redatto ai sensi dell'art. 26 comma 8 del Codice, anch'esso allegato come parte integrante del presente provvedimento;

3) di dare atto che, essendo intervenuta l'approvazione del progetto definitivo dei lavori di che trattasi con deliberazione di Giunta Comunale n. 2019/213, con la validazione del progetto esecutivo è stato conseguito il necessario titolo edilizio ai sensi dell'art. 7 comma 1, lett. c) del DPR 380/2001;

4) di approvare il quadro economico del progetto esecutivo, come riportato nelle premesse, per un importo complessivo della spesa di Euro 250.000,00 I.V.A. compresa;

5) di approvare i lavori previsti dal sopra menzionato progetto esecutivo, per un importo stimato dei medesimi, di complessivi Euro 214.055,72 di cui Euro 5.000,00 per oneri sicurezza ed Euro 5.000,00 per opere in economia, il tutto oltre I.V.A. al 10%;

6) di procedere all'esecuzione dei lavori di cui trattasi, tramite contratto "a misura" ai sensi dell'art. 59, comma 5-bis, del Codice;

Sottoscritto digitalmente dal Dirigente Responsabile

7) di aggiudicare i lavori sopra descritti mediante procedura negoziata, ai sensi del combinato disposto di cui all'art. 36, comma 2, lettera c) ed art. 148 comma 6 del Codice, senza previa pubblicazione di bando, alla quale dovranno essere invitati, nel rispetto del criterio di rotazione degli inviti e degli affidamenti, almeno trenta operatori, i cui nominativi dovranno essere individuati nell'elenco telematico in uso al Comune di Genova per la gestione delle procedure negoziate.

8) di utilizzare per l'esperimento della procedura negoziata la piattaforma telematica accessibile dalla pagina web <https://appalti.comune.genova.it/PortaleAppalti/>, previa registrazione degli operatori economici al portale, con le modalità e i termini che verranno indicati nella lettera di invito;

9) di utilizzare quale criterio di aggiudicazione, per le motivazioni di cui in premessa, il criterio del minor prezzo, inferiore a quello posto a base di gara, ex art. 148, comma 6 del Codice, determinato mediante ribasso sull'elenco prezzi posto a base di gara per i lavori in oggetto allegato al presente provvedimento, alle condizioni ed oneri del Capitolato Speciale d'Appalto, dello Schema di Contratto allegati al presente provvedimento e del Capitolato Generale approvato con D.M. LL.PP. 19/04/2000 n.145, per quanto ancora vigente e in quanto compatibile con le disposizioni del Codice;

10) di applicare l'esclusione automatica, ai sensi dell'art. 97 comma 8 del Codice, delle offerte presentanti ribasso pari o superiore alla soglia di anomalia determinata ai sensi dell'art. 97, comma 2 del Codice, tramite applicazione di uno dei metodi di calcolo in base al numero delle offerte ammesse;

11) di dare mandato alla Direzione Stazione Unica Appaltante del Comune, per l'espletamento degli adempimenti relativi alle procedure di gara, di aggiudicazione e di stipula del contratto di appalto;

12) di impegnare la somma complessiva di € 250.000,00 come segue:

- Euro 246.082,78 al capitolo 70564 c.d.c. 326.8.05 "Patrimonio e Demanio – Manutenzione Straordinaria" del Bilancio 2019 C.O. 71.49.3 crono 2019/236 P.d.C. 2.2.1.9.002 ripartita come segue:

- Euro 235.461,29 - Quota lavori (**IMPE 2019/11431**);
- Euro 10.621,49 - Spese tecniche, imprevisti e varie (**IMPE 2019/11432**);

- Euro 3.917,22 per incentivo art. 113 del D.Lgs. 50/2016 al capitolo 79900 c.d.c. 165.8.80 "Contabilità e finanza – Interventi Straordinari in Conto Capitale" -C.O. 90000.5.30 - Crono 2019/356 P.d.C. 2.2.1.9.2 così suddiviso:

- Euro 3.133,78 (art. 113 c.3 del D.Lgs. 50/2016 80%) **Imp. 2019/11433**
- Euro 783,44 (art. 113 c.4 del D.Lgs. 50/2016 20%) **Imp. 2019/11434**

13) di dare atto che la spesa di Euro 250.000,00 è finanziata per Euro 246.082,78 con devoluzione di mutui già contratti o con mutuo da contrarre nell'esercizio 2019 e per Euro 3.917,22 con entrate accertate e riscosse al Cap. 73305 c.d.c. 165.8.06 "contabilità e Finanza – Entrate straordinarie in Conto capitale" ;

Sottoscritto digitalmente dal Dirigente Responsabile

- 14) di subordinare l'aggiudicazione dei lavori di cui al presente provvedimento alla formale contrazione del mutuo;
- 15) di autorizzare la liquidazione della spesa mediante emissione di atti di liquidazione digitale in ragione dell'effettivo andamento dei lavori, su stati d'avanzamento, nei limiti della spesa di cui al presente provvedimento;
- 16) di provvedere a cura della Direzione Stazione Unica Appaltante del Comune alla pubblicazione del presente provvedimento sul profilo del Comune, alla sezione "Amministrazione Trasparente", ai sensi dell'art. 29 del Codice;
- 17) di dare atto dell'avvenuto accertamento dell'insussistenza di situazioni di conflitto di interessi ai sensi dell'art. 42 D.Lgs. 50/2016 e art. 6 bis L. 241/1990;
- 18) di dare atto che il presente provvedimento è stato redatto nel rispetto della normativa sulla tutela dei dati personali.

Il Dirigente  
Arch. Ferdinando De Fornari



COMUNE DI GENOVA

ALLEGATO ALLA DETERMINAZIONE DIRIGENZIALE N. 2019-176.1.0.-76  
AD OGGETTO

Approvazione del progetto esecutivo, dei lavori e delle modalità di gara d'appalto per i lavori di "Consolidamento fondazionale del palazzo comunale sito in Genova, Piazza Ippolito Nievo 1 – I° Lotto". CUP B32H17000050004 - CIG 8084355CC8 - MOGE 20022

Ai sensi e per gli effetti dell'articolo 183, comma 7, D.L.gs 267/2000 e s.s.m. si appone visto di regolarità contabile. La copertura finanziaria è subordinata alla contrazione del mutuo.

Il Responsabile del Servizio Finanziario  
Dott. Giuseppe Materese]

Sottoscritto digitalmente dal Dirigente Responsabile



COMUNE DI GENOVA

**DIREZIONE ATTUAZIONE NUOVE OPERE – PORTO E MARE  
SETTORE OPERE PUBBLICHE A**

Allegati alla proposta di determinazione dirigenziale:

n. 2019/176.1.0./76 del 31.10.2019

**ELENCO ALLEGATI**

- Verbale verifica.
- Verbale validazione.
- Progetto Esecutivo.



COMUNE DI GENOVA

DIREZIONE ATTUAZIONE NUOVE OPERE – PORTO E MARE  
SETTORE OPERE PUBBLICHE A

**OGGETTO:** EDIFICIO SEDE MUNICIPALE SITO IN GENOVA PIAZZA IPPOLITO NIEVO N.1-  
INTERVENTO DI RECUPERO E CONSOLIDAMENTO FONDAZIONALE.  
CUP: B32H17000050004 – MOGE: 20022

## RAPPORTO CONCLUSIVO DI VERIFICA DEL PROGETTO ESECUTIVO

(ai sensi dell'art. 26 del D. Lgs. 18 aprile 2016 n. 50)

**25 Ottobre 2019**



## COMUNE DI GENOVA

Scopo del presente verbale è il controllo tecnico del progetto esecutivo relativo all'intervento di recupero e consolidamento fondazionale dell'edificio sede municipale sito in Genova, Piazza Ippolito Nievo n.1.

In data 02/09/2019, il RUP Arch. Ferdinando de Fornari, nominato con atto datoriale prot. PG/239496 del 10/07/2018, ha costituito con l'Ufficio di Verifica progetto esecutivo per i lavori di "EDIFICIO SEDE MUNICIPALE SITO IN GENOVA PIAZZA IPPOLITO NIEVO N.1- INTERVENTO DI RECUPERO E CONSOLIDAMENTO FONDAZIONALE", con lettera di incarico n. 309497, nella persona della sottoscritta, Ing. Elisabetta Saccheggiani.

In data 24/10/2019, l'Ing. Marco Zerbinati, incaricato dalla *Direzione Attuazione Nuove Opere – Porto e Mare*, con determinazione dirigenziale N. n. 2019-176.1.0.-22 del 02/04/2019, *Adottata il 02/04/2019 ed Esecutiva dal 24/04/2019*, ha consegnato la revisione finale degli elaborati costitutivi del progetto esecutivo per i lavori di "EDIFICIO SEDE MUNICIPALE SITO IN GENOVA PIAZZA IPPOLITO NIEVO N.1- INTERVENTO DI RECUPERO E CONSOLIDAMENTO FONDAZIONALE", nel seguito elencati. Gli elaborati erano stati precedentemente anticipati in data 21/07/2019 via mail, da cui la data di prima stesura del documento "Riepilogo esame documenti", allegato alla presente.

- E1 Relazione generale progetto
- E2 Relazioni tecniche e specialistiche:
  - E2.1 Relazione geologica;
  - E2.2 Relazione illustrativa e di calcolo delle strutture;
  - E2.3 Relazione gestione delle materie;
  - E2.4 Relazione sulle interferenze;
  - E2.5 Relazione architettonica procedurale;
- E3 Elaborati grafici:
  - E3.1 Corografia generale;
  - E3.2 Pianta piano terra: progetto di consolidamento muri di fondazione;
  - E3.3 Pianta piano terra: progetto di consolidamento sedime fondazionale;
  - E3.4 Sezioni generali: interventi di consolidamento fondazionale;
  - E3.5 Stato delle opere pavimentazioni interne;
  - E3.6 Interventi pavimentazioni interne.

**COMUNE DI GENOVA**

- E4 Elenco dei prezzi unitari;
- E4.1 Analisi Prezzi;
- E5 Computo metrico estimativo;
- E6 Quadro di incidenza mano d'opera;
- E7 Piano di sicurezza e coordinamento
  - E7.1 Oneri sicurezza;
  - E7.2 Cronoprogramma;
  - E7.3 Fascicolo Tecnico.
- E8 Quadro economico
- E9 Capitolato speciale d'appalto
- E10 Piano di manutenzione dell'opera
- E11 Bozza del contratto d'appalto

La sottoscritta ing. Elisabetta Saccheggiani, ha verificato, in contraddittorio con il progettista Ing. Marco Zerbinati, la conformità del progetto esecutivo, al progetto definitivo. In particolare sono state verificate:

- a) la completezza della progettazione, per il livello di progettazione in esame e per la tipologia dell'opera;
- b) la coerenza e completezza del quadro economico in tutti i suoi aspetti;
- c) l'appaltabilità della soluzione progettuale prescelta;
- d) i presupposti per la durabilità dell'opera nel tempo;
- e) la minimizzazione dei rischi di introduzione di varianti e di contenzioso;
- f) la possibilità di ultimazione dell'opera entro i termini previsti;
- g) la sicurezza delle maestranze e degli utilizzatori, visti gli elaborati progettuali inerenti;
- h) l'adeguatezza dei prezzi unitari utilizzati, visti i computi metri e gli elenchi prezzi;
- i) la manutenibilità delle opere, ove richiesta.



COMUNE DI GENOVA

Si riporta nel seguito la Tabella di controllo degli elaborati obbligatori ai sensi dell'art.33 del D.P.R. 207/2010.

Rif. D.P.R. 207/10	Tipo elaborato	Presente	Controllato	Note
Art. 34	Relazione generale	Si	Si	Vedere "Riepilogo esame documenti"
Art. 35	Relazioni specialistiche	Si	Si	Vedere "Riepilogo esame documenti"
Art. 36	Elaborati grafici del progetto esecutivo	Si	Si	Vedere "Riepilogo esame documenti"
Art. 37	Calcoli esecutivi delle strutture e degli impianti	Si	Si	Vedere "Riepilogo esame documenti"
Art. 38	Piano di manutenzione dell'opera e delle sue parti	Si	Si	Vedere "Riepilogo esame documenti"
Art. 39	Piano di sicurezza e coordinamento	Si	Si	Vedere "Riepilogo esame documenti"
Art. 39 comma3	Quadro di incidenza della mano d'opera	Si	Si	Vedere "Riepilogo esame documenti"
Art. 40	Cronoprogramma	Si	Si	Vedere "Riepilogo esame documenti"
Art. 41	Elenco dei prezzi unitari	Si	Si	Vedere "Riepilogo esame documenti"
Art. 42	Computo metrico estimativo e quadro economico	Si	Si	Vedere "Riepilogo esame documenti"
Art. 43	Schema di contratto e capitolato speciale d'appalto	Si	Si	Vedere "Riepilogo esame documenti"

Si allega nel seguito il documento "Riepilogo esame documenti", in cui vengono esaminate le risultanze del controllo.

Si fa notare che il Progetto Esecutivo non è stato oggetto di autorizzazione sismica preventiva in quanto le opere in esso contenute si configurano come un intervento locale su un edificio non sede di attività strategiche e sensibili ai sensi del D.G.R. n. 1384/2003 e del Decreto del Capo del Dipartimento di Protezione Civile n. 3685 del 21/10/2003 (allegato 1).

Il manufatto è, infatti, attualmente sede di uffici comunali aperti al pubblico le cui attività non risultano rilevanti ai fini dell'emergenza e che coinvolgono un limitato numero di potenziali utenti. E' previsto pertanto un Deposito Sismico presso gli uffici della Città Metropolitana prima dell'inizio lavori.

In caso, in futuro, l'edificio venga destinato ad attività maggiormente rilevanti in relazione alle finalità di protezione civile e/o alle conseguenze di un eventuale collasso (opere strategiche e/o sensibili), contestualmente al cambio di destinazione d'uso, dovrà essere perseguito un intervento di miglioramento sismico globale dell'edificio che porti al raggiungimento dell'indice di sicurezza previsto dalla vigente norma tecnica.

In relazione alle risultanze delle verifiche operate e sopra descritte, la scrivente Verificatore Ing. Elisabetta Saccheggiani, con riferimenti alla documentazione visionata ritiene conclusa positivamente l'attività di verifica del progetto esecutivo relativo a "EDIFICIO SEDE MUNICIPALE SITO IN GENOVA PIAZZA IPPOLITO NIEVO N.1- INTERVENTO DI RECUPERO E CONSOLIDAMENTO FONDAZIONALE".



COMUNE DI GENOVA

Il presente verbale viene letto e sottoscritto in data odierna dal verificatore e dal progettista.

Genova, 25/10/2019

Verificatore:

Progettista:

RUP / Dirigente Settore Opere Pubbliche A  
Arch. Ferdinando De Fornari





 COMUNE DI GENOVA	Riepilogo Esame Documenti	RED. rev.02 Pag. 1/7
---	---------------------------	-------------------------

OGGETTO: EDIFICIO SEDE MUNICIPALE SITO IN GENOVA PIAZZA IPPOLITO NIEVO N.1- INTERVENTO DI RECUPERO E CONSOLIDAMENTO FONDAZIONALE

DATA PRIMA REDAZIONE DOCUMENTO: 21/07/2019

**GLI ELABORATI SOTTO ELENCATI SONO STATI ACQUISITI DALL'ISPETTORE**

<u>Con trasmissione via mail</u>	<input checked="" type="checkbox"/>	<u>Date cenno di riscontro via mail</u>
<u>Spedizione a mezzo posta / corriere</u>		<u>Dato cenno di riscontro telefonicamente</u>
<u>Ritirati a mano</u>		

IN DATA 21/07/2019 -rev.00

IN DATA 21/10/2019 -rev.01

IN DATA 24/10/2019 -rev.02

Data 25/10/2019

ISP/ESP: Ing. Elisabetta Saccheggiani

A	N° doc.	Data e rev.	Titolo	Data Ric.	Status (2)	Azione correttiva/Deduzioni del progettista con data (15.10.2019)	Contro deduzioni con data (21.10.2019)	Status (2)	Status finale (24/10/2019)
1	E0	01/08/2019 rev.00	DESCRIZIONE Elenco elaborati Aggiungere elaborati mancanti (vedi note a piè pagina)	21/07/2019	H	Integrati gli elaborati mancanti		A	A

Direzione Attuazione Nuove Opere  
Via di Francia, 1 - 19° piano | 16149 Genova |

**GENOVA**  
MORE THAN THIS



 <b>COMUNE DI GENOVA</b>	<b>Riepilogo Esame Documenti</b>	<b>RED – rev.02</b>
	<b>Pag. 2/7</b>	

2	E1	02/08/2019 rev.00	Relazione generale progetto Nessuna osservazione	21/07/2019	A				A
3	E2.1	GIUGNO 2019 rev.00	Relazione geologica Nessuna osservazione	21/07/2019	A				A
4	E2.2	01/08/2019 rev.00	Relazione illustrativa e di calcolo delle strutture Specificare la tipologia di intervento su manufatto esistente secondo NTC 2018 (miglioramento, adeguamento, intervento locale) e dettagliare le motivazioni per cui l'edificio non è considerato un'opera strategica/sensibile ai sensi DGR 1384/2003 (sarà poi fornita dall'Amministrazione come concordato una dichiarazione a riguardo). Integrare la relazione con Relazione accettabilità analisi strutturale eseguita con elaboratore in riferimento al programma utilizzato per il calcolo delle iniezioni nel terreno di fondazione.	21/07/2019	H	Già dettagliato all'interno della relazione, comunque verrà ripetuto nella relazione in revisione. La relazione sarà integrata con un book scientifico nel quale vengono trattati i casi reali dai quali sono state desunte le formule empiriche impiegate nel programma di calcolo.	Viene indicata in relazione una classe d'uso III: "Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi" che è incompatibile con la dichiarazione di opera "non sensibile" → modificare	H	A
5	E2.3	01/08/2019 rev.00	Relazione gestione materie Nessuna osservazione	21/07/2019	A				A
6	E2.4	01/08/2019 rev.00	Relazione sulle interferenze Mettere un riferimento al capitolo del PSC a cui fare riferimento per risoluzione interferenze e sezionamenti	21/07/2019	H	Integrato con il riferimento al PSC e integrato con gli stralci degli allegati grafici al PSC.		A	A
7	E3.1	01/08/2019 rev.00	Corografia generale Nessuna osservazione	21/07/2019	A				A
8	E3.2	01/08/2019 rev.00	Pianta piano terra: progetto di consolidamento muri di fondazione Non si ha evidenza delle misure a cui fanno riferimento le voci di computo. Inserire indicazione sugli interassi delle iniezioni e una lunghezza indicativa delle perforazioni necessarie. Bisognerebbe verificare che per il consolidamento della zona fondale in adiacenza alla scala l'ingombro dei	21/07/2019	H	Integrata quotatura. Gli interassi non possono essere definiti in questa fase. Si dovrà attendere la risposta del contesto in sito. L'ingombro nel sotto scala è stato verificato, infatti le iniezioni sono segnate solamente nel primo tratto di sottoscala, in cui le altezze	Va comunque specificato un interesse coerente con quello riportato nella voce di computo e con quanto calcolato nella " Relazione illustrativa e di calcolo delle strutture". Inserire quindi una dicitura del tipo: "da un minimo di... a un max di..."	H	A



 <b>COMUNE DI GENOVA</b>	<b>Riepilogo Esame Documenti</b>	<b>RED – rev.02</b>
		<b>Pag. 3/7</b>

9	E3.3	01/08/2019 rev.00	macchinari da utilizzarsi sia compatibili con le dimensioni del sottoscala. Pianta piano terra: progetto di consolidamento sedime fondazionale Inserire riferimento al "Consolidamento superficiale" previsto a progetto e specificare la lunghezza di perforazione e i relativi interessi. Inserire interessi iniezioni "Consolidamento in profondità" e sviluppo lineare dei vari tratti. Bisognerebbe verificare che per il consolidamento della zona fondale in adiacenza alla scala l'ingombro dei macchinari da utilizzarsi sia compatibile con le dimensioni del sottoscala.	21/07/2019	H	permettono le perforazioni.  Integrata quotatura. Gli interessi non possono essere definiti in questa fase. Si dovrà attendere la risposta del contesto in sito. L'ingombro nel sotto scala è stato verificato, infatti le iniezioni sono segnate solamente nel primo tratto di sottoscala, in cui le altezze permettono le perforazioni.	Va comunque specificato un interesse coerente con quello riportato nella voce di computo e con quanto calcolato nella " Relazione illustrativa e di calcolo delle strutture". Inserire quindi una dicitura del tipo: "da un minimo di... a un max di..."	H	A
10	E3.4	01/08/2019 rev.00	Sezioni generali: interventi di consolidamento Nessuna osservazione	21/07/2019	A				A
11	E4	01/08/2019 rev.00	Elenco Prezzi Unitari Manca l'indicazione del prezzario di riferimento.	21/07/2019	H		Come nota del CME va comunque specificato un interesse coerente con quello riportato nella voce di computo e con quanto calcolato nella " Relazione illustrativa e di calcolo delle strutture". Inserire quindi una dicitura del tipo: "da un minimo di... a un max di..."	H	A
12	E5	01/08/2019 rev.00	Computo metrico estimativo Manca l'indicazione del prezzario di riferimento. Non vi sono riferimenti agli elaborati grafici che ne determinano le misurazioni. Nella voce 2 (NP1) viene citata la possibilità di utilizzare miscele a base	21/07/2019	H	Inserita nota con indicazione prezzario utilizzato. Dettagliate le misurazioni. Come già definito in precedenza e dettagliato nelle voci di computo, l'interesse sarà definito in sede operativa. Indicato riferimento alla	La dicitura corretta per le voci 3 e 4 è "Valutato a metro lineare di sottofondazione" Nella voce 2 il riferimento alle calci idrauliche è rimasto e la possibilità di utilizzarle in loco alle resine	H	A



 COMUNE DI GENOVA	Riepilogo Esame Documenti	RED – rev.02
		Pag. 4/7

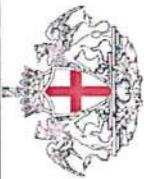
<p>di calci idrauliche in alternative alle resine espandenti a cui fanno riferimento esclusivo le relazioni e gli elaborati grafici. Bisognerebbe indicare un interesse indicativo delle perforazioni in quanto il range indicato nelle relazioni è molto ampio e potrebbe dare adito a contestazioni da parte dell'impresa. Indicare a cosa si riferisce l'unità di misura a cui fa riferimento il prezzo, ossia lo sviluppo lineare delle fondazioni.</p> <p>Nella voci 3 e 4 (NP2 e NP3) bisognerebbe indicare un interesse indicativo delle perforazioni secondo quanto indicato nella Relazione di calcolo. Indicare a cosa si riferisce l'unità di misura a cui fa riferimento il prezzo, specificando che la misura lineare è relativa allo sviluppo delle fondazioni.</p> <p>Specificare che il "Consolidamento superficiale" previsto nella relazione tecnica è ricompreso nei suddetti prezzi, in quanto non è esplicitato all'interno delle voci che citano esclusivamente le iniezioni su più livelli relative al "Consolidamento in profondità".</p> <p>Nelle voci relative alle demolizioni e ripristini delle pavimentazioni non vi sono riferimenti agli elaborati grafici che ne determinano le misurazioni.</p> <p>In generale sarebbe opportuno dividere il computo in macrocategorie quali a titolo esemplificativo e non esaustivo "Demolizioni, trasporti e discariche", "Consolidamenti", "Ripristini pavimentazioni e finiture", "Cantierizzazione".</p>	<p>misurazione.</p> <p>Eliminata la dicitura "iniezioni superficiali o di profondità" in quanto potrebbe generare confusione.</p> <p>Aggiunta oltre alle categorie già presenti la categoria "demolizioni, smontaggi, trasporti e smallimenti".</p> <p>Aggiunta l'analisi prezzi relativa ai nuovi prezzi NP.</p>	<p>non viene mai citata nella relazione generale</p> <p>Va comunque specificato un interesse coerente con quello riportato nella voce di computo e con quanto calcolato nella "Relazione illustrativa e di calcolo delle strutture".</p> <p>Inserire quindi una dicitura del tipo: "da un minimo di... a un max di..."</p>							



 <b>COMUNE DI GENOVA</b>	<b>Riepilogo Esame Documenti</b>	<b>RED – rev.02</b>
	<b>Pag. 5/7</b>	

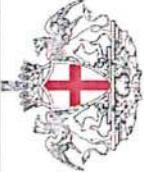
13	E6	01/08/2019 rev.00	Quadro di incidenza della manodopera Nessuna osservazione	21/07/2019	A				A
14	E7	01/08/2019 rev.00	Piano di Sicurezza e Coordinamento Nessuna osservazione	21/07/2019	A			Non è stato inviato insieme al resto del Progetto Esecutivo revisionato	A
15	E7.1	01/08/2019 rev.00	Oneri della sicurezza Manca l'indicazione del prezzario di riferimento.	21/07/2019	H		Inserita nota con indicazione prezzario utilizzato.		A
16	E7.2	01/08/2019 rev.00	Cronoprogramma Presente refuso nella riga 5 → "Consolidamento terreni" va sostituito con "Consolidamento murature di fondazione". Coordinare i titoli, aggiungendo nel contempo le sigle delle varie fasi (A,B,C,D,E), con quanto riportato nel capitolo 4.2 del Piano di Sicurezza e Coordinamento.	21/07/2019	H		Corretto refuso e indicizzato fasi.	Non si vedono nella stampa le fasi 9 e 10 → sistemare	H
17	E7.3	01/08/2019 rev.00	Fascicolo tecnico Inserire nel capitolo 5 l'elenco esaustivo degli elaborati progettuali inerenti l'opera come da Elenco Elaborati	21/07/2019	H		Inserito elenco elaborati.		A
18	E8	01/08/2019 rev.00	Quadro Economico Compilare il campo "oggetto" con il titolo dell'opera; Correggere la dicitura "Ai sensi Art. 32" con la dicitura "Ai sensi Art. 42" relativa al Progetto Esecutivo; Eliminare l'intera riga "Totale importo soggetto a ribasso" in quanto il calcolo è errato; Eliminare la riga C2, "I.V.A. su Somme a disposizione dell'Amministrazione" e aggiungere la dicitura IVA inclusa nelle voci B.8-B.10-B.11.	21/07/2019	H			E' rimasto un errore nel calcolo dell'importo soggetto a ribasso → Eliminare l'intera riga "Totale importo soggetto a ribasso" in quanto il calcolo è errato;	H
19	E9	01/08/2019 rev.00	Capitolato Speciale d'Appalto Nell'art.2, punto 1 della parte prima viene riportato erroneamente tutto il quadro economico. Dovrà essere riportata esclusivamente la tabella relativa all'importo lavori omettendo la	21/07/2019	H		Effettuate le correzioni richieste e meglio dettagliate le voci carenti.	Il quadro economico riportato dovrà essere diviso per le categorie presente nel CME. Si prega di riallinearsi al modello del Comune già inviato in modo che anche i	H



 <b>COMUNE DI GENOVA</b>	<b>Riepilogo Esame Documenti</b>	<b>RED – rev.02</b>
		<b>Pag. 6/7</b>

20	E10	01/08/2019 rev.00	parte relativa alle somme a disposizione dell'Amministrazione. Al punto 3 è presente un riferimento al punto B (stima dei costi della sicurezza) che è invece identificato come A.2 nel quadro. Nell'art. 3 integrare il punto 2 con una breve descrizione delle opere a progetto.	21/07/2019	A		successivi riferimenti risultino corretti (ad es al punto 3 è presente un riferimento al punto B -stima dei costi della sicurezza- che è invece identificato come A.2 nel quadro attuale) Nell'art.6 va tolto l'elaborato E11 "Bozza del contratto d'appalto" dai documenti che fanno parte del contratto		A
21	E11	01/08/2019 rev.00	integrare la parte seconda del capitolato con la descrizione delle lavorazioni del computo che risulta maggiormente esaustiva.	21/07/2019	A				A
22	E2.5	01/08/2019 rev.00	Piano di manutenzione dell'opera Nessuna osservazione	21/07/2019	H		I cartigli riportano il titolo di Progetto Definitivo	H	A
23	E3.5	01/08/2019 rev.00	Bozza del contratto d'appalto Nessuna osservazione	21/07/2019	H		I cartigli riportano il titolo di Progetto Definitivo	H	A
24	E3.6	01/08/2019 rev.00	Relazione architettonica procedurale Relazione assente	21/07/2019	H		I cartigli riportano il titolo di Progetto Definitivo	H	A
25	E4.1	01/08/2019 rev.00	Stato delle opere pavimentazioni interne Relazione assente Interventi pavimentazioni interne Relazione assente Analisi prezzi Relazione assente	21/07/2019	H		Manca l'analisi del NP 00	H	A



 <b>COMUNE DI GENOVA</b>	<b>Riepilogo Esame Documenti</b>	<b>RED - rev.02</b>
		<b>Pag. 7/7</b>

**Note generali:**

Revisione 00:

Dal punto di vista della completezza della documentazione (REV.00) sono state rilevate le seguenti mancanze:

- Relazione architettonica procedurale (presente nel progetto definitivo, documento D2.1)--> da inglobare nella relazione generale o riproporre tale e quale;
- Stato opere di pavimentazione interna (presente nel progetto definitivo, documento D3.5)--> da riproporre tale e quale;
- Interventi di pavimentazione interna (presente nel progetto definitivo, documento D3.6)--> da riproporre tale e quale evidenziando le misure a cui si fa riferimento nel computo per rimozioni e ripristini;
- Analisi prezzi --> da fare ex novo.

Per i contenuti, titolo esemplificativo ma non esaustivo si rileva quanto segue (rev.00):

- Annotazioni riportate sul computo relative ad interessi perforazioni e tipologia di materiale da impiegarsi nelle iniezioni sulle murature che rimandano a determinazioni in fase di cantiere a carico della DL lasciando indeterminata e quindi incerta la sua esecutività.

Revisione 01:

Tutti gli elaborati in rev.01 devono avere una data successiva alla redazione della prima revisione del presente verbale, ad esempio 01/10/2019.

**Legenda:**

(0) **PROGETTO:** Aspetto della progettazione esaminato (strutture, architettura, impianti etc.)

(1) **TIPO:** D = disegno - R = rapporto - S = specifica

(2) **STATUS:** A = approvato - A/C = approvato con commenti - H = necessarie modifiche/integrazioni - HH = viene richiesta riunione con RuP/ progettisti per rilevate non conformità poste alla base dell'intero parte progettuale - S = superato - I = acquisito per informazione

Le osservazioni di cui agli elaborati status A/C si configurano quali elementi migliorativi della qualità complessiva del corpo progettuale e il loro recepimento non risulta vincolante a parere della sottoscritta ai fini della conformità del corpo progettuale.

**(-)EN(O)VA**  
MORE THAN THIS

Direzione Attuazione Nuove Opere  
 Via di Francia, 1 - 19° piano | 16149 Genova |





**COMUNE DI GENOVA**

**DIREZIONE ATTUAZIONE NUOVE OPERE – PORTO E MARE  
SETTORE OPERE PUBBLICHE A**

**OGGETTO:** EDIFICIO SEDE MUNICIPALE SITO IN GENOVA PIAZZA IPPOLITO NIEVO N.1-  
INTERVENTO DI RECUPERO E CONSOLIDAMENTO FONDAZIONALE.  
CUP: B32H17000050004 – MOGE: 20022

**VERBALE DI VALIDAZIONE DEL PROGETTO ESECUTIVO**

(ai sensi dell'art. 26 c.8 del D.Lgs 50/2016 e dell'art. 55 del D.P.R. n° 207 del 5.10.2010)

**RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO**

Dirigente Settore Opere Pubbliche A  
Arch. Ferdinando De Fornari

**29 Ottobre 2019**

**COMUNE DI GENOVA**

Il giorno 29 del mese di Ottobre dell'anno 2019, presso l'ufficio dello scrivente si procede a quanto segue.

Premesso,

- che con Determinazione Dirigenziale n. 2019-176.1.0.-22 del 02.04.2019, è stato formalmente affidato all'Ing. Marco Zerbinati l'incarico per la redazione della progettazione definitiva ed esecutiva dell'intervento di cui trattasi;
- che l'ing. Zerbinati si è avvalso dei seguenti professionisti incaricati a propria cura:
  - progetto architettonico e restauri: arch. Loredana Fracchia (Ord.arch.SV. n.551).

Considerato:

- che il progetto Esecutivo in argomento è stato redatto in coerenza con il precedente progetto Definitivo, approvato con Deliberazione di Giunta Comunale n. 2019/213 del 01.08.2019;

Considerato altresì:

- che l'ing. Elisabetta Saccheggiani, incaricata dallo scrivente, con lettera di incarico n. 309497 del 02/09/2019, dell'attività di verifica del progetto in epigrafe, ha emesso in data 25/11/2017 il proprio rapporto conclusivo con esito favorevole.

Visto con il progettista delle opere in epigrafe e con il supporto del verificatore incaricato ing. Elisabetta Saccheggiani, il progetto Esecutivo inerente l'“EDIFICIO SEDE MUNICIPALE SITO IN GENOVA PIAZZA IPPOLITO NIEVO N.1- INTERVENTO DI RECUPERO E CONSOLIDAMENTO FONDAZIONALE”, progetto costituito dai seguenti elaborati:

- E1 Relazione generale progetto
- E2 Relazioni tecniche e specialistiche:
  - E2.1 Relazione geologica;
  - E2.2 Relazione illustrativa e di calcolo delle strutture;
  - E2.3 Relazione gestione delle materie;
  - E2.4 Relazione sulle interferenze;
  - E2.5 Relazione architettonica procedurale;



## COMUNE DI GENOVA

- E3 Elaborati grafici:
  - E3.1 Corografia generale;
  - E3.2 Pianta piano terra: progetto di consolidamento muri di fondazione;
  - E3.3 Pianta piano terra: progetto di consolidamento sedime fondazionale;
  - E3.4 Sezioni generali: interventi di consolidamento fondazionale;
  - E3.5 Stato delle opere pavimentazioni interne;
  - E3.6 Interventi pavimentazioni interne.
- E4 Elenco dei prezzi unitari;
- E4.1 ANALISI PREZZI;
- E5 Computo metrico estimativo;
- E6 Quadro di incidenza mano d'opera;
- E7 Piano di sicurezza e coordinamento
  - E7.1 Oneri sicurezza;
  - E7.2 Cronoprogramma;
  - E7.3 Fascicolo Tecnico.
- E8 Quadro economico
- E9 Capitolato speciale d'appalto
- E10 Piano di manutenzione dell'opera
- E11 Bozza del contratto d'appalto

Considerato che, a seguito di attento esame e verifica degli elaborati effettuato dall'ing. Elisabetta Saccheggiani in contraddittorio con il progettista, come emerge dal "*Verbale di Verifica del Progetto Esecutivo*", il progetto di cui sopra può essere validato.

**COMUNE DI GENOVA**

Considerato, quindi, il contenuto del "*Rapporto conclusivo di Verifica del Progetto Esecutivo*" datato 25/11/2019 a firma dello stesso verificatore ing. Elisabetta Saccheggiani, redatto ai sensi dell'art. 54 comma 7 del D.P.R. 207/2010, allegato quale parte integrante e sostanziale del presente documento, il sottoscritto Arch. Ferdinando De Fornari, in qualità di Responsabile Unico del Procedimento, ai sensi dell'art. 55 del D.P.R. 207/2010

**VALIDA IL PROGETTO ESECUTIVO**

*"EDIFICIO SEDE MUNICIPALE SITO IN GENOVA PIAZZA IPPOLITO NIEVO N.1- INTERVENTO DI RECUPERO E CONSOLIDAMENTO FONDAZIONALE"*

Letto, approvato e sottoscritto in Genova, li 29 Ottobre 2019

Il Responsabile Unico del Procedimento  
(Arch. Ferdinando De Fornari)

**Comune di Genova**  
PROVINCIA DI GENOVA

**EDIFICIO SEDE MUNICIPALE SITO IN GENOVA  
PIAZZA IPPOLITO NIEVO N.1**

**INTERVENTO DI RECUPERO E CONSOLIDAMENTO FONDAZIONALE**

**PROGETTO ESECUTIVO**

**OGGETTO:** EO\_ELENCO ELABORATI (D.P.R. n.207/2010, Sez.IV)

**COMMITTENTE:** Comune di Genova

**PROGETTISTA:** Ing. ZERBINATI Marco

Iscritto all'Ord. Ingg. di Savona n° 1630



**DATA:** 22.10.2019 REV. 02

**CODICE ELABORATO:** EO\_ELENCO ELABORATI\_REV 02.docx

**Elenco elaborati (D.P.R. n.207/2010, Sez. IV) progetto ESECUTIVO:**

- E1 Relazione generale progetto
- E2 Relazioni tecniche e specialistiche:
  - E2.1 Relazione geologica;
  - E2.2 Relazione illustrativa e di calcolo delle strutture;
  - E2.3 Relazione gestione delle materie;
  - E2.4 Relazione sulle interferenze;
  - E2.5 Relazione architettonica procedurale;
- E3 Elaborati grafici:
  - E3.1 Corografia generale;
  - E3.2 Pianta piano terra: progetto di consolidamento muri di fondazione;
  - E3.3 Pianta piano terra: progetto di consolidamento sedime fondazionale;
  - E3.4 Sezioni generali: interventi di consolidamento fondazionale;
  - E3.5 Stato delle opere pavimentazioni interne;
  - E3.6 Interventi pavimentazioni interne.
- E4 Elenco dei prezzi unitari;
  - E4.1 ANALISI PREZZI;
- E5 Computo metrico estimativo;
- E6 Quadro di incidenza mano d'opera;
- E7 Piano di sicurezza e coordinamento
  - E7.1 Oneri sicurezza;
  - E7.2 Cronoprogramma;
  - E7.3 Fascicolo Tecnico.
- E8 Quadro economico
- E9 Capitolato speciale d'appalto

- E10 Piano di manutenzione dell'opera
- E11 Bozza del contratto d'appalto

Carcare, 22.010.2019

Ing. Marco Zerbinati



**Comune di Genova**  
PROVINCIA DI GENOVA

**EDIFICIO SEDE MUNICIPALE SITO IN GENOVA  
PIAZZA IPPOLITO NIEVO N.1**

**INTERVENTO DI RECUPERO E CONSOLIDAMENTO FONDAZIONALE**

**PROGETTO ESECUTIVO**

**OGGETTO:** E.1\_RELAZIONE GENERALE DI PROGETTO

**COMMITTENTE:** COMUNE DI GENOVA

**PROGETTISTA:** Ing. ZERBINATI Marco  
Iscritto all'Ord. Ingg. di Savona n° 1630



**DATA:** 01.08.2019 REV. 00

**CODICE ELABORATO:** E1\_REL GENERALE DI PROG



## INDICE

<b>1</b>	<b>INTRODUZIONE</b> .....	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>APPROCCIO METODOLOGICO</b> .....	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>DESCRIZIONE DELL'EDIFICIO</b> .....	<b>6</b>
<b>4</b>	<b>RILIEVO GEOMETRICO DELL'EDIFICIO</b> .....	<b>11</b>
<b>5</b>	<b>ANALISI DEL QUADRO FESSURATIVO</b> .....	<b>19</b>
5.1	ANALISI DEI PROSPETTI E DELLE AREE ESTERNE.....	19
5.2	ANALISI DELLE AREE INTERNE .....	26
5.2.1	<i>Mappatura quadro fessurativo marzo 2017</i> .....	26
5.2.2	<i>Monitoraggio fessurativo dicembre 2017-ottobre 2018</i> .....	42
<b>6</b>	<b>CARATTERIZZAZIONE DEI MATERIALI COSTITUENTI L'EDIFICIO</b> .....	<b>45</b>
6.1	CARATTERIZZAZIONE DELLA MATRICE MURARIA .....	45
6.2	CARATTERIZZAZIONE MECCANICA DELLA MURATURA .....	47
6.2.1	<i>Prove con martinetto piatto</i> .....	47
6.2.2	<i>Prove penetrometriche sulla malta</i> .....	49
6.3	CONSIDERAZIONI SUI DATI OTTENUTI. ....	50
<b>7</b>	<b>INTERPRETAZIONE DEL QUADRO FESSURATIVO E DELLE CARATTERISTICHE MECCANICHE DEI MASCHI MURARI</b> .....	<b>53</b>
<b>8</b>	<b>INTERVENTI DI RINFORZO E RISANAMENTO DELL'EDIFICIO</b> .....	<b>57</b>
8.1	RISANAMENTO FONDAZIONI E SUBSTRATI DI TERRENO .....	57
8.1.1	<i>Consolidamento muratura fondale</i> .....	57
8.1.2	<i>Consolidamento substrato terreno</i> .....	57
8.2	MONITORAGGI .....	58
8.2.1	<i>Monitoraggio in essere</i> .....	58

## 1 INTRODUZIONE

Il sottoscritto Ing. Zerbinati Marco, con studio in Carcare (SV), Via del Collegio n.26/7, iscritto all'Ordine degli Ingegneri di Savona al n.1630, ha ricevuto incarico dal Comune di Genova, con Det. Dirig. N. 2016-176.3.1-5, per lo svolgimento dell'incarico di mappatura ed individuazione dei meccanismi correlati al dissesto dell'edificio sito in Piazza Ippolito Nievo n.1, Genova (GE), di proprietà del Comune di Genova e sede del Municipio IX – Levante, nell'ambito degli interventi di manutenzione straordinaria sul patrimonio comunale – 2° lotto.

In particolare, era stata redatta dal sottoscritto una relazione preliminare di sopralluogo avvenuto in data 17/12/2015, congiuntamente al Dott. Geol. Gaiezza Amedeo e alla presenza del Geom. Guerrisi Domenico, presso l'edificio istituzionale "Municipio di Levante" sito in P.zza Nievo n.1 – Genova al fine di prendere visione dello stato conservativo della struttura costituita da un corpo di fabbrica principale strutturato in muratura portante su n.3 piani fuori-terra oltre sottotetto e copertura, successivamente ampliato tramite la realizzazione sul fronte nord-ovest di un corpo di fabbrica secondario ad un solo piano fuori terra in aderenza allo stesso.

Una analisi visiva dei luoghi ha evidenziato la presenza di un quadro fessurativo importante sulla muratura portante perimetrale ed interna nonché di tamponatura interna, relativa sia al corpo principale sia al corpo secondario, concentrata in particolare sui fronti nord-ovest, sud-ovest e nord-est, nonché nella zona centrale del corpo principale (area vano scala) e dell'area servizi igienici del corpo secondario.

Alla luce dello schema fessurativo, è stata evidenziata la necessità di approfondire la conoscenza dei luoghi al fine di individuare le cause di dissesto, in particolare con una indagine geologica estesa per l'identificazione della stratigrafia dei luoghi, della caratterizzazione meccanica dei terreni e delle caratteristiche di compressibilità degli strati.

A seguito di un incarico ricevuto dal Comune di Genova, il Dott. Geol. Amedeo Gaiezza ha eseguito nei mesi di gennaio/ febbraio 2017, tale indagine che ha condotto ad una conoscenza puntuale della geologia dei luoghi.

A seguire, a partire da dicembre 2017, è stato effettuato il monitoraggio di 29 fessure (di cui 25 fessure monitorate fin dalla data di inizio monitoraggio e 4 fessure aggiunte in corso di monitoraggio in seguito ad ulteriori verifiche) e l'installazione di due clinometri posizionati sullo spigolo est dell'edificio. Le letture sono state effettuate con cadenza mensile.

Nell'ottobre 2018 è stata svolta dalla ditta di controlli e diagnostica strutturale C.D.S. s.r.l. una campagna di indagine conoscitiva dei materiali costituenti l'edificio, in particolare:

- N° 3 prove con martinetto piatto in configurazione doppia (n° 1 prova effettuata al piano terra e n° 1 prova effettuata al primo piano. La terza prova al piano secondo non è stata possibile effettuarla in quanto vi è stato un distacco del blocco lapideo della muratura in corrispondenza della zona oggetto d'indagine).
- N° 12 prove endoscopiche (quattro per piano)
- N° 15 prove penetrometriche per malta (cinque per piano)
- N°2 analisi chimiche della malta per la caratterizzazione della stessa.

## 2 APPROCCIO METODOLOGICO

Le costruzioni sono in generale progettate e dimensionate in modo tale da assolvere ai compiti loro affidati, nel rispetto delle resistenze caratteristiche dei materiali con cui sono costruite.

Diverse cause possono però intervenire nella vita della costruzione ad alterare l'equilibrio del complesso richiedendogli nuove configurazioni, con una diversa distribuzione delle tensioni che non sempre sono rispettose dei limiti del materiale.

Le lesioni sono la manifestazione di questa situazione e denunciano in generale la liberazione di stati tensionali presenti nella struttura, rappresentando talvolta una condizione di pericolo e talvolta semplicemente una nuova configurazione di equilibrio che può essere altrettanto valida rispetto alla precedente.

Lo studio dell'edificio oggetto di dissesto, viene condotto risalendo dal quadro fessurativo osservato, ai dissesti statici e alle potenziali cause perturbatrici.

In particolare, si sottolinea che se ad ogni lesione elementare corrisponde un dissesto, ad un dissesto elementare possono corrispondere più cause perturbatrici, che possono intervenire anche contemporaneamente.

Partendo dall'osservazione del quadro fessurativo e dell'aspetto delle lesioni, attraverso l'impiego della curva intrinseca da materiale fragile, è possibile avere importanti indicazioni circa lo stato tensionale della muratura, in quanto le tracce dei piani di crisi sono pressoché ortogonali alla direzione della massima tensione di trazione o minima di compressione.

Lo studio pertanto è stato articolato attraverso le seguenti fasi:

- Campagna di sopralluoghi atti a verificare e mappare le lesioni presenti all'esterno e all'interno dell'edificio, attraverso l'esecuzione di un rilievo fotografico dell'edificio;
- Restituzione grafica della distribuzione delle fessurazioni riscontrate, sia sui prospetti sia sulle sezioni sia sulle piante dell'edificio, al fine di risalire allo schema di dissesto, e alle ipotesi di cause perturbatrici;
- Campagna geognostica eseguita dal Dott. Geol. Gaiezza Amedeo, su incarico del Comune di Genova, al fine di verificare le condizioni geologico - geomorfologiche e di stabilità dell'area in esame, definendo il modello geologico / geotecnico di supporto all'individuazione e alla risoluzione delle principali problematiche di diretto e pertinente interesse geologico;

A tale riguardo, di comune accordo con il geologo, ed in funzione dell'accessibilità logistica e/o delle interferenze operative, è stata condotta una campagna geognostica sull'area d'intervento articolata in:

- o n. 3 sondaggi a carotaggio continuo
  - o n. 1 indagine tromografica HVSR
  - o campagna georadar mediante n. 37 stese antenna 400 MHz
  - o prove geotecniche di laboratorio su n. 3 campioni: n. 2 indisturbati e n. 1 rimaneggiato
  - o prove SPT in avanzamento sondaggi
- Analisi comparativa dei risultati ottenuti attraverso il quadro fessurativo individuato e le indagini geologico-geotecniche eseguite, con identificazione delle più probabili cause di dissesto;
  - Monitoraggio puntuale di 29 lesioni (quattro dei punti di monitoraggio sono stati aggiunti in corso di monitoraggio a causa del manifestarsi di nuove lesioni) mediante installazione di tre basette comparative e relative letture degli spostamenti mediante comparatore millesimale. Le letture delle singole lesioni sono state effettuate con cadenza mensile a partire da dicembre 2017.

- Installazione di due clinometri in corrispondenza dello spigolo est dell'edificio e relative letture degli spostamenti mediante acquisizione elettronica. Le letture sono state effettuate con cadenza mensile a partire da dicembre 2017.
- Campagna di indagine conoscitiva dei materiali costituenti l'edificio, in particolare:
  - o N° 3 prove con martinetto piatto in configurazione singola e doppia (n° 1 prova effettuata al piano terra, n° 1 prova effettuata al primo piano. La terza prova al piano secondo non è stata possibile effettuarla in quanto vi è stato un distacco del blocco lapideo della muratura in corrispondenza della zona oggetto d'indagine).
  - o N° 12 prove endoscopiche (quattro per piano)
  - o N° 15 prove penetrometriche per malta (cinque per piano)
  - o N°2 analisi chimiche della malta per la caratterizzazione della stessa.
- Studio preliminare degli interventi diretti o indiretti di consolidamento necessari.

### 3 DESCRIZIONE DELL'EDIFICIO

L'edificio in oggetto, sito in Piazza Ippolito Nievo n.1, Genova (GE), è di proprietà del Comune di Genova, nonché sede del Municipio IX – Levante (Figura 1 e Figura 2).

Esso è identificato al N.C.E.U. di Genova alla sez. QUA, foglio 6 particelle 295-296.

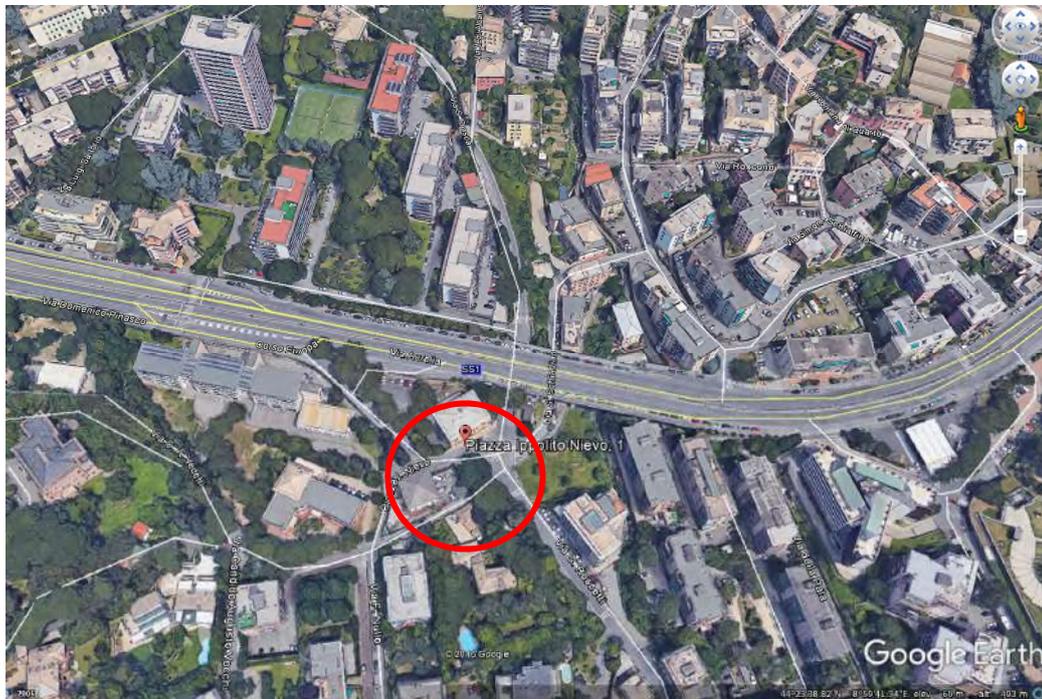


Figura 1. Individuazione dell'immobile



Figura 2. Facciata principale edificio in Piazza Ippolito Nievo n.1

Da una ricerca svolta presso l'archivio storico del Comune di Genova, presso Palazzo Ducale, si è appreso da uno stradario storico, che l'edificio municipale su Piazza Nievo, fu costruito nel 1886 dall'Impresa Mortola per 26.871,31 lire.

Esso fu la sede del municipio del Comune di Quarto al Mare (Figura 3), comune autonomo fino al 1926, poi denominato Quarto dei Mille nel 1911 in ricordo della Spedizione dei Mille che ebbe inizio in questa località.



Figura 3. Cartolina risalente al 1904

Nella ricerca sono state trovate due fotografie, di cui una risalente al 1904, nelle quali si può vedere come il prospetto principale dell'edificio presentasse già le caratteristiche attuali, con minima variazioni architettoniche legate all'eliminazione di alcune decorazioni architettoniche ancora peraltro individuabili sui segni presenti in facciata (Figura 4).



**Figura 4. Cartolina senza datazione**

In particolare, si fa osservare come esistesse già all'epoca un muro di delimitazione del giardino laterale a destra della facciata, ancorché presenti allo stato attuale un aspetto differente dovuto ad una modifica architettonica oppure ad un suo totale rifacimento (Figura 5).



**Figura 5. Particolare muro esistente a destra della facciata principale a delimitazione del giardino privato.**

Successivamente sul lato nord-est dell'edificio, su realizzato l'attuale Corso Europa, negli anni 1950 - 1961 (tratto appartenente al 2 lotto funzionale inaugurato nel 1961) (Figura 6).



**Figura 6. Vista di Corso Europa.**

L'edificio è stato successivamente ampliato nel 1972, con la realizzazione di un volume monopiano sul lato nord-est del volume originario, come risulta da una pratica archiviata con n.120-1972 archiviata presso il Comune di Genova, riportata sulla della cartografia visionabile sul sito dell'Ufficio visure del Comune di Genova, di cui si riporta stralcio (Figura 7 e Figura 8).



Figura 7. Estratto cartografie ufficio visura Comune di Genova



Figura 8. Ingrandimento cartografia ufficio visura sull'edificio in oggetto

Tale volume (Figura 9) è stato realizzato, probabilmente, a seguito dell'insediamento all'interno dell'edificio di una delle succursali della scuola alberghiera Marco Polo, la quale qui è rimasta presumibilmente fino all'anno 2008-2010.



**Figura 9. Vista del volume in ampliamento all'edificio principale.**

Già nel 2008 la Provincia di Genova aveva fatto eseguire una campagna geognostica a seguito di un dissesto che si era manifestato sul volume di ampliamento, quando ancora l'edificio era sede scolastica, come era riportato nella relazione geologica allora redatta.

11 / 58

Tale relazione geologica riportava una situazione di dissesto che interessava il corpo aggiunto, costituita da crepe e dislocazioni presenti nel paramento murario, e indicava come causa una struttura fondazionale di tipo diretto del corpo aggiunto, inadeguatamente dimensionata rispetto ai carichi e al piano di posa, la quale avrebbe causato un distacco del corpo aggiunto rispetto al principale nonché la registrazione di cedimenti differenziali.

Infine, l'edificio è stato utilizzato come sede del Municipio IX – Levante, sua attuale destinazione dal 2014.

#### **4 RILIEVO GEOMETRICO DELL'EDIFICIO**

L'edificio è stato oggetto di operazioni di rilievo al fine di verificare e completare gli elaborati grafici forniti dal Comune di Genova, costituiti dalle piante del piano terra, primo e secondo e da uno spaccato di sezione, realizzati per un intervento di manutenzione straordinaria ed abbattimento barriere architettoniche.

Tali operazioni hanno portato alla redazione delle piante dell'edificio, delle sezioni e dei prospetti, realizzate per l'effettuazione del rilievo del quadro fessurativo nonché per avere la migliore conoscenza possibile, in funzione delle indagini eseguite, del sistema costruttivo dell'edificio.

In particolare, si segnala che il rilievo geometrico dell'edificio, necessita di una integrazione puntuale relativa alla copertura con individuazione della struttura e degli abbaini presenti, in quanto lo stato conservativo del controsoffitto, non ha permesso di permanere nel sottotetto per le operazioni necessarie.

Lo studio dell'edificio è stato svolto anche attraverso l'esame di alcune fotografie effettuate dal Comune di Genova, durante i lavori di realizzazione del vano ascensore, dalle quali si sono potute trarre importanti informazioni circa il tessuto murario, le opere di fondazione, nonché la tessitura dei solai.

Le fondazioni dell'edificio risultano esse costituite da muri fondali in pietra con quota di imposta inferiore a circa 1.50 m dal piano pavimento del piano terra (area uffici), e la pavimentazione del piano terra risulta eseguita direttamente sul terreno, con interposizione di uno strato esiguo di malta di allettamento (Figura 10 e Figura 11).



**Figura 10. Fotografia relativa allo scavo eseguito per l'esecuzione della fossa dell'ascensore, da cui si può vedere la tessitura muraria portante in pietra**



**Figura 11. Fotografia particolare relativo allo scavo eseguito per l'esecuzione della fossa dell'ascensore, da cui si può vedere la tessitura muraria portante in pietra**

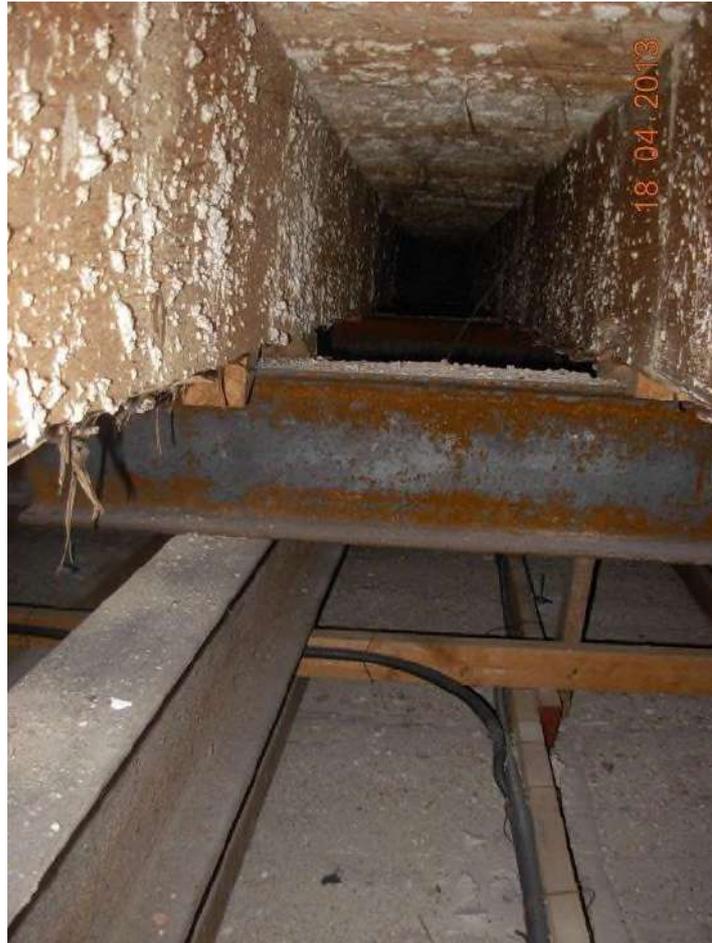
Si può vedere come l'edificio principale originario risulti costituito da un corpo di fabbrica principale con struttura in muratura portante in pietra a spacco con buona tessitura, avente spessore alla base pari a 60-70 cm circa (Figura 12 Figura 15), risalente all'impianto originario, articolato su tre piani fuori terra oltre a sottotetto e copertura, realizzati con struttura in legno (Figura 12 e Figura 13) e successivamente in parte rinforzati con doppia orditura di putrelle in acciaio (Figura 14) (rinforzo del quale non si conosce l'estensione totale), collegati fra loro da una scala centrale interna a doppia rampa con struttura in cls armato, questa con ogni probabilità di edificazione successiva in sostituzione della scala originaria, e da un ascensore interno edificato nel 2013.



**Figura 12.** Fotografia relativa al foro nel solaio del piano primo realizzato per l'esecuzione della fossa dell'ascensore, da cui si può vedere la tessitura sia dei muri portanti in pietra sia del solaio in legno con i rinforzi in acciaio. Inoltre, si possono vedere le catene di piano, nelle due direzioni, inserite all'interno del solaio stesso.

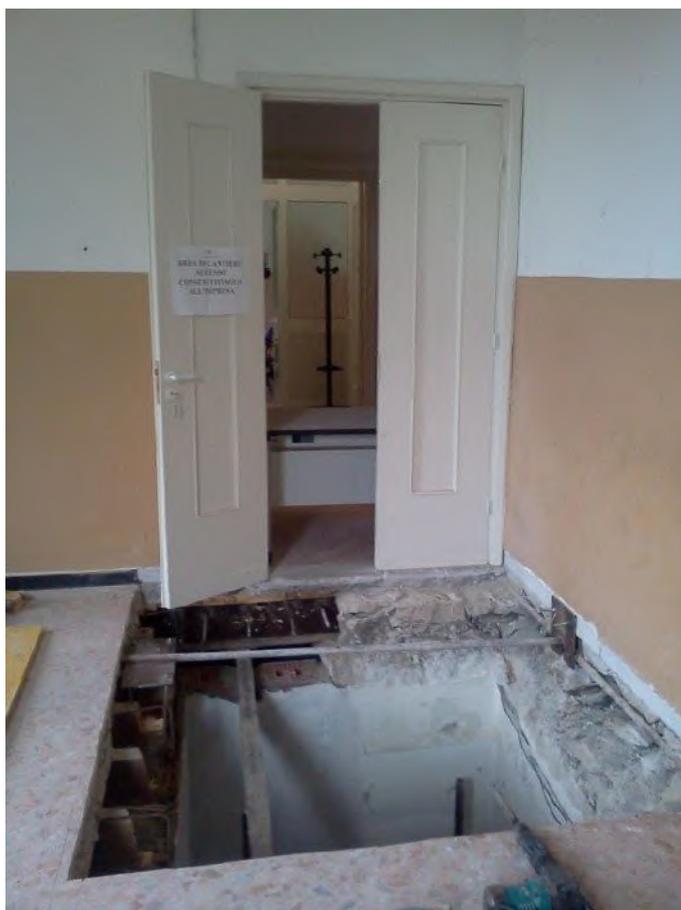


**Figura 13.** Fotografia relativa alla tessitura del solaio in legno e della struttura di controsoffitto esistente.



**Figura 14. Fotografia relativa al particolare della tessitura del solaio in legno e della struttura di rinforzo in acciaio.**

Le opere eseguite per l'esecuzione del vano ascensore hanno evidenziato la presenza delle catene di collegamento degli opposti paramenti murari in entrambe le direzioni, costituite da elementi tondi in acciaio (Figura 15).



**Figura 15. Fotografia relativa al foro nel solaio del piano primo realizzato per l'esecuzione della fossa dell'ascensore, da cui si può vedere la tessitura sia dei muri portanti in pietra sia del solaio in legno. Inoltre, si possono vedere le catene di piano, nelle due direzioni nonché la putrella in acciaio di rinforzo trasversale ai travetti di legno.**

Inoltre, durante i sopralluoghi eseguiti sono state eseguite varie riprese fotografiche, mirate sia alla ricostruzione geometrica dell'edificio, in particolare dei prospetti e delle sezioni, sia alla ricostruzione del quadro fessurativo e sia all'affinamento della conoscenza del sistema costruttivo.

Accedendo tramite una botola esistente nel solaio di sottotetto, è stato possibile ispezionare il sottotetto e prendere visione del sistema costruttivo e dello stato di conservazione della copertura.

La copertura dell'edificio principale è risultata costituita da una struttura in legno (Figura 16) con appoggio sui paramenti murari in pietra a spacco esistenti (Figura 17), tavolato in legno e manto in lastre di ardesia.

Essa risulta parzialmente controsoffittata con cannocciato intonacato, e risultano evidenti danneggiamenti da infiltrazioni d'acqua con interessamento sia del controsoffitto sia della struttura (Figura 18).



**Figura 16. Particolare stato di conservazione della struttura in legno della copertura in corrispondenza di uno dei due abbaini presenti lato nord-ovest, la quale risulta molto danneggiata da infiltrazioni d'acqua**



**Figura 17. Particolare della struttura muraria in pietra nuda presente nel sottotetto**



**Figura 18. Particolare rigonfiamento del controsoffitto in cannicci, per infiltrazioni d'acqua dalla copertura con estesi distaccamenti di intonaco.**

Per quanto riguarda la struttura relativa al volume monopiano di ampliamento laterale all'edificio originario, essa, dalle informazioni raccolte, è costituita da struttura portante verticale in muratura di spessore circa 40 cm, frutto di un intervento di rinforzo eseguito nel 2015, costituita da n.1 fila di mattoni semipieni da 12 cm cad. e da una fila di mattoni tipo poroton semipieni P800 di spessore 25 cm, cordolo in c.a sommitale alla parete e solaio di copertura costituito da putrelle tipo IPE180 aventi interasse circa 60 cm, tavelloni e getyto di completamento, con appoggio sul muro portante e sul muro opposto perimetrale dell'edificio originario, costituito da muratura in pietre a spacco.

Le fondazioni di tale edificio vengono verosimilmente ipotizzate costituite da travi di fondazione in cls armato, con appoggio diretto sul terreno.

Perimetralmente a tale volume è presente una intercapedine al di sotto del marciapiede perimetrale, nella quale venivano originariamente convogliate le acque meteoriche.

Attualmente le acque meteoriche vengono convogliate in un tubo di raccolta e smaltite presso il collettore della fognatura.

## **5 ANALISI DEL QUADRO FESSURATIVO**

Al fine di poter interpretare il linguaggio delle lesioni presenti sull'edificio, è stato necessario averne una visione contemporanea d'insieme.

A tal fine sono state riportate sui prospetti, sulle piante e sulle sezioni i rilievi delle fessure indicando con segni convenzionali i vari tipi di dissesto, per poter stabilire delle logiche connessioni fra le varie lesioni.

Tale rappresentazione prende il nome di "quadro fessurativo" ed è un passaggio fondamentale della fase diagnostica in quanto sovrapposizione degli elementi raccolti in sede di sopralluogo e gli elaborati di rilievo.

In particolare, l'analisi del quadro fessurativo permette di avere una indicazione dei percorsi degli sforzi all'interno della struttura, nonché di interpretare gli stati di danno attraverso l'analogia dei quadri fessurativi con casi simili.

All'interno del quadro fessurativo debbono essere distinte le fessure passanti da quelle superficiali, ossia quelle interessanti solo lo strato intonacale.

Inoltre, fondamentale è correlare tale studio con una efficiente campagna di monitoraggio per studiare l'evoluzione della fessurazione nel tempo.

Per formulare una diagnosi dei dissesti è fondamentale attenersi alle conoscenze acquisite tramite la ricerca storica delle sollecitazioni a cui l'edificio è stato sottoposto, al rilievo geometrico e al rilievo del quadro fessurativo, nonché alla conoscenza geologica del terreno.

Il rilievo dello stato fessurativo è stato eseguito realizzando un'attenta ispezione visuale degli elementi strutturali dell'edificio sull'esterno, riportando sui prospetti, stampati su supporto cartaceo, quanto osservato in modo tale da riportare un quadro di rilievo il più aderente possibile alla realtà.

All'interno è stata eseguita una ispezione per ogni stanza, sono state catalogate le fessure presenti all'interno, suddividendole tra fessure a pavimento, fessure a parete e fessure a soffitto, riportando sulle piante e sulle sezioni, stampate su supporto cartaceo, quanto osservato in modo tale da riportare un quadro di rilievo il più aderente possibile alla realtà.

Gli elaborati grafici redatti sono allegati alla presente relazione.

### **5.1 ANALISI DEI PROSPETTI E DELLE AREE ESTERNE**

L'analisi dei prospetti con l'identificazione del quadro fessurativo (Tav.03) evidenzia andamenti delle superfici di rottura ad inclinazione variabile, con presenza di lesioni sub-verticali e ad inclinazione variabile fino a 45°, localizzate per lo più in corrispondenza delle bucatore presenti nei prospetti.

Le lesioni individuate sui prospetti sono lesioni di tipo superficiale mai passanti, di dimensione di gola variabili da dimensioni tali da potersi definire cavillature e solo occasionalmente superiori a qualche millimetro, con cigli, sempre complanari, che si localizzano per la maggior parte nei punti di minima resistenza, rappresentati dagli spigoli delle aperture.

Le lesioni risultano disposte principalmente nei nuclei murari compresi fra parapetto ed architravi su medesime verticali, frequentemente sdoppiate in diversi rami fessurativi (Figura 19, Figura 20, Figura 21 e Figura 22).



**Figura 19. Lesione inclinata sull'architrave sul prospetto nord-est.**



**Figura 20. Lesione stuccata inclinata sull'architrave sul prospetto sud-ovest.**



**Figura 21. Lesione inclinata sul parapetto di bucatura sul prospetto sud-ovest.**



**Figura 22. Lesioni inclinate ramificate su architrave sul prospetto sud-est.**

Sono presenti inoltre alcune lesioni nelle angolate con andamento inclinato o sub-verticale (Figura 23).



**Figura 23. Lesione sub-verticale nell'angolata sinistra del prospetto nord-ovest.**

In alcuni casi la lesione visibile sul prospetto esterno, è presente anche internamente con simile tracciato, seppur nessuna di tipo passante, bensì superficiali, sintomo che esse siano dovute ad uno stato tensionale presente all'interno del tessuto murario portante.

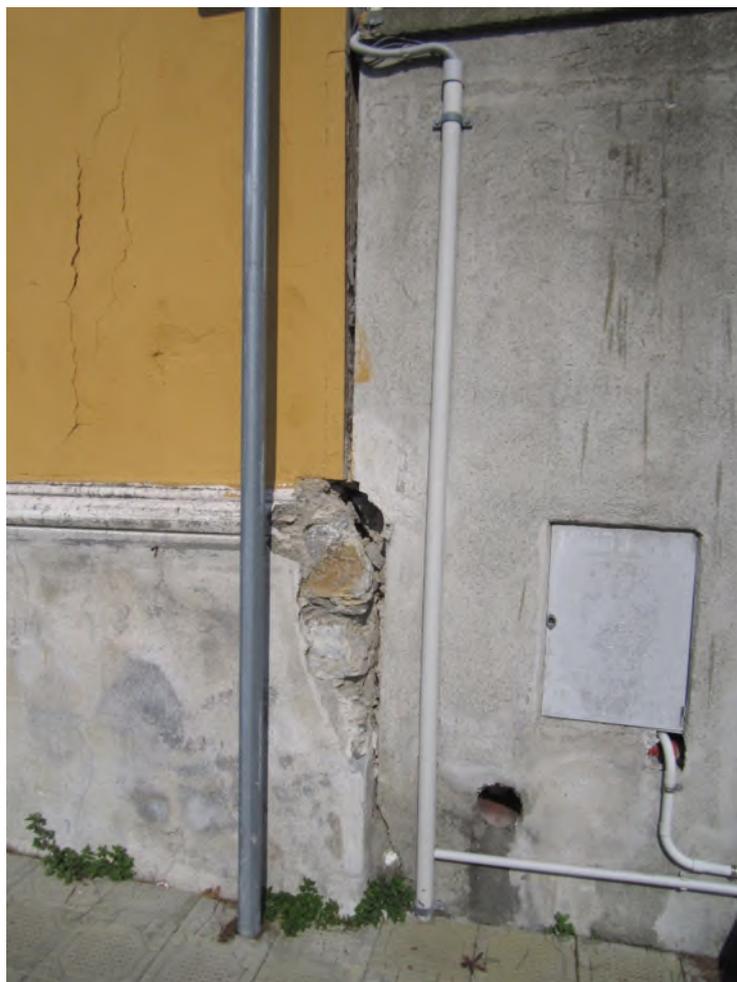
Il loro andamento presenta le caratteristiche tipiche dell'azione combinata di taglio e flessione, con lesioni ad inclinazione variabile in relazione alla sollecitazione prevalente (lesioni sub-verticali con prevalenza di sforzo di compressione, lesioni a 45° con prevalenza di sforzo di taglio).

La presenza di queste due sollecitazioni è caratteristica dell'accadimento di cedimenti differenziali delle fondazioni dei muri, ed in particolare la presenza di regolari variazioni di rigidità dovute alle aperture fa sì che le lesioni si presentino lungo le vie di minore resistenza localizzandosi nelle zone murarie più deboli.

Il cedimento fondazionale, in generale, avviene sia tramite movimenti di traslazione sia tramite movimenti rotazionali, di tipo primario e secondario.

Nel caso in oggetto l'andamento delle fessurazioni prospettive, fa ipotizzare un assetamento differenziale dei maschi murari tramite traslazione verticale intermedia o terminale con componente rotazionale, seppur, in relazione alla tipologia ed all'entità delle fessurazioni, di lieve entità.

Tale fenomeno può essere osservato a livello macroscopico, sul muro di contenimento del giardino privato posto a lato del prospetto su Piazza Nievo (Figura 24).



**Figura 24. Apertura del giunto tra muro esterno ed edificio.**

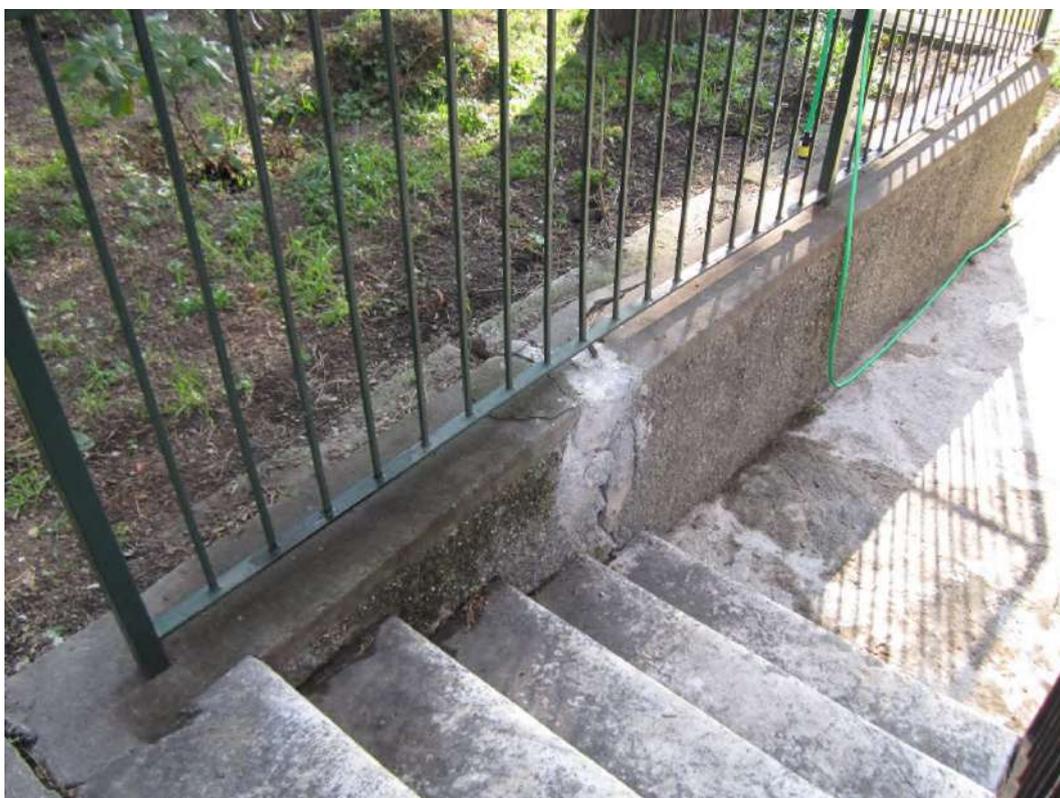
Il giunto tra il muro e l'edificio (Figura 24) si presenta aperto a V, con vertice inferiore, mentre il muro stesso presenta in prossimità dell'angolo lato destro, una lesione sub verticale con ramificazione inferiore, evidenziando un cedimento con forte componente rotazionale della fondazione del muro stesso.

Ugualmente marcato risulta il fenomeno di cedimento roto traslativo dei muretti di contenimento delle fasce del giardino privato, collegate tramite una scaletta, dove si possono osservare lesioni nella pavimentazione esterna con cigli disallineati (Figura 25), apertura del giunto tra la scaletta ed il muretto ad essa parallela (Figura 26), apertura dello spigolo del muretto (Figura 27 e Figura 28), evidenzianti un cedimento roto-traslativo di tali elementi.

L'entità delle fessurazioni indotte da tali cedimenti, risulta amplificata, almeno per quanto riguarda i muretti di fascia interni al giardino e la scaletta, dall'assenza di armatura metallica al loro interno, causa di rottura di tipo fragile al manifestarsi di qualsiasi deformazione, per incapacità di redistribuzione delle tensioni interne.



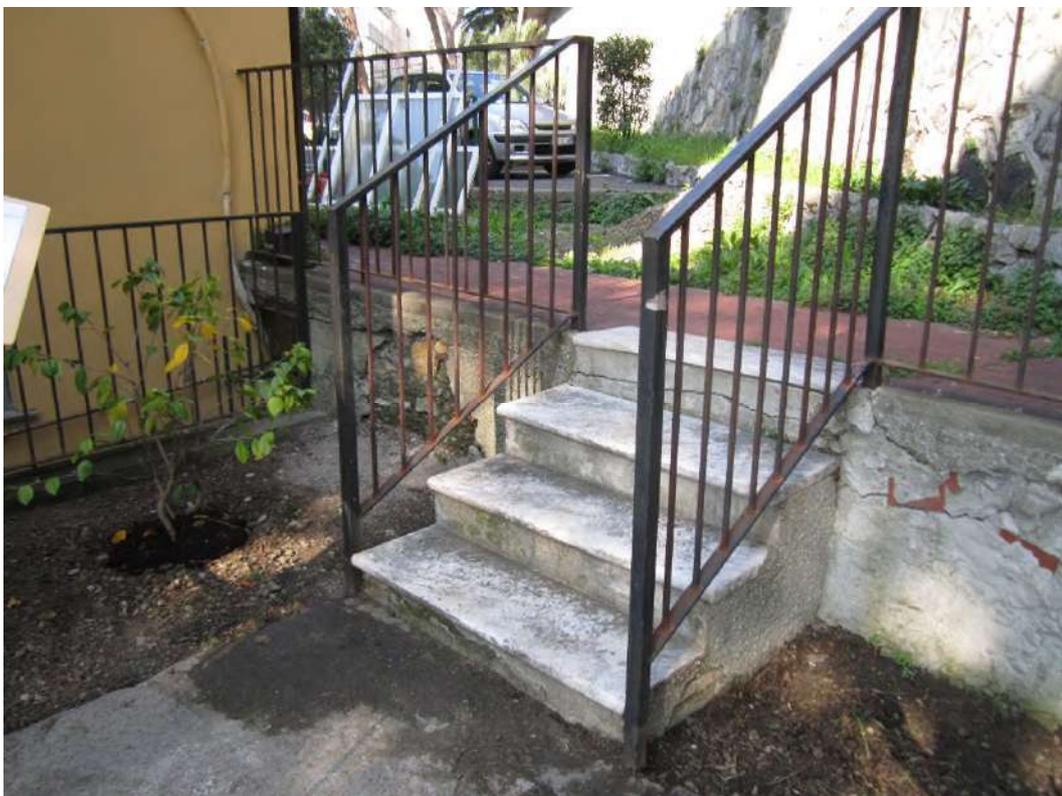
**Figura 25. Lesione disallineata nella pavimentazione esterna**



**Figura 26. Apertura giunto tra scala e muro.**



**Figura 27. Apertura spigolo muro.**



**Figura 28. Lesioni muretto di contenimento.**

## 5.2 ANALISI DELLE AREE INTERNE

Dall'osservazione del quadro fessurativo presente internamente all'edificio, si è eseguita la seguente analisi per piani di quanto rilevato.

### 5.2.1 Mappatura quadro fessurativo marzo 2017

#### 5.2.1.1 Piano terra

Al piano terra sono state riscontrate fessurazioni nella pavimentazione e nell'area di ingresso con un abbassamento generale del livello della pavimentazione, ben visibile nell'osservazione del disallineamento fra la pavimentazione in marmo e il rivestimento perimetrale, nonché fra le pedate in marmo ed il rivestimento verticale, con apertura di giunti fra gli elementi (Figura 29).



**Figura 29. Particolare pavimentazione ingresso.**

Tali deformazioni e lesioni, sono caratteristiche di assestamenti della pavimentazione stessa in relazione alla tipologia del terreno sottostante di sottofondo.

In particolare dalla documentazione fotografica raccolta, si può notare come tali pavimentazioni siano realizzate in assenza di un massetto, come tipico delle tecniche costruttive risalenti alla fine del 1800, direttamente sul terreno con uno strato esiguo di malta di allettamento, per cui particolarmente soggette a distorsioni, rigonfiamenti e cedimenti differenziali delle aree di sottofondo con conseguenti fessurazioni ed assestamenti (Figura 30).



**Figura 30. Fotografia eseguita dal Comune di Genova in occasione della realizzazione del vano ascensore.**

Inoltre sono state riscontrate fessurazioni evidenti negli architravi delle aperture presenti nei muri portanti interni, nonché su alcune murature in mattoni di tamponamento appartenenti al volume in ampliamento, con andamento inclinato ad angolo di circa 45°, caratteristico della presenza di sollecitazione prevalente di taglio sintomo di un movimento differenziale tra i maschi murari collegati dall'architrave stesso.

In particolare si fa notare la presenza su pareti di tamponamento presenti tra il muro portante dell'edificio principale ed il muro portante del volume aggiunto, di una lesione passante in corrispondenza dell'architrave della porta di accesso ai servizi (Figura 31), e di un'altra lesione lungo una porzione di muratura di tamponamento (Figura 32).



**Figura 31. Lesione piano terra interno ai servizi igienici (11E - passante) su architrave di tamponamento**



**Figura 32. Lesione piano terra interno ai servizi igienici (10E) su tamponamento.**

Si evidenzia la presenza di una lesione parallela alla soletta della rampa della scala principale, la quale dalla informazioni raccolte, ha subito già dei ripristini, ripresentandosi nuovamente (Figura 33).



**Figura 33. Lesione scala parallela alla soletta in cls armato della rampa.**

Tale lesione, dall'osservazione della posizione e dell'andamento, è tipica dei giunti con discontinuità materica in quanto interfaccia tra muratura e cls armato a seguito del fenomeno di ritiro delle malte della muratura e di dilatazioni termiche tra i due materiali (cls e muratura).

#### **5.2.1.2 Piano primo**

Al piano primo sono state riscontrate lesioni nella pavimentazione in graniglia presente (Figura 34), tipiche evidenze della deformabilità dei solai stessi, in quanto trattandosi di solai in legno sono caratterizzati da una elevata flessibilità, nonché della vetustà dei rivestimenti.

Trattasi comunque di lesioni a cigli allineati.



**Figura 34. Particolare lesioni pavimentazione.**

In particolare dalla documentazione fotografica raccolta, si può notare come tali pavimentazioni siano realizzate secondo le tecniche costruttive tipiche di fine 1800, ossia impostate direttamente sul tavolato con interposizione di strato minimo di malta di allettamento (Figura 35).

Si sottolinea che altra causa delle fessurazioni presenti potrebbe essere dagli interventi di rinforzo / risanamento eseguiti mediante la realizzazione di graticci metallici in epoca successiva alla sua edificazione.

Questi interventi, sicuramente migliorativi dal punto di vista strutturale, hanno comunque comportato una variazione dell'assetto statico e deformativo, determinato dalla variazione dello schema di vincolo degli elementi, con la possibile formazione di fessure di adattamento al nuovo schema vincolare.



**Figura 35. Fotografia eseguita dal Comune di Genova in occasione della realizzazione del vano ascensore.**

Inoltre sono state riscontrate fessurazioni evidenti negli architravi delle aperture presenti nei muri portanti interni, con andamento inclinato ad angolo di circa  $45^\circ$ , caratteristico della presenza di sollecitazione prevalente di taglio, caratteristica di un movimento differenziale tra i maschi murari collegati dall'architrave stesso (Figura 36).



**Figura 36. Lesione piano primo (5F) su architrave in muro portante.**

Di particolare interesse è una lesione, presente al piano primo nel tratto di muro del pianerottolo opposto alla scala, avente ciglio superiore posto a  $2/3$  dell'altezza della parete, andamento iniziale sub-verticale e sviluppo sino al solaio di piano con andamento inclinato su uno dei muri portanti centrali, evidente su entrambi i lati della parete, nelle quale si può osservare un parziale rigonfiamento dell'intonaco (Figura 37, Figura 38 e Figura 39).



Figura 37. Lesione su parete portante centrale piano primo lato scala.



Figura 38. Lesione su parete portante centrale piano primo lato uffici



**Figura 39. Lesione su parete portante centrale piano primo lato uffici, andamento inclinati inferiore**

Tale lesione, dall'osservazione del quadro fessurativo e dei rilevamenti eseguiti, si pone spazialmente in posizione centrata rispetto all'ampia apertura di ingresso ad arco posta al piano terra, per cui si può ricondurre ad una combinazione di sollecitazioni di taglio e flessione che viene a crearsi al di sopra della bucatura, a causa dell'assestamento differenziale dei maschi murari affiancati all'arco, nonché ad una sollecitazione di compressione indotta dal peso della muratura portante presente al di sopra dell'arco stesso, continua fino alla copertura senza altre bucatore allineate.

Inoltre sono state riscontrate fessurazioni negli architravi delle aperture presenti nei muri portanti esterni, con andamento inclinato ad angolo di circa  $45^\circ$ , caratteristico della presenza di sollecitazione prevalente di taglio, tipico di un assestamento differenziale tra i maschi murari collegati dall'architrave stesso.

Tali fessurazioni risultano gemelle con quelle presenti sul paramento esterno, seppur nessuna di tipo passante.

### 5.2.1.3 Piano secondo

Al piano secondo sono state riscontrate lesioni perimetrali a soffitto degli ambienti poste lungo i lati del controsoffitto in cannicci intonacato (Figura 40, Figura 41 e Figura 42).



**Figura 40. Particolare lesione perimetrale a soffitto**

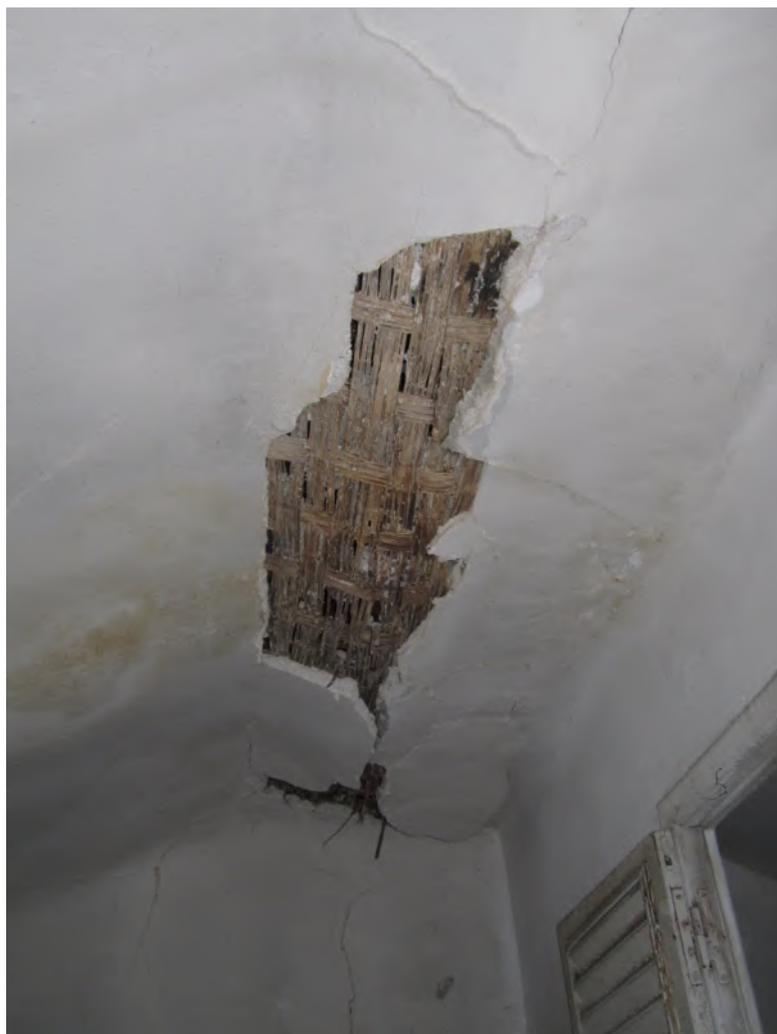


**Figura 41. Particolare lesione a soffitto.**



**Figura 42. Particolare lesioni a soffitto perimetrali.**

In particolare dalla documentazione fotografica raccolta, si può notare come tale controsoffitto sia realizzato in cannicci intonacati, come tipico delle tecniche costruttive dell'epoca, del quale abbiamo una fotografia realizzata nel sottotetto di un tratto nudo per ammaloramento (Figura 43).



**Figura 43. Particolare controsoffitto in cannicci esistente.**

Tali lesioni sono tipiche di un movimento differenziale tra canniccio intonacato e struttura portante dell'edificio a causa sia di normati fenomeni di dilatazione termica, amplificati anche dalla presenza al di sopra di tali ambienti del sottotetto non coibentati né riscaldati, sia da lievi assestamenti della muratura portanti che vengono evidenziati nei punti di contatto con elementi costruttivi più deboli, quali la controsoffittatura.

Si ritiene fondamentale effettuare, previa messa in sicurezza del locale sottotetto, un'attenta verifica del solaio del sottotetto, al fine di escludere ingressi d'acqua con conseguente ammaloramento del cannicciato sottostante, nonché di bagnatura della struttura del solaio di piano sottotetto con conseguenti cicli di bagnatura ed asciugatura che indurrebbero fenomeni di ritiro e rigonfiatura della struttura, con amplificazione dei movimenti tra struttura di solaio e cannicciato.

Inoltre sono state riscontrate alcune fessurazioni negli architravi delle aperture presenti nei muri portanti esterni, con andamento inclinato ad angolo di circa 45°, caratteristiche della presenza di sollecitazione prevalente di taglio, tipico di un assestamento differenziale tra i maschi murari collegati dall'architrave stesso.

Tali fessurazioni risultano gemelle con quelle presenti sul paramento esterno, seppur nessuna di tipo passante.

#### 5.2.1.4 Piano sottotetto

Al piano sottotetto, a seguito dell'ispezione generale eseguita delle aree direttamente accessibili, sono state riscontrate estesi rigonfiamenti areali a soffitto del controsoffitto a cannicci intonacato, con estesi distaccamenti dell'intonaco di elevato spessore (6-8 cm), dovuti ad ingressi di acqua meteorica dalla copertura come risulta evidente dalle macchie presenti a soffitto (Figura 44, Figura 45, Figura 46 e Figura 47).



Figura 44. Particolare controsoffitto in cannicci esistente.



**Figura 45. Lesioni del controsoffitto in corrispondenza di trave cantonale.**



**Figura 46. Particolare di lesioni del controsoffitto in corrispondenza di trave cantonale.**



**Figura 47. Lesioni nel controsoffitto diffuse.**

Inoltre ove è stato possibile l'accesso in sicurezza, senza transitare sotto le aree con controsoffitto pericolante, si è potuto constatare lo stato di ammaloramento e degrado di alcuni elementi della struttura portante in legno della copertura, con diminuzione della sezione resistente, a causa di ripetuti ingressi di acqua meteorica dalla copertura (Figura 48).



**Figura 48. Degrado di elemento portante in legno della copertura.**

Anche dall'osservazione del cornicione e dalla linea di gronda sono visibili alcuni punti con macchie da infiltrazione d'acqua provenienti dal canale di gronda o dalla copertura.



**Figura 49. Evidenziazione di macchie di umidità nel cornicione.**

### 5.2.2 Monitoraggio fessurativo dicembre 2017-ottobre 2018

In sede di posizionamento delle basette di monitoraggio, da disporsi a cavallo delle lesioni, si è optato per il monitoraggio di 25 fessure disposte sui tre livelli dell'edificio. In concomitanza del piazzamento delle basette di misurazione si è effettuato lo scrostamento delle superfici murarie da indagare ed è stato possibile prendere atto che gran parte delle lesioni presenti sono di carattere prettamente superficiale, ossia sono contenute nello strato di intonaco e non proseguono all'interno della muratura. Sullo spigolo est dell'edificio sono inoltre stati posizionati due clinometri con lo scopo di monitorare eventuali rotazioni dell'edificio.

Di seguito si riporta lo schema dei tre piani dell'edificio con riportati i punti di posizionamento delle basette di rilevamento e la relativa legenda.

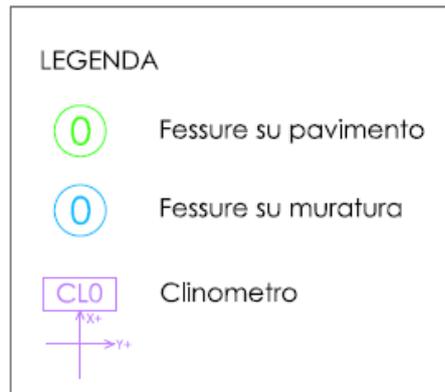


Figura 50. Legenda piano di monitoraggio lesioni.

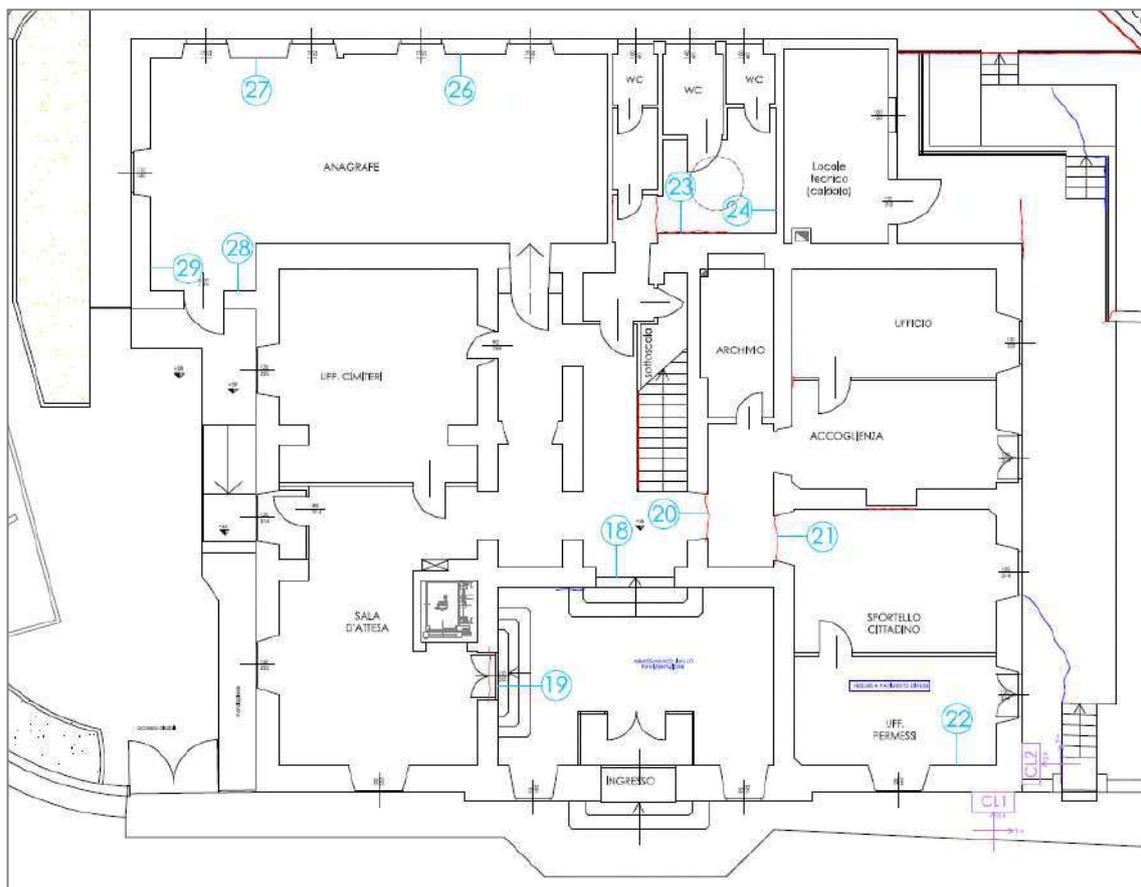


Figura 51. Monitoraggio fessurazione piano terra.

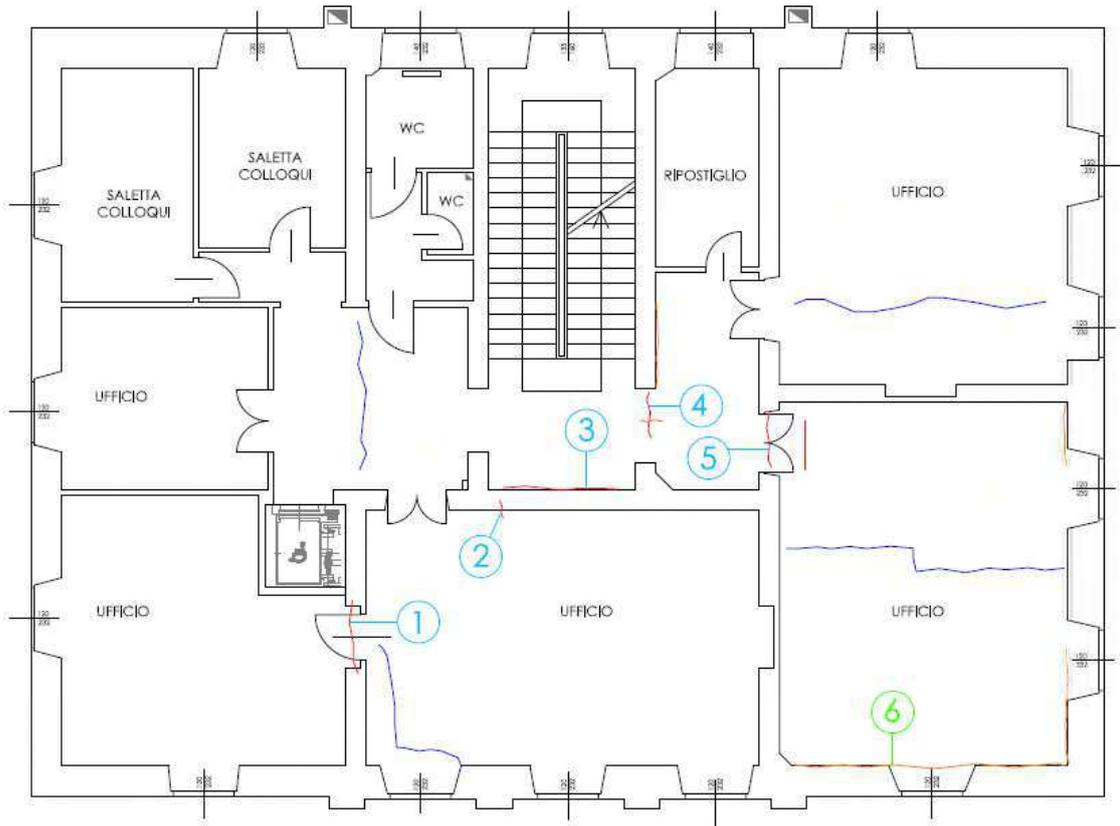


Figura 52. Monitoraggio fessurazione piano primo.

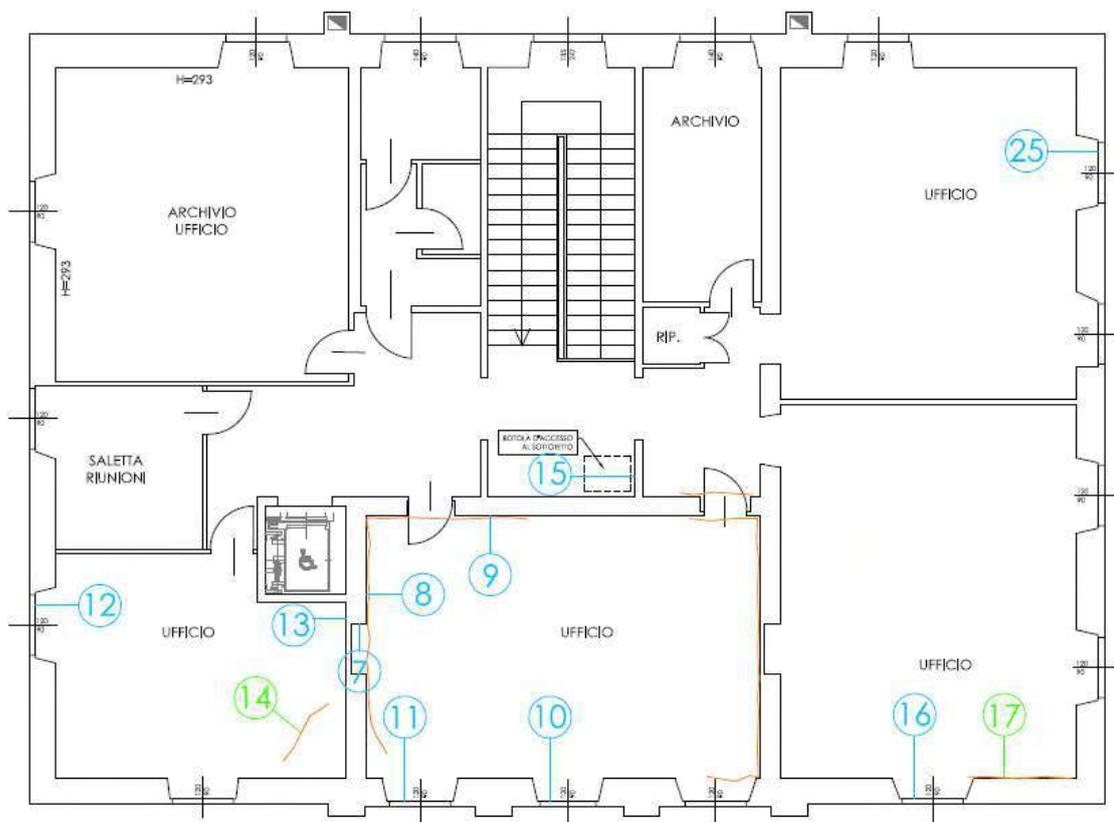


Figura 53. Monitoraggio fessurazione piano secondo.

I punti di monitoraggio 26, 27, 28 e 29 sono stati aggiunti in corso di monitoraggio a causa del manifestarsi di nuove lesioni disposte orizzontalmente lungo le murature perimetrali del corpo aggiunto.

#### **5.2.2.1 Considerazioni in merito al monitoraggio delle fessure (dicembre 2017 – ottobre 2018) e dei clinometri.**

Allo stato dell'ultima lettura risulta si è potuto osservare che la porzione di edificio posta a est e di conseguenza quella a ovest sono le zone soggette a maggiore escursione delle fessure monitorate. In particolare, le fessure G4, G5, G6, G17, G22 per quanto riguarda lo spigolo est e G26, G27, G28 per quanto concerne lo spigolo ovest hanno subito, durante il periodo di monitoraggio, i maggiori movimenti, seppur comunque limitati ad un'apertura massima per la G27 nell'ordine di 0,7 mm rispetto alla lettura in bianco.

Queste letture fanno ipotizzare un cedimento dello spigolo est dell'edificio con un relativo innalzamento della copertura del corpo aggiunto e conseguente formazione, sulle murature dello stesso, di fessure orizzontali a lembi distesi tipiche della rottura a trazione.

I clinometri hanno evidenziato un incremento dell'inclinazione del paramento murario lato Piazza Nievo di  $0,088^\circ$  verso corso Europa, in modo analogo, anche se di minor entità in seguito alla formazione di una fessura, il paramento murario lato corso Europa ha subito un incremento, seppur di minima entità, della rotazione verso il medesimo Corso di  $0,028^\circ$ .

Questi valori indicano una tendenza al cedimento dello spigolo est dell'edificio con conseguente redistribuzione delle tensioni all'interno della struttura e pertanto la formazione del quadro fessurativo in essere.

## 6 CARATTERIZZAZIONE DEI MATERIALI COSTITUENTI L'EDIFICIO

Nell'ottobre 2018 è stata svolta dalla ditta di controlli e diagnostica strutturale C.D.S. s.r.l. una campagna di indagine conoscitiva dei materiali costituenti l'edificio, in particolare:

- N° 3 prove con martinetto piatto in configurazione e doppia (n° 1 prova effettuata al piano terra e n° 1 prova effettuata al primo piano. La terza prova al piano secondo non è stata possibile effettuarla in quanto vi è stato un distacco del blocco lapideo della muratura in corrispondenza della zona oggetto d'indagine).
- N° 12 prove endoscopiche (quattro per piano)
- N° 15 prove penetrometriche per malta (cinque per piano)
- N°2 analisi chimiche della malta per la caratterizzazione della stessa.

### 6.1 CARATTERIZZAZIONE DELLA MATRICE MURARIA

A seguito della campagna di indagini si è potuto che trattasi di muratura caotica costituita da blocchi di varie dimensioni con orientamenti differenti. Gli elementi utilizzati hanno dimensioni strettamente correlate con il sistema di fratturazione e con potenza degli strati cavati nella roccia in posto, la muratura presenta infatti blocchi di dimensioni pluri decimetriche alternati ad elementi più sottili pluri centimetrici utilizzati come riempimento dei vuoti.

Anche la natura litologica riflette la variabilità propria delle rocce in zona ossia una sequenza di rocce che passa da calcari a calcari marnosi, calcari arenacei e/o arenarie di colore variabile dal grigio al bruno in funzione del tipo litologico, dell'azione di alterazione, della superficie di esposizione. In misura minore sono presenti anche argilliti con dimensioni pluri centimetriche soprattutto utilizzate come riempimento dei vuoti tra elementi di dimensioni maggiori.

Nel suo complesso il pannello murario si presenta composto in percentuale lievemente inferiore da blocchi di dimensioni pluri decimetriche, che assolvono anche la funzione di connettori trasversali, ed in misura maggiore da altri di pezzatura pluri centimetrica, utilizzati prevalentemente come riempimento dei vuoti tra una blocco e l'altro; il risultato è un'apparecchiatura piuttosto disordinata a corsi irregolari con presenza di zeppe e scaglie con inserimenti di malta di qualità medio – bassa piuttosto dilavata e alterata.



Figura 54. Tipico della trama muraria costituente i pannelli murari portanti al PT.



**Figura 55. Tipico della trama muraria costituente i pannelli murari portanti al P1.**



**Figura 56. Tipico della trama muraria costituente i pannelli murari portanti al P2.**

Le endoscopie, eseguite a profondità differenti, hanno evidenziato vuoti e cavità e fessurazioni, andando pertanto a confermare la tipologia muraria sopra descritta.



Endoscopio E 20



Endoscopio E 19

**Figura 57. Esempi di risultati dalle endoscopie svolte sui pannelli murari portanti.**



Endoscopio E 12



Endoscopio E 25

**Figura 58. Esempi di risultati dalle endoscopie svolte sui pannelli murari portanti.**

Dai campioni di malta prelevati ed analizzati in laboratorio è emerso che la malta risulta essere costituita da legante a base di calce avente medio bassa resistenza e aggregati a base di sabbia di origine alluvionale, probabilmente reperita in loco. Il rapporto legante/aggregato è stimabile attorno a valori di 1/3 (ossia una parte di legante e tre di sabbia).

## **6.2 CARATTERIZZAZIONE MECCANICA DELLA MURATURA**

### **6.2.1 Prove con martinetto piatto**

La prova è stata eseguita procedendo con una rimozione superficiale dell'intonaco presente fino alla messa a nudo della muratura portante. Successivamente sono stati eseguiti due tagli orizzontali nel pannello murario in cui sono stati inseriti i due martinetti piatti. Mediante una pompa idraulica è stato mandato in compressione il concio di muratura e con step di carico successivi si sono definite le curve sforzo -deformazione caratteristiche.

La prima prova, svolta al piano terra in prossimità dello spigolo Est dell'edificio, ha ottenuto una pressione elastica pari a 5,70 bar, oltre tale valore si sono riscontrate deformazioni plastiche indotte dal cedimento della malta di allettamento tra i blocchi.

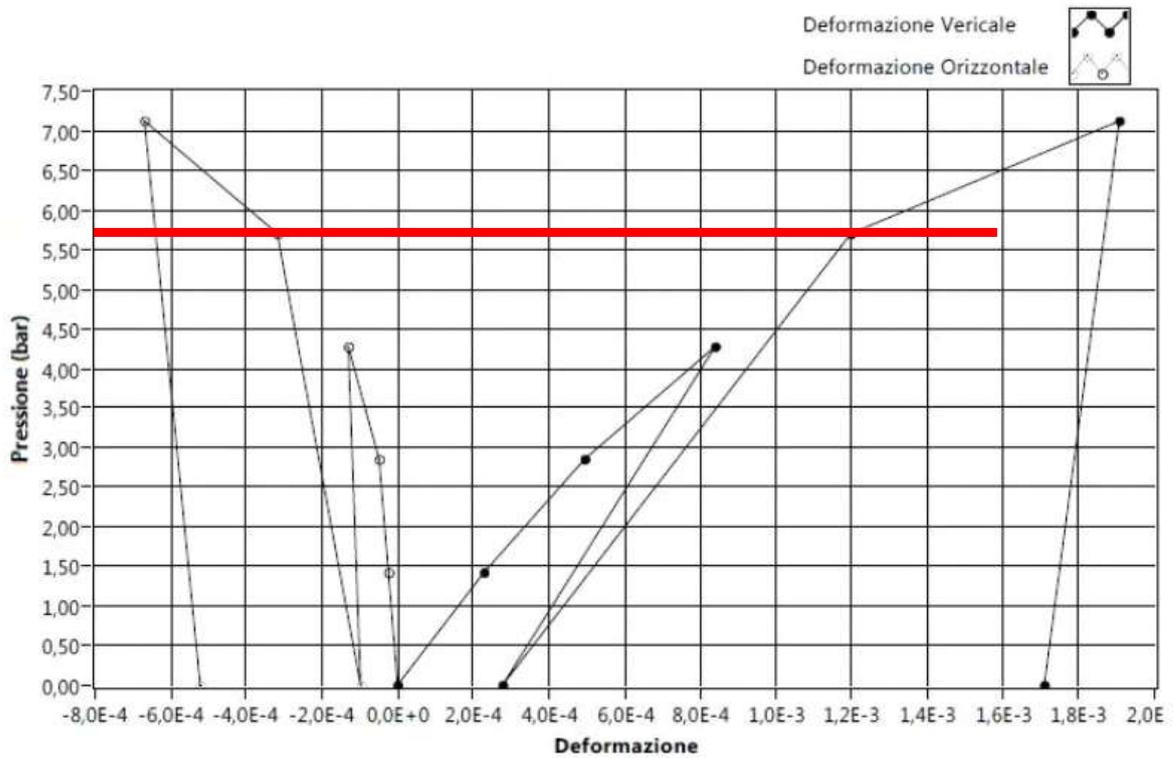


Figura 59. Curva sforzo-deformazione prova 1.

La seconda prova, realizzata sulla muratura esterna fronte Nord-Ovest, ha fornito una pressione elastica di circa 8,83 bar, pressione oltre la quale si sono riscontrate deformazioni plastiche indotte dal cedimento della malta di allettamento tra i blocchi.

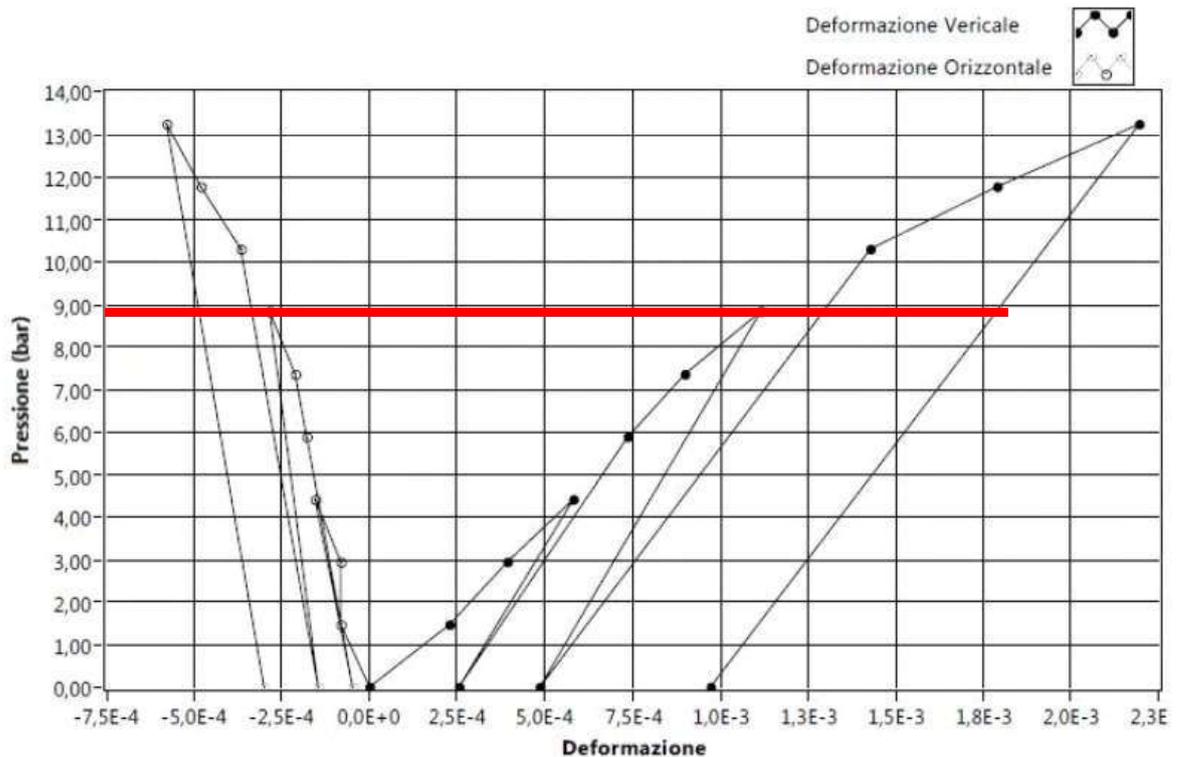


Figura 60. Curva sforzo-deformazione prova 2.

La terza prova con martinetto piatto doppio, predisposta sul muro interno del fronte Sud-Ovest, non è stata possibile effettuarla in quanto vi è stato un distaccamento di alcuni blocchi lapidei di medie dimensioni a causa, oltre della scarsa presenza di malta di allettamento anche della scarsa resistenza meccanica della stessa.



Figura 61. Distaccamento dei blocchi lapidei durante la prova 3.

### 6.2.2 Prove penetrometriche sulla malta

La prova non distruttiva viene eseguita attraverso utilizzo del penetrometro RSM e ha lo scopo di fornire informazioni sulla resistenza caratteristica del giunto o del rivestimento di malta.

Sono state effettuate cinque prove su ciascun livello per un totale di quindici prove. Di seguito si riporta la tabella riassuntiva con i risultati ottenuti.

<b>Id Prova</b>	<b>Posizione</b>	<b>Tipo misura</b>	<b>Lunghezza iniziale</b>	<b>Profondità misurata</b>	<b>Resistenza a compressione</b>
<b>n°</b>		<b>-</b>	<b>L0</b>	<b>L10</b>	<b>fc</b>
			<b>mm</b>	<b>mm</b>	<b>MPa</b>
PM22	Piano Terra	superficiale	70,00	17,34	0,75
PM20	Piano Terra	superficiale	70,00	24,03	0,35
PM19	Piano Terra	superficiale	70,00	10,25	1,66
PM MPD2	Piano Terra	superficiale	70,00	25,64	0,30
PM MPD1	Piano Terra	superficiale	70,00	22,19	0,44
PM1	Piano 1°	superficiale	70,00	17,65	0,72
PM2	Piano 1°	superficiale	70,00	11,54	1,44
PM3	Piano 1°	superficiale	70,00	15,62	0,91
PM4	Piano 1°	superficiale	70,00	17,94	0,70
PM5	Piano 1°	superficiale	70,00	25,51	0,30
PM9	Piano 2°	superficiale	70,00	21,13	0,49
PM7	Piano 2°	superficiale	70,00	15,47	0,92
PM12	Piano 2°	superficiale	70,00	17,62	0,73
PM25	Piano 2°	superficiale	70,00	22,51	0,42
PM15	Piano 2°	superficiale	70,00	21,23	0,49

Figura 62. Risultati delle prove penetrometriche sulla malta.

Salvo alcuni valori sporadici i risultati delle prove penetrometriche effettuate sulle malte hanno restituito valori medio bassi con una distribuzione caotica non riconducibile alla posizione di svolgimento della prova.

### 6.3 CONSIDERAZIONI SUI DATI OTTENUTI.

Sulla base delle risultanze ottenute si è andati a valutare la sollecitazione presente nella muratura al piano terra, in particolare:

- Copertura:
  - Copertura in lastre di ardesia 120 daN/mq
  - Orditura di sostegno lignea 20 daN/mq
  - Controsottito in canicciato 40 daN/mq

---

180 daN/mq
  
- Solaio sottotetto:
  - Orditura lignea 50 daN/mq
  - Massetto + Pavimentazione (10 cm) 185 daN/mq
  - Permanente portato 65 daN/mq
  - Controsottito in canicciato 40 daN/mq

---

340 daN/mq

• Solaio P2:	
○ Orditura lignea	50 daN/mq
○ Massetto + Pavimentazione (10 cm)	185 daN/mq
○ Permanente portato	100 daN/mq
○ Graticcio di rinforzo in carpenteria metallica	35 daN/mq
○ Controsottito	40 daN/mq
	420 daN/mq
• Solaio P1:	
○ Orditura lignea	50 daN/mq
○ Massetto + Pavimentazione (10 cm)	185 daN/mq
○ Permanente portato	100 daN/mq
○ Graticcio di rinforzo in carpenteria metallica	35 daN/mq
○ Controsottito	40 daN/mq
	420 daN/mq

Considerando un'area d'influenza del muro pari a 3,15 m i carichi trasmessi dagli orizzontamenti sulla muratura risultano essere:

$$N_s = (180+340+420+420) \times 3.15 = 4284 \text{ daN/m} \quad \rightarrow \quad \times 1 \text{ m} = \mathbf{4284 \text{ daN}}$$

Calcolando il contributo delle murature risulta:

- Muratura P2 (Sp=0.60 m, H=2.55 m):
  - Pp muratura in pietrame 2200 daN/mc
$$Q = 2200 \times 2.55 \times 0.60 = 3370 \text{ daN/m} \quad \rightarrow \quad \times 1 \text{ m} = 3370 \text{ daN}$$
- Muratura P1 (Sp=0.72 m, H=4.80 m):
  - Pp muratura in pietrame 2200 daN/mc
$$Q = 2200 \times 4.80 \times 0.72 = 7610 \text{ daN/m} \quad \rightarrow \quad \times 1 \text{ m} = 7610 \text{ daN}$$
- Muratura PT (Sp=0.72 m, H=5.22 m):
  - Pp muratura in pietrame 2200 daN/mc
$$Q = 2200 \times 5.22 \times 0.72 = 8270 \text{ daN/m} \quad \rightarrow \quad \times 1 \text{ m} = 8270 \text{ daN}$$

Complessivamente il carico della muratura risulta pertanto essere pari a:

$$N_m = 3370 + 7610 + 8270 = \mathbf{19250 \text{ daN}}$$

Pertanto il carico a quota pavimento del piano terra corrisponde a:

$$N = N_s + N_m = 4284 + 19250 = \mathbf{23534 \text{ daN}}$$

Considerando lo spessore del muro in questione si ottiene pertanto una pressione effettiva pari a:

$$P_{eff} = 23534 / (72 \times 100) = \mathbf{3.27 \text{ daN/cm}^2}$$

Come si può osservare i valori di pressione effettiva tipiche all'interno del pannello murario sono compatibili con i risultati ottenuti sia dalle prove sclerometriche sia dal martinetto doppio andando pertanto a confermare come le scarse caratteristiche meccaniche della malta ricoprono un ruolo importante nelle con-cause relative al quadro fessurativo attuale.

## **7 INTERPRETAZIONE DEL QUADRO FESSURATIVO E DELLE CARATTERISTICHE MECCANICHE DEI MASCHI MURARI**

Alla luce della descrizione eseguita circa il quadro fessurativo dell'edificio, definito a seguito di una indagine visiva accurata sia esterna, comprese le aree adiacenti, sia interna, per quanto potuto indagare in sicurezza, si riassume di seguito l'interpretazione dei fenomeni causativi, di concerto con i risultati delle indagini geologiche svolte dal Dott. Geol. Amedeo Gaiezza riportate e commentate nella relazione geologica da lui redatta.

Le lesioni presenti sulla muratura portante, diffuse in corrispondenza degli allineamenti della forometria dell'edificio sia sui muri portanti perimetrali sia su quelli interni, indicano il verificarsi nel tempo di un assestamento differenziali dei maschi murari, conseguente alla tipologia di terreno fondale, caratterizzato, in relazione alla profondità di posa dei muri fondali determinata dalla documentazione fotografica raccolta, e dalle evidenze geologiche a seguito delle indagini eseguite, dall'interfaccia tra due strati, definiti nella relazione geologica quali "orizzonte A" ed "orizzonte B".

Il primo strato individuato dal piano campagna, viene definito "orizzonte A" e descritto, nella relazione geologica, come strato limo- argilloso poco consistente, inorganico di media-elevata compressibilità, con rara ghiaia e sabbia suscettibile di importanti cedimenti differenziali, come testimonia l'estrema variabilità del modulo edometrico al variare dei carichi.

Tale strato risulta caratterizzato in generale da scarse caratteristiche fisiche e meccaniche:

- angolo di attrito = 22°;
- peso di volume 1850 Kg/mc;
- densità relativa = 70%
- modulo elastico non drenato 30 Mpa = 300 Kg/cm<sup>q</sup>
- coesione non drenata 0.25 Kg/cm<sup>q</sup>

53 / 58

Il secondo strato individuato, viene definito "orizzonte B" e descritto, all'interno della relazione geologica, come argilla compatta di alterazione, talora interessata da lineazioni stratigrafiche riconducibili a sacche o lenti di materiale più sabbioso a minor stato di addensamento.

Tale strato risulta caratterizzato in generale da buone caratteristiche fisiche e meccaniche:

- angolo di attrito = 28°;
- peso di volume 1900 Kg/mc;
- densità relativa = 80%
- modulo elastico non drenato 150 Mpa = 1500 Kg/cm<sup>q</sup>
- coesione non drenata 0.5 Kg/cm<sup>q</sup>

Considerando la variabilità della potenza dell'"orizzonte A" sull'area interessata dall'edificio, da circa 1 m al centro a circa 1,8 m verso i fronti laterali (tipo "schiena d'asino"), nonché le caratteristiche della struttura di fondazione, apprese attraverso l'analisi di documenti fotografici, è possibile ipotizzare che il piano di posa dei muri fondali relativi all'edificio principale originario, sia costituito variabilmente lungo il suo sviluppo da terreno con caratteristiche pari a quelle dell'"orizzonte B" nonché da terreno con caratteristiche transitorie tra i due strati.

Alla luce di quanto sopra, la natura del materiale fondale, soggetto ad un processo di addensamento progressivo, variabile in entità in funzione del tipo di orizzonte, nonché la presenza di lenti di materiali più sabbiosi con caratteristiche di minore addensamento, risulta confermare il quadro fessurativo osservato, costituito da una molteplicità di lesioni di lieve o

lievissima entità di tipo superficiale, poste nelle zone a minore resistenza quali architravi e parapetti, elementi di collegamento dei rigidi maschi murari, i quali hanno subito dalla loro costruzione, risalente al 1886, sino ad oggi, un assestamento di tipo differenziale.

Le modifiche effettuate all'edificio, in particolare l'edificazione del nuovo volume in ampliamento con struttura dipendente da quella del volume originario, nonché le modifiche del tessuto urbano circostante, in particolare con l'edificazione di Corso Europa, hanno certamente più volte riattivato tali processi di assestamento con il manifestarsi di nuove lesioni sulle strutture.

Inoltre si sottolinea che le informazioni relative al dissesto che era stato evidenziato nel volume in ampliamento all'interno della relazione geologica eseguita su incarico della Provincia di Genova nel 2008, ancorché oggi non apprezzabile in quanto oggetto di un recente intervento di manutenzione straordinaria, paiono ricondurre ugualmente le cause ad un cedimento differenziale delle opere di fondazione dirette, della cui profondità non si hanno informazioni certe.

Tale fenomeno di assestamento differenziale risulta essere sensibile ad ogni nuovo addensamento dei materiali costituenti lo strato fondale, le cui cause possono essere di natura diretta ed antropica quali aggravii di carico sulla struttura o nell'area immediatamente circostante, oppure a cause indirette come l'oscillazione della falda superficiale nell'orizzonte A che con il suo moto di innalzamento e abbassamento favorisce il dilavamento della matrice sabbiosa con conseguente formazione di nuove porosità causa di nuovi assestamenti.

Certamente, future modifiche dell'edificio, che possano in qualche modo variare le pressioni agenti sul terreno di fondazione, sia all'impronta dell'edificio stesso (es. aggravii di carico sui solai, sopraelevazioni, ecc..), sia nell'area circostante (es. scavi per sottoservizi eseguiti in area circostante all'edificio a profondità interessanti lo strato fondale, ecc..), potrebbero riattivare nuovamente fenomeni di assestamento differenziale, con l'apertura di nuove lesioni.

Dalle indagini effettuate, il piezometro installato nel foro di sondaggio, non ha evidenziato la presenza di acqua sotterranea di falda, ma ciò non esclude la presenza del manifestarsi di falda superficiale indotta da eventi meteorici importanti.

La natura dell'orizzonte A, con caratteristiche più permeabili rispetto all'orizzonte B di matrice prettamente argillosa, e dunque impermeabile, risente maggiormente dell'influenza delle acque superficiali, le quali penetrando nello strato e non potendo oltrepassare l'orizzonte B in quanto impermeabile vanno a dilavarne la matrice sabbiosa favorendo la formazione di nuove porosità con la possibilità del verificarsi di nuovi assestamenti.

e lesioni presenti sui muretti, sulla scaletta, sulle pavimentazioni presenti nell'area pertinenziale esterna, nonché sul muro di contenimento del giardino privato lato Piazza Nieve, caratterizzate da ampie gole e disassamenti dei cigli, denunciando una serie di assestamenti differenziali dei vari elementi e delle opere fondazionali, per le quali si può ipotizzare un piano di posa fondazionale sullo strato più superficiale del terreno, caratterizzato, in relazione alla loro profondità, dall' "orizzonte A.

L'elevata compressibilità di tale materiale ha causato nel tempo il cedimento differenziale delle opere su di esso fondate, con l'attivazione di meccanismi roto traslativi, che hanno portato alle lesioni disallineate oggi visibili, agevolate almeno per quanto riguarda i muretti di fascia interni al giardino e la scaletta, dall'assenza di armatura metallica.

Gli assestamenti della pavimentazione interna del piano terra, confermano la natura ad elevata compressibilità dello strato di terreno superficiale definito nella relazione geologica quale "orizzonte A", suscettibile come già detto da importanti cedimenti differenziali, per l'estrema variabilità del modulo edometrico al variare dei carichi, nonché rigonfiamenti.

La ramificazione di tali fessurazioni può essere riattivata da qualsiasi causa di addensamento del materiale costituente lo strato di appoggio, sia di tipo diretto quali aggravii di carico, sia da cause indirette quali risalite di falda superficiale all'interno dello strato o, trattandosi di strato superficiale, da perdite di tubazioni interrate con spargimento di liquido nello strato.

Anche in questo caso, certamente, future modifiche dell'edificio, che possano in qualche modo variare le pressioni agenti sul terreno di fondazione, sia all'interno dell'impronta dell'edificio stesso (es. aggravii di carico, ecc...), sia nell'area circostante (es. scavi eseguiti all'interno del terreno di sottofondo per servizi, ecc...), riattiveranno nuovamente fenomeni di assestamento differenziale, con il verificarsi di nuove lesioni

Causa del tutto diversa viene attribuita alla lesione nella muratura a chiusura del sottoscala, la quale per il suo parallelismo alla rampa in cls armato della scala, denuncia la discontinuità materica in quanto interfaccia tra muratura in blocchetti alleggeriti e cls armato a seguito del fenomeno di ritiro delle malte della muratura e di dilatazioni termiche tra i due materiali (cls e muratura).

Le lesioni della pavimentazione interna riscontrate al piano primo, sono attribuibili alla deformabilità dei solai in legno, i quali dispongono di elevata flessibilità, a differenza delle lastre in graniglia costituenti la pavimentazione, nonché dalle variazioni dello schema statico dei soli indotti dagli interventi di rinforzo eseguiti mediante la realizzazione di un graticcio di travi metalliche.

Tale fenomeno di deformazione flessionale dei solai, risulta sensibile ad ogni aggravio di carico, per cui particolare cura deve essere sempre posta nel ripartire i carichi sui solai evitando eccessivi sovraccarichi delle strutture, nel rispetto delle caratteristiche costruttive.

A tal proposito si sottolinea la presenza al piano secondo di alcune stanze destinate ad archivio, nelle quali risulta sensibilmente maggiore il carico distribuito rispetto alle aree destinate ad ufficio.

In relazione a ciò, si sottolinea la necessità di evitare eccessivi sovraccarichi sui solai, di posizionare i carichi sugli appoggi delle travi portanti, evitando il sovraccarico in mezzera delle luci, nonché di verificare la presenza anche al di sotto di tali aree delle opere di rinforzo di putrelle metalliche.

La lesione presente sul muro portante centrale sia sul pianerottolo sia sul paramento opposto, pur tipologicamente differente nell'ambito del quadro fessurativo generale in quanto posizionata in mezzera di un muro portante, può essere ricondotta alla chiusura di un arco con materiale scarsamente portante comportando un assestamento differenziale dei maschi murari in quanto posizionata al di sopra del varco di ingresso posto al piano primo, per cui a livello macroscopico posta anch'essa in un "architrave" di collegamento, aggravato dal peso della muratura portante gravante sull'arco presente al piano terra.

Le lesioni poste perimetralmente ai campi di controsoffitto in cannicci intonacati, del piano secondo, sono tipiche del movimento differenziale tra canniccio intonacato e struttura portante dell'edificio a causa sia di normati fenomeni di dilatazione termica, amplificati anche dalla presenza al di sopra di tali ambienti del sottotetto non coibentati né riscaldati, sia da lievi assestamenti della muratura portante evidenziati nei punti di contatto con elementi costruttivi più deboli, rappresentati dalla controsoffittatura.

Lo stato di degrado della copertura e dell'area del sottotetto, con evidenti ingressi di acqua può far ipotizzare anche ad una amplificazione del movimento tra controsoffitto e struttura portante del solaio, a causa del verificarsi, durante eventi meteorici, di cicli di bagnatura ed asciugatura della struttura.

Ogni lesione e deterioramento osservato nel sottotetto, per quanto potuto esaminare in sicurezza, è dovuto a copiosi ingressi di acqua dalla copertura, con interessamento sia dei controsoffitti in cannicci intonacati sia della struttura portante in legno della copertura stessa.

Ampie aree di corteccia intonacale del canniccio, di notevole spessore (6-8 cm) hanno già subito distacchi con caduta a terra.

Il monitoraggio svolto da dicembre 2017 ad oggi, ha permesso di approfondire e testare le ipotesi circa le cause del quadro fessurativo.

In particolare si è potuto correlare le fessure che hanno subito maggiori variazioni al cedimento rotazionale dello spigolo est dell'edificio, il quale è a sua volta causa dell'innalzamento dello spigolo ovest del fabbricato al quale è vincolato la copertura del

corpo aggiunto con conseguente manifestazione di fessure ad andamento orizzontale a lembi distesi, tipiche di una rottura a trazione.

Il monitoraggio ha comunque evidenziato un cedimento di lieve entità, con evoluzione nel tempo, relativo al monitoraggio, molto lento.

La caratterizzazione delle murature ha evidenziato una matrice muraria molto caotica con blocchi lapidei di diverse forme (anche irregolari) e dimensioni e malta di allettamento caratterizzata da valori di resistenza a compressione medio-bassa in alcuni casi coincidente con i valori pressione effettiva presenti nei pannelli murari.

Sulla base di quanto sopra riportato, non sussistono condizioni tali da inficiare l'agibilità dell'edificio.

## 8 INTERVENTI DI RINFORZO E RISANAMENTO DELL'EDIFICIO

A seguito degli studi effettuati sull'edificio, in relazione all'intervento di recupero e consolidamento fondazionale, si ritiene necessario eseguire le seguenti tipologie di interventi:

- Risanamento delle strutture di fondazione tramite miglioramento del "substrato A" mediante iniezioni di consolidamento.
- Risanamento delle murature fondazionali mediante iniezioni di consolidamento al fine di ripristinare le caratteristiche meccaniche delle strutture.

### 8.1 RISANAMENTO FONDAZIONI E SUBSTRATI DI TERRENO

Come già ampiamente descritto in precedenza, l'edificio si trova ad essere fondato su uno strato di terreno avente caratteristiche costituzionali medio basse. Al fine di addensare ed impermeabilizzare detto substrato si propone di proceder come segue:

#### 8.1.1 Consolidamento muratura fondale

Consolidamento della fondazione in muratura allo scopo di riempire i vuoti presenti eliminando le discontinuità dovute a difetti costruttivi od all'invecchiamento, che possono rappresentare pericolose debolezze strutturali, e quindi distribuire in modo uniforme le tensioni provenienti dai carichi sovrastanti.

Il consolidamento verrà operato mediante tecnologia tipo Uretek Walls Restoring con resine tipo Uretek Hydro CP 200, od equivalente.

Per l'esecuzione delle iniezioni verranno eseguite delle perforazioni verticali o subverticali nella muratura a partire dal piano di calpestio e fino a raggiungere la quota del piano di imposta della fondazione, allo scopo di intercettare il numero massimo di cavità presenti. Tali perforazioni non dovranno avere diametro superiore a 30 mm. L'interasse delle stesse potrà variare da 0,20 a 2,00 m. In tali fori verranno posizionati dei condotti di iniezione di lunghezza tale da raggiungere le zone interessate.

Le iniezioni di tipo 'colonnare' verranno eseguite senza soluzione di continuità estraendo il tubo di iniezione a velocità controllata dalla quota del piano di imposta della fondazione fino alla quota del piano di calpestio in modo da garantire un trattamento uniforme di tutto il volume del paramento murario. La pressione d'espansione controllata della resina permetterà di raggiungere anche le cavità meno accessibili ed evita rotture e deformazioni rilevanti delle murature.

La lavorazione si intende comprensiva di ogni onere necessario per l'impianto di cantiere, l'installazione delle attrezzature e dei macchinari di perforazione e di iniezione, i noli, la mano d'opera specializzata, la fornitura di resine impiegate nelle quantità richieste dall'intervento e la fornitura di altro materiale necessario per dare il lavoro finito a perfetta regola d'arte.

Prezzo unitario intervento

400,00 €/m

#### 8.1.2 Consolidamento substrato terreno

Consolidamento del terreno di fondazione da eseguirsi sino alla profondità di m 2-3 m dal piano di lavoro allo scopo di incrementare la capacità portante di esercizio dello stesso ad un valore maggiore della tensione indotta dalla struttura soprastante mediante iniezione controllata di resina in pressione tipo Uretek Geoplus della ditta URETEK o similare.

Le iniezioni verranno eseguite sotto le fondazioni, a diversi livelli di profondità a partire dal piano di posa delle stesse in modo da garantire il miglioramento delle caratteristiche meccaniche di tutto il volume di terreno sopraindicato.

Per l'esecuzione delle iniezioni verranno eseguite delle perforazioni ad inclinazione variabile a partire dal piano di lavoro ed eventualmente attraverso le fondazioni. Tali perforazioni non dovranno avere diametro superiore a 30 mm.

Il procedimento dovrà svolgersi in due fasi distinte e consecutive:

- **Consolidamento superficiale.** In questa prima fase verranno eseguite delle iniezioni in prossimità dell'intradosso del piano di posa della fondazione tali da garantire continuità fra struttura e terreno. Scopo di questa fase di lavorazione è il riempimento dei vuoti eventualmente presenti nel terreno e l'incremento di resistenza dello stesso a rottura per sforzi di taglio.
- **Consolidamento in profondità.** Nella seconda fase verranno eseguite delle iniezioni su più livelli di profondità (2-3 livelli). Le iniezioni, in entrambe le fasi, dovranno essere puntuali e verranno regolate attraverso il monitoraggio in continuo del grado di sollevamento della struttura soprastante mediante livello laser. Le iniezioni dovranno proseguire sino alla verifica di un segnale di inizio di sollevamento della struttura soprastante. Tale controllo in corso d'opera è condizione necessaria e sufficiente per la regolare esecuzione della lavorazione. La resina iniettata inizierà ad espandere in un tempo rapido per poter rimanere confinata nel volume di terreno interessato dall'intervento.

Sono comprese le prove geotecniche in sito a verifica della bontà dell'intervento.

Sono compresi ogni onere necessario per l'impianto di cantiere, l'installazione delle attrezzature e dei macchinari di perforazione e di iniezione, i noli, la mano d'opera specializzata, la fornitura di resine impiegate nelle quantità richieste dall'intervento e la fornitura di altro materiale necessario per dare il lavoro finito a perfetta regola d'arte.

Prezzo unitario intervento con 2 livelli di iniezione	630,00 €/m
Prezzo unitario intervento con 3 livelli di iniezione	800,00 €/m

## 8.2 MONITORAGGI

### 8.2.1 Monitoraggio in essere

Il monitoraggio in essere dovrà proseguire fintanto che non saranno effettuati i lavori di consolidamento fondali e inoltre dovranno proseguire per i successivi sei mesi di assestamento.

Prezzo unitario	11.500,00 €/anno
-----------------	------------------

Carcare, 01.08.2019

In fede

Ing. Marco Zerbinati



Richiedente :

COMUNE di GENOVA  
MUNICIPIO di LEVANTE

Lavoro :

Interventi di manutenzione straordinaria sul patrimonio comunale 2° lotto – Individuazione meccanismi correlati al dissesto dell'edificio Municipio di Levante sito in Piazza Ippolito Nievo n. 1  
COMUNE di GENOVA

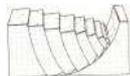
**RELAZIONE GEOLOGICA**

Data emissione	Revisione	Note	Tecnico
GIUGNO 2019	-----	-----	Dott. Geologo Amedeo GAIEZZA 

**Elaborati:**

- Tav. 1: - Cartografia geologica tematica*  
*Tav. 2: - Planimetria con ubicazione indagini geognostiche, censimento lesioni/fessure e principali anomalie georadar*  
*Tav. 3 a/ b/ c: Elaborati sondaggi a rotazione continua : S1 / S2 / S3-2017*  
*Tav. 4: - Tavole campagna georadar - Radargrammi*  
*Tav. 5 Sezioni geologiche stato attuale*  
*Certificati prove di laboratorio geotecnico*

**Dott. Geologo Amedeo Gaiezza**



Studio: Via Roma 96 - 17014 Cairo Montenotte (SV)

C.F.: GZZMDA72S161138D / P.IVA: 01191020096 – GaiezzaAmedeo@libero.it

## 1. OGGETTO DELLA PERIZIA

Il Comune di Genova - Direzione Lavori Pubblici – Settore Opere Pubbliche ha incaricato lo scrivente di redigere relazione geologico-tecnica con indagini geognostiche a corredo del progetto da svilupparsi a cura dello Studio Associato Ing.ri Marco Zerbinati e Irene Persico nell'ambito degli interventi di manutenzione straordinaria sul patrimonio comunale – 2° lotto, e conseguente individuazione dei meccanismi correlati al dissesto dell'edificio municipale di Levante IX, sito in Piazza Ippolito Nievo n.1, Genova (GE), di proprietà del Comune di Genova.

A tale riguardo, in data 17/12/2015, insieme all'Ing. Zerbinati Marco e al Geom. Guerrisi Domenico, il sottoscritto Dott. Geol. Gaiezza Amedeo ha eseguito sopralluogo tecnico presso l'edificio in oggetto, al fine di prendere visione dello stato conservativo della struttura costituita da un corpo di fabbrica principale strutturato in muratura portante su n.3 piani fuori-terra oltre sottotetto e copertura, successivamente ampliato tramite la realizzazione sul fronte nord-ovest di un corpo di fabbrica secondario ad un solo piano fuori terra in aderenza allo stesso.

L'analisi visiva dello stato dei luoghi ha evidenziato la presenza di un quadro fessurativo importante relativo alla muratura portante perimetrale ed interna, nonché di tamponatura interna, relativa sia al corpo principale sia al corpo secondario, concentrata in particolare sui fronti nord-ovest, sud—ovest e nord-est, nonché nella zona centrale del corpo principale (area vano scala) e dell'area servizi igienici del corpo secondario. A tale riguardo, e nello specifico, per una descrizione dello stato fessurativo evidenziato si rimanda alla dettagliata ed esaustiva relazione di report commento prodotta dall'Ing. Zerbinati, nonché alla mappatura in planimetria e su sezioni/prospetti quivi riportata come fornita dai progettisti Ing.ri Zerbinati/Persico (cfr. Tav. 2/5).

Lo studio in essere si propone di verificare le condizioni geologico - geomorfologiche e di stabilità dell'area in esame, in rapporto alla realizzazione di eventuali interventi di manutenzione straordinaria e all'interazione di questi con il volume significativo del terreno indagato, definendo il modello geologico / geotecnico di supporto e sostegno alla progettazione e al dimensionamento ingegneristico di eventuali interventi di rinforzo e/o consolidamento, a mitigazione e/o eliminazione delle cause e delle azioni che hanno determinato le lesioni e i conseguenti cedimenti differenziali osservati e in atto, ovvero all'individuazione e alla risoluzione delle principali problematiche di diretto e pertinente interesse geologico.

A tale riguardo, di comune accordo con i progettisti, e in funzione dell'accessibilità logistica e/o delle interferenze operative, è stata condotta una campagna geognostica sull'area d'intervento articolata in:

- n. 3 sondaggi a carotaggio continuo
- n. 1 indagine tromografica HVSR
- campagna georadar mediante n. 37 stese antenna 400 MHz
- prove geotecniche di laboratorio su n. 3 campioni: n. 2 indisturbati e n. 1 rimaneggiato
- prove SPT in avanzamento sondaggi

Si sono altresì utilizzati dati geognostico-stratigrafici già esistenti (n. 4 prove DPM 030), relativi alle indagini svolte dalla Società SINGEO srl nell'anno 2008 per l'amministrazione Provinciale di Genova nell'ambito de:

*“Riabilitazione statica dell'ampliamento di edificio a destinazione socio – assistenziale mediante consolidamento di terreno di fondazione sotto elementi portanti – Piazza Ippolito Nievo Comune di Genova / Aprile 2008*

La presente relazione è redatta in base al:

- D.M. 11/03/88
- al D.P.R. n. 328/01
- alle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni 2008 approvate con il D.M. 14/01/2008 , nonché con riguardo alla Circolare n. 617 del 02/02/09 (G.U. n. 47 del 26/02/09 – Suppl. Ord. N. 27 “Istruzioni per l'applicazione delle NTC di cui al D.M. 14/01/08)
- Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni - D.M. 17/01/2018 (G.U. n. 42 del 20/02/18 – Suppl. Ord. N. 8)
- al D.P.R. n. 328/01
- delle norme del PUC GENOVA vigente e degli elaborati geologico tematici allegati – Piano di bacino Vigente Ambito 14
- delle norme di attuazione generali del PAI – Piano Stralcio per assetto Idrogeologico per le aree che ricadono sotto il controllo dell'autorità di Bacino del Fiume Po / L. n. 83 del 18/05/1989 art., 17 comma 6/ter
- Regolamento Regionale n. 3 del 14/07/2011 “ Regolamento recante disposizioni in materia di tutela delle aree di pertinenza dei corsi d'acqua”
- - D.P.R. 120/2017 “Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo, ai sensi dell'articolo 8 del decreto-legge 12 settembre 2014, n. 133, convertito, con modificazioni, dalla legge 11 novembre 2014, n. 164.”

Gli accertamenti geognostici sono stati eseguiti altresì a sostegno e supporto delle linee guida:

- dell'O.P.C.M n. 3519 /2006 del 28/04/2006 “Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento delle medesime zone” e s.m.i.
- del D.G.R. n. 1362 del 19/11/2010 “Aggiornamento classificazione Sismica del territorio della Regione Liguria ai sensi del DM. 14/01/2008”
- del D.G.R. n. 216 del 17/03/2017 “OPCM 3519/2006 Aggiornamento classificazione Sismica del territorio della Regione Liguria”

- del D.G.R. n. 297 del 14/04/2017

E' stata altresì consultata la cartografia ufficiale tematica quale:

- Carta Geologica d'Italia Fg. n.83 "Rapallo"
- Cartografia relativa all'Inventario dei Fenomeni Franosi Italiani (IFFI) tramite portale informatico aggiornato autorizzato dalla Regione Liguria

## **2. MODELLO GEOLOGICO - IDROGEOLOGICO**

### **2.1 Geologia - Geomorfologia**

L'area d'intervento ricade in corrispondenza del limite Est del vasto terrazzo marino antropizzato e urbanizzato di Quarto dei Mille, ad una quota media di ca. 40 m slmm, in un'area rimaneggiata e mista a riporti storici e recenti, modellata su una media coltre detritica di alterazione residuale, sviluppatasi per trasformazione e degradazione di un substrato roccioso noto come "Argille di Ortovero" di età Terziaria (Pliocene medio-inf.).

La cartografia geologica ufficiale della zona indica (Fig. 83 – Rapallo e Tav.le PUC Genova – Carta Geologica) la presenza di calcari marnosi con intercalazioni arenacee e/o marnose di età Cretacico sup., noti come "Calcari di Monte Antola". Gli stessi affiorano ed emergono effettivamente in diversi settori e zone limitrofe a quella in esame; più nello specifico si rilevano emergenze stratificate calcaree in alveo e scarpata sponda destra del vicino Rio Priaruggia che incide ad Est dell'area in studio, con quota deflusso in incisione a ca. 29 m slmm (cfr. Tav. le 44 in Tav. 1).

I sondaggi eseguiti hanno, però, rilevato un substrato roccioso costituito da di argille e marne argillose pseudolitificate, con intercalazioni sabbioso-limose, di età Terziaria, connesse e riconducibili alla trasgressione marina sin-tettonica sviluppatasi durante il Pliocene e contestuale con la dinamica distensiva della costa associata allo sfenocasma ligure e al sollevamento con basculamento quaternario delle Alpi Liguri.

Il modello geologico del sito in esame è, pertanto, caratterizzato da depositi sciolti, di alterazione residuale, rimaneggiati e alterati da riporti e interventi antropici superficiali connessi con l'insediamento storico urbano, sviluppatasi in continuità con un substrato roccioso argilloso- e/o marnoso/argillitico con intercalazione sabbioso-limose. Lo spessore di tali depositi, in sostanziale accordo con quanto indicato sulla "Carta Geomorfologica – PUC Genova Ta. 44" varia tra 2.5 – 4.0 m.

Al contorno dell'area sono presenti numerose zone caratterizzate da riporti e terrapieni prevalenti connessi con la viabilità e le infrastrutture principali esistenti (Corso Europa) e l'edificazione urbana.

In sintesi, la stratigrafia tipo, ricavata sulla base del rilevamento geologico diretto, delle indagini geognostiche eseguite e delle informazioni stratigrafiche note pregresse (prove DPM 2008) evidenzia:

- Orizzonte R: piazzale /battuto cemento + pietrame e ghiaia di sottofondo – tipo tout venant
- Orizzonte A: terreno rimaneggiato e/o misto a riporti di età storica, in graduale transizione e/o frammista con la sottostante coltre di alterazione (orizzonte B): limo argilloso e argilla limosa, talora sabbioso di colore marrone ocra con raro pietrisco e/o scaglie litoidi. Talora frammenti laterizi.
- Orizzonte B: coltre di alterazione residuale del substrato: argilla compatta, marrone ocra a strigliature grigiastre, con rari elementi litoidi.
- Substrato costituito dalle "Argille di Ortovero"

L'interpretazione dei dati evidenzia un antico terrazzo marino, rimaneggiato e modificato in superficie da significativi riporti e interventi antropici, interessato da una trasgressione marina con deposito di argille e marne argillose durante il pliocene medio-inferiore.

### **2.2 Idrogeologia**

L'idrologia generale della zona è controllata dal Rio Priaruggia che, nella zona in esame incide incassato con tratto circa rettilineo e alveo attivo, talora con fondo in roccia (Calcari di M. Antola), loc. sovralluvionato, con alluvioni attuali ghiaioso – ciottolose.

Nella zona d'interesse la quota di deflusso pelo libero in alveo attivo, è posta a ca. 29 m slmm., con dislivello altimetrico rispetto alla zona in studio di ca. 10 m; per distanza e dislivello il rio in esame non interessa direttamente ne interferisce potenzialmente con rischio esondabilità l'area in esame (cfr. Tav. 44 PUC Genova – Carta vincoli geomorfologici e idraulici").

Dal punto di vista idrogeologico, i materiali sciolti dei livelli superficiali rimaneggiati e/o misti a riporti vari eterogenei e discontinui, sono caratterizzati da permeabilità medio-elevate di tipo primario per porosità.

La coltre di alterazione residuale argilloso-limosa è caratterizzata, invece, in ragione della sua granulometria medio fine, e del suo comportamento di tipo coesivo, da scarsa –ridotta permeabilità di tipo primario.

Il substrato roccioso è, altresì, caratterizzato da nulla a ridotta e solo locale permeabilità di tipo secondario con circolazione in vuoti e/o sistemi di fratture comunicanti in regime di interdipendenza.

Le indagini eseguite e il successivo monitoraggio freaticometrico condotto nel sondaggio S1 attrezzato con piezometro a tubo aperto su tutta l'asta, non ha evidenziato circolazione idrica sotterranea né eventuali lenti sabbiose in pressione.

L'assetto idrogeologico generale del comparto in studio è comunque caratterizzato da una media-elevata infiltrazione efficace connessa e riconducibile con l'elevata capacità di ricarica che caratterizza solitamente i complessi calcarei, con sistemi di fratturazione e intercomunicazione con vuoti e diaclasi, tipico altresì anche dei calcari in oggetto di M. Antola che, nella zona in esame, è posto, presumibilmente, a profondità notevoli, al di sotto delle "Argille di Ortovero" e, in ogni caso a profondità eccedenti il volume geologico significativo.

### **2.3 Rischio e pericolo geologico -idrogeologico**

A scala macro-locale e con riferimento agli elementi tematici riportati sulla cartografia PUC, nonché a quelli estrapolati dal portale web dell'inventario dei Fenomeni Franosi Italiani – Regione Liguria, la zona non è interessata da fenomeni franosi in atto significativi e/o rilevanti. Il rilevamento di dettaglio, invece, ha evidenziato, all'interno del municipio e nelle aree pertinenziali di corte e parcheggio, tracce e segni, a scala locale, di fenomeni di assestamento in atto, suscettibili di potenziale ri-attivazione.

Nello specifico, all'interno del fabbricato, oltre alle numerose lesioni e fessurazioni sulle pareti rilevate nel dettaglio dagli Ing.ri Zerbinati/Persico, cui si rimanda, si rilevano settori caratterizzati da rigonfiamenti (ufficio permessi) e/o cedimenti areali della pavimentazione (ingresso lato S), nonché zone di disassamento tra la vecchia struttura e il nuovo corpo aggiunto (Anagrafe) sul prospetto NW (già oggetto d'indagine conoscitiva a cura SINGEO srl nel 2008).

Anche nelle aree esterne, si rilevano cedimenti differenziali e locali spaccature nei marciapiedi e nei muretti al contorno e di finitura aree a giardino.

L'area d'intervento non è, invece, prossima a centri di pericolo ambientale quali discariche pericolose, siti da bonificare, industrie a rischio, cisterne, serbatoi o stoccaggio rifiuti, né risulta interessata da pericolo valanghe o in zona di conoide attiva non protetta in evoluzione.

L'area in studio infine, non risulta a rischio di esondabilità nonché, con riferimento alla L.R. n. 9/93 e ai sensi del R.R. n. 3 del 14/7/2011, emesso in materia di tutela delle aree di pertinenza dei corsi d'acqua (rispetto e zone di fasce fluviali / art. 4), non sussistono lineazioni minori con dinamica idraulica in potenziale interferenza con il manufatto in esame, né si registrano da segni e/o evidenze significative, importanti azioni erosive e/o generali fenomeni di erosione superficiale per rivoli concentrati, evidenze sorgentizie o problematiche di origine carsica attiva o latente e/o calanchiva. L'area non è, inoltre, in zona di salvaguardia di captazioni ad uso idropotabile e/o in zone ad elevata vulnerabilità degli acquiferi sfruttati.

La Tav. 44 "Zonizzazione geologica e suscettività d'uso del territorio" inquadra il sito in studio come :

*Zona B- Aree con suscettività d'uso parzialmente condizionata*

Non si evidenziano altresì ulteriori vincoli di rilevanza geologico-ambientale come evidenziato anche nella cartografia dei vincoli allegata, ovvero zone protette e/o di particolare pregio, né il sito risulta soggetto a vincolo idrogeologico.

### **3. RAPPORTO SULLE INDAGINI GEOGNOSTICHE**

In linea con quanto espressamente richiesto dalla normativa vigente (N.T.C. 6.2.2), viene elaborato un modello geologico-geotecnico del volume significativo d'intervento sulla base di una campagna di indagini geognostiche, eseguita a corredo, taratura ed integrazione del rilevamento geologico di dettaglio e dei dati bibliografici, stratigrafico geotecnici pregressi di cui sopra.

#### **3.1 Campagna geognostica SINGEO srl 2008**

Tale studio fu articolato in n. 4 prove DPM 030, riportate in Tav. 2 e, utilizzate per l'elaborazione delle sezioni geologico progettuali in Tav. 5. Le prove furono concentrate in corrispondenza dei settori NW ed W esterni al fabbricato. Furono necessari pozzetti pre-esecutivi di ca. 0.4-0.5 m onde passare il piazzale cemento e il sottofondo tout venant. Nello specifico, tale campagna, individuò 3 strati geotecnici significativi, assimilati e conformati dallo scrivente, a quelli usati nel presente studio, in ragione delle evidenze dirette dei sondaggi a carotaggio continuo. Più in dettaglio emerse:

##### **Prova P1/2008**

Da - 0.50 - 1.70 m	Strato 1 = Orizz. A
Da 1.70 - 3.40 m	Strato 2 = Orizz. B
Da 3.40 - 3.80 m	Strato 3 = Orizz. B + cappellaccio di alterazione substrato

##### **Prova P3/2008**

Da - 0.40 - 1.20 m	Strato 1 = Orizz. A
Da 1.20 - 3.00 m	Strato 2 = Orizz. B
Da 3.00 - 3.50 m	Strato 3 = Orizz. B + cappellaccio di alterazione substrato

##### **Prova P4/2008**

Da - p.c. - 0.90 m	Strato 1 = Orizz. A
Da 0.90 - 2.90 m	Strato 2 = Orizz. B
Da 2.90 - 3.40 m	Strato 3 = Orizz. B + cappellaccio di alterazione substrato

La prova P2 /2008 non è significativa con rifiuto a 2.0 m. Non rilevata presenza di circolazione idrica sotterranea.

#### **3.2 Campagna geognostica 2017 Geol. Gaiezza**

L'ubicazione delle indagini è riportata in Tav. 2.

##### **Sondaggio a carotaggio continuo**

Sono stati eseguiti n. 3 sondaggi a carotaggio continuo dalla M3D srl. di Maldotti/Delucchi, siglati S1-S2-S3/17. Il sondaggio S1 è stato eseguito in corrispondenza del marciapiede di monte, lato nuovo corpo aggiunto, S2 in corrispondenza dell'accesso pedonale lato valle, ed S3 nell'aiuola sul prospetto NE.

Gli elaborati con documentazione fotografica relativi ai sondaggi a carotaggio continuo costituiscono gli allegati 3 a/b/c.

Sul log stratigrafico è riportata la colonna stratigrafica con descrizione granulometrica e sequenza litologica, recupero percentuale totale di carotaggio e recupero R.Q.D., note varie relative a problematiche esecutive e/o a particolari evidenze.

Informazioni ulteriori sono evidenziate in funzione della natura del terreno attraversato.

Materiali incoerenti:

- Umidità - U1: molto umido / U2: umido / U3: da poco umido ad asciutto
- Consistenza - x1: elevata / x2: media / x3: da bassa a molto bassa
- Elementi lapidei: natura petrografia e grado di alterazione

Substrato roccioso:

- Discontinuità - FR.: frattura (giunto) / FG.: faglia / STR.: stratificazione / SC.: scistosità (clivaggio, filiazione) e /° inclinazione

- Alterazione - A1: sano, compatto, tenace / A2: leggera / A3: media / A4: forte / A5: destrutturata e/o argillificata
- Durezza - D1: elevata / D2: media / D3: bassa, tenera
- Scabrezza (J.R.C. - Joint Roughness Coefficient - Barton 1976).

Tutte le perforazioni sono state eseguite utilizzando il carotiere semplice diam. 101 mm. Nessun rivestimento provvisorio

diam. 127 mm utilizzato.

Il sondaggio S1 è stato attrezzato a **piezometro** tubo aperto per verificare la presenza della falda freatica e il controllo di una sua eventuale oscillazione.

Nel corso dei sondaggi sono stati altresì prelevati **n. 3 campioni** significativi alle quote di interesse fondazionale, sui quali sono state condotte analisi geotecniche di laboratorio specifiche e propedeutiche per la stima della deformabilità differenziale del terreno di fondazione e delle sue caratteristiche geotecniche (modulo edometrico, della coesione e della resistenza al taglio)

Eseguite altresì **prove SPT** (Standard Penetration Test) a punta chiusa in avanzamento. L'attrezzatura utilizzata per l'esecuzione della prova S.P.T. è stata quella di dimensioni standard (Raccomandazioni A.G.I. per la programmazione e l'esecuzione delle indagini geotecniche, 1977). Il dispositivo di percussione comprende: testa di battitura avvitata sulle aste, un maglio del peso di 63.5 kg ( $\pm 0.5$  kg), ed un sistema di guida sganciamento automatico del maglio, che assicura una corsa a caduta libera di 75 cm. La prova d'infissione, avvenuta in fondo al foro precedentemente pulito, consiste nel far penetrare il campionatore, in questo caso a punta chiusa, per tratti successivi di 15 cm., registrando ogni volta il numero di colpi necessari ( $N_1, N_2, N_3$ ). Con il primo tratto, detto di "avviamento", s'intende superare la zona di terreno rimaneggiata in fase di perforazione; se con  $N_1 = 50$  colpi l'avviamento è minore di 15 cm., l'infissione deve essere sospesa e la prova si dichiara conclusa, annotando la relativa penetrazione. Se il tratto di avviamento è stato superato, si conteggiano  $N_2$  e  $N_3$  (da 15 a 30 e da 30 a 45 cm.) fino ad un limite complessivo di 100 colpi ( $N_2 + N_3$ ), raggiunto il quale, "R" Rifiuto, si sospende la prova annotando l'avanzamento ottenuto.

Nella tabella di sintesi che segue sono riportati i dati principali d'interesse diretto geognostico, con riferimento alla descrizione di cui al paragr. 2.1. Sia per le prove SPT che per i campioni Indisturbati (Siglati CI) o rimaneggiati (siglati CR) è indicato profondità e orizzonte di prova e prelievo.

<b>Sondaggio S1/17</b>	
Profondità raggiunta	10 m
Livello falda	Assente
-----	-----
Orizzonte R	da p.c – 0.3 m
Orizzonte A	da 0.3 – 1.5 m
Orizzonte B	da 1.5 – 2.5 m
Orizzonte S	Da 2.5 – 10.0 m
Substrato roccioso "Argille di Ortovero"	(fondo foro)
S.P.T.	- SPT 1: 1.5 – 1.95 m 8/12/14 – Orizzonte B  - SPT 2: 3.0 – 3.45 m 14/18/17 – Orizzonte S
Campione	- S1/CR 1 tra 1.0 – 1.5 m Orizzonte A  - S1/CI 1 tra 3.0 – 3.80 m Orizzonte S

<b>Sondaggio S2/17</b>	
Profondità raggiunta	7.4 m
Livello falda	Assente
-----	-----
Orizzonte R	da p.c – 0.4 m
Orizzonte A	da 0.4 – 1.8 m
Orizzonte B	da 1.8 – 4.0 m
Orizzonte S	Da 4.0 – 7.40 m
Substrato roccioso "Argille di Ortovero"	(fondo foro)
S.P.T.	- SPT 1: 2.0 – 2.45 m 18/10/15 – Orizzonte B
Campione	- S2/CI 1 tra 1.2 – 1.5 m Orizzonte A

<b>Sondaggio S3/17</b>	
Profondità raggiunta	8.10 m
Livello falda	Assente
-----	-----
Orizzonte A	da p.c. – 1.6 m
Orizzonte B	da 1.6 – 3.8 m
Orizzonte S	Da 3.8 – 8.10 m
Substrato roccioso “Argille di Ortovero”	(fondo foro)
S.P.T.	- SPT 1: 1.5 – 1.95 m 5/7/8 – Orizzonte A  - SPT 2: 3.0 – 3.45 m 15/21/20 – Orizzonte S

### Prove Geotecniche di laboratorio

Sui tre campioni prelevati sono state eseguite le seguenti prove di laboratorio geotecniche. I certificati delle prove geotecniche, eseguite a cura del laboratorio certificato S.G.L. di Vado Ligure sono allegati a fondo testo.

#### Campione S1/ CR 1 – 1.0 - 1.50 m Orizzonte A

Analisi granulometrica con limiti di Atterberg, che ha evidenziato per il campione medio dell'orizzonte A un fuso granulometrico, come da certificati 160/161 SGL, un limo argilloso coesivo (89.41%) con rara ghiaia e sabbia, (class. USCS **Unified Soil Classification System** tipo ML). Si tratta di limo e argilla limosa inorganica di media-elevata compressibilità, con limite liquido LL(%) pari a 49.7 e indice di Plasticità pari a 20.4.

#### Campione S1/ CI 1 – 3.0 - 3.80 m Orizzonte S

Prova di compressione semplice ELL che consente di ricavare la resistenza al taglio non drenata dell'argilla di substrato (roccia fine coerente), ovvero la  $C_u$ . Nello specifico, dalla prova si ricava un valore di resistenza a compressione pari a 571.23 Kpa (certificato 162 SGL) cui corrisponde una  $C_u (S) = 285 \text{ Kpa} = 2.85 \text{ Kg/cmq}$

#### Campione S2/ CI 1 – 1.2 - 1.50 m Orizzonte A

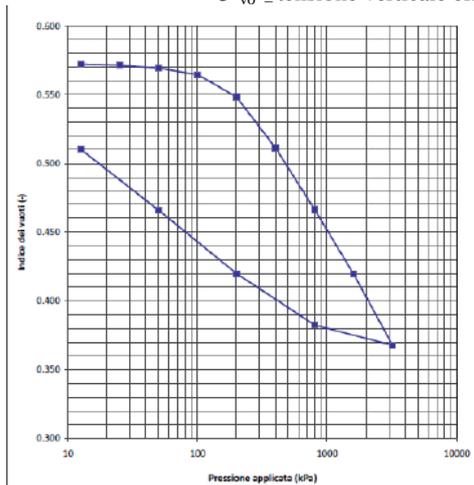
- Prova di compressione edometrica con metodo Casagrande (certificato 163SGL) che ha consentito di calcolare:
- il grado di sovra consolidazione in sito (OCR), ovvero la soglia di snervamento del materiale.

$$OCR = \sigma'_c / \sigma'_{vo}$$

con

$\sigma'_c$  = pressione di pre-consolidazione

$\sigma'_{vo}$  = tensione verticale efficace in sito alla quota prelievo campione

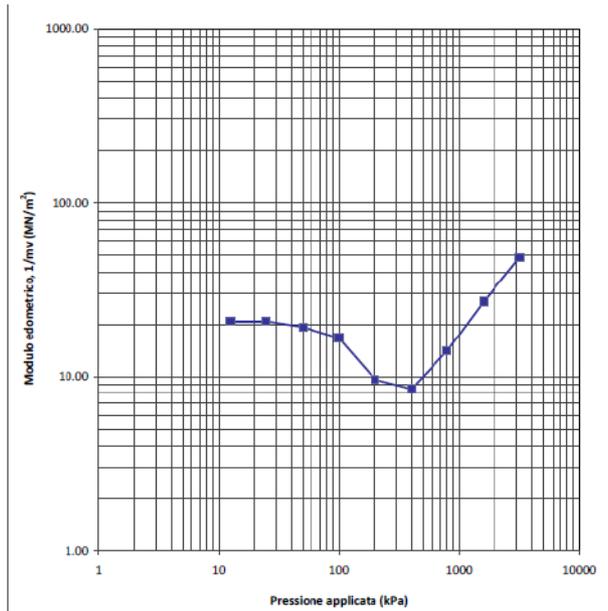


La pressione di pre-consolidazione  $\sigma'_c$  viene calcolata mediante il metodo grafico Casagrande dal diagramma indice dei vuoti (e) / Pressione applicata sopra riportato ed allegato al certificato prova edometrica fondo testo e risulta pari a :

$$\sigma'_c = 200 \text{ KPa} = 2.0 \text{ Kg/cmq}$$

La tensione verticale efficace in sito, a 1.5 m di profondità è pari a  $\sigma'_{vo} = 1.5 \text{ m} \times 19 \text{ KN/mc} = 28.5 \text{ KN/mq} = 28.5 \text{ KPA}$   
da cui **OCR pari a ca. 7**

- il range del **modulo edometrico Eed** in funzione del carico di esercizio attivo. Dal certificato di prova si evince come il modulo edometrico  $E_{ed} = 1 / mv$  (MN/mq) con  $mv =$  coefficiente di compressibilità volumetrica



Come si evince dall'estratto prova diagramma 1/mv - Pressione applicata sopra riportato, il modulo edometrico  $E_{ed}$  varia tra:

- 20 MN/mq = 203.8 Kg/cmq per tensioni di esercizio comprese tra 10 – 50 KPa
  - Da 8 a 10 MN/mq = 81.5 - 101.9 Kg/cmq per tensioni di esercizio comprese tra 200 – 400 KPa
  - Tra 30 – 50 MN/mq = 305.7 – 509.5 Kg/cmq per tensioni di esercizio >2000 KPa
- Per valori di carico di esercizio puntuali si rimanda al grafico specifico allegato al testo.

### Indagine georadar

L'indagine georadar è stata condotta all'interno del municipio a piano terra, in corrispondenza dei principali locali dove presenti lesioni, cedimenti e rigonfiamenti pavimento, nonché nello specifico lungo il settore mediano di giunzione strutturale tra il corpo fabbrica originario e quello ampliato al fine di localizzare, dove possibile, eventuali anomalie riconducibili a vuoti e/o settori in assestamento. Sono state eseguite, in funzione dell'accessibilità logistica, strisciate perimetrali alle principali murature portanti.

Gli elaborati con documentazione fotografica relativi alla campagna georadar continuo costituiscono gli allegati 4 a/b /c.

L'ubicazione delle stese è riportata in Tav. 2. Sono state eseguite n. 37 stese, per un totale di 186 m di prospezione.

La strumentazione utilizzata è un GSSI SIR SYSTEM 3000, dotato di antenna con frequenza centrale pari a 400 MHz, traslata in modalità *survey time* con registratore automatico per il campionamento sequenziale del segnale.

Il principio della tecnica radar si basa sulla ricezione e la registrazione analogico-digitale di onde elettromagnetiche, trasmesse da un'antenna di opportuna frequenza centrale, riflesse da superfici e discontinuità di differente impedenza elettromagnetica, presenti nel mezzo indagato.

La profondità massima di indagine è funzione della frequenza centrale dell'impulso elettromagnetico emesso, della resistività elettrica del mezzo attraversato e della finestra temporale di ricezione del sistema, ovvero del tempo di campionamento.

Note le caratteristiche dielettriche dei mezzi attraversati è possibile ricavare la velocità di propagazione dell'onda nel mezzo e correlarla con lo spazio percorso e, quindi, rilevare le anomalie corrispondenti a determinate discontinuità geometriche o fisiche.

La prospezione è stata condotta in regime monostatico, ovvero utilizzando una singola antenna rice-trasmittente, mentre il campionamento nel tempo, garantito da un processore A/D, ha effettuato 512 misure a scansione.

La stima della profondità di penetrazione del segnale radar è legata alla corretta definizione della costante dielettrica del mezzo; tale parametro è legato alla conducibilità del mezzo attraversato dall'onda elettromagnetica.

Per la prospezione in oggetto si è impiegato un valore di costante dielettrica pari a 9 ricavato mediante taratura in sito.

La strumentazione così tarata ha consentito una risoluzione verticale pari a circa 2.5 m con finestre di campionamento che oscillano tra 70 e 90 ns e conversione analogico/digitale dinamica pari a 16 bit.

A tale riguardo, il potere risolutivo della prospezione è legato fortemente all'attenuazione del segnale elettromagnetico ricevuto e, pertanto, alla perdita di energia, la quale è direttamente proporzionale alla conducibilità del mezzo, alla presenza d'acqua e alla frequenza del segnale immesso. L'affidabilità della metodologia adottata è, quindi, strettamente connessa con la variabilità del parametro dielettrico nel mezzo indagato; la stessa implica, infatti, una variazione della potenza di ogni singolo materiale attraversato in funzione della finestra di tempi stabilita.

Ne consegue che un materiale a costante dielettrica maggiore, come l'acqua o un terreno saturo, assumerà uno spessore più potente rispetto ad un materiale con costante dielettrica minore avente uguale spessore reale. In ragione di ciò, gli spessori individuati possono essere affetti da una percentuale di errore, intrinseca alla metodologia, variabile a seconda dei mezzi attraversati.

### **Interpretazione dei dati**

Tutte le registrazioni sono state elaborate ed esaminate con il duplice scopo di rilevare ed evidenziare anomalie significative, riconducibili alla presenza di eventuali vuoti, oppure lineazioni sistematiche testimonianti fratture o zone di debolezza sia geologica /stratigrafiche che riconducibili a contatti tra "materiali" differenti a netto contrasto d'impedenza dielettrica.

Per ciascuna stesa sull'asse verticale è indicata, in metri, la profondità d'indagine dal p.c. (in scala deformata/amplificata) mentre sull'asse orizzontale è riportato lo sviluppo lineare della stesa. Per una migliore comprensione dei radargrammi le sezioni presentano scale differenziate; inoltre, taluni radargrammi, in ragione del contesto elettrificato d'indagine, risultano "disturbati" nel segnale con evidente riflesso nella loro qualità.

Due sono le principali tipologie di anomalie rilevate:

- **puntuali**: anomalie localizzate riconducibili a vuoti e/o a settori a minor porosità e/o stato di addensamento rispetto al mezzo al contorno
- **lineari**, ovvero discontinuità stratigrafiche riconducibili a nette (o presunte, - tratteggio -) interfacce per differente stato di addensamento e consistenza tra i vari orizzonti geotecnici sopra discriminati, rilevando eventualmente plaghe più sabbiose entro l'orizzonte B (sacche intraformazionali)

Nello specifico, l'indagine ha evidenziato in generale:

- uno "strato" superiore, caratterizzato da colorazione grigio blanda indicante comparti a medio-elevato assorbimento, caratterizzati da scarsa competenza e qualità dei materiali, riconducibile a terreni argillosi, di spessore variabile generalmente tra 1.0 e 1.5 m da piano pavimento, riconducibile all'orizzonte Tipo A;
- uno "strato" sottostante, caratterizzato da zone con "toni" e riflessioni accesi bianco e nere, indicante materiali a maggior addensamento, riconducibili alle argille compatte di alterazione (orizzonte B), talora interessate da lineazioni stratigrafiche riconducibili anche a sacche e lenti di materiale più sabbioso.

Rimandando in toto alla consultazione dei radargrammi e della planimetria in Tav. 2, dove sono evidenziati i settori nei quali sono emerse le principali anomalie, in sintesi le tracce più problematiche sono:

- Stesa 14: anomalie ad 1.0 m di profondità, tra progr. lineare 3-4 m, e a circa 2 m di profondità tra progr. 1.5 – 3 m
- Stesa 15: anomalie ad 1.5 m di profondità, tra progr. lineare 3-4 m (presunte tra progr. 7 – 8 m)
- Stesa 17: anomalie ad 1.0 m di profondità, tra progr. lineare 7-9 m
- Stesa 24: anomalie ad 1.5/2.0 m di profondità, alla progr. lineare 3 m
- Stesa 34: anomalie ad 1.0 m di profondità, tra progr. lineare 2-3 m
- Stesa 35: anomalie ad 1.0 m di profondità, tra progr. lineare 0-1 m, e a circa 1/1.5 m di profondità alla progr. 4 m
- Stesa 36: anomalie ad 1.0/1.5 m di profondità, alla progr. lineare 1 m

## 4. MODELLO GEOTECNICO

### Elaborazione statistica dati geognostici

Nell'interpretazione delle prove si è utilizzata la normalizzazione rispetto a  $\sigma'$  per tenere conto dell'influenza della pressione del terreno sovrastante, mediante l'espressione:  $N1 = CN * N$  dove:

$N$  = numero di colpi misurati con la prova standard,

$N1$  = valore di  $N$  riferito ad un valore unitario di  $\sigma'$ ,

$CN = 1/\sigma'(n)$  è un coefficiente di correzione dipendente da  $\sigma'$ , dove  $n = 0.5$  (Liao e Whitman, 1985).

L'elaborazione statistica di tutti i dati geognostici raccolti:

- dati SPT sondaggi 2017
- - dati N10 desunti dalle prove DPM 2008 SINGEO srl. già convertiti in dati SPT

evidenzia il seguente quadro analitico:

#### **Orizzonte A**

- N spt sondaggi = 15
- N spt dpm2008 = da prova P1      4  
                                     da prova P2      5  
                                     da prova P3      6 / 13  
                                     da prova P4      11 / 9

Si ricava un valore medio  $N_{spt} A = 9$

#### **Orizzonte B**

- N spt sondaggi = 26 / 25
- N spt dpm2008 = da prova P1      18  
                                     da prova P3      27

Si ricava un valore medio  $N_{spt} B = 24$

#### **Orizzonte S – Argilla di Ortovero**

- N spt sondaggi = 35 / 41
- N spt dpm2008 = da prova P1      36  
                                     da prova P2      38  
                                     da prova P4      30

Si ricava un valore medio  $N_{spt} S = 36$

Al fine di consentire a cura del progettista, una valutazione della sicurezza, della durabilità, robustezza e funzionalità delle opere in progetto a fronte delle prestazioni attese, viene fornita una parametrizzazione geotecnica dei terreni, previo definizione delle principali e prevalenti caratteristiche chimico-fisiche e meccaniche degli orizzonti relativi al volume geologico significativo e di interesse per le verifiche ingegneristiche e geotecniche. Come si evince dalle sezioni geologico progettuali in Tav. 5, l'area in esame, con riferimento al volume significativo, è caratterizzata da un modello geotecnico costituito principalmente da un media coltre detritica di alterazione residuale, argilloso limosa, rimaneggiata parzialmente in superficie, prodotta per alterazione e disfacimento di un substrato di tipo argilloso marnoso con intercalazioni sabbiose in assenza di circolazione idrica sotterranea.

La parametrizzazione geotecnica dei terreni in esame viene condotta utilizzando le seguenti formule:

Densità relativa (Meyerhof (1967)):

$$Dr \% = 21 (N/\sigma_v + 0.7)^{0.5}$$

Angolo di resistenza al taglio:

$$\begin{aligned} & \text{(Shioi \& Fukuni- Road Bridge Specificationo (1982))} & \phi = 15 + (15 N_{spt})^{0.5} \\ & \text{(Shioi \& Fukuni- Japanese National Railway (1982))} & \phi = 20 + 0.3 N_{spt} \\ & \text{(De Mello)} & \phi = 19 - 0.38 \sigma'_{vo} + 8.73 \text{ Log } N_{spt} \end{aligned}$$

Coesione non drenata  $C_u$ :

$$\begin{aligned} & \text{(DM - 7 (design Manual for Soil Mechanichs))} & C_u = 0.038 N_{spt} \\ & \text{(Shioi - Fukuni)} & C_u = 0.025 N_{spt} \end{aligned}$$

Modulo Elastico E (terreni granulari): (Burland & Burbidge (1985))–  
Modulo Elastico non drenato Eu (terreni coesivi): (Stroud (1989))–

$$E = (2.2 - 3.4 N_{spt})$$
$$Eu = (6.3 - 10.4 N_{spt})$$

Il quadro di sintesi degli orizzonti geotecnici, in ragione delle indagini eseguite e dei dati ricavati dalle prove di laboratorio geotecniche 2017 (paragr. 3.2), già trasformato ed elaborato in ragione della distribuzione “t” di Student, fornisce i seguenti valori caratteristici:

#### Orizzonte A:

- Angolo di attrito  $\phi_{A_k}$  : 22°
  - Peso di volume:  $\gamma_{A_k}$  : 18.5 KN/m<sup>3</sup>
  - Densità relativa  $Dr_{A_k}$  : 70%
  - Modulo elastico non drenato  $Eu_{A_k}$  : 30 MPa
  - Coesione non drenata  $Cu_{A_k}$  : 0.25 Kg/cmq
- 

#### Orizzonte B:

- Angolo di attrito  $\phi_{B_k}$  : 28°
  - Peso di volume:  $\gamma_{B_k}$  : 19.0 KN/m<sup>3</sup>
  - Densità relativa  $Dr_{B_k}$  : 80%
  - Modulo elastico non drenato  $Eu_{B_k}$  : 150 MPa
  - Coesione non drenata  $Cu_{B_k}$  : 0.5 Kg/cmq
- 

#### Substrato roccioso – Orizzonte S – Argille di Ortovero

Si tratta di un'argilla compatta a bassa plasticità, molto consistente, sovra consolidata, con tessitura uniforme e presenza occasionale di resti conchigliari e/o livelli e plaghe sottili di lenti limo –sabbiose.

Si riportano di seguito, a confronto e taratura del dato di resistenza al taglio non drenata Cu ricavato con la prova di laboratorio sul campione indisturbato S1 CII, dati bibliografici derivanti da indagini di laboratorio e in sito provenienti da studio e cantiere A.T.I Parodi – Intervento di riqualificazione Ponte Parodi – Genova- Progetto Preliminare / Ottobre 2006”, nonché da indagini cantiere Porto Antico Ponte Spinola (Di Apollonio 1991).

#### **Dati bibliografici**

**Classificazione USCS : CL argilla a bassa plasticità.**  
**Peso di volume:  $\gamma_{S_k}$  : 19 - 20 KN/m<sup>3</sup>**  
**Angolo di attrito ( $^\circ$ ) : 28 - 30**  
**Coesione drenata C' (KPa) : 8 - 13**  
**Coesione non drenata  $Cu_{S_k}$  : 2 - 4 Kg/cmq**  
**Grado di sovra consolidazione OCR > 10**  
**Modulo elastico non drenato Eu (MPa) : 100**

#### **Dati sperimentali**

**Coesione non drenata  $Cu_{S_k}$  da prova ELL : 2.85 Kg/cmq**  
**Coesione non drenata  $Cu_{S_k}$  da dati  $N_{spt}$  : 2.66 Kg/cmq (\*)**

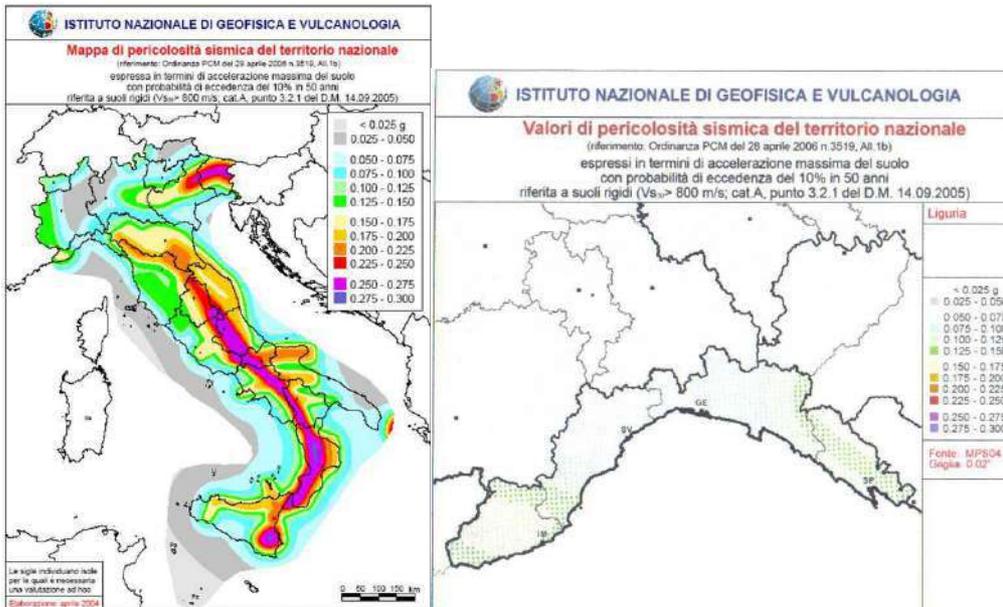
(\*) ricavata utilizzando relazione di Sanglerat per argille a bassa .media plasticità  $Cu = 0.074 N_{spt}$

---

## 5. ANALISI DI PERICOLOSITA' SISMICA

La definizione della pericolosità sismica di base del territorio nazionale trae le sue origini dalla Carta delle Zone Sismogenetiche ZS9, approvata dalla Commissione Grandi Rischi del Dipartimento della Protezione Civile (recepita dalla O.P.C.M. n° 3519 del 28 Aprile 2006) e divenuta, quindi, Mappa di pericolosità sismica di riferimento prevista dal D.M. 2018.

Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla “pericolosità sismica di base” del sito di costruzione e sono funzione delle caratteristiche morfologiche e stratigrafiche che determinano la risposta sismica locale.



A tale riguardo, sulla base delle informazioni e delle analisi eseguite dal Servizio Sismico Nazionale, il quadro sismotettonico del territorio comunale di **GENOVA** è caratterizzato da un grado di rischio sismico, quantificato come indicato nel D.G.R. n. 216/2017 in **classe sismica 3**. Nello specifico si prevedono accelerazioni di ancoraggio dello spettro di risposta elastico comprese in una fascia di accelerazione stimata con una probabilità di superamento del 10% in 50 anni, compresa tra 0.075 – 0.15 g.

Senza entrare nel dettaglio, lo spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali è definito da quattro espressioni (periodi  $T$ ,  $T_b$ ,  $T_c$ ,  $T_d$ ), ciascuna delle quali è funzione di alcuni parametri tra cui:

- $a_g$  : l'accelerazione di base (che dipende dalla collocazione del sito rispetto alla griglia di accelerazioni INGV);
- $\eta$  : il fattore di alterazione dello spettro elastico per coefficienti di smorzamento convenzionali diversi dal 5%;
- $F_0$  : il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima (che dipende dalla collocazione del sito all'interno della griglia di accelerazioni);
- $T_c$  :  $C_c \times T_c^*$  il periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro (in cui  $C_c$  dipende dalle condizioni sismostratigrafiche del sito - vedi in seguito le categorie di sottosuolo - e  $T_c^*$  dipende dalla collocazione del sito);
- $S$  : il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche mediante la relazione  $S = S_s \times S_t$

**$S_t$**  in cui

$S_s$  = coefficiente di amplificazione stratigrafica (funzione della categoria di sottosuolo)

$S_t$  = coefficiente di amplificazione topografica (che dipende dalla posizione topografica del sito).

L'azione sismica così individuata viene successivamente variata, con le modalità precisate dalle NTC 18, per tener conto delle modifiche prodotte dalle **condizioni stratigrafiche locali** del sottosuolo nel sito di costruzione e dalla morfologia in superficie. Tali modifiche caratterizzano la **risposta sismica locale (RSL)**, ovvero l'azione sismica prodotta in superficie” a seguito delle modifiche in ampiezza, durata e contenuto in frequenza, subite per effetti morfologici o subite trasmettendosi dal substrato rigido attraverso le coperture. I diversi profili sismostratigrafici del sottosuolo, in base alle caratteristiche di spessore e di rigidità elastica (prodotto della densità per la velocità al quadrato delle onde sismiche trasversali), possono amplificare il moto sismico in superficie rispetto a quello indotto alla loro base, in funzione della natura, spessore e soprattutto velocità di propagazione delle onde di taglio  $V_{sh}$  (componente orizzontale delle onde di taglio) all'interno delle coperture. A parità di impedenza sismica del substrato (prodotto della velocità delle onde di taglio  $V_s$  per la densità  $\rho$ ), l'amplificazione cresce quanto minore è l'impedenza sismica dei terreni di copertura.

La risonanza si ha per  $T = T_r = 4H/(n V_s)$  (con  $n = 1, 3, 5$ ;  $H$  = spessore della copertura e  $V_s$  = velocità del primo strato a bassa impedenza). L'assetto superficiale dei terreni ricoprenti il substrato roccioso controlla quindi il fenomeno della risonanza sismica per frequenze critiche, con esaltazione delle frequenze dello spettro all'interno del range di frequenze di interesse ingegneristico (0,5÷10 Hz).

### Categorie di sottosuolo

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio,  $V_{s,eq}$  (in m/s), definita dall'espressione:

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}}$$

con:

- $h_i$  spessore dell' $i$ -esimo strato;
- $V_{s,i}$  velocità delle onde di taglio nell' $i$ -esimo strato;
- $N$  numero di strati;
- $H$  profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da  $V_S$  non inferiore a 800 m/s.

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione. Per depositi con profondità  $H$  del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{s,eq}$  è definita dal parametro  $V_{s,30}$ , ottenuto ponendo  $H=30$  m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità. Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite in Tab. 3.2.II.

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

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

### Condizioni topografiche

La variazione spaziale del coefficiente di amplificazione topografica è definita da un decremento lineare con l'altezza del pendio o rilievo, dalla sommità o cresta fino alla base dove  $S_T$  assume valore unitario.  $S_T$  si utilizza solo se  $H > 30$  m.

Per tener conto delle condizioni topografiche e in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, si utilizzano i valori del coefficiente topografico  $S_T$  in funzione delle categorie topografiche definite nel § 3.2.2 e dell'ubicazione dell'opera o dell'intervento.

Tab. 3.2.III – Categorie topografiche

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

Tab. 3.2.V – Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica  $S_T$

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	$S_T$
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media minore o uguale a $30^\circ$	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di $30^\circ$	1,4

## **5.1 Classificazione sismica del sito**

### **Indagine HVSR:**

Per determinare la categoria sismica di sito è stata eseguita un'indagine geofisica mediante Tromografo ECHO TROMO HVSR 3 della Ambrogeo, con la tecnica HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) applicata alle onde di superficie (Rayleigh e Love) generate da sorgenti ambientali superficiali (microtremori).

La tecnica HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) consiste nel misurare direttamente, sfruttando il rumore di fondo ambientale (microtremori), le frequenze di risonanza degli edifici e/o dei terreni costituenti il sottosuolo, allo scopo di stimare gli effetti di sito e la vulnerabilità sismica dell'opera, ovvero operando classificazione sismica del sito. Nella tecnica HVSR comunemente impiegata nella geologia applicata i microtremori registrati derivano da sorgenti superficiali e sono composti essenzialmente da onde di superficie (Rayleigh e Love). Per rumore ambientale di fondo s'intende l'insieme delle vibrazioni che si propagano nel terreno dovute sia a fenomeni naturali, moto ondoso, perturbazioni atmosferiche, ecc., sia all'azione antropica, traffico veicolare, macchinari, ecc..

Vengono misurate, in certo intervallo di frequenze, solitamente 0.1-100 Hz, le velocità dei microtremori lungo il piano orizzontale e verticale (H e V) e il rapporto fra le due componenti (H/V). I valori di massimo locale (picchi positivi) di H/V ai quali corrispondono minimi locali di V individuano le frequenze di risonanza degli strati di terreno lungo la verticale di misura. Più elevato è il valore del rapporto H/V maggiore è il contrasto di impedenza sismica e quindi la variazione di velocità delle onde S fra livelli stratigrafici contigui.

La tecnica HVSR richiede l'utilizzo di un velocimetro triassiale, cioè di un sismometro a stazione singola in grado di registrare i microtremori lungo le due direzioni orizzontali (X, Y) e lungo quella verticale (Z), in un ampio intervallo di frequenze (0.1-100 Hz) e per una durata sufficientemente lunga (mediamente 10-20 minuti). Il moto indotto nel terreno viene misurato in termini di velocità attraverso tre velocimetri, uno per ogni direzione di misura (X, Y e Z), secondo il passo di campionamento impostato dall'operatore. Le misure registrate vengono poi elaborate e restituite graficamente in forma di spettri H/V (rapporto H/V in funzione della frequenza, dove H è la media delle misure lungo X e Y) e spettri V (componente verticale del moto in funzione della frequenza).

Attraverso la tecnica HVSR è possibile:

- valutare in maniera quantitativa gli effetti di sito (risposta sismica locale e suscettibilità alla liquefazione del terreno);
- ricavare il profilo delle velocità delle onde S con la profondità e calcolare il parametro  $V_{s30}$ ;
- analizzare la vulnerabilità sismica degli edifici, esistenti o in progetto.

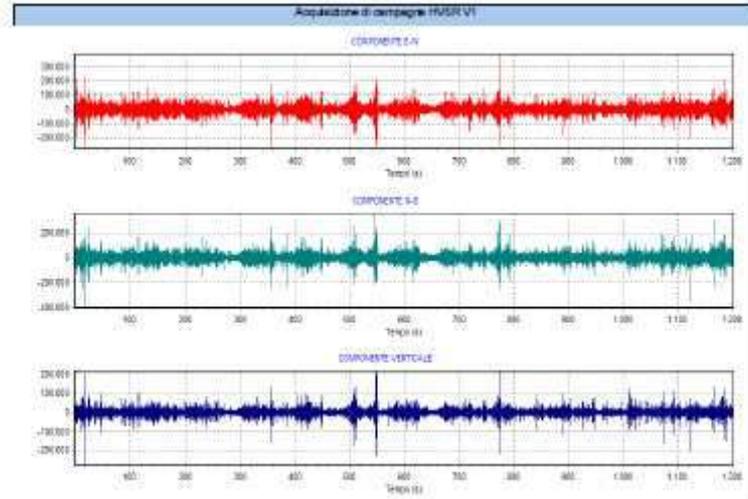
La valutazione del parametro  $V_{s30}$  può essere condotta attraverso l'inversione vincolata dello spettro H/V ricavata con il velocimetro triassiale (Tromografo). In pratica viene utilizzata la relazione che lega la frequenza di risonanza del terreno (f) alla velocità delle onde S nel terreno stesso ( $V_s$ ):

$$f(Hz) = \frac{V_s}{4h}$$

dove  $h$  è la profondità della base dello strato. Nota la profondità di un singolo livello stratigrafico, solitamente il primo, è possibile procedere all'inversione dello spettro H/V, modellando la curva sintetica in modo da ottenere la sovrapposizione con quella misurata. La procedura d'inversione comporta la definizione di un modello stratigrafico iniziale e dal successivo calcolo dello spettro H/V che ne deriva. La curva H/V teorica viene confrontata con quella sperimentale e, attraverso un procedimento per tentativi, si modifica il modello iniziale fino a ottenere una soddisfacente sovrapposizione delle due curve. Per tener conto di un comportamento debolmente dissipativo del terreno, i valori di velocità delle onde P e S inseriti nel modello vengono corretti inserendo un fattore di smorzamento uguale a 0,05 per le onde S e uguale a 0,017 per le onde P. Normalmente i picchi alle alte frequenze (>10 Hz) segnalano la presenza di passaggi stratigrafici molto superficiali, quelli alle basse frequenze (<1 Hz) variazioni stratigrafiche molto profonde.

Lo strumento utilizzato è un Tromografo / velocimetro triassiale con geofoni frequenza 4.5 Hz; la lunghezza di registrazione è stata pari a 1200 sec e la frequenza di campionamento pari a 155 Hz. Il file da elaborare prodotto è, conforme allo standard .SAF (SESAME, 2003), .SESAME. Il programma utilizzato per l'elaborazione dei dati è GEOHVSR ver. 1.2 della Program Geo.

Le singole tracce (acquisizioni sulla componente E-W, N-S e Verticale) sono riportate nell'estratto che segue, unitamente alla documentazione fotografica.



Elaborato il grafico Spettro H/V – Rapporto H/V con la curva H/V teorica, vengono quindi individuati i picchi stratigrafici sui quali vincolare l’elaborazione.

L’individuazione dei picchi stratigrafici avviene attraverso il confronto fra l’andamento dello spettro H/V e lo spettro della componente verticale. I picchi stratigrafici sono quelli per i quali a un massimo locale nella curva H/V corrisponde, alla stessa frequenza, un minimo locale nella curva della componente Z. Nel programma viene visualizzata la tabella riassuntiva delle correlazioni individuate contenente le seguenti colonne:

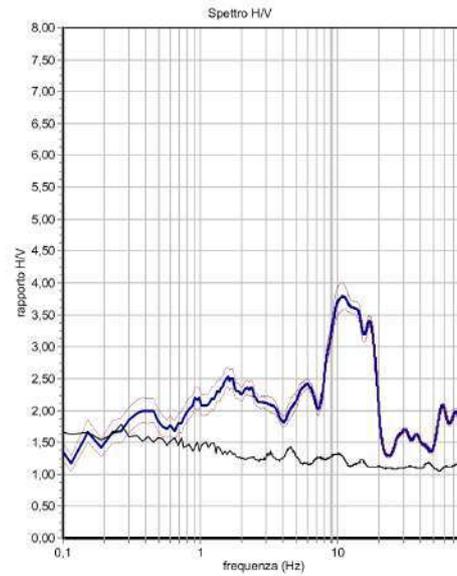
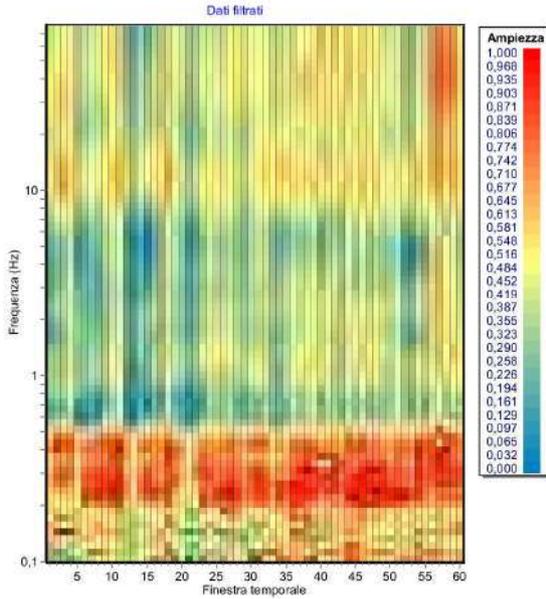
- frequenza del massimo H/V stratigrafico;
- ampiezza del massimo H/V stratigrafico;
- fattore  $K_g$  (vedi Teoria e Normativa);
- altezze degli edifici (H1, H2, H3) che possono andare in doppia risonanza alle frequenze dei picchi H/V individuati
- criteri SESAME per l’attendibilità dei picchi H/V individuati

Tabella parametri picchi stratigrafici da spettro H/V delle onde di Rayleigh e Love V1

Criteri SESAME (2005) per una curva H/V attendibile S1:  $f_p > 10/L_w$  - S2:  $L_w \times N_w \times f_p > 200$  - S3:  $s_a < 2$  per  $0.5f_p < f < 2f_p$

LEGENDA:  $L_w$ =lunghezza della finestra (s) -  $N_w$ =n. finestre -  $f_p$ (Hz)=frequenza del picco stratigrafico -  $s_a$ =deviazione standard

N.	$f_z$ (Hz)	H/V	$K_g$	H1(m)	H2(m)	H3(m)	S1	S2	S3
1	77,5	1,85	0,04	0,16	0,1	0,08	Si	Si	Si
2	71,71	1,97	0,05	0,18	0,11	0,09	Si	Si	Si
3	37,05	1,63	0,07	0,44	0,26	0,22	Si	Si	Si
4	30,69	1,7	0,09	0,57	0,33	0,28	Si	Si	Si
5	5,98	2,42	0,98	5,0	2,91	2,47	Si	Si	Si
6	1,59	2,53	4,04	29,24	17,03	14,42	Si	Si	Si



Dati filtrati con finestra di campionamento  $L_w$  pari a 20 sec.

Spettro H/V

E' quindi eseguita l'inversione della curva H/V con ricostruzione del modello geofisico del sottosuolo, utilizzando i dati stratigrafici noti ed emersi dalle indagini geognostiche e dal rilevamento geologico di superficie.

La generazione del modello iniziale viene ottenuta attraverso i seguenti passaggi:

- fissato il valore di  $V_s$  del primo strato, viene stimata la profondità della base dello stesso con la relazione:

$$H_1(m) = \frac{V_{s1}}{4f_1}$$

dove  $f_1$  è la frequenza del primo picco H/V stratigrafico individuato, partendo dalle frequenze più alte;

- in alternativa, nota la profondità della base del primo strato ( $H_1$ ), viene calcolata la velocità delle onde S attraverso la formula:

$$V_{s1}(m) = 4f_1H_1;$$

- viene valutata la profondità della base del secondo livello stratigrafico con la relazione:

$$H_2(m) = \frac{V_{s1}}{4f_2};$$

dove  $f_2$  è la frequenza del secondo picco H/V;

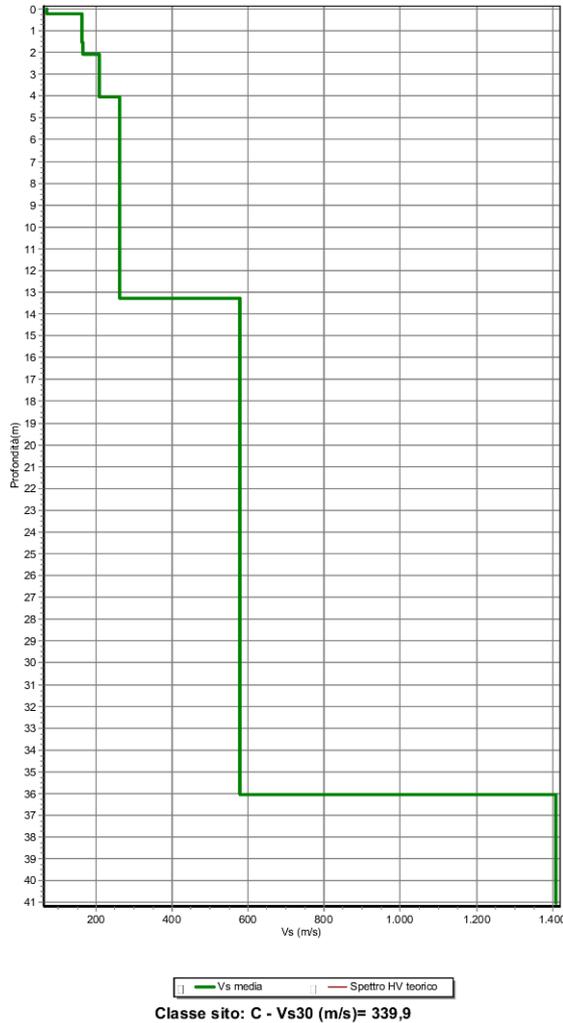
- la  $V_s$  del secondo livello viene stimata variandone a tentativi il valore numerico e calcolando il corrispondente H/V teorico  $(H/V)_T$  che andrà poi confrontato con l'ampiezza del picco H/V misurato  $(H/V)_M$ ; il valore di  $V_s$  per cui si ha  $(H/V)_T \approx (H/V)_M$  verrà utilizzato per caratterizzare il secondo strato;
- si ripete la procedura fino all'ultimo picco H/V stratigrafico individuato.

Il modello stratigrafico (vincolato dalle informazioni stratigrafiche geognostiche dirette in possesso) utilizzato per il *best fit* del modello geofisico consente l'elaborazione del profilo andamento delle  $V_s$  in funzione della profondità, visualizzato graficamente insieme al valore del parametro  $V_{s30}$  e alla categoria del sottosuolo stimata secondo il D.M.2018.

Di seguito si riporta l'estratto tabulato dei parametri geotecnici ricavati per inversione dal modello di best – fit, valido per basse deformazioni.

Tabella parametri geotecnici per basse deformazioni da HVSR V1											
N.	Da (m)	a (m)	dz (m)	Vs(m/s)	Gamma(kN/mc)	Smorzamento	Vp(m/s)	G0(Mpa)	Ed(Mpa)	Kv(Mpa)	Ey(Mpa)
1	0,0	0,23	0,23	70	16,86	0,05	146	8,42	36,5	25,27	22,74
2	0,23	1,52	1,29	163	18,5	0,05	349	50,1	229,03	162,23	136,28
3	1,52	2,07	0,55	165	18,04	0,05	343	50,07	216,95	150,2	135,18
4	2,07	4,01	1,94	207	18,49	0,05	420	80,77	333,17	225,48	216,46
5	4,01	13,28	9,27	262	18,61	0,05	509	130,24	492,0	318,35	343,82
6	13,28	36,03	22,75	577	20,73	0,05	942	703,6	1876,26	938,13	1688,63
7			0,0	1409	23,69	0,05	2301	4794,77	12786,05	6393,03	11507,45

Da tale tabella si evince un "salto" Vs indicativamente a ca. 4 m, in corrispondenza dell'interfaccia orizzonte B e substrato Argille di Ortovero, e a ca. 13 m probabilmente in corrispondenza di una probabile discordanza geologica tra le argille e il basamento dei calcari di M. Antola (?).



Profilo Vs / profondità

Si determina una  $V_{sequiv}$  pari a 339.9 m/s riconducibile ad una categoria sismica di suolo C.

Sulla base dei dati stratigrafici emersi e delle elaborazioni sopra eseguite relative, con riferimento al piano di posa delle fondazioni dirette del manufatto in esame, nonché degli spessori di alterazione riscontrati, può cautelativamente assegnarsi, al sito in esame e ai sensi dell'Ordinanza citata nel metodo previsto dal D.M. 2018:

**Categoria di Sottosuolo:** C (o, in alternativa E)  
**Categoria topografica :** St = 1.0 (T1)

## 6. CONSIDERAZIONI GEOLOGICO PROGETTUALI

I dati geognostici e le stratigrafie geologico progettuali elaborate costituiscono supporto tecnico per il progettista nella fase di progettazione, scelta, calcolo e dimensionamento delle opere e degli interventi più idonei a contrastare gli effetti di assestamento differenziale visionati ed osservati in superficie, ovvero a sostegno della funzionalità, dell'idoneità statica e della durabilità del manufatto in esame. Nello specifico le indagini condotte e i dati geognostici pregressi a disposizione hanno consentito l'elaborazione di n. 2 sezioni geologiche stato attuale (cfr. Tav. 5 – Sez. A-A e prospetto SW /su sez. C-D), dove si evince un modello geologico del sito costituito da:

- Orizzonte R: piazzale /battuto cemento + pietrame e ghiaia di sottofondo – tipo tout venant
- Orizzonte A: terreno rimaneggiato e/o misto a riporti di età storica, in graduale transizione e/o frammista con la sottostante coltre di alterazione (orizzonte B): limo argilloso e argilla limosa, talora sabbioso di colore marrone ocra con raro pietrisco e/o scaglie litoidi. Talora frammenti laterizi.
- Orizzonte B: coltre di alterazione residuale del substrato: argilla compatta, marrone ocra a strigliature grigiastre, con rari elementi litoidi.
- Substrato costituito dalle “Argille di Ortovero”
- Assenza di circolazione idrica sotterranea

In ragione di ciò e delle risultanze emerse con le prove geotecniche di laboratorio, dei dati S.P.T. e di quanto osservato con l'indagine georadar, possono farsi le seguenti considerazioni generali di carattere geologico-tecnico:

- le fondazioni, di tipo diretto, insistono direttamente sull'interfaccia tra l'orizzonte A e B, con l'orizzonte A costituito da un livello limoso-argilloso, poco consistente, inorganico di media-elevata compressibilità, sovraconsolidato (OCR pari a 7), coesivo, , tipo ML (USCS), con rara ghiaia e sabbia e, quindi suscettibile di cedimenti differenziali anche importanti, come attesta il modulo edometrico Eed variabile da 81.5 - 101.9 Kg/cm<sup>2</sup> per tensioni di esercizio comprese tra 200 – 400 KPa. Lo spessore di tale strato varia indicativamente da 1.5 a 2.0 m (talora 1.0 m – prove DPM /2008).
- al di sotto di tale orizzonte, sono presenti argille più compatte, caratterizzate però da discontinuità e lineazioni intraformazionali di tipo stratigrafico, associate a lenti sabbioso-limose, talora a vuoti e/o settori a minor stato di addensamento e/o indice di porosità così come attestato dall'indagine georadar. Tali lenti potrebbero potenzialmente concorrere a determinare eventuali assestamenti differenziali. Significativa è la concentrazione di tali “anomalie” lungo la giunzione tra il vecchio fabbricato e il nuovo corpo anagrafe in ampliamento come evidenziato in Tav. 5 sul prospetto SW, nonché in planimetria Tav. 2; la loro ubicazione è, infatti concentrata prevalentemente lungo tale giunzione e nell'intorno della scala zona archivio. L'interfaccia con il sottostante substrato roccioso (roccia tenera), nel quale sfuma gradualmente, è si colloca a profondità variabili da 3.5 a 4.0 m, con limite a 2.5 m solo in corrispondenza del sondaggio S1/17 (lato monte).
- il substrato è rappresentato dalle “Argille di Ortovero”, ovvero argilla compatta a bassa plasticità, molto consistente, sovraconsolidata, con tessitura uniforme e presenza occasionale di resti conchigliari e/o livelli e plaghe sottili di lenti limo-sabbiose caratterizzata da media-elevata resistenza al taglio non drenata Cu, variabile tra 200 – 400 KPa con valore sperimentale di sito compreso tra (ELL : 2.85 Kg/cm<sup>2</sup>) e (Nspt : 2.66 Kg/cm<sup>2</sup>).

**La ricostruzione stratigrafica elaborata e riportata in sezione (cfr. Tav. 5) mostra un andamento generale degli strati geotecnici sopra discriminati, con lieve approfondimento verso valle dei rifrattori individuati, con andamento pseudo tabulare delle interfacce**

**Il quadro fessurativo generale del manufatto è, quindi, in linea generale, potenzialmente imputabile a:**

- **variazioni locali dello stato di addensamento dei livelli argillosi superficiali con cedimenti differenziali localizzati e discontinui**
- **diverso terreno di fondazione dei vari muri portanti (taluni entro l'orizzonte A, più compressibile, altri a trasferire il carico di esercizio sull'orizzonte B, più compatto). Tale disomogeneità di piano fondazionale, può aver contribuito ad amplificare eventuali assestamenti per contrasto di rigidità laterale**
- **maggiori spessori compressibili sul prospetto di valle, contestuali altresì ad una lieve “schiena d'asino” trasversale come supposto in sez. A-A.**

Cairo Montenotte, Giugno 2019

Dott. Geologo Amedeo Gaiezza

Profondità (m)		Livello falda		Simbologia Stratigrafica		Recupero totale di carotaggio (%)		Recupero R.Q.D. (%)		Rivestimento diam. 127 mm		Campione		Prova S.P.T.		Terre		Rocce		Note											
																Umidità		Consistenza		Elementi lapidei		Discontinuità		Alterazione		Durezza		Scabrezza (J.R.C.)			
0.0	Sabbia limosa, limo argilloso e argilla limosa, talora sabbiosa, marrone oca con raro pietrisco e/o scaglie litoidi																U3	X2	Calcare										Orizzonte A Terreno rimaneggiato e/o misto a riparti		
1.0																															
1.6																															
2.0	Argilla compatta, marrone oca a strigliature grigiastre, con rari elementi litoidi																											Orizzonte B Coltre di alterazione del substrato			
2.5																															
3.0																															
3.8																															
4.0	Argilla talora argillite grigia con rari resti carboniosi e intercalazioni di plaghe limose sabbiose centimetriche																											Orizzonte S Substrato roccioso: "Argille di Ortovero"			
5.0																															
6.0																															
7.0																															
8.0																															
8.1																															
9.0																															
10.0																															
Sonda: BERETTA T45		Diam. foro: 101 mm		Quota b.f.: m. slmm		Perforazione a carotaggio continuo																									
Discontinuità: FR: frattura (giunto) / FG: faglia (fascia milonitica di frizione) STR: stratificazione / SC: scistosità (clivaggio, foliazione) (° inclinazione)				Alterazione: A1: sano, compatto, tenace / A2: leggera A3: media / A4: forte / A5: destrutturata e/o argillificata				Consistenza: x1: elevata / x2: media x3: da bassa a molto bassa								Umidità: U1: molto umido / U2: umido U3: da poco umido ad asciutto															
Campioni: C1: indisturbato / CR: rimaneggiato Cw: campione d'acqua				Durezza: D1: elevata / D2: media D3: bassa, tenera																											

Sondaggio: S3/17

Cassetta n. 1

Profondità: p.c. - 5.0 m

Note:



Sondaggio: S3/17

Cassetta n. 2

Profondità: 5.0 - 8.10 m

Note:



Campioni:

C1: indisturbato / CR: rimaneggiato



Committente: COMUNE di GENOVA

Località: Municipio di Levante- Piazza Ippolito Nievo - Genova



Geologo  
Amedeo Gaiezza

Uff. Via Roma 96  
17014 - Cairo Montenotte (SV)  
cell. 3491287748  
gaiezzaamedeo@libero.it

Tavola:

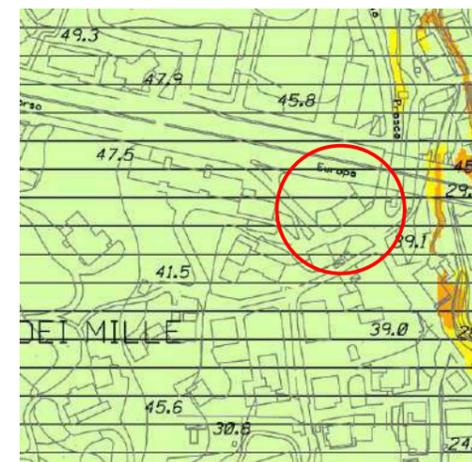
3c



Estratto "Carta Geologica" PUC Genova - Tav. 44

### LEGENDA

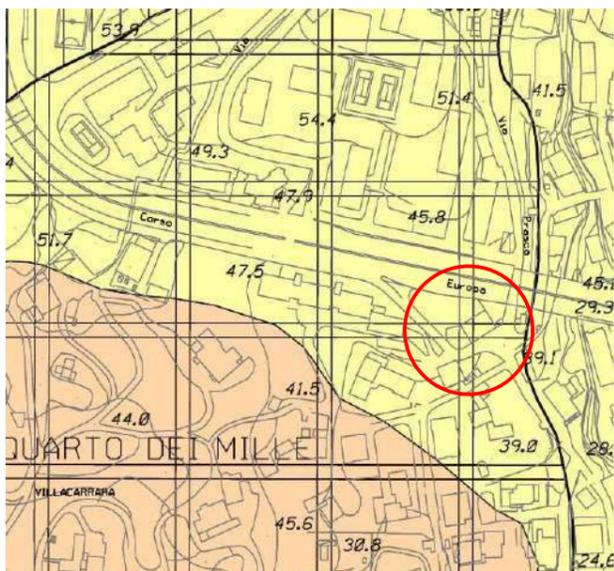
FORME ANTROPICHE	RIP	Riporti artificiali e discariche Depositi vari rimaneggiati
	CD	Coltri eluvio-colluviali di importanza particolare
	DF	Ammassi detritici di falda
	AA	Sedimenti di alveo
QUATERNARIO	AM	Sedimenti alluvionali e marini Depositi ghiaiosi e sabbiosi posti a quota più elevata rispetto agli alvei attuali o all'attuale livello del mare, talvolta terrazzati e/o coperti da coltri eluvio-colluviali di spessore variabile
	SP	Sedimenti di spiaggia
	BPP	Brecce di San Pietro ai Prati Brecce residuali a clasti calcareo-dolomitici a matrice carbonatica
DEPOSITI PLIOCENICI		
PLIOCENE	AOR	Argille di Ortovero Argille marnose, marne, siltiti e arenarie fini, di colore da grigio cinereo a grigio-azzurro a giallastro
SUCCESIONE DEL BACINO TERZIARIO PIEMONTESE		
OLIGOCENE - EOCENE SUP.	MOR	Formazione di Molare Conglomerato eterometrico
	CRA	Brecce della Costa di Cravara Brecce poligeniche
UNITÀ TETTONICA ANTOLA		
PALEOCENE - CRETACEO	CMA	Formazione del M. Antola Torbiditi calcareo-marnose, talvolta siltose, calcareniti, marne e marne calcaree, alternate ad argilliti emipelagiche
	AMO	Argilliti di Montoggio Argilliti emipelagiche di colore nero e verdastro



Estratto carta "Zonizzazione geologica e suscettività d'uso del territorio" PUC Genova - Tav. 44

### LEGENDA

Zona A	Aree con suscettività d'uso non condizionata
Zona B	Aree con suscettività d'uso parzialmente condizionata
Zona C	Aree con suscettività d'uso limitata
Zona D	Aree con suscettività d'uso limitata e/o condizionata all'adozione di cautele specifiche
Zona E	Aree con suscettività d'uso fortemente condizionata
Zona urbanizzata	Zona urbanizzata



Estratto "Carta Geomorfologica" PUC Genova - Tav. 44

### 2) VERSANTI IN MATERIALI SCIOLTI

Coltri eluvio-colluviali e/o miste di spessore da 0,50 a 3 metri
Coltri eluvio-colluviali e/o miste di spessore da 3 a 5 metri
Coltri eluvio-colluviali e/o miste di spessore maggiore di 5 metri
Ammassi detritici
Depositi periglaciali

### 3) VERSANTI IN ROCCIA

Roccia affiorante e/o subaffiorante in buone condizioni di conservazione con disposizione favorevole delle proprie strutture rispetto al pendio
Roccia affiorante e/o subaffiorante in buone condizioni di conservazione con disposizione sfavorevole delle proprie strutture rispetto al pendio
Roccia affiorante e/o subaffiorante, in scadenti condizioni di conservazione, alterata e particolarmente fratturata e/o con ricorrente variabilità giacitura

### 4) FORME ANTROPICHE

Cave in attività o dismesse
Riporti, riempimenti artificiali, discariche
Superfici spianate di origine antropica
Limite di ciglio di cave attive e in abbandono
Scarpata di origine antropica

### 5) FORME E PROCESSI DOVUTI ALL'AZIONE DELLE ACQUE E FORME COSTIERE

Terrazzi marini / falesie
---------------------------

### LEGENDA

#### VINCOLI GEOMORFOLOGICI IMPOSTI DAL PUC

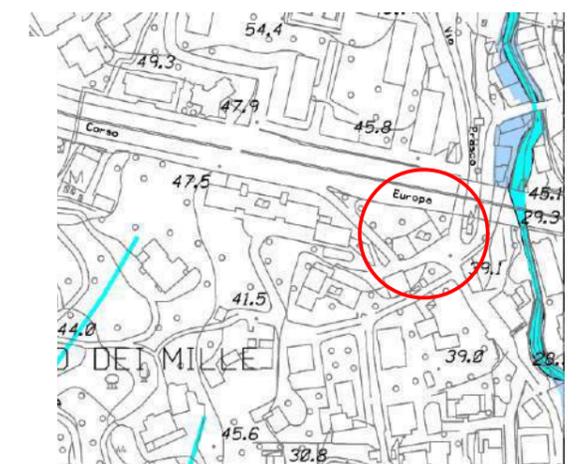
FRANA ATTIVA da Carta Geomorfologica del PUC
FRANA QUIESCENTE da Carta Geomorfologica del PUC

#### VINCOLI GEOMORFOLOGICI IMPOSTI DAI SOVRAORDINATI PIANI DI BACINO

FRANA ATTIVA /Pg4
FRANA QUIESCENTE /Pg3a
TIPO A - Cave attive e discariche in esercizio
TIPO B1 - Cave inattive
TIPO B2 - Discariche dismesse e riporti antropici

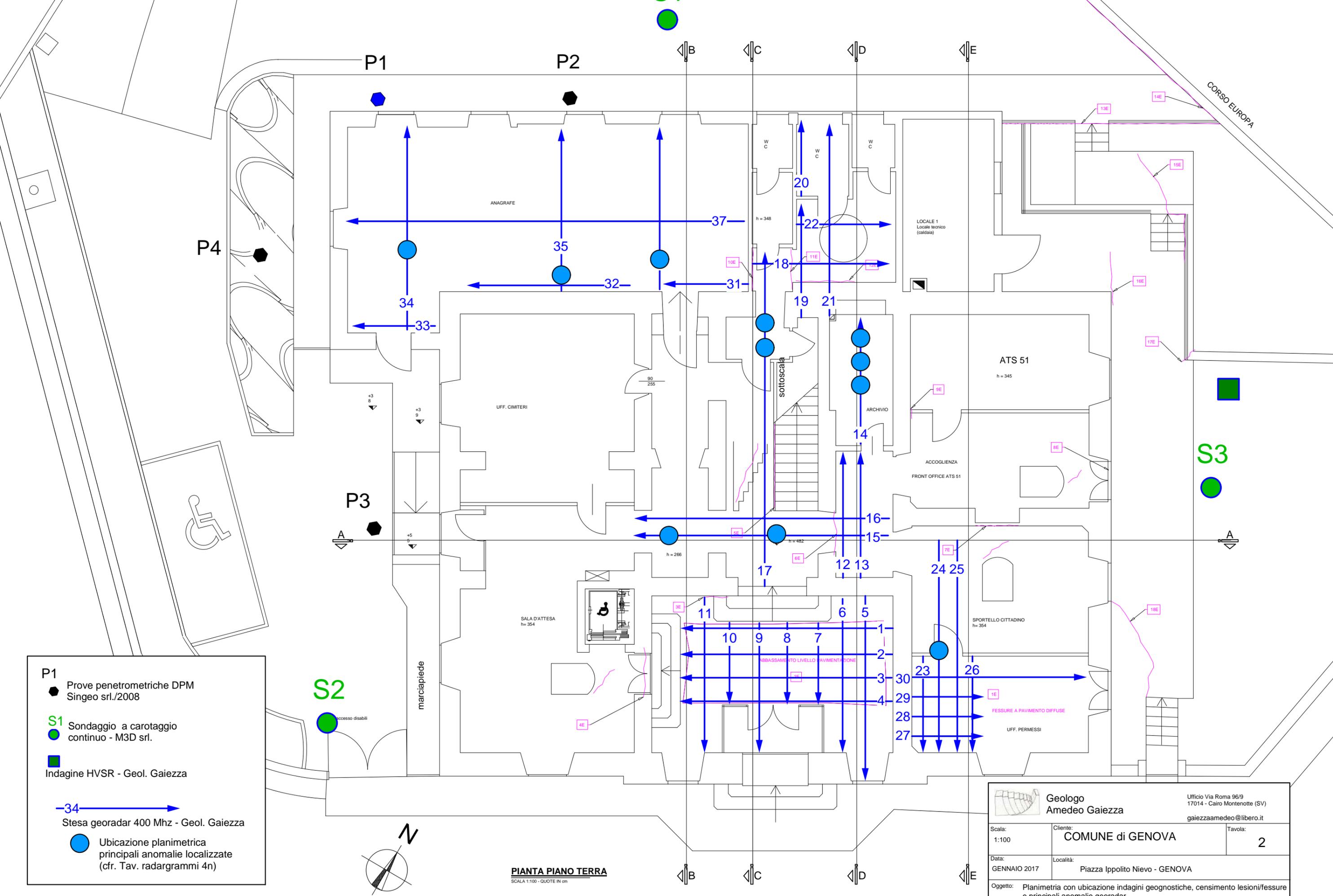
#### VINCOLI IDRAULICI IMPOSTI DAI SOVRAORDINATI PIANI DI BACINO

ALVEO ATTUALE
AREE INONDABILI CON DIVERSI TEMPI DI RITORNO
FASCIA RIASETTO FLUVIALE FASCIA DI RISPETTO DELLO SCOLMATORE per quanto riguarda lo scolmatore del T. Bisagno (rif. P.d.B del T. Bisagno art. 17 bis)
RETICOLO IDROGRAFICO



Estratto carta "Vincoli geomorfologici e idraulici" PUC Genova - Tav. 44

Geologo <b>Amedeo Gatezza</b> Ufficio Via Roma 96/9 17014 - Cairo Montenotte (SV) gatezzaamedeo@libero.it	Cliente: <b>COMUNE di GENOVA</b>	Tarolo: <b>1</b>
	Scala: 1:5000	Località: Piazza Ippolito Nievo - GENOVA
Data: GENNAIO 2017		



**P1**  
 ● Prove penetrometriche DPM Singeo srl./2008

**S1**  
 ● Sondaggio a carotaggio continuo - M3D srl.

■ Indagine HVSR - Geol. Gaiezza

→ -34 →  
 Stesa georadar 400 Mhz - Geol. Gaiezza

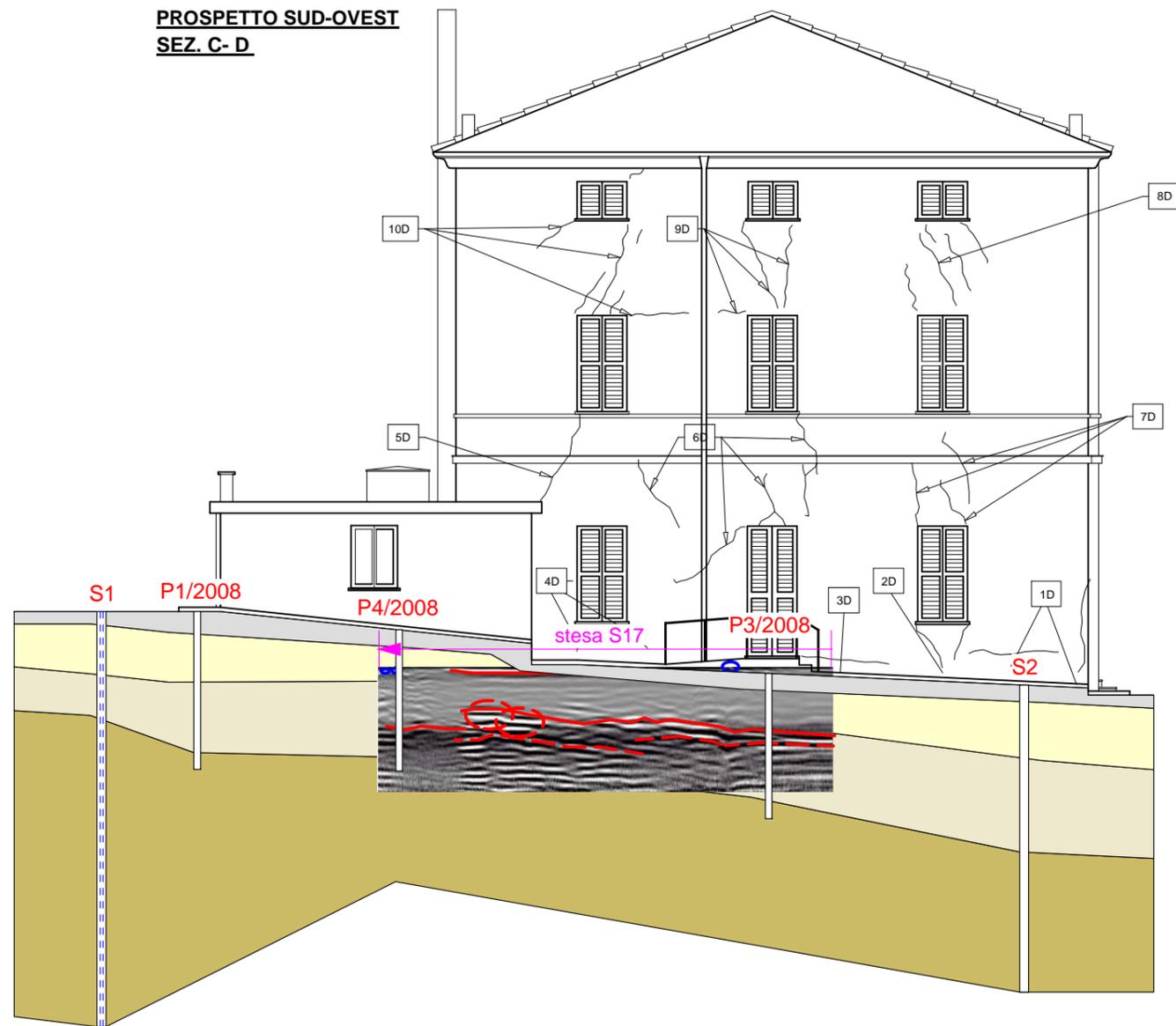
● Ubicazione planimetrica principali anomalie localizzate (cfr. Tav. radargrammi 4n)

 <b>Geologo Amedeo Gaiezza</b>		Ufficio Via Roma 96/9 17014 - Cairo Montenotte (SV) gaiezzaamedeo@libero.it	
Scala: 1:100	Cliente: <b>COMUNE di GENOVA</b>	Tavola: <b>2</b>	
Data: GENNAIO 2017	Località: Piazza Ippolito Nievo - GENOVA		
Oggetto: Planimetria con ubicazione indagini geognostiche, censimento lesioni/fessure e principali anomalie georadar			

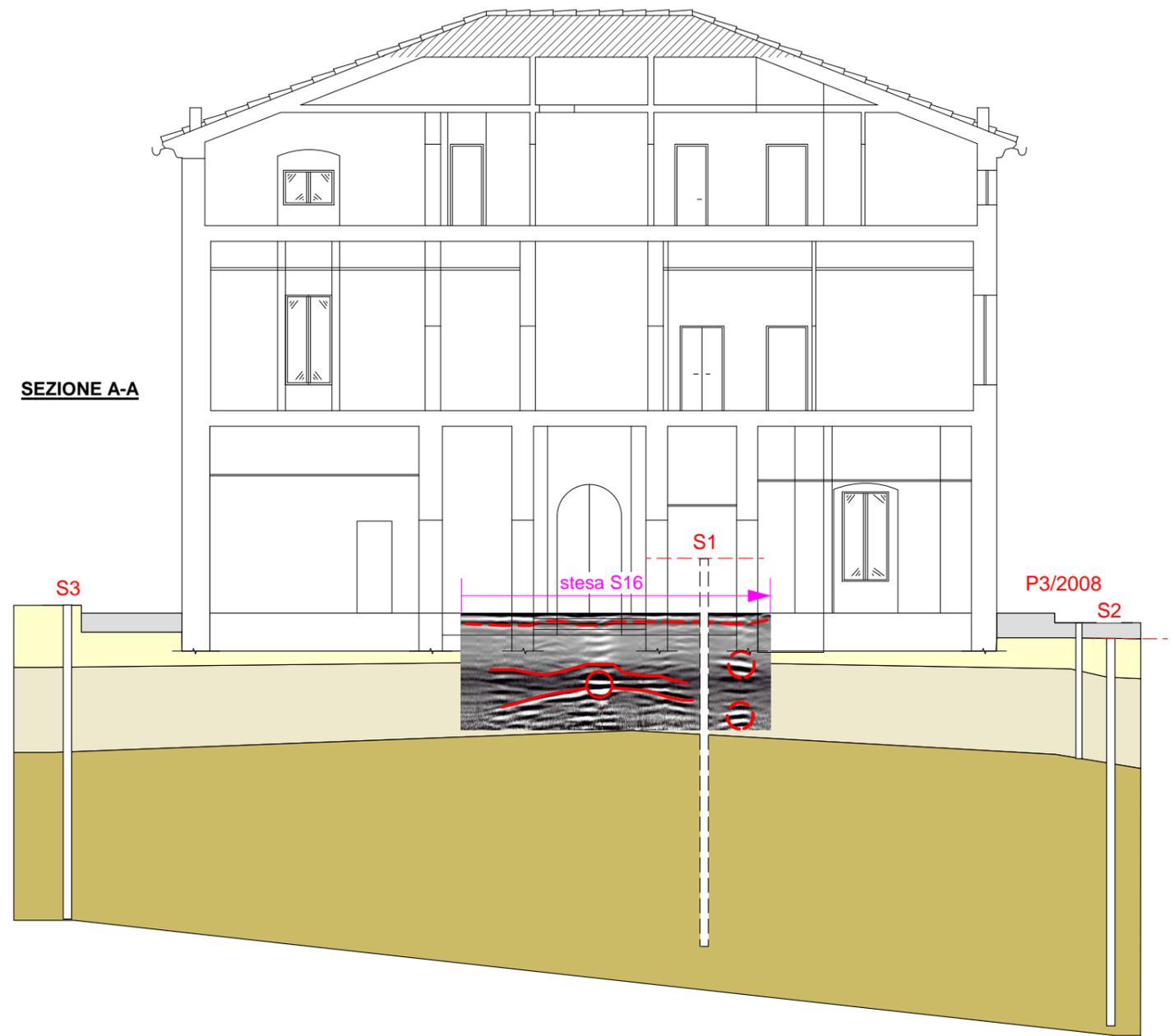
**PIANTA PIANO TERRA**  
 SCALA 1:100 - QUOTE IN cm

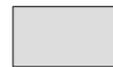
PIAZZA IPPOLITO NIEVO

**PROSPETTO SUD-OVEST  
SEZ. C- D**



**SEZIONE A-A**

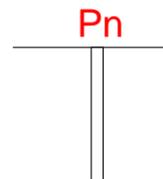


-  ORIZZONTE R
-  ORIZZONTE A
-  ORIZZONTE B
-  SUBSTRATO ROCCIOSO "Argille di Ortovero"

Sondaggi a carotaggio continuo  
M3D srl 2017 - Geol. Gaiezza

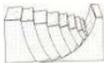


Prova DPM 030  
Singeo srl 2008



Radargramma significativo  
(vedi Tav.le 4n)



		<b>Geologo Amedeo Gaiezza</b>		Ufficio Via Roma 96/9 17014 - Cairo Montenotte (SV) gaiezzaamedeo@libero.it
Scala: 1:150	Cliente: <b>COMUNE di GENOVA</b>	Località: Piazza Ippolito Nievo - GENOVA		Tavola: <b>5</b>
Data: GENNAIO 2017	Oggetto: Sezioni geologiche stato attuale			

**SERVIZI GEOTECNICI LIGURI - LABORATORIO TERRE E ROCCE**

VIA PIAVE 122/a 17047 VADO LIGURE (SV) - Tel. 019-2100241

e-mail: sgllabo@alice.it - www.servizigeotecniciliguri.it

**SERVIZI GEOTECNICI****LIGURI***Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti**con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione**di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001*

Data emissione: 31/01/2017

**PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA**

Certificato n° 163

**Committente: Comune di Genova****Cantiere: Municipio di Levante****Località: Piazzale Ippolito Nievo****Verbale di accettazione n°: 6****Data verbale: 16/01/2017****Note:****Sondaggio: S2****Campione: C11****Profondità: 1.20-1.50 m****Data esecuzione prova: 16-31/01/2017****Specifiche di prova: ASTM D2435-96****Rep: 17/008****Caratteristiche generali**

Sezione provino	<b>19.63</b>	cm <sup>2</sup>
Altezza iniziale provino	<b>20.00</b>	mm
Altezza finale provino	<b>19.19</b>	mm

Massa tara + provino umido iniziale	<b>140.33</b>	g
Massa tara	<b>60.12</b>	g
Massa tara + provino umido finale	<b>140.65</b>	g
Tara N.	<b>A</b>	
Massa tara finale	<b>60.12</b>	g
Massa tara + provino secco	<b>127.99</b>	g

Massa provino umido iniziale	<b>80.21</b>	g
Massa provino umido finale	<b>80.53</b>	g
Massa provino secco	<b>67.87</b>	g

Peso specifico	<b>2.72</b>	Mg/m <sup>3</sup>
----------------	-------------	-------------------

Contenuto d'acqua iniziale	<b>18.18</b>	%
Contenuto d'acqua finale	<b>18.65</b>	%

Densità umida iniziale	<b>20.04</b>	kN/m <sup>3</sup>
Densità umida finale	<b>20.96</b>	kN/m <sup>3</sup>
Densità secca iniziale	<b>16.95</b>	kN/m <sup>3</sup>
Densità secca finale	<b>17.67</b>	kN/m <sup>3</sup>

Indice dei vuoti iniziale	<b>0.573</b>	
Indice dei vuoti finale	<b>0.510</b>	
Saturazione iniziale	<b>86.25</b>	%
Saturazione finale	<b>99.55</b>	%

**Tabella riassuntiva**

Pressione	ε	e	M	Mv	Cv	Metodo	K	Calfa
kPa	%		MPa	cm <sup>2</sup> /N	cm <sup>2</sup> /sec		m/sec	
<b>fase di carico/scarico</b>								
0.00	0.00	0.573						
12.5	0.06	0.572	20.83	0.048				
25	0.12	0.572	20.83	0.048				
50	0.25	0.569	19.23	0.052				
100	0.55	0.565	16.67	0.060	0.00041	Casagrande	2.44E-11	0.00030
200	1.59	0.548	9.62	0.104	0.00037	Casagrande	3.84E-11	0.00086
400	3.95	0.511	8.47	0.118	0.00037	Casagrande	4.33E-11	0.00106
800	6.80	0.466	14.04	0.071				
1600	9.78	0.420	26.85	0.037				
3200	13.08	0.368	48.48	0.021				
800	12.14	0.382						
200	9.76	0.420						
50	6.83	0.466						
12.5	4.01	0.510						

Lo Sperimentatore

Mod. 07D4 Rev. 0 del 2/05/11

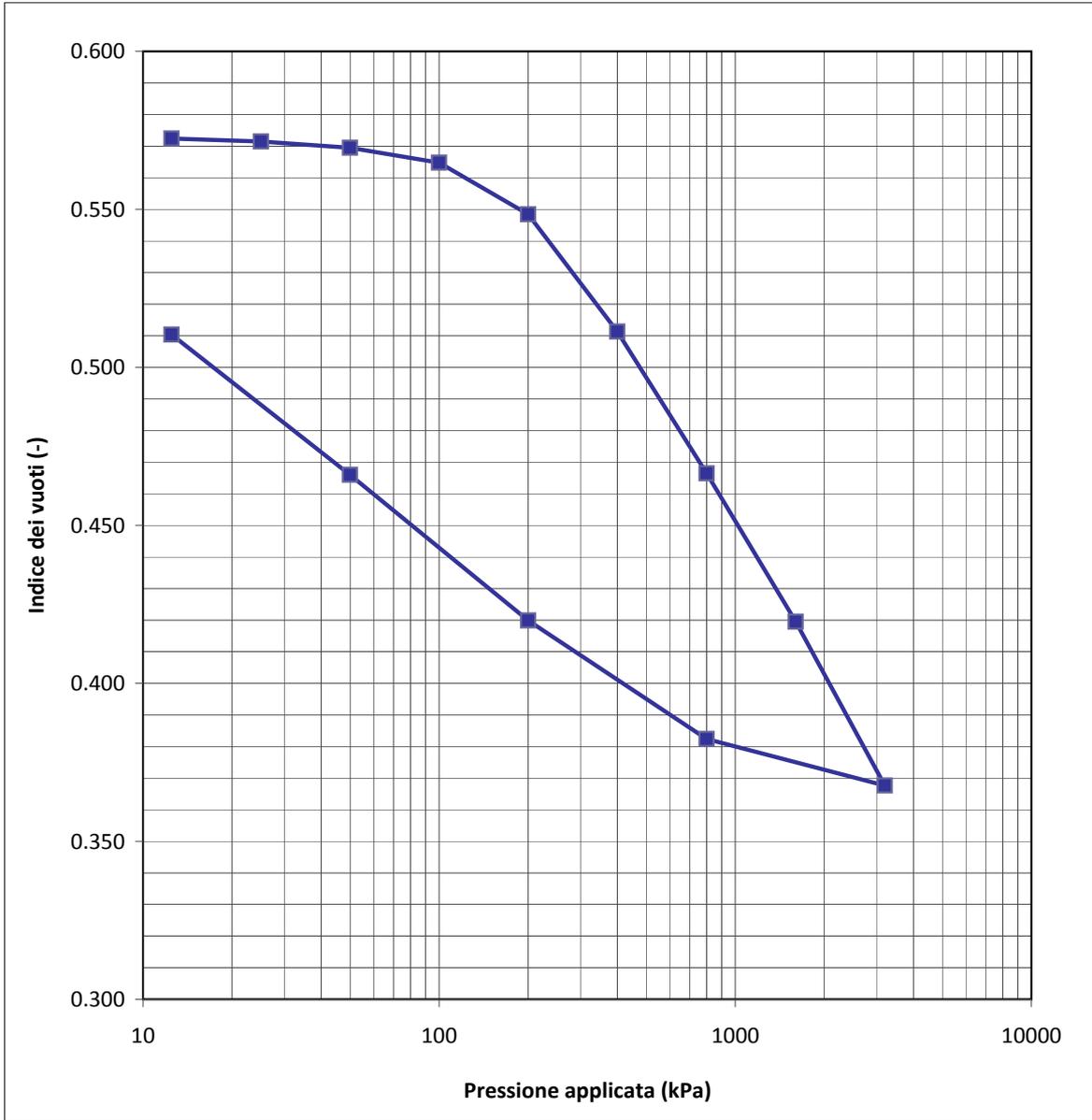
Pagina 1 di 5

Il Direttore di laboratorio

Dr. Dario Filippi

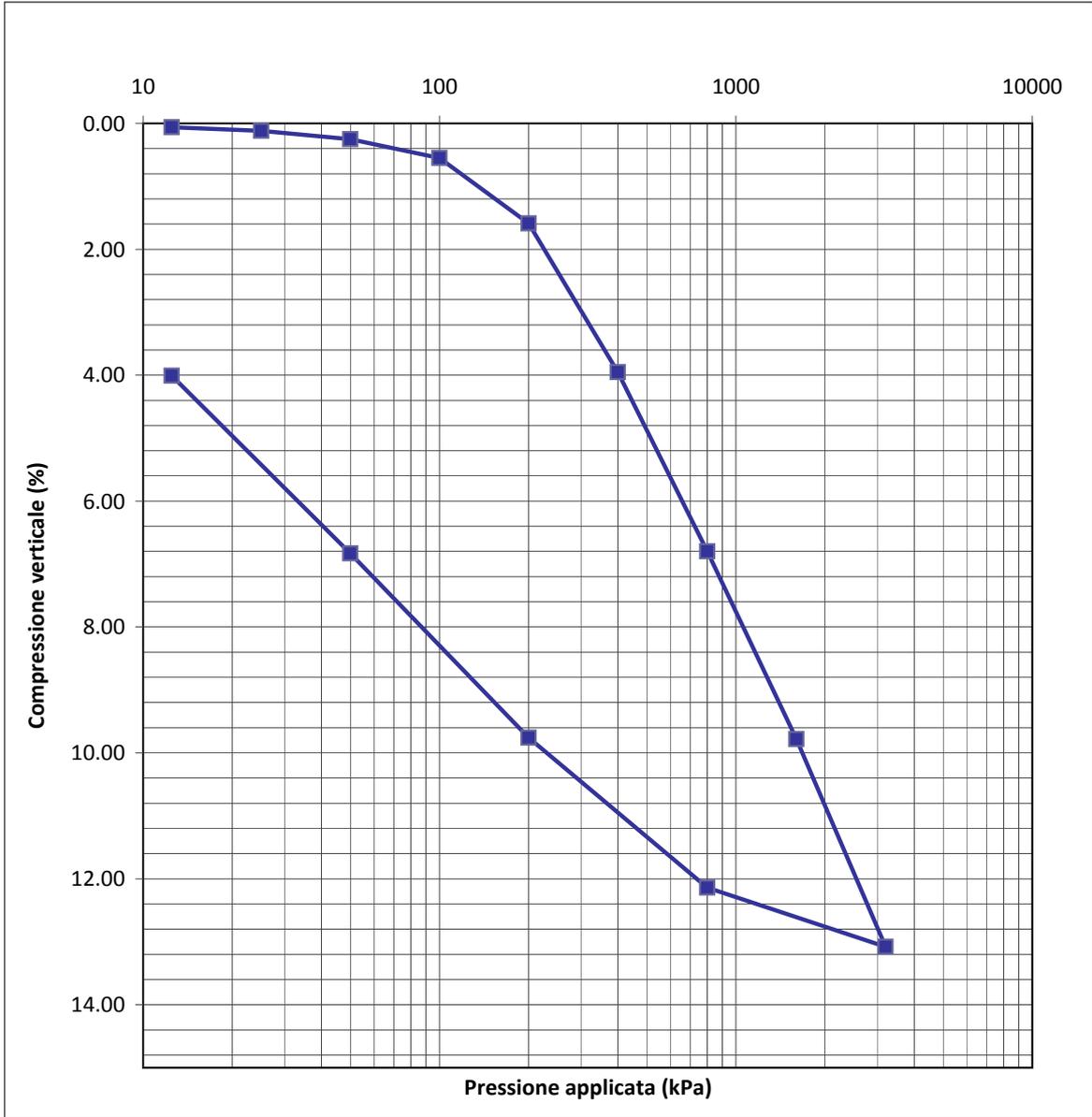
**PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA**

<b>Committente:</b> Comune di Genova	<b>Sondaggio:</b> S2
<b>Cantiere:</b> Municipio di Levante	<b>Campione:</b> C11
<b>Località:</b> Piazzale Ippolito Nievo	<b>Profondità:</b> 1.20-1.50 m
<b>Verbale di accettazione n°:</b> 6	<b>Data esecuzione prova:</b> 16-31/01/2017
<b>Data verbale:</b> 16/01/2017	<b>Specifica di prova:</b> ASTM D2435-96
<b>Note:</b>	<b>Rep:</b> 17/008



**PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA**

<b>Committente:</b> Comune di Genova	<b>Sondaggio:</b> S2
<b>Cantiere:</b> Municipio di Levante	<b>Campione:</b> C11
<b>Località:</b> Piazzale Ippolito Nievo	<b>Profondità:</b> 1.20-1.50 m
<b>Verbale di accettazione n°:</b> 6	<b>Data esecuzione prova:</b> 16-31/01/2017
<b>Data verbale:</b> 16/01/2017	<b>Specifica di prova:</b> ASTM D2435-96
<b>Note:</b>	<b>Rep:</b> 17/008

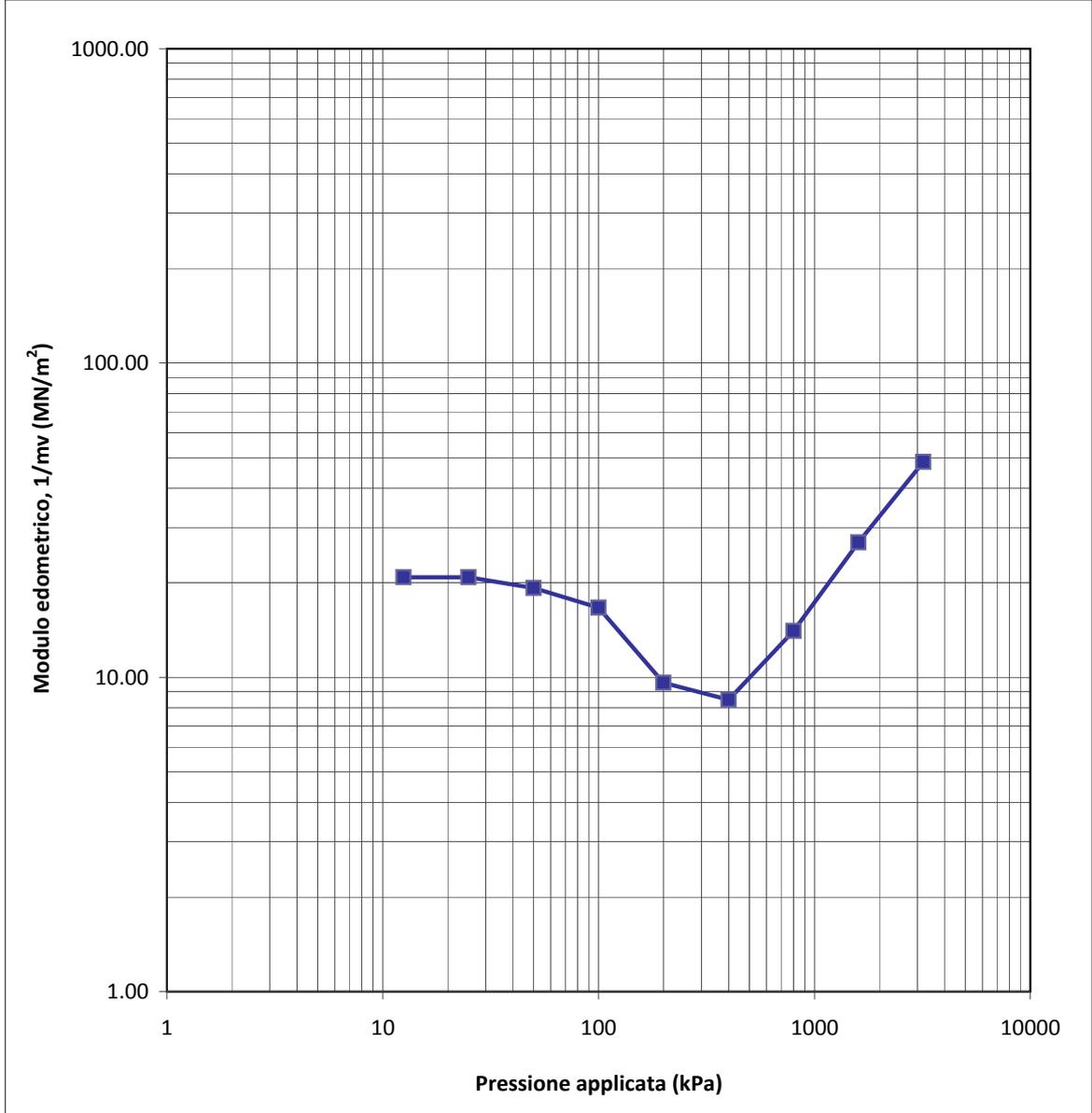


Data emissione: 31/01/2017

Certificato n° 163

**PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA**

<b>Committente:</b> Comune di Genova	<b>Sondaggio:</b> S2
<b>Cantiere:</b> Municipio di Levante	<b>Campione:</b> C11
<b>Località:</b> Piazzale Ippolito Nievo	<b>Profondità:</b> 1.20-1.50 m
<b>Verbale di accettazione n°:</b> 6	<b>Data esecuzione prova:</b> 16-31/01/2017
<b>Data verbale:</b> 16/01/2017	<b>Specifica di prova:</b> ASTM D2435-96
<b>Note:</b>	<b>Rep:</b> 17/008



Data emissione: 31/01/2017

Certificato n° 163

### PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA

Committente: Comune di Genova

Cantiere: Municipio di Levante

Località: Piazzale Ippolito Nievo

Verbale di accettazione n°: 6

Data verbale: 16/01/2017

Note:

Sondaggio: S2

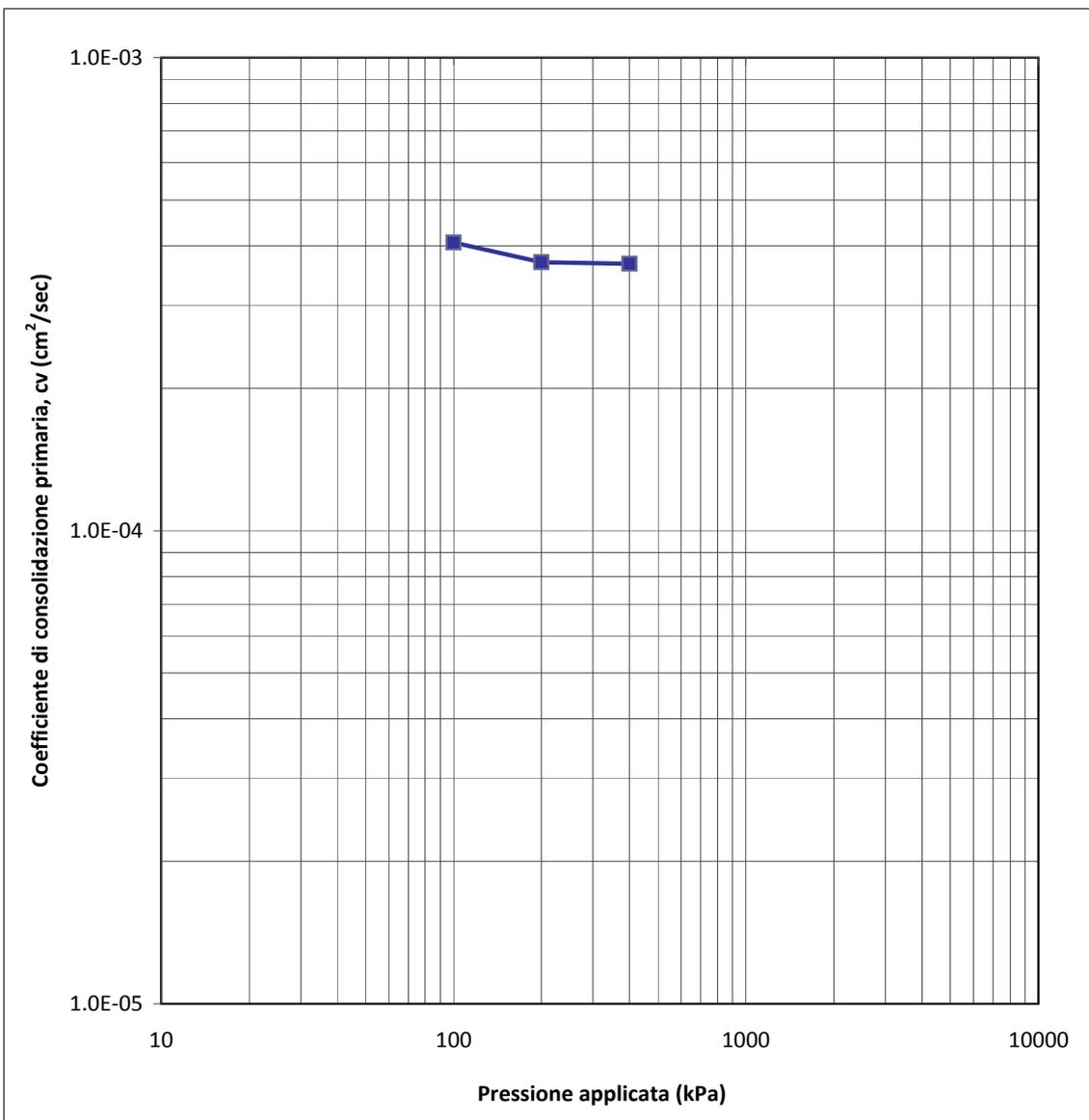
Campione: C11

Profondità: 1.20-1.50 m

Data esecuzione prova: 16-31/01/2017

Specifiche di prova: ASTM D2435-96

Rep: 17/008



**SERVIZI GEOTECNICI LIGURI - LABORATORIO TERRE E ROCCE**  
VIA PIAVE 122/a 17047 VADO LIGURE (SV) - Tel. 019-2100241  
e-mail: sgllabo@alice.it - www.servizigeotecniciliguri.it



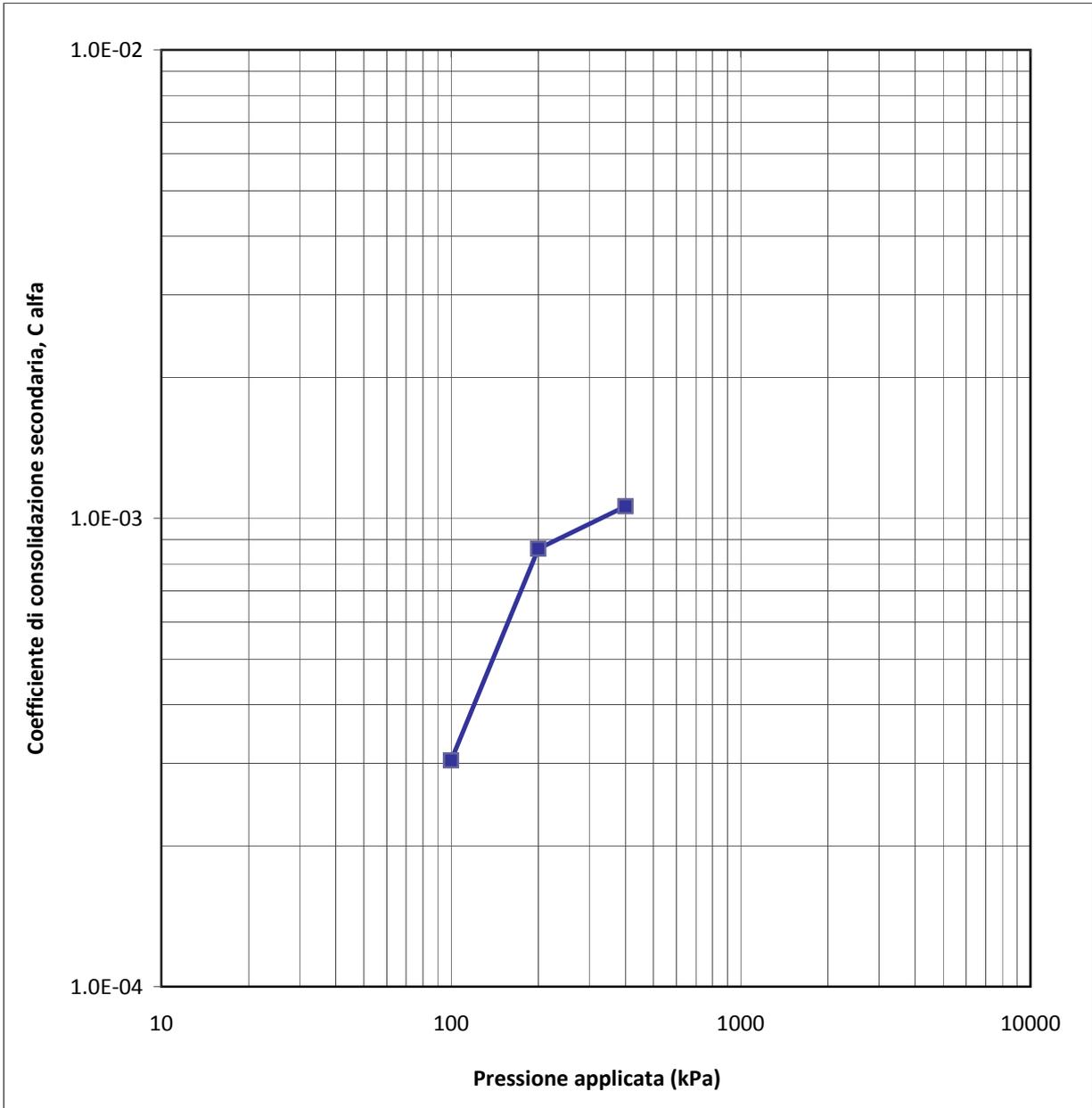
*Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti  
con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione  
di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001*

Data emissione: 31/01/2017

Certificato n° 163

**PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA**

<b>Committente:</b> Comune di Genova	<b>Sondaggio:</b> S2
<b>Cantiere:</b> Municipio di Levante	<b>Campione:</b> C11
<b>Località:</b> Piazzale Ippolito Nievo	<b>Profondità:</b> 1.20-1.50 m
<b>Verbale di accettazione n°:</b> 6	<b>Data esecuzione prova:</b> 16-31/01/2017
<b>Data verbale:</b> 16/01/2017	<b>Specifica di prova:</b> ASTM D2435-96
<b>Note:</b>	<b>Rep:</b> 17/008



**SERVIZI GEOTECNICI LIGURI - LABORATORIO TERRE E ROCCE**

VIA PIAVE 122/a 17047 VADO LIGURE (SV) - Tel. 019-2100241

e-mail: sgllabo@alice.it - www.servizigeotecniciliguri.it

**SERVIZI GEOTECNICI****LIGURI**

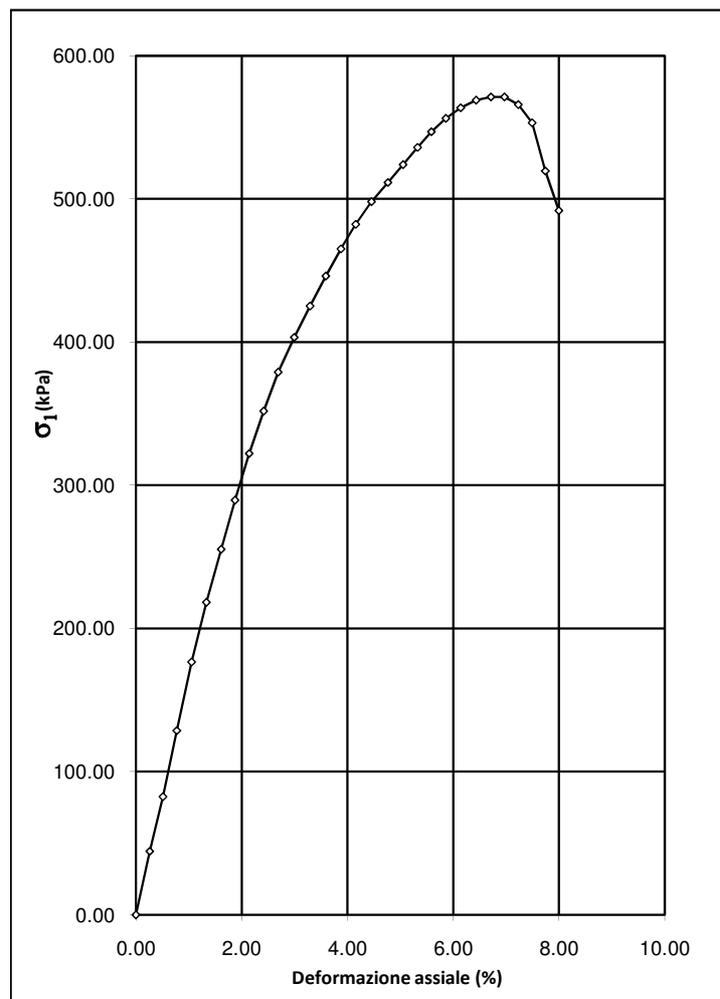
Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti  
 con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione  
 di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

Data emissione: 31/01/2016

Certificato n° 162

**PROVA DI COMPRESSIONE SEMPLICE ELL****Committente: Comune di Genova****Cantiere: Municipio di Levante****Località: Piazzale Ippolito Nievo****Verbale di accettazione n°: 6****Data verbale: 16/01/2017****Note:****Sondaggio: S1****Campione: C11****Profondità: 3.00 - 3.80 m****Data esecuzione prova: 17/01/2017****Specifica di prova: ASTM D2166-06****Rep: 17/008**

Altezza iniziale provino (mm)	183	Carico massimo cella (N)	10000
Diametro iniziale provino (mm)	86.4	Carico di rottura F (N)	3590.0
Sezione iniziale provino (cm <sup>2</sup> )	58.63	Deformazione assiale E (%)	<b>6.710</b>
Deformaz. assiale a rottura (mm)	12.28	Resistenza a compressione s (kPa)	<b>571.23</b>



E	$\sigma_1$	E	$\sigma_1$
%	kPa	%	kPa
0.00	0.00		
0.26	44.52		
0.51	82.50		
0.78	128.74		
1.05	176.53		
1.33	218.25		
1.61	255.24		
1.87	289.52		
2.14	322.18		
2.42	351.81		
2.69	378.94		
2.99	403.33		
3.30	425.15		
3.59	446.06		
3.88	465.00		
4.16	482.15		
4.45	497.97		
4.77	511.49		
5.05	523.83		
5.33	535.92		
5.58	546.90		
5.86	556.18		
6.14	563.61		
6.43	568.83		
6.71	571.23		
6.97	571.12		
7.23	565.80		
7.49	553.03		
7.74	519.51		
7.99	491.79		

E = Deformazione assiale

 $\sigma_1$  = Sforzo assiale

Lo Sperimentatore

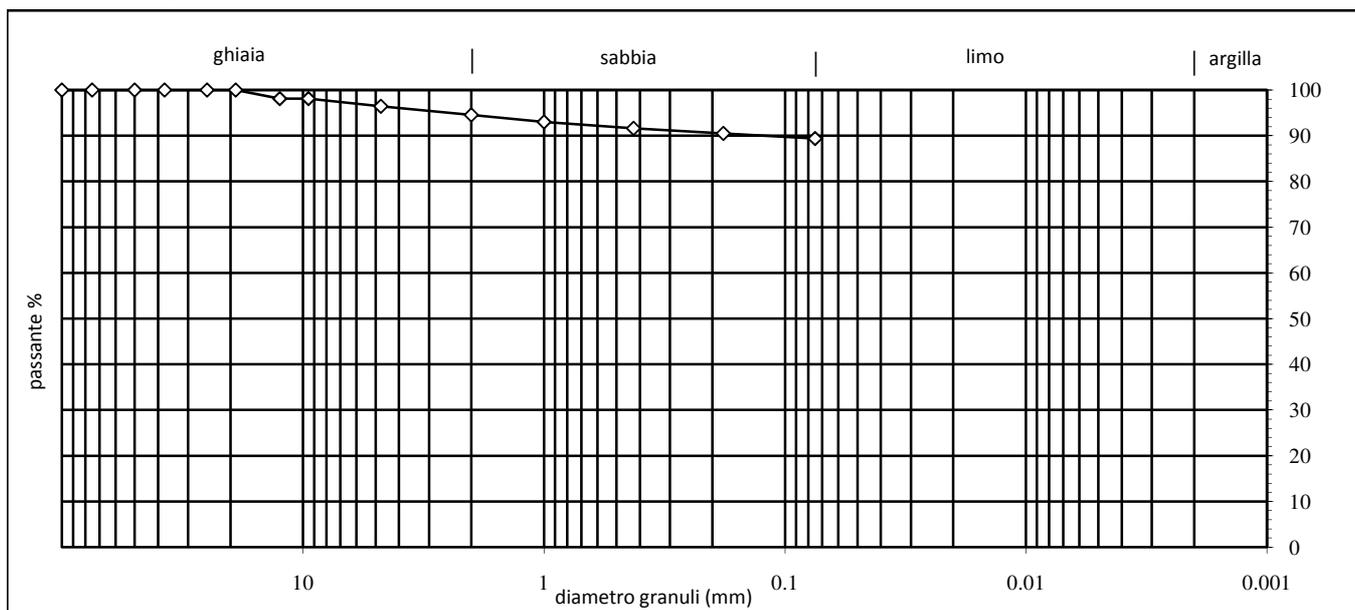
 Il Direttore del Laboratorio  
 Dr. Dario Filippi

**ANALISI GRANULOMETRICA**

<b>Committente:</b> Comune di Genova	<b>Sondaggio:</b> S1
<b>Cantiere:</b> Municipio di Levante	<b>Campione:</b> CR1
<b>Località:</b> Piazzale Ippolito Nievo	<b>Profondità:</b> 1.00 - 1.50 m
<b>Verbale di accettazione n°:</b> 6	<b>Data esecuzione prova:</b> 18-23/01/2017
<b>Data verbale:</b> 16/01/2017	<b>Specifica di prova:</b> ASTM D421-07/D422-07
<b>Note:</b>	<b>Rep:</b> 17/008

Terreno analizzato M (gr) = 485.75				
Setacci ASTM Apertura maglie (mm)	Massa terreno trattenuto (gr)	Parziale dei trattenuti %	Totale dei trattenuti %	Totale dei passanti %
100	0.00	0.00	0.00	100.00
75	0.00	0.00	0.00	100.00
50	0.00	0.00	0.00	100.00
37.5	0.00	0.00	0.00	100.00
25	0.00	0.00	0.00	100.00
19	0.00	0.00	0.00	100.00
12.5	9.08	1.87	1.87	98.13
9.50	0.00	0.00	1.87	98.13
4.75	8.33	1.71	3.58	96.42
2.00	9.03	1.86	5.44	94.56
1.00	7.56	1.56	7.00	93.00
0.425	6.70	1.38	8.38	91.62
0.180	5.59	1.15	9.53	90.47
0.075	5.14	1.06	10.59	89.41
Fondo	434.32			

Classificazione		D (60%) =	% ghiaia	% sabbia	% limo/argilla
<b>USCS</b>	<b>CNR-UNI</b>	D (10%) =	<b>3.58</b>	<b>7.00</b>	<b>89.41</b>
<b>ML</b>		U =			



Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio  
 Dr. Dario Filippi

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti

con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

Data emissione: 31/01/2017

Certificato n° 161

**LIMITI DI CONSISTENZA**

**Committente: Comune di Genova**

**Cantiere: Municipio di Levante**

**Località: Piazzale Ippolito Nievo**

**Verbale di accettazione n°: 6**

**Data verbale: 16/01/2017**

**Note:**

**Sondaggio: S1**

**Campione: CR1**

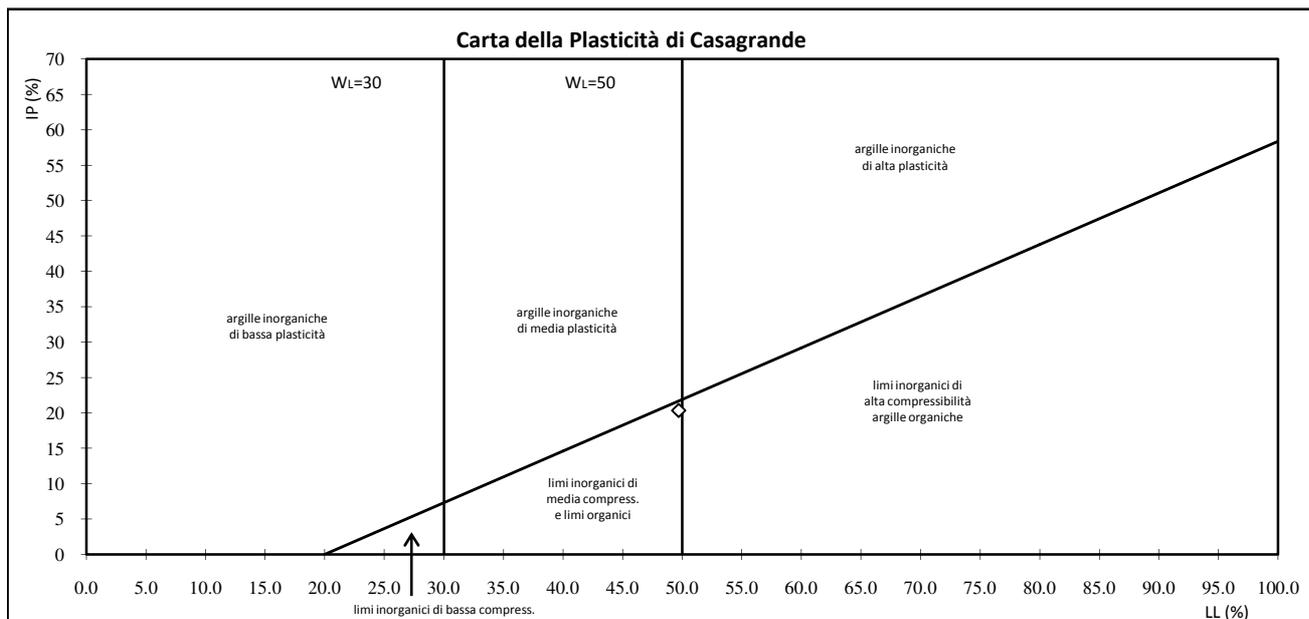
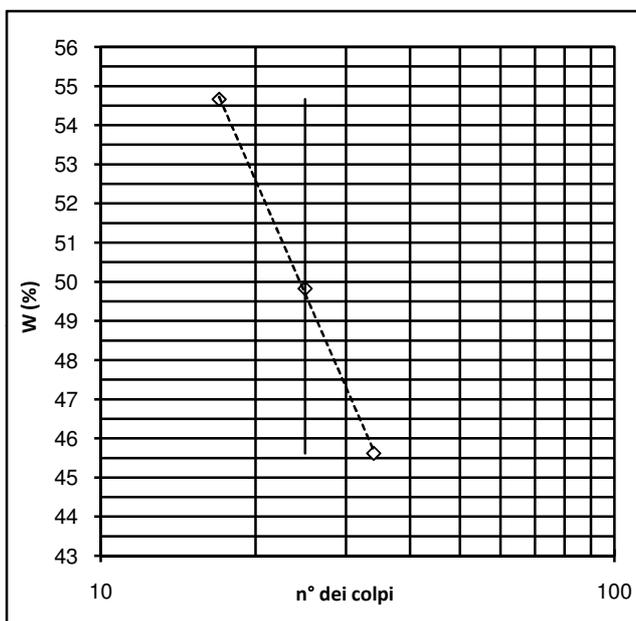
**Profondità: 1.00 - 1.50 m**

**Data esecuzione prova: 18-20/01/2017**

**Specifica di prova: ASTM D4318-10**

**Rep: 17/008**

<b>Limite liquido</b>	<b>LL (%) = 49.7</b>		
Contenitore	1	2	3
Massa umida + t (g)	59.17	57.29	61.14
Massa secca + t (g)	54.60	53.05	56.61
Massa acqua contenuta (g)	4.57	4.24	4.53
Tara t (g)	46.24	44.54	46.68
Massa secca netta (g)	8.36	8.51	9.93
Contenuto d'acqua W (%)	54.67	49.82	45.62
Numero colpi	17	25	34
<b>Limite plastico</b>	<b>LP (%) = 29.3</b>		
Contenitore	A	B	
Massa umida + t (g)	20.46	20.61	
Massa secca + t (g)	17.91	17.99	
Massa acqua contenuta (g)	2.55	2.62	
Tara t (g)	9.17	9.10	
Massa secca (g)	8.74	8.89	
Contenuto d'acqua W (%)	29.18	29.47	
<b>Indice di Plasticità</b>	<b>(LL-LP) = IP 20.4</b>		



Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio  
Dr. Dario Filippi

Profondità (m)		Descrizione		Livello falda		Simbologia Stratigrafica		Recupero totale di carotaggio (%)		Recupero R.Q.D. (%)		Rivestimento diam. 127 mm		Campioni		Prova S.P.T.		Umidità		Consistenza		Elementi lapidei		Discontinuità		Alterazione		Durezza		Scabrezza (J.R.C.)		Note	
0.0		Cemento e sottofondo tout venant						0 50 100		0 50 100																				Orizzonte R			
-0.3		Limo argilloso e argilla limosa, talora sabbiosa, marrone ocra con raro pietrisco e/o scaglie litoidi. Presenza di alcuni frammenti laterizi.												1.00		U3		X2		Calcare										Orizzonte A Terreno rimaneggiato e/o misto a riporti			
-1.0														CR 1																			
-1.5		Argilla compatta, marrone ocra a strigliature grigiastre, con rari elementi litoidi												1.50		U3		X1/X2		Calcare				A3		A4				Orizzonte B Coltre di alterazione del substrato			
-2.0														8																			
-2.5														12-14																			
-3.0		Argilla talora argillite grigia con rari resti carboniosi e intercalazioni di plaghe limose sabbiose centimetriche												1.95																Orizzonte S Substrato roccioso: "Argille di Ortovero"			
-3.5														3.00																			
-4.0														14																			
-4.5														18-17																			
-5.0														3.45																			
-5.5														3.80																			
-6.0																																	
-7.0																																	
-8.0																																	
-9.0																																	
-10.0		Mama Arenacea																															
Sonda: BERETTA T45				Diam. foro: 101 mm				Quota b.f.: m. slmm				Perforazione a carotaggio continuo																					
Discontinuità: FR: frattura (giunto) / FG: faglia (fascia milonitica di frizione) STR: stratificazione / SC: scistosità (clivaggio, foliazione) (/° inclinazione)				Alterazione: A1: sano, compatto, tenace / A2: leggera A3: media / A4: forte / A5: destrutturata e/o argillificata				Consistenza: x1: elevata / x2: media x3: da bassa a molto bassa																									
Campioni: C1: indisturbato / CR: rimaneggiato Cw: campione d'acqua				Durezza: D1: elevata / D2: media D3: bassa, tenera				Umidità: U1: molto umido / U2: umido U3: da poco umido ad asciutto																									

Sondaggio: S1/17

Cassetta n. 1

Profondità: p.c. - 5.0 m

Note:



Sondaggio: S1/17

Cassetta n. 2

Profondità: 5.0 - 10.0 m

Note:



Campioni:

C1: indisturbato / CR: rimaneggiato



Committente: COMUNE di GENOVA

Località: Municipio di Levante- Piazza Ippolito Nievo - Genova



Geologo  
Amedeo Gaiezza

Uff. Via Roma 96  
17014 - Cairo Montenotte (SV)  
cell. 3491287748  
gaiezzaamedeo@libero.it

Tavola:

3a

Profondità (m)		Descrizione		Livello falda		Simbologia Stratigrafica		Recupero totale di carotaggio (%)		Recupero R.Q.D. (%)		Rivestimento diam. 127 mm		Campione		Prova S.P.T.		Terre		Rocce		Note			
0.0		Cemento e sottofondo tout venant																					Orizzonte R		
-0.4		Limo argilloso e argilla limosa, talora sabbiosa, marrone ocra con raro pietrisco e/o scaglie litoidi																	U3	X2	Calcare			Orizzonte A Terreno rimaneggiato e/o misto a riporti	
-1.0																									
-1.8																									
-2.0		Argilla compatta, marrone ocra a strigliature grigiastre, con rari elementi litoidi																						Orizzonte B Coltre di alterazione del substrato	
-3.0																									
-4.0		Argilla talora argillite grigia con rari resti carboniosi e intercalazioni di plaghe limoso sabbiose centimetriche																						Orizzonte S Substrato roccioso: "Argille di Ortovero"	
-5.0																									
-6.0																									
-7.0																									
-7.4																									
-8.0																									
-9.0																									
-10.0																									
Sonda: BERETTA T45		Diam. foro: 101 mm		Quota b.f.: m. slmm		Perforazione a carotaggio continuo																			
Discontinuità: FR: frattura (giunto) / FG: faglia (fascia milonitica di frizione) STR: stratificazione / SC: scistosità (clivaggio, foliazione) (° inclinazione)		Alterazione: A1: sano, compatto, tenace / A2: leggera A3: media / A4: forte / A5: destrutturata e/o argillificata		Consistenza: x1: elevata / x2: media x3: da bassa a molto bassa		Campioni: C1: indisturbato / CR: rimaneggiato Cw: campione d'acqua		Durezza: D1: elevata / D2: media D3: bassa, tenera		Umidità: U1: molto umido / U2: umido U3: da poco umido ad asciutto															

Sondaggio: S2/17

Cassetta n. 1

Profondità: p.c. - 5.0 m

Note:



Sondaggio: S2/17

Cassetta n. 2

Profondità: 5.0 - 7.40 m

Note:



Campioni:

CI: indisturbato / CR: rimaneggiato  

Committente: COMUNE di GENOVA

Località: Municipio di Levante- Piazza Ippolito Nievo - Genova

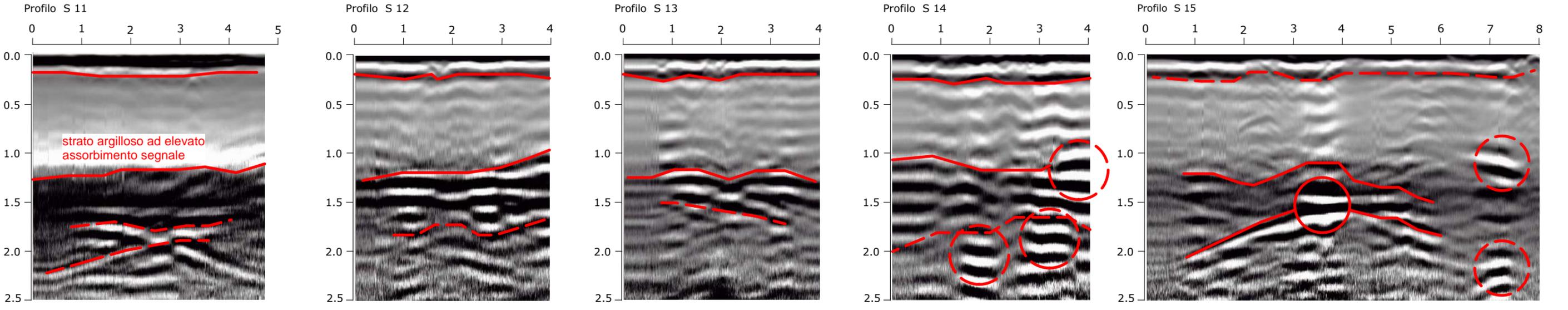
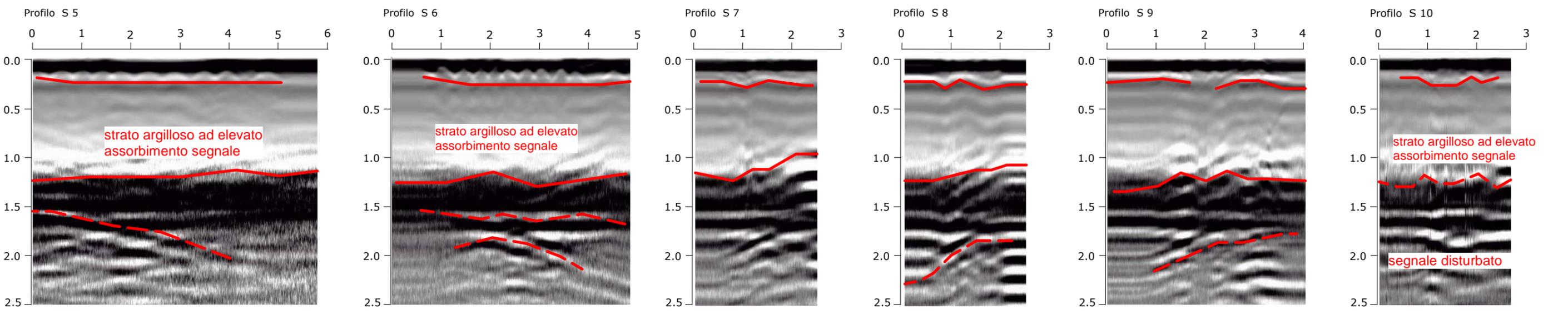
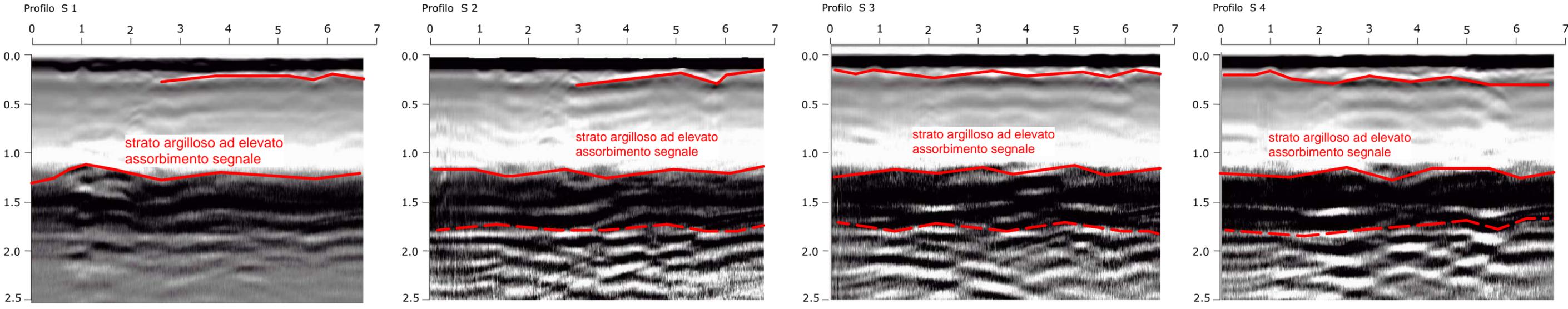


Geologo  
Amedeo Gaiezza

Uff. Via Roma 96  
17014 - Cairo Montenotte (SV)  
cell. 3491287748  
gaiezzaamedeo@libero.it

Tavola:

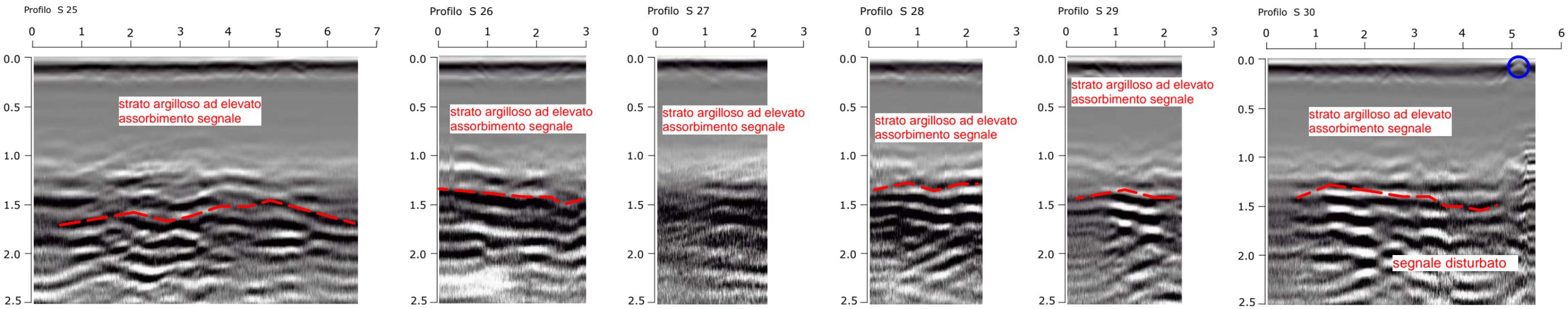
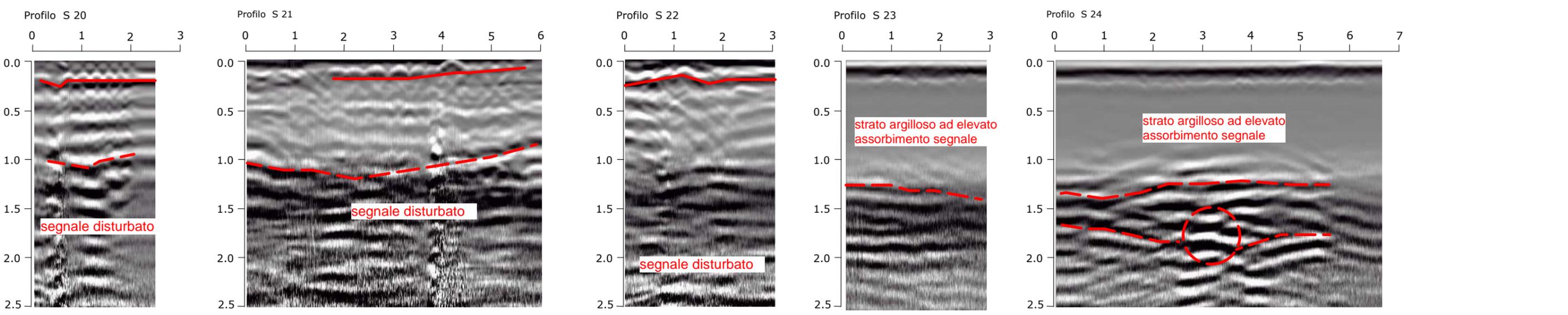
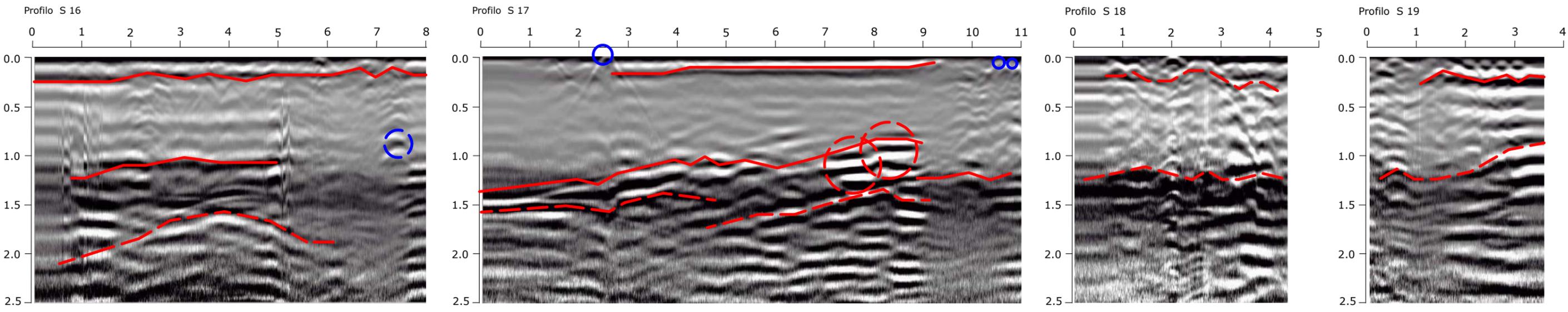
3b



Profili NON in scala

Processore : SYR 3000 - GSSI  
 Antenna: 400 MHz  
 Dielettrico stese : 9  
 Range: 80 ns  
 Fondo scala indagine: 2.5 m  
 Rate-Scan/ m: 70-80 Mod.: survey time

Cliente:	COMUNE di GENOVA Piazza Ippolito Nievo - GENOVA	Oggetto:	Radargrammi - stesa n. 1 - 15
Tavola:	4a	Geologo Amedeo Gaiezza	Ufficio Via Roma 96/9 17014 - Cairo Montenotte (SV) gaiezzaamedeo@libero.it

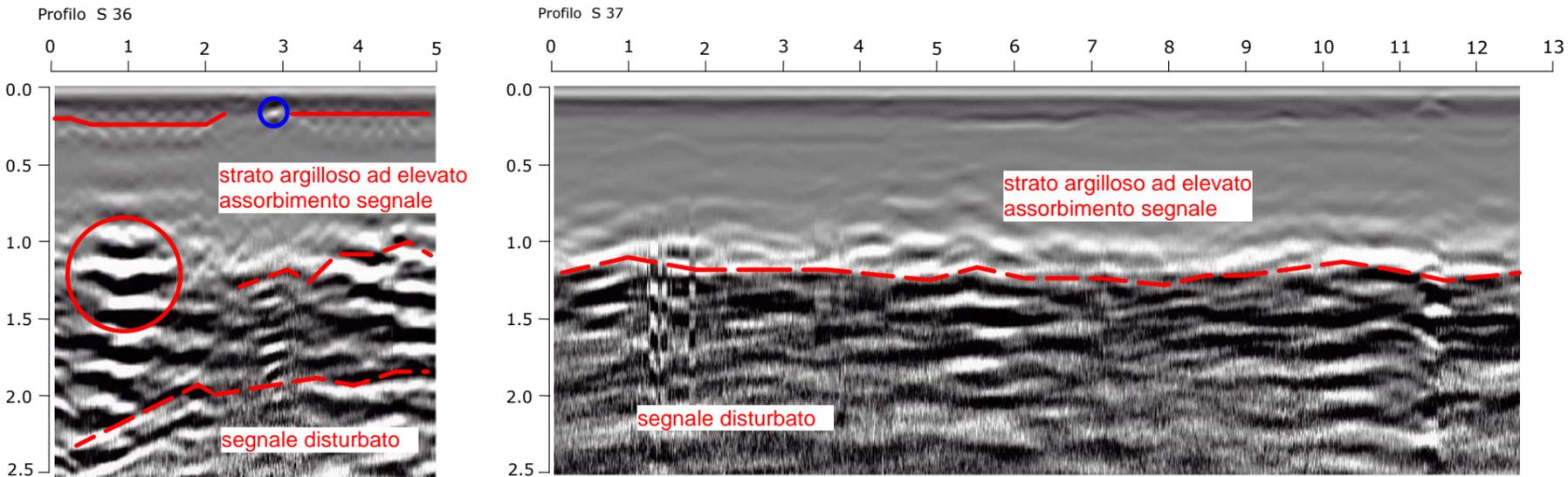
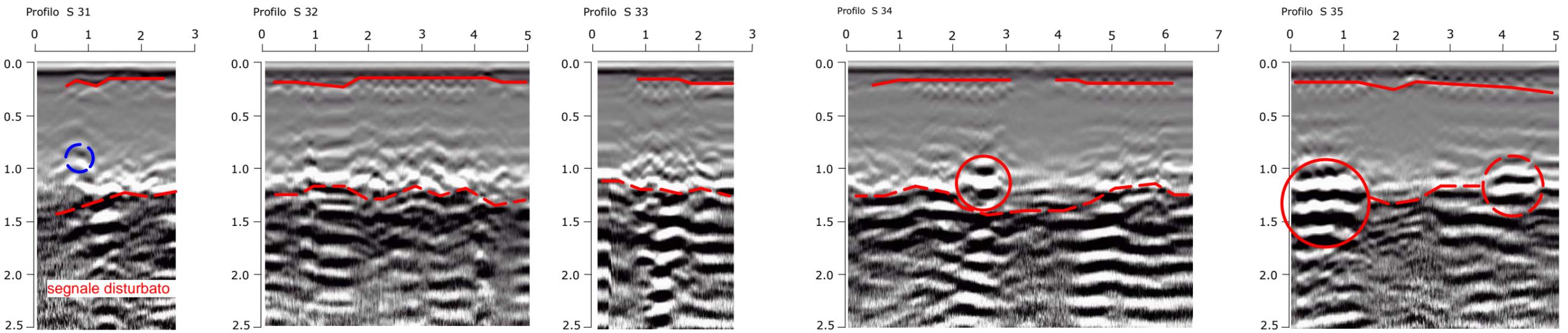


Profili NON in scala

Processore : SYR 3000 - GSSI  
 Antenna: 400 MHz  
 Dielettrico stese : 9  
 Range: 80 ns  
 Fondo scala indagine: 2.5 m  
 Rate-Scan/ m: 70-80 Mod.: survey time

Cliente: <b>COMUNE di GENOVA</b> Piazza Ippolito Nievo - GENOVA	Oggetto: Radargrammi - stesa n. 16 - 30
Tavola: <b>4b</b>	 <b>Geologo Amedeo Gaiezza</b> <small>Ufficio Via Roma 96/9 17014 - Cairo Montenotte (SV) gaiezzaamedeo@libero.it</small>

assorbimento segnale



 Anomalia lineare / discontinuità stratigrafica per interfaccia a differente stato di addensamento e consistenza tra terreno  
 - interfaccia Orizzonte R / Orizzonte A  
 - interfaccia Orizzonte A / Orizzonte B e/o  
 plaghe interstratificate in Orizzonte B più sabbiose e strutturate  
  
 Anomalia localizzata riconducibile a vuoto e/o settore a minor porosità e/o stato addensamento rispetto al terreno al contorno  
  
 Anomalia puntuale per tubazioni e/o sottoservizi metallici  
  
 (anomalie preseunte in tratteggio)

Profili NON in scala



Documentazione fotografica indagine GeoRadar  
Data 3/01/2017

Processore : SYR 3000 - GSSI  
 Antenna: 400 MHz  
 Dielettrico stese : 9  
 Range: 80 ns  
 Fondo scala indagine: 2.5 m  
 Rate-Scan/ m: 70-80 Mod.: survey time

Cliente:	COMUNE di GENOVA Piazza Ippolito Nievo - GENOVA	Oggetto:	Radargrammi - stesa n. 31 - 37
Tavola:	4c	Geologo Amedeo Gaiezza	Ufficio Via Roma 96/9 17014 - Cairo Montenotte (SV) gaiezzaamedeo@libero.it

**Comune di Genova**  
PROVINCIA DI GENOVA

**EDIFICIO SEDE MUNICIPALE SITO IN GENOVA**  
**PIAZZA IPPOLITO NIEVO N.1**

**INTERVENTO DI RECUPERO E CONSOLIDAMENTO FONDAZIONALE**

**PROGETTO ESECUTIVO**

**OGGETTO:** E2.2\_RELAZIONE ILLUSTRATIVA E DI CALCOLO DELLE STRUTTURE

**COMMITTENTE:** Comune di Genova

**PROGETTISTA:** Ing. ZERBINATI Marco

Iscritto all'Ord. Ingg. di Savona n° 1630



**DATA:** 22.10.2019 REV. 02

**CODICE ELABORATO:** E2.2\_REL. ILL. E DI CALCOLO DELLE STRUTTURE\_REV 02.docx

## INDICE

<b>1</b>	<b>INTRODUZIONE .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>DESCRIZIONE DELL'IMMOBILE.....</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>DESCRIZIONE DELLO STATO DI FATTO .....</b>	<b>4</b>
<b>4</b>	<b>DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO .....</b>	<b>9</b>
4.1	CONSOLIDAMENTO MURATURA FONDALE .....	11
4.2	CONSOLIDAMENTO SUBSTRATO TERRENO .....	12
<b>5</b>	<b>DOCUMENTI E NORMATIVE DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>12</b>
<b>6</b>	<b>SCHEMI E METODO DI CALCOLO.....</b>	<b>13</b>
<b>7</b>	<b>CARATTERIZZAZIONE DEI MATERIALI COSTITUENTI L'EDIFICIO .....</b>	<b>14</b>
7.1	CARATTERIZZAZIONE DELLA MATRICE MURARIA.....	14
7.2	CARATTERIZZAZIONE MECCANICA DELLA MURATURA.....	17
7.2.1	<i>Prove con martinetto piatto .....</i>	<i>17</i>
7.3	PROVE PENETROMETRICHE SULLA MALTA .....	19
<b>8</b>	<b>CARICHI AGENTI SULLE STRUTTURE PORTANTI VERTICALI.....</b>	<b>20</b>
8.1	CARICHI PERMANENTI .....	20
8.1.1	<i>Corpo edificio originario.....</i>	<i>20</i>
8.1.2	<i>Corpo aggiunto.....</i>	<i>23</i>
8.2	CARICHI VARIABILI .....	25
<b>9</b>	<b>MATERIALI.....</b>	<b>25</b>
<b>10</b>	<b>DIMENSIONAMENTO CONSOLIDAMENTO MURATURA FONDALE.....</b>	<b>26</b>
<b>11</b>	<b>DIMENSIONAMENTO DELL'INTERVENTO DI CONSOLIDAMENTO DEL TERRENO .....</b>	<b>26</b>
<b>12</b>	<b>TABULATI DI CALCOLO.....</b>	<b>32</b>
<b>13</b>	<b>AFFIDABILITA' DEL CODICE DI CALCOLO E VERIFICA ATTENDIBILITA' RISULTATI OTTENUTI....</b>	<b>70</b>

## 1 INTRODUZIONE

La presente ha lo scopo di calcolare le opere strutturali relative dell'intervento di recupero e consolidamento fondazione dell'edificio sito in Piazza Ippolito Nievo n.1, Genova (GE), di proprietà del Comune di Genova, nonché sede del Municipio IX – Levante.

Relativamente delle procedure di gestione e controllo delle attività edilizie ai fini della prevenzione del rischio sismico, di interventi **classificabili come:**

- **INTERVENTO LOCALE** che riguarda solo singole parti della struttura, senza cambiamento significativo del comportamento globale della costruzione, volto a ripristinare e migliorare le caratteristiche di resistenza delle parti oggetto di consolidamento.

## 2 DESCRIZIONE DELL'IMMOBILE

L'edificio in oggetto, sito in Piazza Ippolito Nievo n.1, Genova (GE), è di proprietà del Comune di Genova, nonché sede del Municipio IX – Levante (figura 1 e figura 2).

Esso è identificato al N.C.E.U. di Genova alla sez. QUA, foglio 6 particelle 295-296.

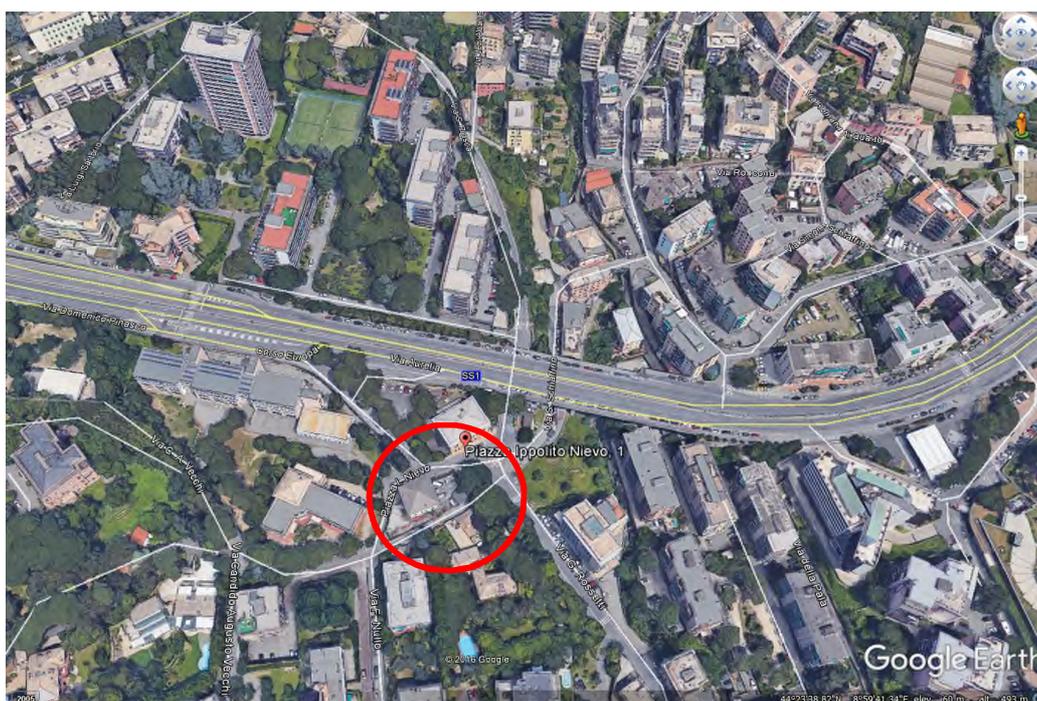


Figura 1. Individuazione dell'immobile



Figura 2. Facciata principale edificio in Piazza Ippolito Nievo n.1

### 3 DESCRIZIONE DELLO STATO DI FATTO

L'edificio è stato oggetto di operazioni di rilievo al fine di verificare e completare gli elaborati grafici forniti dal Comune di Genova, costituiti dalle piante del piano terra, primo e secondo e da uno spaccato di sezione, realizzati per un intervento di manutenzione straordinaria ed abbattimento barriere architettoniche.

Tali operazioni hanno portato alla redazione delle piante dell'edifici, delle sezioni e dei prospetti, realizzate per l'effettuazione del rilievo del quadro fessurativo nonché per avere la migliore conoscenza possibile, in funzione delle indagini eseguite, del sistema costruttivo dell'edificio.

In particolare, si segnala che il rilievo geometrico dell'edificio, necessita di una integrazione puntuale relativa alla copertura con individuazione della struttura e degli abbaini presenti, in quanto lo stato conservativo del controsoffitto, non ha permesso di permanere nel sottotetto per operazioni necessarie.

Lo studio dell'edificio è stato svolto anche attraverso l'esame di alcune fotografie effettuate dal Comune di Genova, durante i lavori di realizzazione del vano ascensore, dalle quali si sono potute trarre importanti informazioni circa il tessuto murario, le opere di fondazione, nonché la tessitura dei solai.

Le fondazioni dell'edificio risultano costituite da muri fondali in pietra con quota imposta inferiore a circa 1,50 m dal piano pavimento del piano terra (area uffici), e la pavimentazione del piano terra risulta eseguita direttamente sul terreno, con interposizione di uno strato esiguo di malta di allettamento (come in figura).



**Fotografia relativa allo scavo eseguito per l'esecuzione della fosse dell'ascensore, da cui si può vedere la tessitura muraria portante in pietra**



**Fotografia particolare relativo allo scavo eseguito per l'esecuzione della fossa dell'ascensore, da cui si può vedere la tessitura muraria portante in pietra**

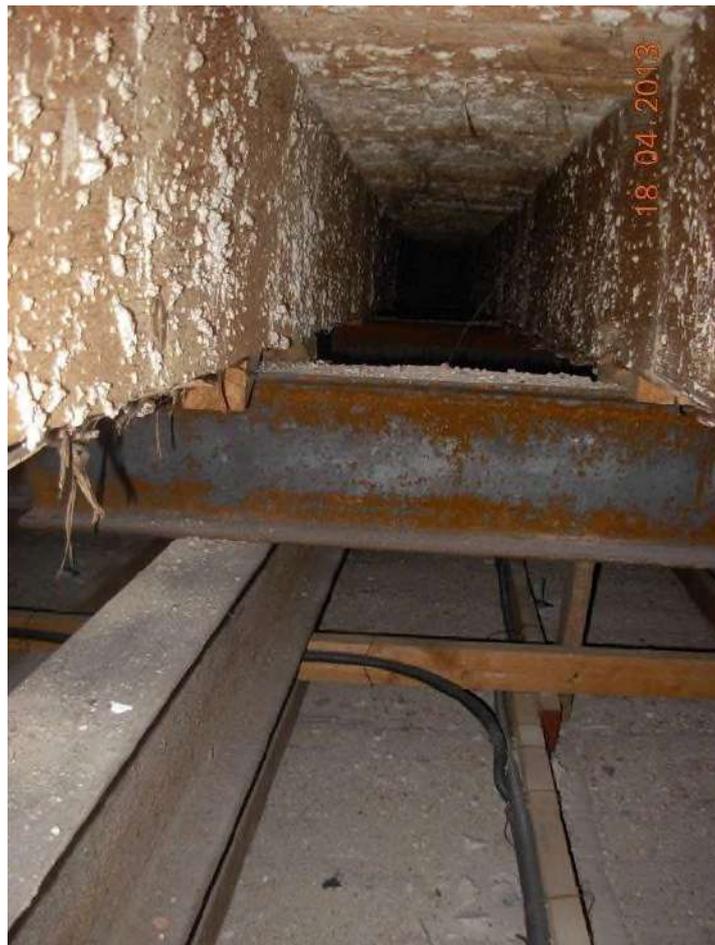
Si può vedere come l'edificio principale originario risulti costituito da un corpo di fabbrica principale con struttura in muratura portante in pietra a spacco con buona tessitura, avente spessore alla base pari a 70-60 cm circa, come in figura, risalente all'impianto originario, articolato su tre piani fuori terra oltre a sottotetto e copertura, realizzati con struttura in legno (vedi figura) e successivamente in parte rinforzati con doppia orditura di putrelle in acciaio (vedi figura) (rinforzo del quale non si conosce l'estensione totale), collegati fra loro da una scala centrale interna a doppia rampa con struttura in cls armato, questa con ogni probabilità di edificazione successiva in sostituzione della scala originaria, e da un ascensore edificato nel 2013.



**Fotografia relativa al foro nel solaio del piano primo realizzato per l'esecuzione della fossa dell'ascensore, da cui si può vedere la tessitura sia dei muri portanti in pietra sia del solaio in legno con i rinforzi in acciaio. Inoltre, si possono vedere le catene di piano, nelle due direzioni, inserite all'interno del solaio stesso.**



Fotografia relativa alla tessitura del solaio in legno e della struttura di controsoffitto esistente.



Fotografia relativa al particolare della tessitura del solaio in legno e della struttura di rinforzo in acciaio.

Le opere eseguite per l'esecuzione del vano ascensore hanno evidenziato la presenza delle catene di collegamento degli opposti parametri murati in entrambe le direzioni, costituite da elementi tondi in acciaio (vedi figura).



**Fotografia relativa al foro nel solaio del piano primo realizzato per l'esecuzione della fossa dell'ascensore, da cui si può vedere la tessitura sia dei muri portanti in pietra sia del solaio in legno. Inoltre, si possono vedere le catene di piano, nelle dure direzioni nonché la putrella in acciaio di rinforzo trasversale ai travetti di legno.**

Inoltre, durante i sopralluoghi eseguiti sono state eseguite varie riprese fotografiche, mirate sia alla ricostruzione geometrica dell'edificio, in particolare dei prospetti e delle sezioni, sia alla ricostruzione del quadro fessurativo e sia all'affinamento della conoscenza del sistema costruttivo.

Per quanto riguarda la struttura relativa al volume monopiano di ampliamento laterale all'edificio originario, essa, dalle informazioni raccolte, è costituita da struttura portante verticale in muratura di spessore circa 40 cm, frutto di un intervento di rinforzo eseguito nel 2015, costituita da n.1 fila di mattoni semipieni da 12 cm cad. e da una fila di mattoni tipo poroton semipieni P800 di spessore 25 cm, cordolo in c.a sommitale alla parete e solaio di copertura costituito da putrelle tipo IPE180 aventi interasse circa 60 cm, tavelloni e getto di completamento, con appoggio sul muro portante e sul muro opposto perimetrale dell'edificio originario, costituito da muratura in pietre a spacco.

Le fondazioni di tale edificio vengono verosimilmente ipotizzate costituite da travi di fondazione in cls armato, con appoggio diretto sul terreno.

Perimetralmente a tale volume è presente una intercapedine al di sotto del marciapiede perimetrale, nella quale venivano originariamente convogliate le acque meteoriche.

Attualmente le acque meteoriche vengono convogliate in un tubo di raccolta e smaltite presso il collettore della fognatura.

## 4 DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

Una analisi visiva dell'edificio ha evidenziato la presenza di un quadro fessurativo importante sulla muratura portante perimetrale ed interna nonché di tamponatura interna, relativa sia al corpo principale sia al corpo secondario, concentrata in particolare sui fronti nord-ovest, sud-ovest e nord-est, nonché nella zona centrale del corpo principale (area vano scala) e dell'area servizi igienici del corpo secondario.

Come meglio evidenziato sulla relazione illustrativa generale, alla luce dello schema fessurativo, è stata effettuata una indagine geologica estesa per l'identificazione della stratigrafia dei luoghi, della caratterizzazione meccanica dei terreni e delle caratteristiche di compressibilità degli strati da arte del Dott. Geol. Amedeo Gaiezza

A seguire, a partire da dicembre 2017, è stato effettuato il monitoraggio di 29 fessure (di cui 25 fessure monitorate fin dalla data di inizio monitoraggio e 4 fessure aggiunte in corso di monitoraggio in seguito ad ulteriori verifiche) e l'installazione di due clinometri posizionati sullo spigolo est dell'edificio. Le letture sono state effettuate con cadenza mensile.

Nell'ottobre 2018 è stata svolta dalla ditta di controlli e diagnostica strutturale C.D.S. s.r.l. una campagna di indagine conoscitiva dei materiali costituenti l'edificio, in particolare:

- N° 3 prove con martinetto piatto in configurazione doppia (n° 1 prova effettuata al piano terra e n° 1 prova effettuata al primo piano. La terza prova al piano secondo non è stata possibile effettuarla in quanto vi è stato un distacco del blocco lapideo della muratura in corrispondenza della zona oggetto d'indagine).
- N° 12 prove endoscopiche (quattro per piano)
- N° 15 prove penetrometriche per malta (cinque per piano)
- N°2 analisi chimiche della malta per la caratterizzazione della stessa.

A seguito delle indagini condotte, di concerto con i risultati delle indagini geologiche svolte dal Dott. Geol. Amedeo Gaiezza riportate e commentate nella relazione geologica da lui redatta, si è potuto individuare la cause delle lesioni presenti sulla muratura portante, diffuse in corrispondenza degli allineamenti della forometria dell'edificio sia sui muri portanti perimetrali sia su quelli interni, con il verificarsi nel tempo di un assetamento differenziali dei maschi murari, conseguente alla tipologia di terreno fondale, caratterizzato, in relazione alla profondità di posa dei muri fondali determinata dalla documentazione fotografica raccolta, e dalle evidenze geologiche a seguito delle indagini eseguite, dall'interfaccia tra due strati, definiti nella relazione geologica quali "orizzonte A" ed "orizzonte B".

Il primo strato individuato dal piano campagna, viene definito "orizzonte A" e descritto, nella relazione geologica, come strato limo- argilloso poco consistente, inorganico di media-elevata compressibilità, con rara ghiaia e sabbia suscettibile di importanti cedimenti differenziali, come testimonia l'estrema variabilità del modulo edometrico al variare dei carichi.

Tale strato risulta caratterizzato in generale da scarse caratteristiche fisiche e meccaniche:

- angolo di attrito = 22°;
- peso di volume 1850 Kg/mc;
- densità relativa = 70%
- modulo elastico non drenato 30 Mpa = 300 Kg/cmq
- coesione non drenata 0.25 Kg/cmq

Il secondo strato individuato, viene definito "orizzonte B" e descritto, all'interno della relazione geologica, come argilla compatta di alterazione, talora interessata da lineazioni stratigrafiche riconducibili a sacche o lenti di materiale più sabbioso a minor stato di addensamento.

Tale strato risulta caratterizzato in generale da buone caratteristiche fisiche e meccaniche:

- angolo di attrito = 28°;
- peso di volume 1900 Kg/mc;
- densità relativa = 80%
- modulo elastico non drenato 150 Mpa = 1500 Kg/cm<sup>2</sup>
- coesione non drenata 0.5 Kg/cm<sup>2</sup>

Considerando la variabilità della potenza dell'orizzonte A" sull'area interessata dall'edificio, da circa 1 m al centro a circa 1,8 m verso i fronti laterali (tipo "schiena d'asino"), nonché le caratteristiche della struttura di fondazione, apprese attraverso l'analisi di documenti fotografici, è possibile ipotizzare che il piano di posa dei muri fondali relativi all'edificio principale originario, sia costituito variabilmente lungo il suo sviluppo da terreno con caratteristiche pari a quelle dell'orizzonte B" nonché da terreno con caratteristiche transitorie tra i due strati.

Alla luce di quanto sopra, la natura del materiale fondale, soggetto ad un processo di addensamento progressivo, variabile in entità in funzione del tipo di orizzonte, nonché la presenza di lenti di materiali più sabbiosi con caratteristiche di minore addensamento, risulta confermare il quadro fessurativo osservato, costituito da una molteplicità di lesioni di lieve o lievissima entità di tipo superficiale, poste nelle zone a minore resistenza quali architravi e parapetti, elementi di collegamento dei rigidi maschi murari, i quali hanno subito dalla loro costruzione, risalente al 1886, sino ad oggi, un assestamento di tipo differenziale.

Le modifiche effettuate all'edificio, in particolare l'edificazione del nuovo volume in ampliamento con struttura dipendente da quella del volume originario, nonché le modifiche del tessuto urbano circostante, in particolare con l'edificazione di Corso Europa, hanno certamente più volte riattivato tali processi di assestamento con il manifestarsi di nuove lesioni sulle strutture.

Inoltre si sottolinea che le informazioni relative al dissesto che era stato evidenziato nel volume in ampliamento all'interno della relazione geologica eseguita su incarico della Provincia di Genova nel 2008, ancorché oggi non apprezzabile in quanto oggetto di un recente intervento di manutenzione straordinaria, paiono ricondurre ugualmente le cause ad un cedimento differenziale delle opere di fondazione dirette, della cui profondità non si hanno informazioni certe.

Tale fenomeno di assestamento differenziale risulta essere sensibile ad ogni nuovo addensamento dei materiali costituenti lo strato fondale, le cui cause possono essere di natura diretta ed antropica quali aggravii di carico sulla struttura o nell'area immediatamente circostante, oppure a cause indirette come l'oscillazione della falda superficiale nell'orizzonte A che con il suo moto di innalzamento e abbassamento favorisce il dilavamento della matrice sabbiosa con conseguente formazione di nuove porosità causa di nuovi assestamenti.

Certamente, future modifiche dell'edificio, che possano in qualche modo variare le pressioni agenti sul terreno di fondazione, sia all'impronta dell'edificio stesso (es. aggravii di carico sui solai, sopraelevazioni, ecc.), sia nell'area circostante (es. scavi per sottoservizi eseguiti in area circostante all'edificio a profondità interessanti lo strato fondale, ecc.), potrebbero riattivare nuovamente fenomeni di assestamento differenziale, con l'apertura di nuove lesioni.

Dalle indagini effettuate, il piezometro installato nel foro di sondaggio, non ha evidenziato la presenza di acqua sotterranea di falda, ma ciò non esclude la presenza del manifestarsi di falda superficiale indotta da eventi meteorici importanti.

La natura dell'orizzonte A, con caratteristiche più permeabili rispetto all'orizzonte B di matrice prettamente argillosa, e dunque impermeabile, risente maggiormente dell'influenza delle acque superficiali, le quali penetrando nello strato e non potendo oltrepassare l'orizzonte B in quanto impermeabile vanno a dilavarne la matrice sabbiosa favorendo la formazione di nuove porosità con la possibilità del verificarsi di nuovi assestamenti.

Le lesioni presenti sui muretti, sulla scaletta, sulle pavimentazioni presenti nell'area pertinenziale esterna, nonché sul muro di contenimento del giardino privato lato Piazza Nievo, caratterizzate da ampie gole e disassamenti dei cigli, denunciavano una serie di assestamenti differenziali dei vari elementi e delle opere fondazionali, per le quali si può ipotizzare un piano di

posa fondazionale sullo strato più superficiale del terreno, caratterizzato, in relazione alla loro profondità, dall' "orizzonte A.

L'elevata compressibilità di tale materiale ha causato nel tempo il cedimento differenziale delle opere su di esso fondate, con l'attivazione di meccanismi roto traslativi, che hanno portato alle lesioni disallineate oggi visibili, agevolate almeno per quanto riguarda i muretti di fascia interni al giardino e la scaletta, dall'assenza di armatura metallica.

Gli assestamenti della pavimentazione interna del piano terra, confermano la natura ad elevata compressibilità dello strato di terreno superficiale definito nella relazione geologica quale "orizzonte A", suscettibile come già detto da importanti cedimenti differenziali, per l'estrema variabilità del modulo edometrico al variare dei carichi, nonché rigonfiamenti.

La ramificazione di tali fessurazioni può essere riattivata da qualsiasi causa di addensamento del materiale costituente lo strato di appoggio, sia di tipo diretto quali aggravii di carico, sia da cause indirette quali risalite di falda superficiale all'interno dello strato o, trattandosi di strato superficiale, da perdite di tubazioni interrato con spargimento di liquido nello strato.

Il monitoraggio svolto da dicembre 2017 ad oggi, ha permesso di approfondire e testare le ipotesi circa le cause del quadro fessurativo.

In particolare si è potuto correlare le fessure che hanno subito maggiori variazioni al cedimento rotazionale dello spigolo est dell'edificio, il quale è a sua volta causa dell'innalzamento dello spigolo ovest del fabbricato al quale è vincolato la copertura del corpo aggiunto con conseguente manifestazione di fessure ad andamento orizzontale a lembi distesi, tipiche di una rottura a trazione.

Il monitoraggio ha comunque evidenziato un cedimento di lieve entità, con evoluzione nel tempo, relativo al monitoraggio, molto lento.

Inoltre la caratterizzazione delle murature ha evidenziato una matrice muraria molto caotica con blocchi lapidei di diverse forme (anche irregolari) e dimensioni e malta di allettamento caratterizzata da valori di resistenza a compressione medio-bassa in alcuni casi coincidente con i valori pressione effettiva presenti nei pannelli murari.

Alla luce di quanto sopra, il presente progetto di recupero e consolidamento fondazionale, effettuato al fine di consolidamento e recupero della muratura fondale, nonché di consolidamento del substrato di fondazione al fine di incrementarne la capacità portante e di diminuirne la permeabilità, concause dei fenomeni fessurativi presenti, meglio nel seguito descritto.

Relativamente alle procedure di gestione e controllo delle attività edilizie ai fini della prevenzione del rischio sismico, di interventi **classificabili come:**

- **Intervento locale che riguarda solo singole parti della struttura, senza cambiamento significativo del comportamento globale della costruzione, volto a ripristinare e migliorare le caratteristiche di resistenza delle parti oggetto di consolidamento.**

#### **4.1 CONSOLIDAMENTO MURATURA FONDALE**

Consolidamento della fondazione in muratura allo scopo di riempire i vuoti presenti eliminando le discontinuità dovute a difetti costruttivi od all'invecchiamento, che possono rappresentare pericolose debolezze strutturali, e quindi distribuire in modo uniforme le tensioni provenienti dai carichi sovrastanti.

Per l'esecuzione delle iniezioni verranno eseguite delle perforazioni verticali o subverticali nella muratura a partire dal piano di calpestio e fino a raggiungere la quota del piano di imposta della fondazione, allo scopo di intercettare il numero massimo di cavità presenti. Tali perforazioni non dovranno avere diametro superiore a 30mm. L'interasse delle stesse potrà variare da 0,20 a 2,00 m. In tali fori verranno posizionati dei condotti di iniezione di lunghezza tale da raggiungere le zone interessate.

Le iniezioni di tipo 'colonnare' verranno eseguite senza soluzione di continuità estraendo il tubo di iniezione a velocità controllata dalla quota del piano di imposta della fondazione fino alla quota del piano di calpestio in modo da garantire un trattamento uniforme di tutto il volume

del parametro murario. La pressione d'espansione controllata dalla resina permetterà di raggiungere anche la cavità meno accessibili ed evita rotture e deformazioni rilevanti delle murature.

La lavorazione si intende comprensiva di ogni onere necessario per l'impianto di cantiere, l'installazione delle attrezzature e dei macchinari di perforazione e di iniezione, i noli la mano d'opera specializzata, la fornitura di resine impiegate nelle quantità richieste dall'intervento e la fornitura di altro materiale necessario per dare il lavoro finito a perfetta regola d'arte.

#### 4.2 CONSOLIDAMENTO SUBSTRATO TERRENO

Consolidamento del terreno di fondazione da eseguirsi sino alla profondità di m. 2-3 dal piano di lavoro allo scopo di incrementare la capacità portante di esercizio dello stesso ad un valore maggiore della tensione indotta dalla struttura soprastante mediante iniezione controllata di resina in pressione.

Le iniezioni verranno eseguite sotto le fondazioni, a diversi livelli di profondità a partire dal piano di posa delle stesse in modo da garantire il miglioramento delle caratteristiche meccaniche di tutto il volume di terreno sopraindicato.

Per l'esecuzione delle iniezioni verranno eseguite delle perforazioni ad inclinazione variabile a partire dal piano di lavoro ed eventualmente attraverso le fondazioni. Tali perforazioni non dovranno avere diametro superiore a 30mm.

Il procedimento dovrà svolgersi in due fasi distinte e consecutive:

- **Consolidamento superficiale.** In questa fase verranno eseguite delle iniezioni in prossimità dell'intradosso del piano di posa delle fondazioni tali da garantire continuità fra struttura e terreno. Scopo di questa fase di lavorazione è il riempimento dei vuoti eventualmente presenti nel terreno e l'incremento di resistenza dello stesso a rottura per sforzi di taglio.
- **Consolidamento in profondità.** Nella seconda fase verranno eseguite delle iniezioni su più livelli di profondità (2-3 livelli). Le iniezioni, in entrambe le fasi, dovranno essere puntuali e verranno regolate attraverso il monitoraggio in continuo del grado di sollevamento della struttura soprastante mediante livello laser. Le iniezioni dovranno proseguire sino alla verifica di un segnale di inizio di sollevamento della struttura soprastante. Tale controllo in corso d'opera è condizione necessaria e sufficiente per la regolare esecuzione della lavorazione. La resina iniettata inizierà ad espandere in un tempo rapido per poter rimanere confinata nel volume di terreno interessato dall'intervento.

Sono comprese le prove geotecniche in sito a verifica della bontà dell'intervento.

### 5 DOCUMENTI E NORMATIVE DI RIFERIMENTO

-D.M. 17.01.2018, Norme tecniche per le costruzioni;

-Circolare 21/02/2019, n.7 "Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 17/01/2018";

-Istruzioni e Linee Guida del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici; -Istruzioni e documenti tecnici del Consiglio Nazionale delle Ricerche (C.N.R.);

## 6 SCHEMI E METODO DI CALCOLO

Con riferimento al cap. 2 del D.M. 17/01/2018, per quanto riguarda la sicurezza a le prestazioni attese dalla struttura, l'opera viene progettata in relazione agli stati limite che si possono verificare durante la sua vita nominale.

La vita nominale di un'opera è definita come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata. Essa è tabellata in funzione del tipo di costruzione alla tab. 2.4.I del D.M. 17/01/2018:

**Tabella 2.4.I – Vita nominale  $V_N$  per diversi tipi di opere**

TIPI DI COSTRUZIONE		Vita Nominale $V_N$ (in anni)
1	Opere provvisorie – Opere provvisionali - Strutture in fase costruttiva <sup>1</sup>	$\leq 10$
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	$\geq 50$
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	$\geq 100$

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso così definite:

- Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.
- Classe II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.
- Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.
- Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

13 / 70

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento  $V_R$  che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale  $V_N$  per il coefficiente d'uso  $C_U$ , definito in tab. 2.4.II del DM 17/01/2018:

**Tab. 2.4.II – Valori del coefficiente d'uso  $C_U$**

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE $C_U$	0,7	1,0	1,5	2,0

**Nel caso specifico trattasi di intervento locale, da realizzarsi in un edificio pubblico, senza funzioni strategiche/sensibili ai sensi della D.G.R. 1384/2003, in particolare con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità.**

**Al riguardo si allega dichiarazione redatta dall'Amministrazione Comunale.**

Ciò premesso, secondo il cap.2 del DM 17/01/2018, ed ai fini della definizione dei livelli di sicurezza e delle prestazioni attese, alla costruzione sono attribuiti i seguenti parametri:

- Vita utile nominale =50 anni per tipo di costruzione 2;
- **Classe di uso III edificio pubblico, senza funzioni strategiche/sensibili;**
- Periodo di riferimento  $V_r=50 \times 1.5= 75$  anni

Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione.

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa  $a_g$  in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale di categoria A, nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente  $S(T)$  e  $\sigma$ , con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza  $P_{vr}$ , come definite nel periodo di riferimento  $V_R$ .

A seguito del modello sismico eseguito nella relazione geologica a firma del Dott. Geol. Amedeo Gaiezza, il sito viene classificato come segue:

- Categoria del sottosuolo C(oE);
- Categoria topografica T1;
- Coefficiente di amplificazione topografica  $S_t = 1.0$ ;
- Zona sismica del comune di Genova (SV) mappato in **zona sismica III**.

## 7 CARATTERIZZAZIONE DEI MATERIALI COSTITUENTI L'EDIFICIO

Nell'ottobre 2018 è stata svolta dalla ditta di controlli e diagnostica strutturale C.D.S. s.r.l. una campagna di indagine conoscitiva dei materiali costituenti l'edificio, in particolare:

- N° 3 prove con martinetto piatto in configurazione e doppia (n° 1 prova effettuata al piano terra e n° 1 prova effettuata al primo piano. La terza prova al piano secondo non è stata possibile effettuarla in quanto vi è stato un distacco del blocco lapideo della muratura in corrispondenza della zona oggetto d'indagine).
- N° 12 prove endoscopiche (quattro per piano)
- N° 15 prove penetrometriche per malta (cinque per piano)
- N°2 analisi chimiche della malta per la caratterizzazione della stessa.

### 7.1 CARATTERIZZAZIONE DELLA MATRICE MURARIA

A seguito della campagna di indagini si è potuto che trattasi di muratura caotica costituita da blocchi di varie dimensioni con orientamenti differenti. Gli elementi utilizzati hanno dimensioni strettamente correlate con il sistema di fratturazione e con potenza degli strati cavati nella roccia in posto, la muratura presenta infatti blocchi di dimensioni pluri decimetriche alternati ad elementi più sottili pluri centimetrici utilizzati come riempimento dei vuoti.

Anche la natura litologica riflette la variabilità propria delle rocce in zona ossia una sequenza di rocce che passa da calcari a calcari marnosi, calcari arenacei e/o arenarie di colore variabile dal grigio al bruno in funzione del tipo litologico, dell'azione di alterazione, della superficie di esposizione. In misura minore sono presenti anche argilliti con dimensioni pluri centimetriche soprattutto utilizzate come riempimento dei vuoti tra elementi di dimensioni maggiori.

Nel suo complesso il pannello murario si presenta composto in percentuale lievemente inferiore da blocchi di dimensioni pluri decimetriche, che assolvono anche la funzione di connettori trasversali, ed in misura maggiore da altri di pezzatura pluri centimetrica, utilizzati

prevalentemente come riempimento dei vuoti tra un blocco e l'altro; il risultato è un'apparecchiatura piuttosto disordinata a corsi irregolari con presenza di zeppe e scaglie con inserimenti di malta di qualità medio – bassa piuttosto dilavata e alterata.



**Figura 3. Tipico della trama muraria costituente i pannelli murari portanti al PT.**



**Figura 4. Tipico della trama muraria costituente i pannelli murari portanti al P1.**



**Figura 5. Tipico della trama muraria costituente i pannelli murari portanti al P2.**

Le endoscopie, eseguite a profondità differenti, hanno evidenziato vuoti e cavità e fessurazioni, andando pertanto a confermare la tipologia muraria sopra descritta.



Endoscopio E 20



Endoscopio E19

**Figura 6. Esempi di risultati dalle endoscopie svolte sui pannelli murari portanti.**



Endoscopio E 12



Endoscopio E25

**Figura 7. Esempi di risultati dalle endoscopie svolte sui pannelli murari portanti.**

Dai campioni di malta prelevati ed analizzati in laboratorio è emerso che la malta risulta essere costituita da legante a base di calce avente medio bassa resistenza e aggregati a base di sabbia di origine alluvionale, probabilmente reperita in loco. Il rapporto legante/aggregato è stimabile attorno a valori di 1/3 (ossia una parte di legante e tre di sabbia).

## **7.2 CARATTERIZZAZIONE MECCANICA DELLA MURATURA**

### **7.2.1 Prove con martinetto piatto**

La prova è stata eseguita procedendo con una rimozione superficiale dell'intonaco presente fino alla messa a nudo della muratura portante. Successivamente sono stati eseguiti due tagli orizzontali nel pannello murario in cui sono stati inseriti i due martinetti piatti. Mediante una pompa idraulica è stato mandato in compressione il concio di muratura e con step di carico successivi si sono definite le curve sforzo -deformazione caratteristiche.

La prima prova, svolta al piano terra in prossimità dello spigolo Est dell'edificio, ha ottenuto una pressione elastica pari a 5,70 bar, oltre tale valore si sono riscontrate deformazioni plastiche indotte dal cedimento della malta di allettamento tra i blocchi.

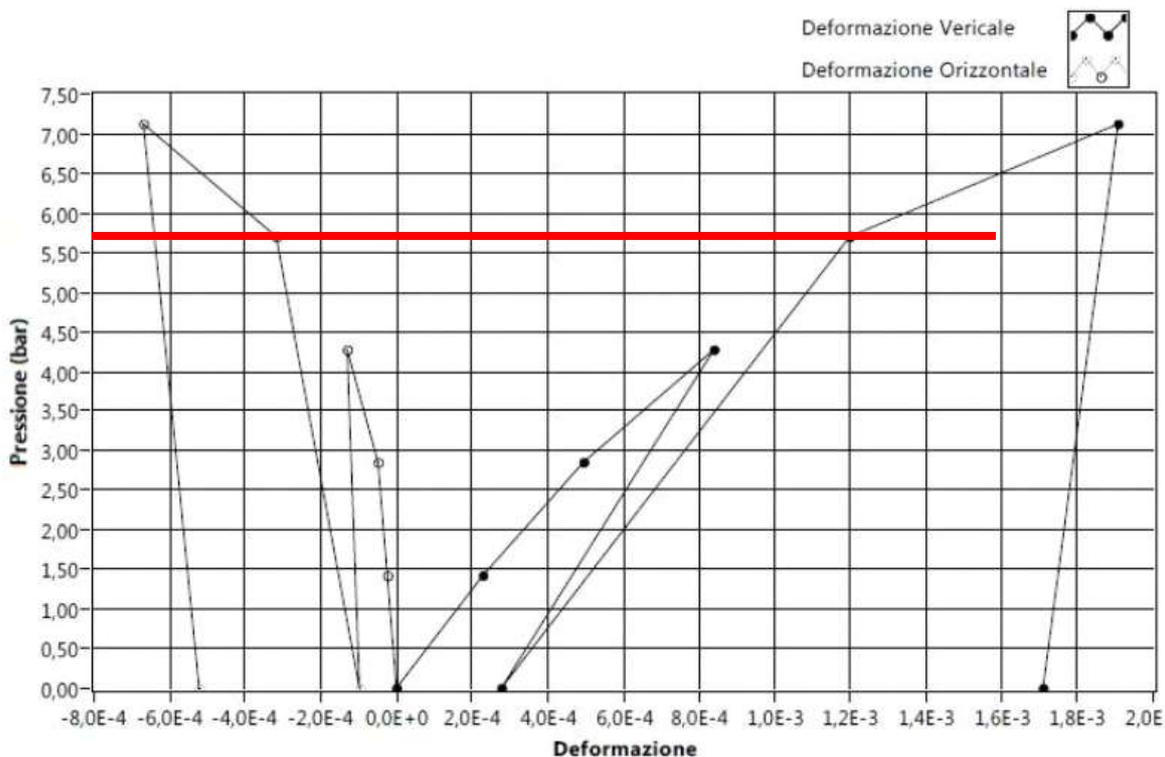


Figura 8. Curva sforzo-deformazione prova 1.

La seconda prova, realizzata sulla muratura esterna fronte Nord-Ovest, ha fornito una pressione elastica di circa 8,83 bar, pressione oltre il quale si sono riscontrate deformazioni plastiche indotte dal cedimento della malta di allettamento tra i blocchi.

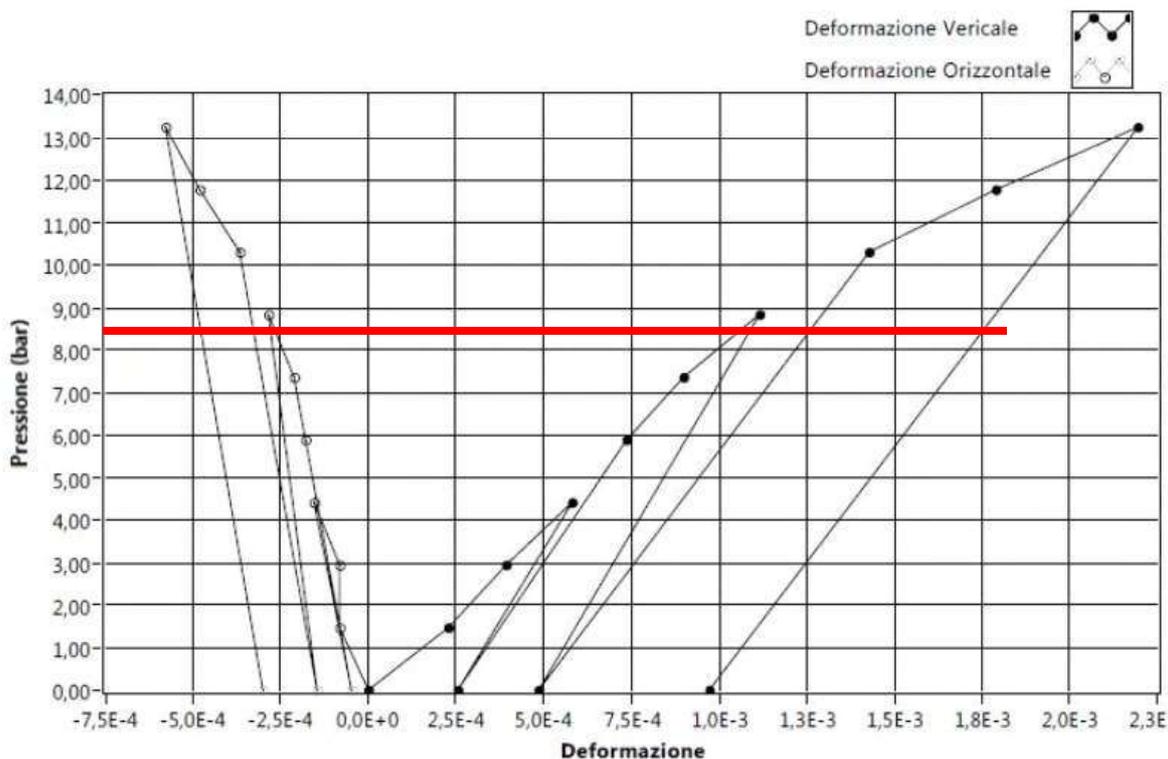


Figura 9. Curva sforzo-deformazione prova 2.

La terza prova con martinetto piatto doppio, predisposta sul muro interno del fronte Sud-Ovest, non è stata possibile effettuarla in quanto vi è stato un distacco di alcuni blocchi lapidei di medie dimensioni a causa, oltre della scarsa presenza di malta di allettamento anche della scarsa resistenza meccanica della stessa.



**Figura 10. Distacco dei blocchi lapidei durante la prova 3.**

### **7.3 PROVE PENETROMETRICHE SULLA MALTA**

La prova non distruttiva viene eseguita attraverso utilizzo del penetrometro RSM e ha lo scopo di fornire informazioni sulla resistenza caratteristica del giunto o del rivestimento di malta.

Sono state effettuate cinque prove su ciascun livello per un totale di quindici prove. Di seguito si riporta la tabella riassuntiva con i risultati ottenuti.

<b>Id Prova</b>	<b>Posizione</b>	<b>Tipo misura</b>	<b>Lunghezza iniziale</b>	<b>Profondità misurata</b>	<b>Resistenza a compressione</b>
<b>n°</b>		<b>-</b>	<b>L0</b>	<b>L10</b>	<b>fc</b>
			<b>mm</b>	<b>mm</b>	<b>MPa</b>
PM22	Piano Terra	superficiale	70,00	17,34	0,75
PM20	Piano Terra	superficiale	70,00	24,03	0,35
PM19	Piano Terra	superficiale	70,00	10,25	1,66
PM MPD2	Piano Terra	superficiale	70,00	25,64	0,30
PM MPD1	Piano Terra	superficiale	70,00	22,19	0,44
PM1	Piano 1°	superficiale	70,00	17,65	0,72
PM2	Piano 1°	superficiale	70,00	11,54	1,44
PM3	Piano 1°	superficiale	70,00	15,62	0,91
PM4	Piano 1°	superficiale	70,00	17,94	0,70
PM5	Piano 1°	superficiale	70,00	25,51	0,30
PM9	Piano 2°	superficiale	70,00	21,13	0,49
PM7	Piano 2°	superficiale	70,00	15,47	0,92
PM12	Piano 2°	superficiale	70,00	17,62	0,73
PM25	Piano 2°	superficiale	70,00	22,51	0,42
PM15	Piano 2°	superficiale	70,00	21,23	0,49

Figura 11. Risultati delle prove penetrometriche sulla malta.

Salvo alcuni valori sporadici i risultati delle prove penetrometriche effettuate sulle malte hanno restituito valori medio bassi con una distribuzione caotica non riconducibile alla posizione di svolgimento della prova.

## 8 CARICHI AGENTI SULLE STRUTTURE PORTANTI VERTICALI

Ai sensi dell'art.3.1.3 del DM 17/01/2008, i carichi agenti sono valutati in relazione alla consistenza dell'immobile, come di seguito illustrato.

### 8.1 CARICHI PERMANENTI

#### 8.1.1 Corpo edificio originario

- Copertura:
  - Copertura in lastre di ardesia 120 daN/mq
  - Orditura di sostegno lignea 20 daN/mq
  - Controsottito in canicciato 40 daN/mq

---

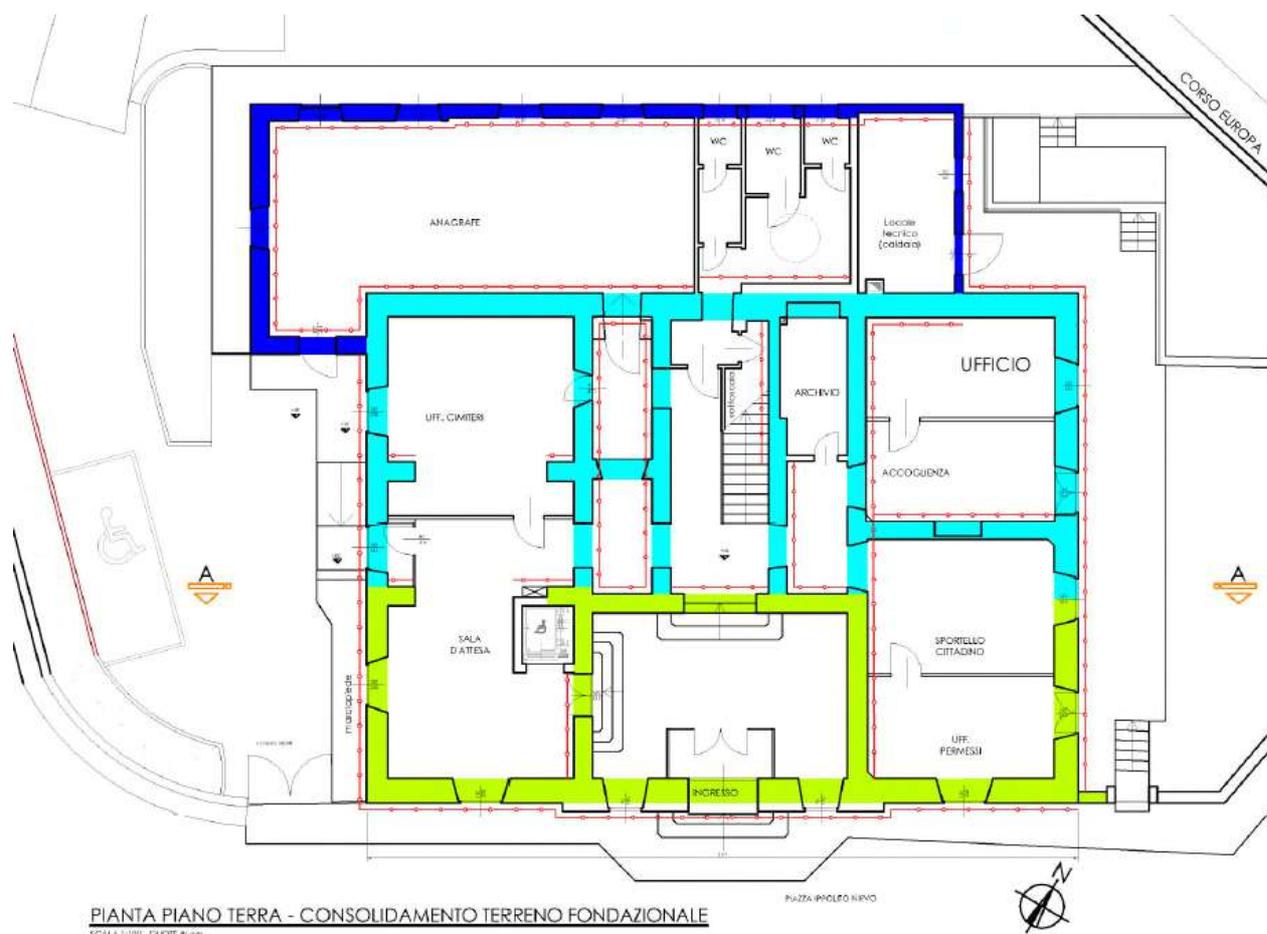
180 daN/mq
  
- Solaio sottotetto:
  - Orditura lignea 50 daN/mq
  - Massetto + Pavimentazione (10 cm) 185 daN/mq
  - Permanente portato 65 daN/mq
  - Controsottito in canicciato 40 daN/mq

---

340 daN/mq

• Solai P2:	
○ Orditura lignea	50 daN/mq
○ Massetto + Pavimentazione (10 cm)	185 daN/mq
○ Permanente portato	100 daN/mq
○ Graticcio di rinforzo in carpenteria metallica	35 daN/mq
○ Controsottito	40 daN/mq
	<hr/>
	420 daN/mq
• Solai P1:	
○ Orditura lignea	50 daN/mq
○ Massetto + Pavimentazione (10 cm)	185 daN/mq
○ Permanente portato	100 daN/mq
○ Graticcio di rinforzo in carpenteria metallica	35 daN/mq
○ Controsottito	40 daN/mq
	<hr/>
	420 daN/mq

In relazione alle diverse aree dell'edificio, indicate nello stralcio planimetrico di progetto di seguito riportato, si calcola il carico trasmesso alla base della fondazione in reazione ai diversi paramenti murari:



**LEGENDA:**

- INIEZIONI DI RESINA IN PROFONDITA' - corpo aggiunto:  
2 LIVELLI PROFONDITA' ≈2,50m - 3,00m
- INIEZIONI DI RESINA IN PROFONDITA':  
2 LIVELLI PROFONDITA' ≈2,50m - 3,00m
- INIEZIONI DI RESINA IN PROFONDITA' :  
3 LIVELLI PROFONDITA' ≈3,50m - 4,00m
- INDICAZIONE DEL LATO DI ESECUZIONE DELLE INIEZIONI

- Area verde e area azzurra: considerando un'area d'influenza del muro pari a 3,15 m i carichi trasmessi dagli orizzontamenti sulla muratura risultano essere:

$$N_s = (180+340+420+420) \times 3.15 = 4284 \text{ daN/m} \quad \rightarrow \quad \times 1 \text{ m} = \mathbf{4284 \text{ daN}}$$

Calcolando il contributo delle murature risulta:

- Muratura P2 3° ordine (Sp=0.60 m, H=2.55 m):
  - Pp muratura in pietrame 2200 daN/mc

$$Q = 2200 \times 2.55 \times 0.60 = 3370 \text{ daN/m} \quad \rightarrow \quad \times 1 \text{ m} = 3370 \text{ daN}$$

- Muratura P1 2° ordine ( $S_p=0.72$  m,  $H=4.80$  m):
  - Pp muratura in pietrame 2200 daN/mc

$$Q = 2200 \times 4.80 \times 0.72 = 7610 \text{ daN/m} \quad \rightarrow \quad \times 1 \text{ m} = 7610 \text{ daN}$$

- Muratura PT 1° ordine ( $S_p=0.72$  m,  $H=5.22$  m):
  - Pp muratura in pietrame 2200 daN/mc

$$Q = 2200 \times 5.22 \times 0.72 = 8270 \text{ daN/m} \quad \rightarrow \quad \times 1 \text{ m} = 8270 \text{ daN}$$

Complessivamente il carico della muratura risulta pertanto essere pari a:

$$N_m = 3370 + 7610 + 8270 = \mathbf{19250 \text{ daN}}$$

Pertanto il carico a quota pavimento del piano terra corrisponde a:

$$N = N_s + N_m = 4284 + 19250 = \mathbf{23534 \text{ daN}}$$

Considerando lo spessore del muro in questione si ottiene pertanto una pressione effettiva a quota piano terra pari a:

$$P_{eff} = 23534 / (72 \times 100) = \mathbf{3.27 \text{ daN/cm}^2}$$

Mentre la pressione effettiva alla base della fondazione, ipotizzata  $1.50 \times 0.72$  m, risulta pari a:

$$N_{fond} = 23534 + (1.5 \times 0.7 \times 2200) = 23534 + 2310 = 25844 \text{ daN}$$

$$P_{eff, fond} = (25844 / (72 \times 100)) = \mathbf{3.60 \text{ daN/cm}^2}$$

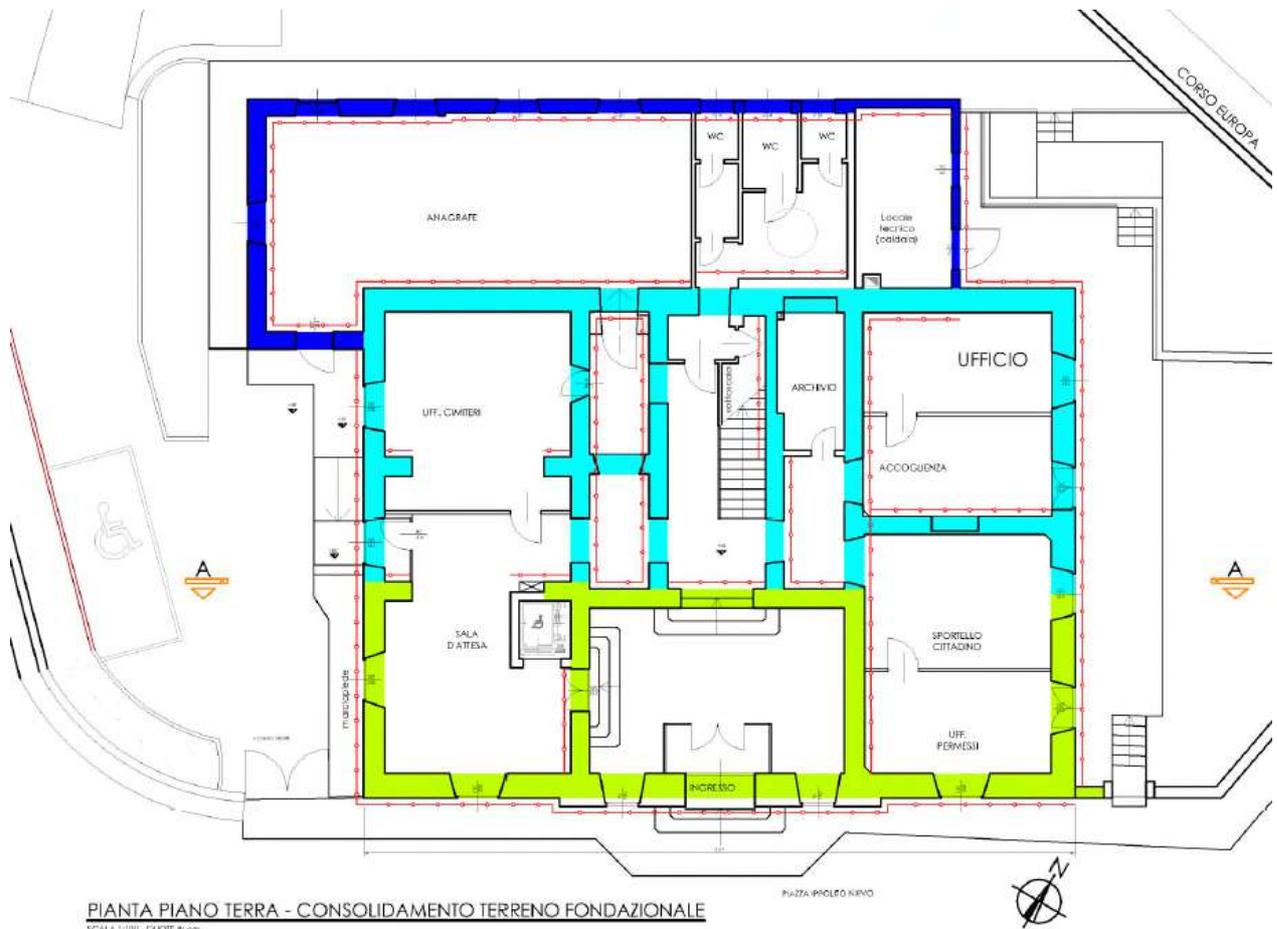
### 8.1.2 Corpo aggiunto

- Copertura:
  - Manto di copertura in guaina e massetto 250 daN/mq
  - Solaio in putrelle e cls 600 daN/mq

---

850 daN/mq

In relazione alle diverse aree dell'edificio, indicate nello stralcio planimetrico di progetto di seguito riportato, si calcola il carico trasmesso alla base della fondazione in reazione ai diversi paramenti murari:



**LEGENDA:**

- INIEZIONI DI RESINA IN PROFONDITA' - corpo aggiunto:  
2 LIVELLI PROFONDITA' ≈2,50m - 3,00m
- INIEZIONI DI RESINA IN PROFONDITA':  
2 LIVELLI PROFONDITA' ≈2,50m - 3,00m
- INIEZIONI DI RESINA IN PROFONDITA' :  
3 LIVELLI PROFONDITA' ≈3,50m - 4,00m
- INDICAZIONE DEL LATO DI ESECUZIONE DELLE  
INIEZIONI

- Area blu: considerando un'area d'influenza del muro pari a 2,90 m i carichi trasmessi dagli orizzontamenti sulla muratura risultano essere:

$$N_s = 850 \times 3.15 = 2911 \text{ daN/m} \quad \rightarrow \quad \times 1 \text{ m} = \mathbf{2961 \text{ daN}}$$

Calcolando il contributo delle murature risulta:

- Muratura P2 1° ordine ( $S_p=0.40 \text{ m}$ ,  $H=3.42 \text{ m}$ ):
  - Pp muratura in poroton sp25 + semipieno12 1500 daN/mc

$$Q = 1500 \times 3.40 \times 0.40 = 2040 \text{ daN/m} \quad \rightarrow \quad \times 1 \text{ m} = 2040 \text{ daN}$$



Pertanto il carico a quota pavimento del piano terra corrisponde a:

$$N = N_s + N_m = 2961 + 2040 = \mathbf{5001 \text{ daN}}$$

Considerando lo spessore del muro in questione si ottiene pertanto una pressione effettiva pari a:

$$P_{\text{eff}} = 5001 / (40 \times 100) = \mathbf{1.25 \text{ daN/cm}^2}$$

Mentre la pressione effettiva alla base della fondazione, ipotizzata di dimensioni 0.80x0.40 m da verificarsi in fase esecutiva, risulta pari a:

$$N_{\text{fond}} = 5001 + (0.8 \times 0.4 \times 2500) = 5001 + 800 = 5801 \text{ daN}$$

$$P_{\text{eff, fond}} = (5801 / (80 \times 100)) = \mathbf{0.73 \text{ daN/cm}^2}$$

## 8.2 CARICHI VARIABILI

Si riporta di seguito l'indicazione dei carichi variabili agenti sui solai oggetto di intervento locale, secondo le prescrizioni del D.M. 17/01/2018 (Norme tecniche per le costruzioni).

- carico variabile per ambienti suscettibili di affollamento catB2 (uffici aperti al pubblico ) pari a:
  - $q_k = 300 \text{ kg/m}^2$  carico uniformemente distribuito verticale;

## 9 MATERIALI

**Resina per iniezioni di consolidamento della fondazione in muratura**, tipo "Uretek Hydro cp200"

- Forza massima di espansione in condizioni edometriche, limitata a 200 kpa;
- Resistenza alla compressione verticale con espansione libera laterale: 1.80-6.00 Mpa nel campo di peso di volume 2.00-5.00 kN/mc;
- Resistenza alla trazione: 1.50-6.00 Mpa nel campo di peso di volume 2.0-5.0 kN/mc;

**Resina per iniezioni di consolidamento del terreno**, tipo "Uretek Geoplus"

- Pressione propria di espansione in condizioni edometriche: 8.00-12.00 Mpa;
- Resistenza alla compressione verticale con espansione libera laterale: 0.10-6.00 Mpa nel campo di peso di volume 0.40-3.4 kN/mc;
- Resistenza alla trazione assiale: 0.50-8.00 Mpa nel campo di peso di volume 0.50-5.0 kN/mc;
- Modulo resiliente 20-70Mpa;
- Prove di resistenza alla compressione verticale con espansione laterale libera di lunga durata con pressione comprese fra 0,15 MPa e 1,10 MPa con deformazione verticale compresa tra 0,3% e 2,0%;
- Resistenza massima a rottura a flessione compresa fra 0,10 kN e 1,20 kN all'interno dei campi di peso di volume compresi fra 1,00 kN/m<sup>3</sup> e 5,00 kN/m<sup>3</sup>;

## 10 DIMENSIONAMENTO CONSOLIDAMENTO MURATURA FONDALE

L'intervento consolidamento della muratura fondale in progetto per eliminare discontinuità dovute a difetti costruttivi o all'invecchiamento, e conseguentemente permettere una distribuzione uniforme delle tensioni provenienti dai carichi sovrastanti, prevede l'iniezione di resine a riempire le cavità presenti nella muratura fondale.

La resina da utilizzarsi presenta valori di resistenza alla compressione verticale, compatibili con lo stato tensionale agente alla base della fondazione pari a:

$$\begin{aligned} q_{perm, fond} &= 3.60 \text{ daN/cm}^2 && \text{carichi permanenti} \\ q_{var, fond} &= (300 \times 2 \times 3.15) / (72 \times 100) = 0.27 \text{ daN/cm}^2 && \text{carichi variabili cat. B2} \\ q_{sd, fond} &= (3.60 \times 1.3 + 0.27 \times 1.5) = 4.68 + 0.41 = 5.09 \text{ daN/cm}^2 \end{aligned}$$

nonché superiore rispetto ai valori di resistenza alla compressione della muratura valutati tramite le prove eseguite in sito pari a 5.7 kg/cm<sup>2</sup>, per cui l'intervento non altera la resistenza a compressione della muratura fondale.

## 11 DIMENSIONAMENTO DELL'INTERVENTO DI CONSOLIDAMENTO DEL TERRENO

L'intervento di consolidamento del terreno in progetto per il miglioramento della capacità portante e l'aumento della impermeabilità del terreno con l'occlusione degli interstizi presenti, è stato dimensionato con un programma specifico per calcolo di consolidamento del terreno tramite iniezioni di resina espandente ad alta pressione di rigonfiamento, aventi caratteristiche fisiche e meccaniche tipo "Uretek geoplus".

**Nel caso in cui la tecnologia utilizzata sia differente, il presente calcolo dovrà essere variato e validato per lo specifico prodotto impiegato.**

26 / 70

Il modello è stato sviluppato a partire dalla teoria dell'espansione di una cavità all'interno di un terreno dilatante presentata da Yu H.S. e Houlsby G.T. nel 1991, opportunamente integrata ed adattata sulla base dei test effettuati sullo specifico prodotto da iniettarsi.

Il modello di calcolo definisce innanzitutto la fattibilità dell'intervento e quindi, note le caratteristiche del terreno e della fondazione, permette di stimare il grado di consolidamento del terreno a seguito del trattamento con resina, in funzione della distribuzione delle iniezioni nel terreno e della quantità di resina iniettata per ciascun punto, della geometria e della specifica stratigrafia geologica, delle pressioni agenti alla base della fondazione.

Il modello descritto dalla teoria può essere sintetizzato come segue:

1) La resina viene iniettata in un punto ben definito all'interno di un terreno di caratteristiche fisico-meccaniche note;

2) La resina espande nel terreno per reazione chimica e forma una sfera il cui volume dipende dal confinamento indotto dal terreno circostante, nonché dal tipo e dalla quantità di resina immessa;

3) La sfera di resina induce pressioni diverse a seconda della distanza dal punto di iniezione:

a. Il volume di terreno più prossimo alla sfera di resina entra in campo plastico per effetto della notevole compressione subita dall'espansione della resina;

b. Il volume di terreno presente oltre tale zona rimane in campo elastico e risente di un incremento di stato di tensione che decresce con l'aumentare della distanza dal punto di iniezione;

c. Il terreno presente oltre tale zona non risente dell'effetto di compressione prodotto dall'iniezione;

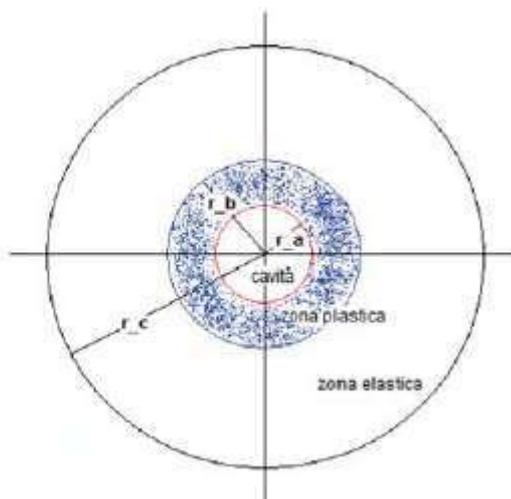
4) La geometria delle tre zone è rappresentata da tre sfere concentriche:

a. Sfera costituita da sola resina;



- b. Sfera costituita da terreno compresso in campo plastico;
- c. Sfera costituita da terreno compresso in campo elastico;
- 5) Le dimensioni delle tre sfere concentriche sopra descritte dipendono dalle seguenti variabili:
  - a. Caratteristiche del terreno naturale, prima dell'intervento di iniezione;
  - b. Caratteristiche della resina utilizzata per l'intervento;
  - c. Quantità di resina impiegata;

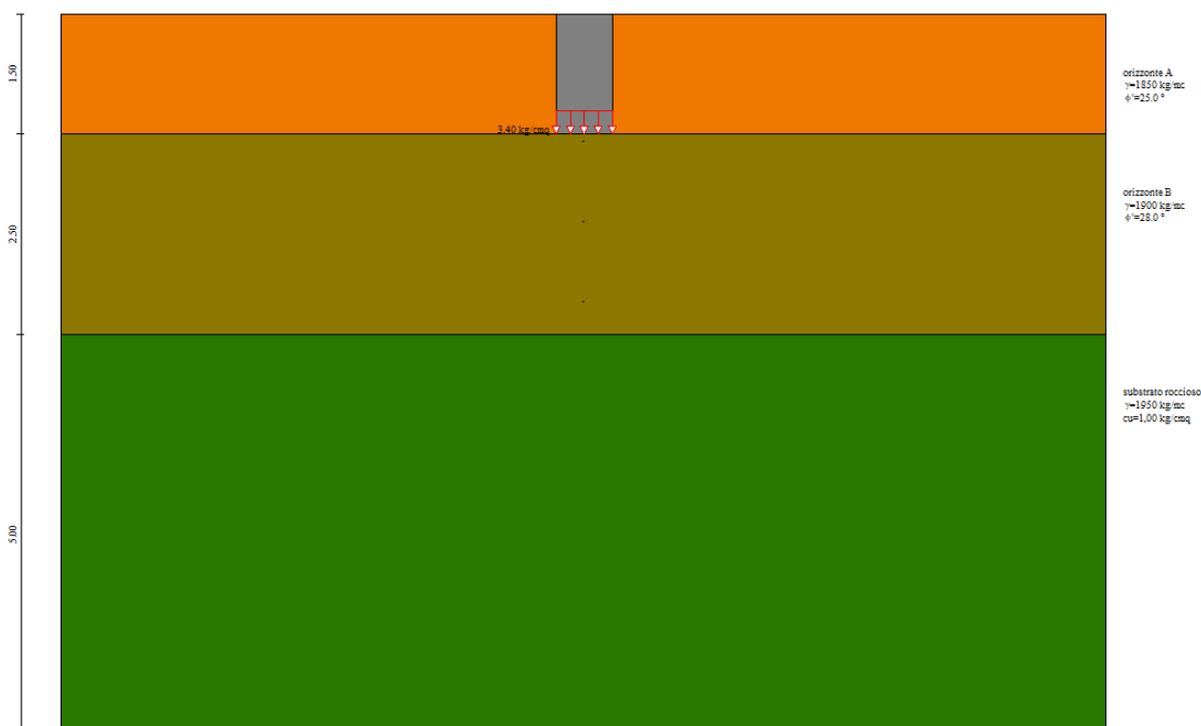
Figura 1.  
Definizione dei campi  
plastico ed elastico che  
circondano la cavità.



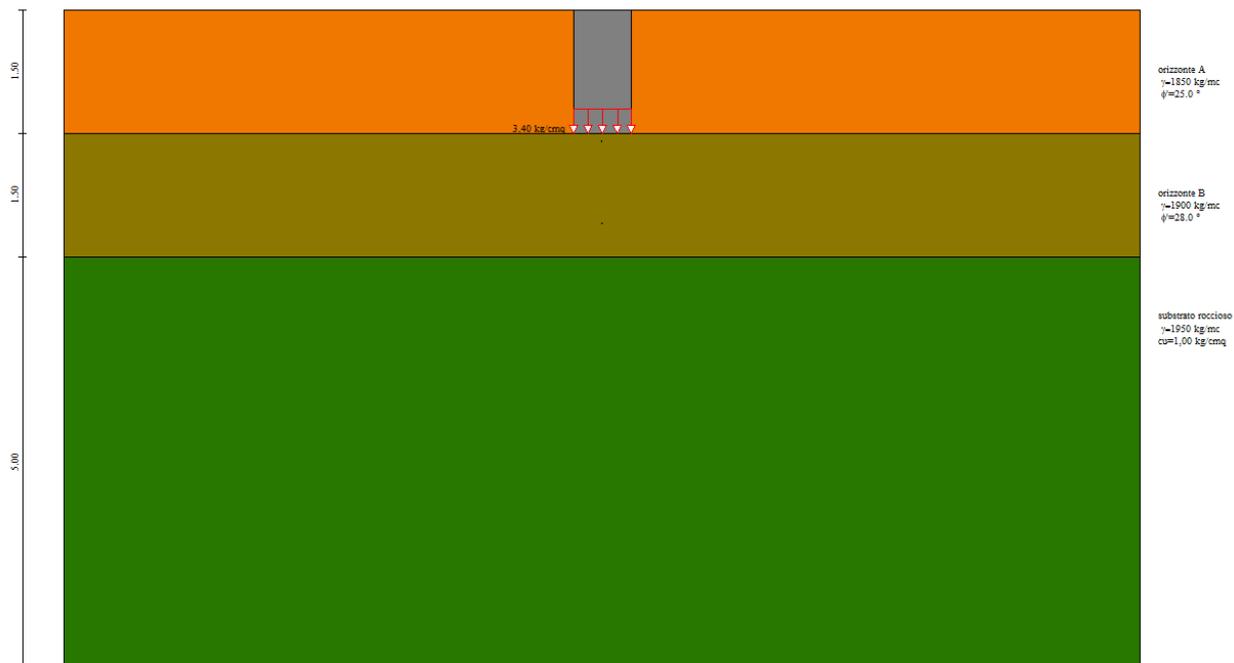
Il procedimento di calcolo adottato è stata verificata a mezzo di sperimentazioni condotte comparando i risultati teorici con test penetrometrici comparativi realizzati in cantieri reali.

In particolare sono state eseguite n.3 modellazioni di calcolo del consolidamento:

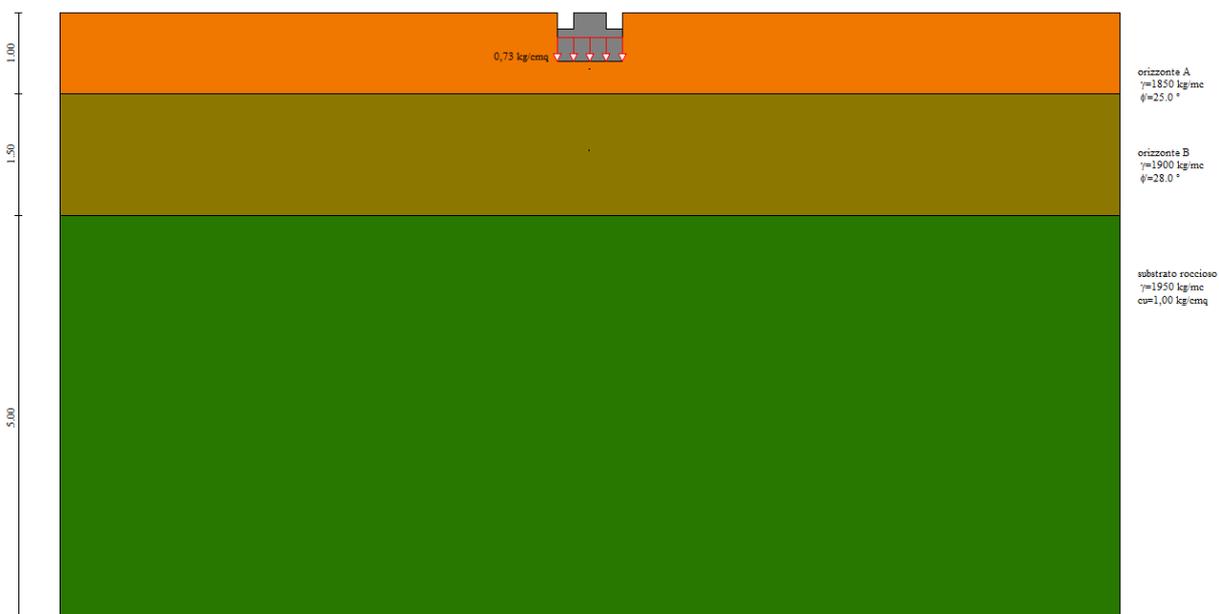
- 1) Intervento I1 3s, è stata effettuata per il calcolo del consolidamento della parte di valle di fondazione dell'edificio originario, dove si prevede un intervento di iniezioni a 3 livelli di profondità fino ad una quota di circa 3.50-4.00 m;



2) Intervento I2 2s, è stata effettuata per il calcolo del consolidamento della parte di monte di fondazione dell'edificio originario, dove si prevede un intervento di iniezioni a 2 livelli di profondità fino ad una quota di circa 2.50-3.00 m;

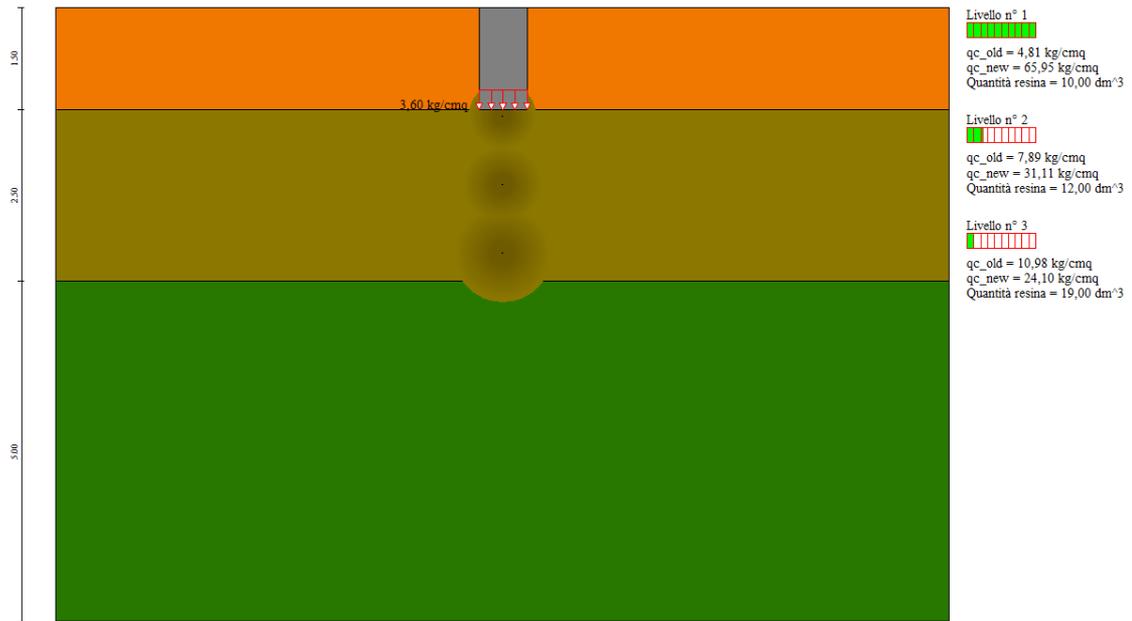


3) intervento I1 3s, è stata effettuata per il calcolo del consolidamento di fondazione del corpo aggiunto, dove si prevede un intervento di iniezioni a 2 livelli di profondità fino ad una quota di circa 2.50-3.00 m.

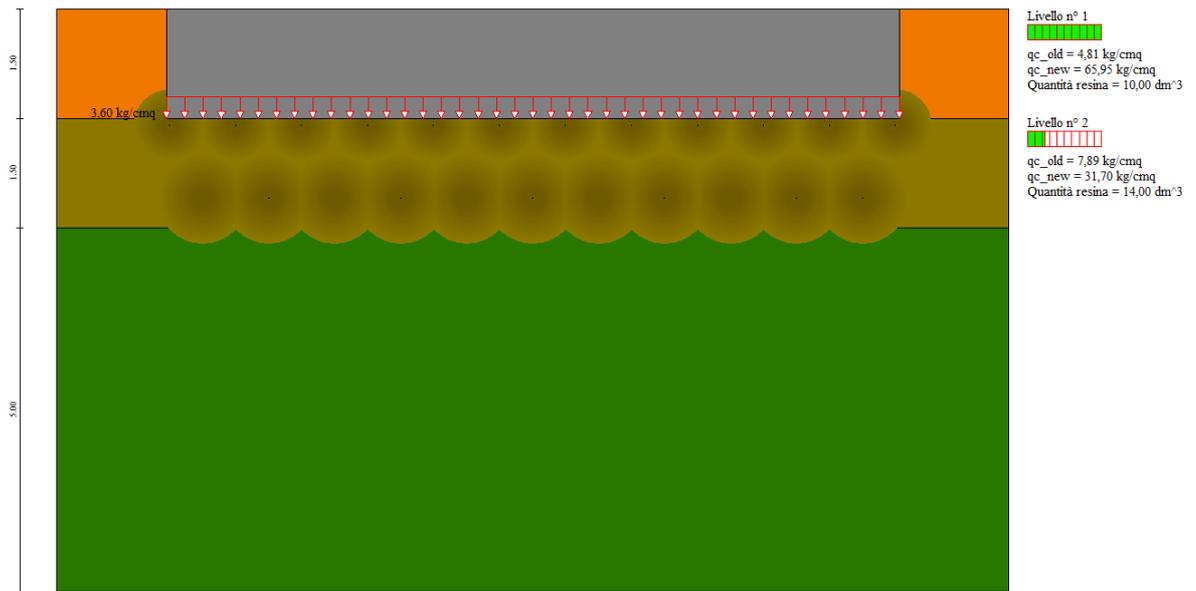


Dai risultati delle verifiche condotte si evincono i seguenti incrementi di progetto della resistenza penetrometrica del terreno:

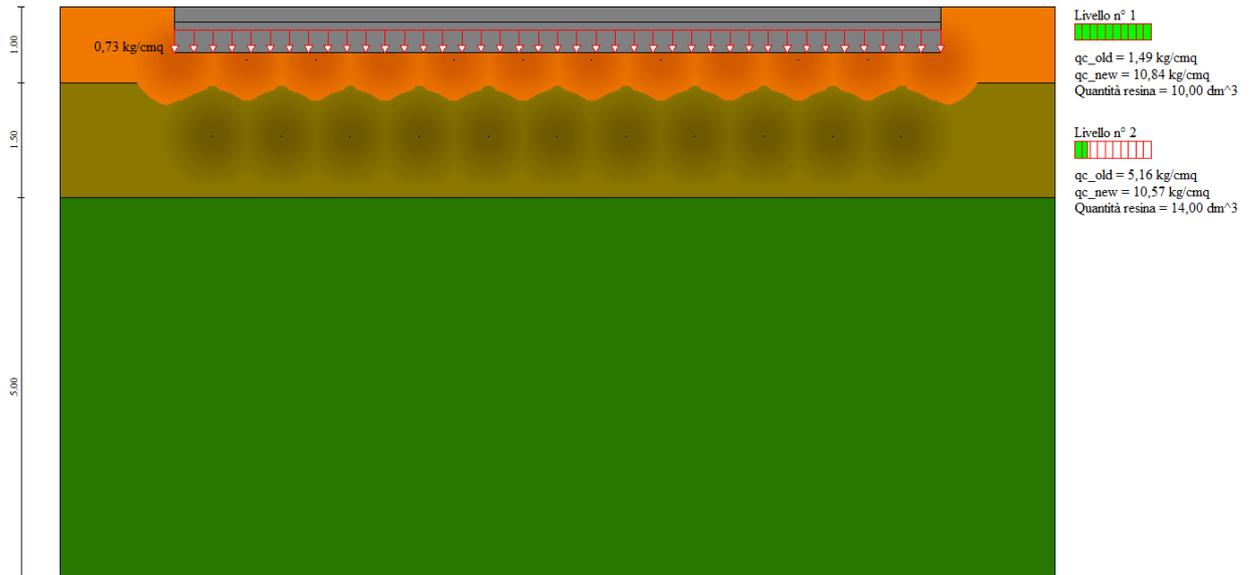
1) intervento I1 3s:



2) intervento I2 2s:



3) intervento I1 3s:



L'intervento di consolidamento dunque determina un importante incremento della resistenza penetrometrica del terreno, con valori differenti anche in relazione allo stato tensionale agente a livello della fondazione.

Tramite una formulazione di tipo empirico, la resistenza penetrometrica calcolata dal programma viene correlata alla capacità portante ultima del terreno, la quale viene correlata al valore di pressione agente al piano di fondazione:

1) intervento I1 3s:

$$q_{sd, \text{fond}} = 5.09 \text{ daN/cm}^2$$

$$q_u = 0.16 \times q_c = 0.16 \times 65.95 = 10.55 \text{ daN/cm}^2 > 5.09 \text{ daN/cm}^2$$

2) intervento I2 2s:

$$q_{sd, \text{fond}} = 5.09 \text{ daN/cm}^2$$

$$q_u = 0.16 \times q_c = 0.16 \times 65.95 = 10.55 \text{ daN/cm}^2 > 5.09 \text{ daN/cm}^2$$

3) intervento I1 3s:

$$q_{sd, \text{fond}} = 0.73 \times 1.3 = 0.95 \text{ daN/cm}^2$$

$$q_u = 0.16 \times q_c = 0.16 \times 10.84 = 1.73 \text{ daN/cm}^2 > 0.95 \text{ daN/cm}^2$$

Durante tutto il processo di iniezione l'edificio soprastante dovrà essere monitorato in tempo reale nella sua globalità con idoneo dispositivo al fine di registrare lo spostamento in tutte le direzioni, sia nel piano che fuori dal piano, sia per non creare danni alla struttura degli edifici, sia per poter individuare con maggior precisione il criterio di efficacia dell'iniezione nel terreno ossia l'istante in cui la resina, attraverso il processo d'espansione, arriva a produrre il massimo effetto di consolidamento nel volume di terreno sottostante l'iniezione.

Le quantità da iniettare così come le caratteristiche della resina potranno variare in funzione della reazione dell'edificio.

**La valenza del calcolo del consolidamento effettuato ha dunque valenza indicativa in relazione ai parametri geotecnici cautelativi inseriti, in quanto valutazioni più**

**accurate dovranno essere fatte in fase esecutiva dalla ditta esecutrice tramite tali monitoraggi specifici.**

Dovrà inoltre essere eseguito il controllo dell'efficacia del consolidamento geotecnico con idonee strumentazioni tramite misurazioni geotecniche specifiche ante operam e post operam, anche in corso d'opera, secondo quanto previsto dalla NTC2018, art.6.10.

Carcare, 22/10/2019

Ing. Marco Zerbinati



ORD.  
Ingegneri  
della Prov.  
di Savona  
N° 1630

## 12 TABULATI DI CALCOLO



RELAZIONE DI CALCOLO PER UN INTERVENTO DI  
CONSOLIDAMENTO DEL TERRENO CON METODO URETEK DEEP  
INJECTIONS E RESINA URETEK GEOPLUS

Progetto: consolidamento fondale p.zza nievo 11 3s



## PARAMETRI DI PROGETTO

### Geometria della fondazione

#### Simbologia adottata

Descrizione Descrizione della fondazione

<i>B</i>	Lato minore della fondazione espresso in [m]
<i>L</i>	Lato maggiore della fondazione espresso in [m]
<i>D</i>	Profondità del piano di posa della fondazione in [m]

Descrizione	<b>B</b>	<b>L</b>	<b>D</b>
Fondazione	0,70	10,00	1,50

### Descrizione terreni

#### Simbologia adottata

*Nr.* Indice del terreno

Descrizione Descrizione terreno

$\gamma$	Peso di volume del terreno espresso in [kg/mc]
$\phi'$	Angolo di resistenza al taglio espresso in [°]
<i>c<sub>u</sub></i>	Resistenza al taglio non drenata espressa in [kg/cm <sup>q</sup> ]
<i>E</i>	Modulo di Young espresso in [kg/cm <sup>q</sup> ]
<i>v</i>	Coefficiente di Poisson
<i>K<sub>0</sub></i>	Coefficiente di spinta a riposo.

33 / 70

Descrizione	$\gamma$	$\phi'$	<i>c<sub>u</sub></i>	<b>E</b>	<i>v</i>	<b>K<sub>0</sub></b>	
orizzonte A	1850	25.00	0,100	300,00	0,35	0,58	
orizzonte B	1900	28.00	0,100	434,00	0,35	0,53	
substrato roccioso		1950	1.00	1,000	200,00	0,35	0,40

### Stratigrafia

#### Simbologia adottata

*Nr.* Indice dello strato

*sp* Spessore dello strato espresso in [m]



Terreno

Terreno dello strato

Nr.	sp	Terreno
1	1,50	orizzonte A
2	2,50	orizzonte B
3	5,00	substrato roccioso

## Pressione al suolo

Carico trasmesso dalla fondazione al terreno

3,60 [kg/cmq]

## INIEZIONI

### Metodo Uretex Deep Injections

L'intervento di ricomprensione e consolidamento proposto ha lo scopo di aumentare la capacità portante del terreno di fondazione delle strutture all'oggetto.

34 / 70

La metodologia d'intervento, di proprietà dell'impresa Uretex Italia S.p.A., consiste nell'addensamento in profondità del terreno attraverso l'iniezione nello stesso di resine poliuretatiche ad alta pressione di rigonfiamento che, espandendosi, trasmettono al volume solido circostante un'azione di compattazione che ne produce l'aumento di consistenza.

L'esecuzione dei fori d'iniezione è prevista a mezzo di perforatori manuali elettrici a rotopercolazione con energia di battuta pari a max. 12-14 Joule e frequenza 1200-2800 colpi/minuto. Tale sistema di perforazione, ampiamente testato in edifici di elevato pregio, non trasmette vibrazioni rilevanti sulle strutture.

Le perforazioni avranno diametro compreso fra 18 e 26 mm e saranno eseguite attraverso la fondazione per una lunghezza massima di Hmax m oltre lo spessore della stessa.

In questo modo sarà possibile raggiungere con precisione il terreno da trattare e localizzare accuratamente l'effetto delle iniezioni.

La posa dei condotti d'iniezione avverrà al termine della perforazione; dopodichè si inizierà ad iniettare utilizzando una pistola che, innestandosi a boccafora, immetterà nel condotto interrato la resina ad alta pressione di rigonfiamento preventivamente miscelata in un'apposita camera di premiscelazione contenuta all'interno della stessa.



Gli operatori interromperanno l'immissione di resine nel terreno qualora rilevassero un eccessivo aumento della pressione, al raggiungimento di valori prestabiliti di volume di resina iniettato oppure in conseguenza al rilevamento di un principio di sollevamento della struttura. La sequenza dei fori attraverso i quali eseguire l'iniezione, nonché le modalità di esecuzione e controllo del trattamento saranno pianificate ed oggetto di uno specifico progetto realizzato sulla base degli obiettivi da raggiungersi.

I punti d'iniezione seguiranno una successione alternata, in modo da favorire l'inizio del processo di dissipazione delle pressioni che saranno prodotte dal rigonfiamento della resina nel terreno.

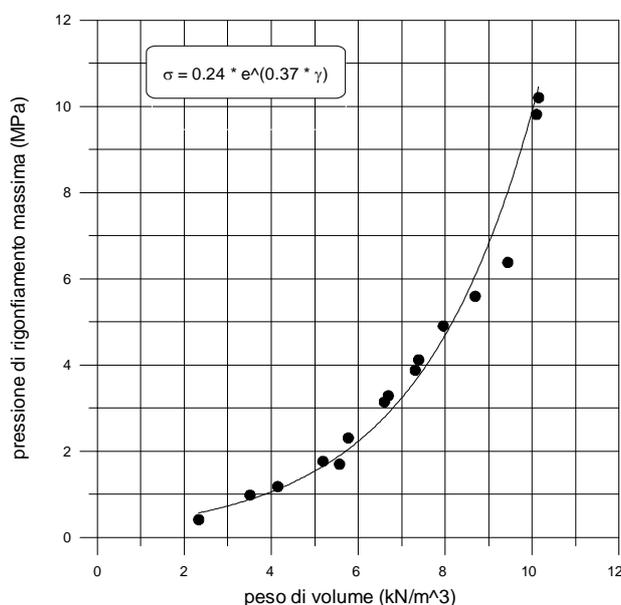
L'intera durata dei lavori sarà monitorata attraverso specifica strumentazione laser atta a rilevare movimenti della struttura con precisione  $> 0,1$  mm.

### **Caratteristiche resina Uretek Geoplus**

La resina espandente prevista per il consolidamento del terreno, testata presso i laboratori dell'Università di Padova, possiede alcune particolari caratteristiche determinanti per la buona riuscita dell'intervento. Di seguito ne sono riportate le più significative ed interessanti per il lavoro in oggetto:

## Pressione di rigonfiamento

La pressione massima di rigonfiamento della resina ottenuta in condizioni edometriche è pari a 10,2 MPa. L'andamento delle pressioni di rigonfiamento al variare del grado di confinamento è riportato nel grafico seguente.



L'analisi delle singole prove unita alle indagini in sito permette di identificare le tensioni totali applicate al terreno durante il trattamento d'iniezione.

## Tempo di reazione

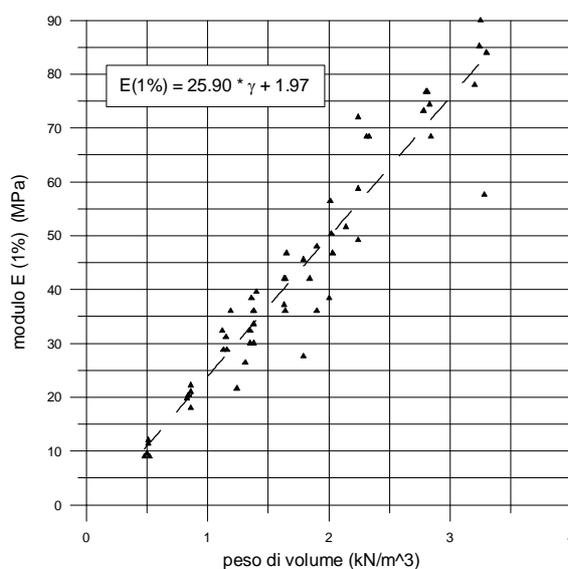
Il tempo di completamento della reazione di polimerizzazione della resina è molto rapido (nell'ordine dei secondi). Tale caratteristica permette al materiale di rimanere confinato nell'intorno più prossimo al punto d'iniezione, senza defluire troppo lontano;





### Modulo di elasticità

Il modulo d'elasticità della resina espansa varia da 10 MPa ad 80 MPa a seconda del peso di volume raggiunto a reazione ultimata.



Tale caratteristica permette al terreno trattato di mantenere una rigidità globale paragonabile con quella del terreno naturale, evitando anomale ridistribuzioni di tensioni.

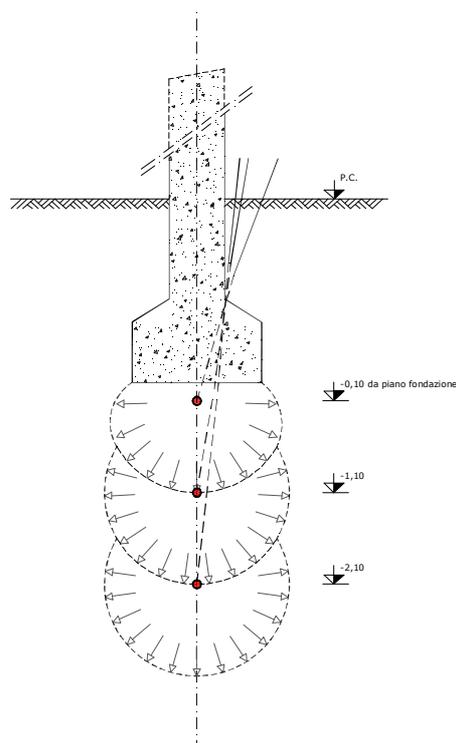
### Compatibilità ambientale

La resina espandente Uretek Geoplus possiede una certificazione di compatibilità ambientale in ottemperanza alle normative vigenti in materia d'inquinamento dei siti.

## MODALITÀ D'INIEZIONE

### Reticolo dei punti di trattamento

È d'importanza non certo marginale la scelta della posizione e dell'interasse dei punti d'iniezione. Qualora si tratti il terreno di fondazione di elementi strutturali molto rigidi, è giustificata una distribuzione delle iniezioni che tenga in considerazione la capacità di ripartizione dei carichi degli stessi. Risulterà economicamente vantaggioso in termini di consumo di materiale, localizzare le iniezioni nel volume di terreno maggiormente interessato dalle tensioni indotte dai carichi sopra stanti (Stilley, 1982).



L'interasse delle iniezioni, è solitamente pari a ca. 1,0/1,5 m con centro dell'iniezione all'interno della proiezione orizzontale dell'elemento strutturale rigido.

Nel trattamento di elementi fondazionali piani (platee), i punti d'iniezione vengono posizionati su una griglia a maglia triangolare; potrebbe risultare efficace la realizzazione di ulteriori una o due file d'iniezioni lungo il perimetro della zona da trattare così da confinare l'intervento specialmente in quei casi in cui l'effetto addensante risulti di tipo anisotropo o qualora elementi strutturali esterni alla zona d'intervento abbiano un'influenza sulla stessa (Bandiere, 1997).

Si prescrivono nello specifico le seguenti iniezioni:

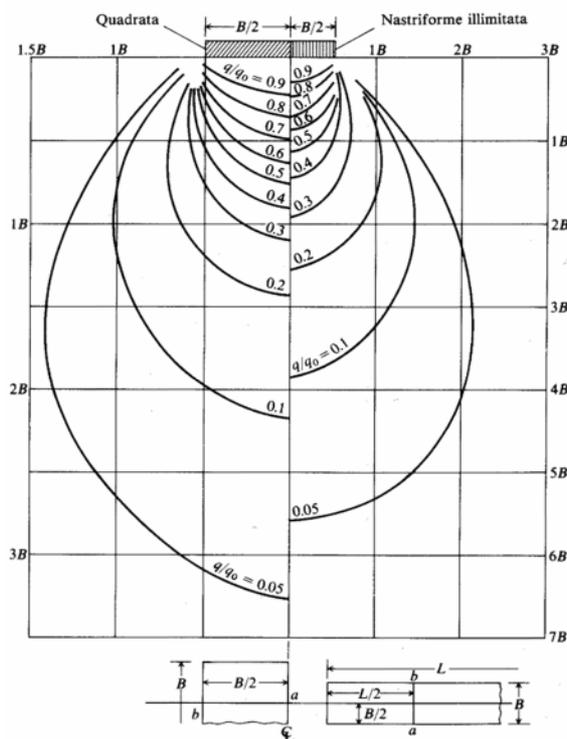
*Simbologia adottata*

- Nr.           Indice livello di iniezione  
 l             Interasse iniezioni dello stesso livello, espresso in [m]  
 H            Profondità livello iniezione (rispetto al piano di posa) espressa in [m]

Nr.	l	H
1	0,90	0,10
2	0,90	1,10
3	0,90	2,10

### Volume trattato

Tenute in giusto conto sia la geologia specifica che la distribuzione delle tensioni all'interno del terreno elaborata da Boussinesq (vedi fig. 8), secondo la quale nel caso di fondazioni nastriformi ad una profondità pari a due volte la larghezza delle fondazioni si registrano tensioni inferiori al 30 per cento di quelle agenti in superficie, appare giustificato un intervento che preveda il consolidamento di ca. (Hmax+1) m di terreno (a partire dal piano d'appoggio della fondazione) a mezzo di iniezioni eseguite su N. livelli.



L'addensamento indotto al terreno dalle iniezioni produrrà un aumento del valore del modulo elastico del sistema terreno/resina. Lo stesso manterrà comunque rigidità paragonabili a quelle del terreno naturale ed inferiori rispetto a quelle di opere di consolidamento di tipo rigido (pali) per svariati ordini di grandezza. Saranno quindi possibili limitati assestamenti futuri in special modo in corrispondenza di giunzioni tra le porzioni d'edificio trattate ed eventuali altre poste in adiacenza ad esse o fondate su elementi strutturali profondi.

### **Consumi previsti**

In fase di modellazione si analizza il processo a partire dai seguenti consumi previsti per singolo punto d'iniezione:

#### **Interasse perforazioni 0,90 [m]**

<b>Nr.</b>	<b>I</b>	<b>H</b>	<b>Vri_target</b>
1	0,90	0,10	10,00
2	0,90	1,10	12,00
3	0,90	2,10	19,00

## INQUADRAMENTO TEORICO E SIMULAZIONE DEL PROCESSO DI ESPANSIONE

### **Considerazioni generali**

Durante il processo di espansione della resina si sviluppa un'elevata pressione di rigonfiamento, la quale aumenta con il grado di confinamento a cui è soggetto il materiale durante l'iniezione.

40 / 70

L'azione consolidante risulterà pertanto tanto maggiore quanto più elevate saranno le pressioni di contrasto offerte dal terreno.

L'inquadramento teorico del processo di consolidamento, operato dalla resina, può essere trattato mediante la teoria dell'espansione di una cavità sferica/cilindrica proposta da Yu e Housby (1991).

Il modello si basa sulle seguenti ipotesi:

- si considera un mezzo tridimensionale illimitato costituito da terreno omogeneo, isotropo, dilatante, elastico-perfettamente plastico;

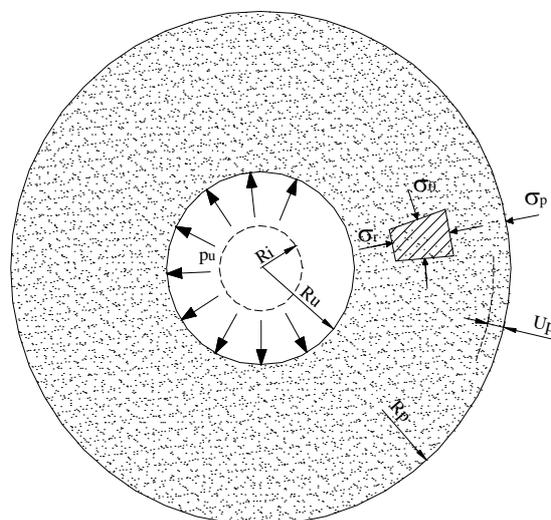
- il terreno contiene una singola cavità cilindrica o sferica;

- il raggio iniziale della cavità è  $a_0$  e la cavità è soggetta ad una pressione idrostatica iniziale  $p_0$ ;

- la pressione  $p$  all'interno della cavità viene incrementata gradualmente, in modo da assumere trascurabili gli eventuali effetti dinamici;



- l'espansione della cavità viene seguita sommando i contributi derivanti da un'analisi a grandi deformazioni nella regione plasticizzata e da una soluzione a piccole deformazioni nella regione elastica.



Il procedimento proposto dagli Autori è il seguente (per il significato di alcuni simboli si rimanda alla memoria originale sopra citata):

1. Scelta dei parametri di input:  $E, \nu, c, \phi, \psi, p_0, m$ ;
2. Calcolo dei parametri derivati:  $G, M, \alpha, \beta, Y, \gamma, \delta, \eta, \xi$ ;
3. Per pressioni  $p < p_1$  (pressione necessaria a innescare la plasticizzazione del mezzo) si calcola il raggio della cavità nell'ipotesi di deformazione elastica di piccola entità;
4. Per qualunque valore della pressione  $p$  della cavità (compreso fra  $p_1$ , pressione di plasticizzazione, e  $p$ , pressione limite) si calcola il rapporto della pressione di cavità  $R$ ;
5. Si determina il valore del parametro  $\Delta 1$ ;
6. Si valutano il rapporto  $a/a_0$  ( $a$ : raggio della cavità durante il carico;  $a_0$ : raggio iniziale della cavità), lo spostamento radiale dalla configurazione iniziale  $u$ , e la deformazione della superficie perimetrale della cavità  $\epsilon$ .

I passaggi dalla (4) alla (6) possono essere ripetuti al fine di definire completamente la relazione tensioni della cavità-deformazioni.

## Ipotesi di calcolo

Lo stato tensionale iniziale, trasmesso dai carichi in superficie sotto la fondazione, è schematizzato sulla base di quanto riportato nella teoria di Boussinesq; lo stato tensionale finale, dopo l'iniezione e conseguente espansione della resina, viene invece determinato utilizzando la teoria sopra esposta a mezzo di un software sviluppato internamente da Urettek Italia S.p.A.

Il programma in questione fornisce quale output il quantitativo di materiale necessario ad ottenerne una  $\sigma_v$  di progetto partendo dai parametri del terreno indisturbato.

La variabile dell'analisi è il raggio d'influenza della singola iniezione, che è scelto in modo tale da permettere la compenetrazione dei volumi di terreno sensibili all'effetto consolidante indotto dall'espansione della resina, in considerazione della tipologia di schema distributivo e dell'interasse dei punti d'iniezione.

Il volume espanso della resina è calcolabile partendo dal volume di liquido iniettato utilizzando una relazione sperimentale funzione della tensione di confinamento e del peso di volume della resina ai vari gradi d'espansione.

## Parametri del terreno

Partendo dal nuovo stato tensionale indotto dall'espansione della resina, attraverso le seguenti relazioni, per terreni granulari  $q_c = \sigma_v' * e^{5.241 * \tan \phi}$  per terreni coesivi  $Cu / \sigma_v' = 0.22 * OCR^{0.8}$   $q_c = 20 * Cu + \sigma_v'$  si può risalire alla resistenza alla punta  $q_c$  lungo una verticale posta ad una distanza prestabilita dal punto d'iniezione (Raggio\_cpt).

Essendo il terreno, nel caso specifico, di natura prevalentemente granulare, verrà considerato solamente un miglioramento in termini di resistenza alla punta dovuto all'incremento dello stato tensionale, trascurando gli effetti che l'espansione potrebbe produrre in termini aumento dell'angolo di resistenza al taglio del terreno.

## RISULTATI SOFTWARE URETEK

### Risultati

#### Simbologia adottata

n° Numero livello

Prof1 Profondità dal piano fondazione espressa in [m]

Prof2 Profondità dal piano campagna espressa in [m]

V<sub>ri</sub> Volume resina iniezione espresso in dmc

V<sub>re</sub> Volume resina espansa espresso in dmc

V<sub>i</sub> Volume influenza espresso in dmc

Resp Rapporto di espansione (V<sub>re</sub>/V<sub>ri</sub>)

R<sub>a</sub> Raggio resina espresso in [m]

R<sub>b</sub> Raggio plastico espresso in [m]

R<sub>c</sub> Raggio elastico espresso in [m]

q<sub>Cold</sub> espressa in [kg/cm<sup>2</sup>]

q<sub>Cnew</sub> espressa in [kg/cm<sup>2</sup>]

σ'<sub>v0</sub> espressa in [kg/cm<sup>2</sup>]

Δσ' espressa in [kg/cm<sup>2</sup>]

σ'<sub>old</sub> espressa in [kg/cm<sup>2</sup>]

σ'<sub>new</sub> espressa in [kg/cm<sup>2</sup>]

pL Pressione limite espressa in [kg/cm<sup>2</sup>]

n°	Prof1	Prof2	V <sub>ri</sub>	q <sub>Cold</sub>	q <sub>Cnew</sub>	Inc
1	0,10	1,60	10,03	4,81	65,95	1270,74
2	1,10	2,60	12,02	7,89	31,11	294,13
3	2,10	3,60	19,02	10,98	24,10	119,55

n°	Prof1	Prof2	V <sub>ri</sub>	V <sub>re</sub>	Resp	V <sub>i</sub>
1	0,10	1,60	10,03	17,12	1,71	4201,37
2	1,10	2,60	12,02	27,44	2,28	6987,84
3	2,10	3,60	19,02	49,16	2,58	12638,40

n° Prof1	Prof2	R <sub>a</sub>	R <sub>b</sub>	R <sub>c</sub>
1 0,10	1,60	0,06	0,24	1,00
2 1,10	2,60	0,06	0,28	1,19
3 2,10	3,60	0,06	0,34	1,44

n° Prof1	Prof2	$\sigma'_{v0}$	$\Delta\sigma'$	$\sigma'_{old}$	$\sigma'_{new}$	pL
1 0,10	1,60	0,30	3,57	3,86	4,06	36,70
2 1,10	2,60	0,49	1,37	1,85	1,92	23,00
3 2,10	3,60	0,68	0,74	1,42	1,49	18,84

## CONCLUSIONI

L'attendibilità del procedimento di calcolo adottato è stata verificata a mezzo sperimentazioni condotte comparando i risultati teorici con test penetrometrici comparativi realizzati in cantieri reali.



RELAZIONE DI CALCOLO PER UN INTERVENTO DI  
CONSOLIDAMENTO DEL TERRENO CON METODO URETEK DEEP  
INJECTIONS E RESINA URETEK GEOPLUS

Progetto: consolidamento fondale p.zza nievo l2 2s

Ditta: vo l2 2s



## PARAMETRI DI PROGETTO

### Geometria della fondazione

#### Simbologia adottata

Descrizione Descrizione della fondazione

B	Lato minore della fondazione espresso in [m]
L	Lato maggiore della fondazione espresso in [m]
D	Profondità del piano di posa della fondazione in [m]

Descrizione	B	L	D
Fondazione	0,70	10,00	1,50

### Descrizione terreni

#### Simbologia adottata

Nr. Indice del terreno

Descrizione Descrizione terreno

$\gamma$	Peso di volume del terreno espresso in [kg/mc]
$\phi'$	Angolo di resistenza al taglio espresso in [°]
$c_u$	Resistenza al taglio non drenata espressa in [kg/cm <sup>q</sup> ]
E	Modulo di Young espresso in [kg/cm <sup>q</sup> ]
$\nu$	Coefficiente di Poisson
K0	Coefficiente di spinta a riposo.

Descrizione	$\gamma$	$\phi'$	$c_u$	E	$\nu$	K0	
orizzonte A	1850	25.00	0,100	300,00	0,35	0,58	
orizzonte B	1900	28.00	0,100	434,00	0,35	0,53	
substrato roccioso		1950	1.00	1,000	200,00	0,35	0,40

### Stratigrafia

#### Simbologia adottata

Nr. Indice dello strato

sp Spessore dello strato espresso in [m]



Terreno Terreno dello strato

Nr.	sp	Terreno
1	1,50	orizzonte A
2	1,50	orizzonte B
3	5,00	substrato roccioso

## Pressione al suolo

Carico trasmesso dalla fondazione al terreno 3,60 [kg/cm<sup>2</sup>]

## INIEZIONI

### Metodo Uretex Deep Injections

L'intervento di ricomprensione e consolidamento proposto ha lo scopo di aumentare la capacità portante del terreno di fondazione delle strutture all'oggetto.

La metodologia d'intervento, di proprietà dell'impresa Uretex Italia S.p.A., consiste nell'addensamento in profondità del terreno attraverso l'iniezione nello stesso di resine poliuretatiche ad alta pressione di rigonfiamento che, espandendosi, trasmettono al volume solido circostante un'azione di compattazione che ne produce l'aumento di consistenza.

47 / 70

L'esecuzione dei fori d'iniezione è prevista a mezzo di perforatori manuali elettrici a rotopercolazione con energia di battuta pari a max. 12-14 Joule e frequenza 1200-2800 colpi/minuto. Tale sistema di perforazione, ampiamente testato in edifici di elevato pregio, non trasmette vibrazioni rilevanti sulle strutture.

Le perforazioni avranno diametro compreso fra 18 e 26 mm e saranno eseguite attraverso la fondazione per una lunghezza massima di Hmax m oltre lo spessore della stessa.

In questo modo sarà possibile raggiungere con precisione il terreno da trattare e localizzare accuratamente l'effetto delle iniezioni.

La posa dei condotti d'iniezione avverrà al termine della perforazione; dopodiché si inizierà ad iniettare utilizzando una pistola che, innestandosi a boccafora, immetterà nel condotto interrato la resina ad alta pressione di rigonfiamento preventivamente miscelata in un'apposita camera di premiscelazione contenuta all'interno della stessa.



Gli operatori interromperanno l'immissione di resine nel terreno qualora rilevassero un eccessivo aumento della pressione, al raggiungimento di valori prestabiliti di volume di resina iniettato oppure in conseguenza al rilevamento di un principio di sollevamento della struttura. La sequenza dei fori attraverso i quali eseguire l'iniezione, nonché le modalità di esecuzione e controllo del trattamento saranno pianificate ed oggetto di uno specifico progetto realizzato sulla base degli obiettivi da raggiungersi.

I punti d'iniezione seguiranno una successione alternata, in modo da favorire l'inizio del processo di dissipazione delle pressioni che saranno prodotte dal rigonfiamento della resina nel terreno.

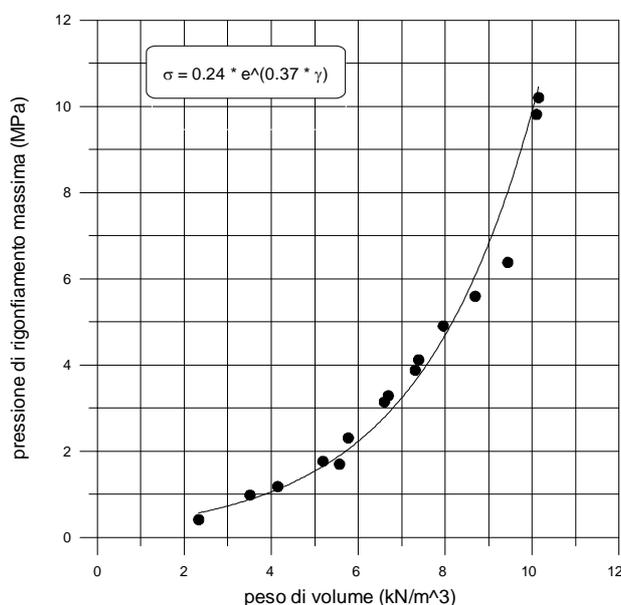
L'intera durata dei lavori sarà monitorata attraverso specifica strumentazione laser atta a rilevare movimenti della struttura con precisione  $> 0,1$  mm.

### **Caratteristiche resina Uretex Geoplus**

La resina espandente prevista per il consolidamento del terreno, testata presso i laboratori dell'Università di Padova, possiede alcune particolari caratteristiche determinanti per la buona riuscita dell'intervento. Di seguito ne sono riportate le più significative ed interessanti per il lavoro in oggetto:

## Pressione di rigonfiamento

La pressione massima di rigonfiamento della resina ottenuta in condizioni edometriche è pari a 10,2 MPa. L'andamento delle pressioni di rigonfiamento al variare del grado di confinamento è riportato nel grafico seguente.



L'analisi delle singole prove unita alle indagini in sito permette di identificare le tensioni totali applicate al terreno durante il trattamento d'iniezione.

## Tempo di reazione

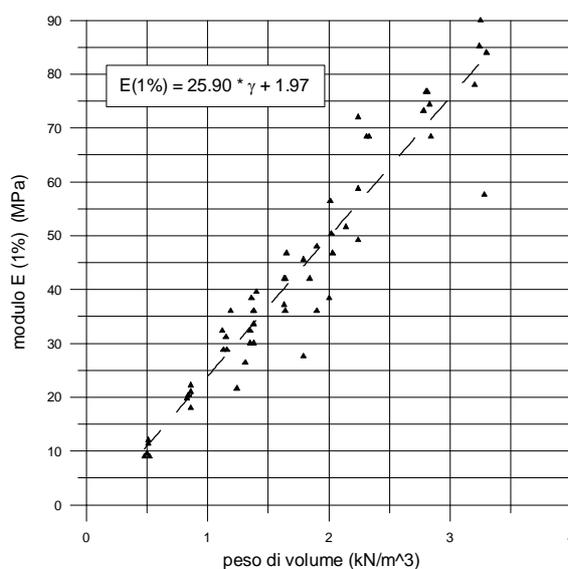
Il tempo di completamento della reazione di polimerizzazione della resina è molto rapido (nell'ordine dei secondi). Tale caratteristica permette al materiale di rimanere confinato nell'intorno più prossimo al punto d'iniezione, senza defluire troppo lontano;





### Modulo di elasticità

Il modulo d'elasticità della resina espansa varia da 10 MPa ad 80 MPa a seconda del peso di volume raggiunto a reazione ultimata.



Tale caratteristica permette al terreno trattato di mantenere una rigidità globale paragonabile con quella del terreno naturale, evitando anomale ridistribuzioni di tensioni.

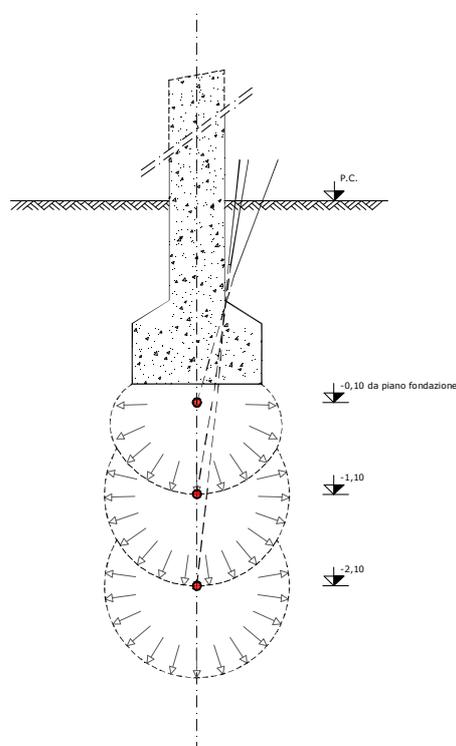
### Compatibilità ambientale

La resina espandente Uretek Geoplus possiede una certificazione di compatibilità ambientale in ottemperanza alle normative vigenti in materia d'inquinamento dei siti.

## MODALITÀ D'INIEZIONE

### Reticolo dei punti di trattamento

È d'importanza non certo marginale la scelta della posizione e dell'interasse dei punti d'iniezione. Qualora si tratti il terreno di fondazione di elementi strutturali molto rigidi, è giustificata una distribuzione delle iniezioni che tenga in considerazione la capacità di ripartizione dei carichi degli stessi. Risulterà economicamente vantaggioso in termini di consumo di materiale, localizzare le iniezioni nel volume di terreno maggiormente interessato dalle tensioni indotte dai carichi sopra stanti (Stilley, 1982).



L'interasse delle iniezioni, è solitamente pari a ca. 1,0/1,5 m con centro dell'iniezione all'interno della proiezione orizzontale dell'elemento strutturale rigido.

Nel trattamento di elementi fondazionali piani (platee), i punti d'iniezione vengono posizionati su una griglia a maglia triangolare; potrebbe risultare efficace la realizzazione di ulteriori una o due file d'iniezioni lungo il perimetro della zona da trattare così da confinare l'intervento specialmente in quei casi in cui l'effetto addensante risulti di tipo anisotropo o qualora elementi strutturali esterni alla zona d'intervento abbiano un'influenza sulla stessa (Bandiere, 1997).

Si prescrivono nello specifico le seguenti iniezioni:

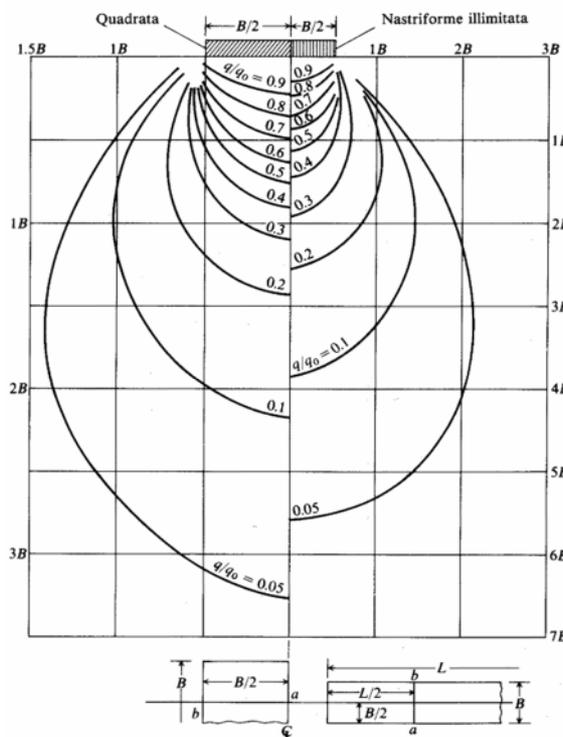
*Simbologia adottata*

- Nr.           Indice livello di iniezione
- l*            Interasse iniezioni dello stesso livello, espresso in [m]
- H*           Profondità livello iniezione (rispetto al piano di posa) espressa in [m]

Nr.	<i>l</i>	<i>H</i>
1	0,90	0,10
2	0,90	1,10

**Volume trattato**

Tenute in giusto conto sia la geologia specifica che la distribuzione delle tensioni all'interno del terreno elaborata da Boussinesq (vedi fig. 8), secondo la quale nel caso di fondazioni nastriformi ad una profondità pari a due volte la larghezza delle fondazioni si registrano tensioni inferiori al 30 per cento di quelle agenti in superficie, appare giustificato un intervento che preveda il consolidamento di ca. ( $H_{max}+1$ ) m di terreno (a partire dal piano d'appoggio della fondazione) a mezzo di iniezioni eseguite su *N*. livelli.



L'addensamento indotto al terreno dalle iniezioni produrrà un aumento del valore del modulo elastico del sistema terreno/resina. Lo stesso manterrà comunque rigidità

paragonabili a quelle del terreno naturale ed inferiori rispetto a quelle di opere di consolidamento di tipo rigido (pali) per svariati ordini di grandezza. Saranno quindi possibili limitati assestamenti futuri in special modo in corrispondenza di giunzioni tra le porzioni d'edificio trattate ed eventuali altre poste in adiacenza ad esse o fondate su elementi strutturali profondi.

### **Consumi previsti**

In fase di modellazione si analizza il processo a partire dai seguenti consumi previsti per singolo punto d'iniezione:

#### **Interasse perforazioni 0,90 [m]**

<b>Nr.</b>	<b>I</b>	<b>H</b>	<b>Vri_target</b>
1	0,90	0,10	10,00
2	0,90	1,10	14,00

## INQUADRAMENTO TEORICO E SIMULAZIONE DEL PROCESSO DI ESPANSIONE

### **Considerazioni generali**

53 / 70

Durante il processo di espansione della resina si sviluppa un'elevata pressione di rigonfiamento, la quale aumenta con il grado di confinamento a cui è soggetto il materiale durante l'iniezione.

L'azione consolidante risulterà pertanto tanto maggiore quanto più elevate saranno le pressioni di contrasto offerte dal terreno.

L'inquadrimento teorico del processo di consolidamento, operato dalla resina, può essere trattato mediante la teoria dell'espansione di una cavità sferica/cilindrica proposta da Yu e Housby (1991).

Il modello si basa sulle seguenti ipotesi:

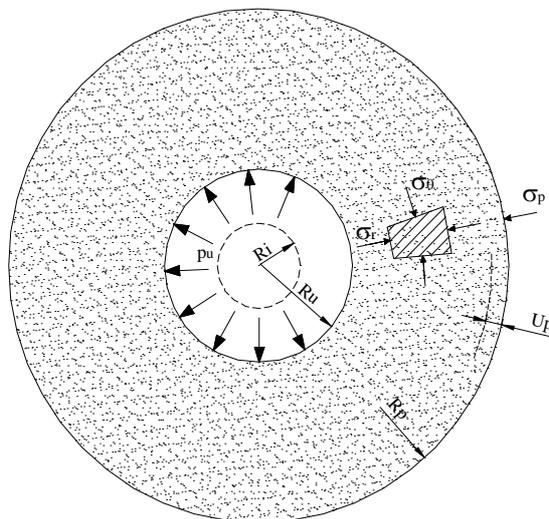
- si considera un mezzo tridimensionale illimitato costituito da terreno omogeneo, isotropo, dilatante, elastico-perfettamente plastico;

- il terreno contiene una singola cavità cilindrica o sferica;

- il raggio iniziale della cavità è  $a_0$  e la cavità è soggetta ad una pressione idrostatica iniziale  $p_0$ ;



- la pressione  $p$  all'interno della cavità viene incrementata gradualmente, in modo da assumere trascurabili gli eventuali effetti dinamici;
- l'espansione della cavità viene seguita sommando i contributi derivanti da un'analisi a grandi deformazioni nella regione plasticizzata e da una soluzione a piccole deformazioni nella regione elastica.



Il procedimento proposto dagli Autori è il seguente (per il significato di alcuni simboli si rimanda alla memoria originale sopra citata):

1. Scelta dei parametri di input:  $E, \nu, c, \phi, \psi, p_0, m$ ;
2. Calcolo dei parametri derivati:  $G, M, \alpha, \beta, Y, \gamma, \delta, \eta, \xi$ ;
3. Per pressioni  $p < p_1$  (pressione necessaria a innescare la plasticizzazione del mezzo) si calcola il raggio della cavità nell'ipotesi di deformazione elastica di piccola entità;
4. Per qualunque valore della pressione  $p$  della cavità (compreso fra  $p_1$ , pressione di plasticizzazione, e  $p$ , pressione limite) si calcola il rapporto della pressione di cavità  $R$ ;
5. Si determina il valore del parametro  $\Delta 1$ ;
6. Si valutano il rapporto  $a/a_0$  ( $a$ : raggio della cavità durante il carico;  $a_0$ : raggio iniziale della cavità), lo spostamento radiale dalla configurazione iniziale  $u$ , e la deformazione della superficie perimetrale della cavità  $\epsilon$ .

I passaggi dalla (4) alla (6) possono essere ripetuti al fine di definire completamente la relazione tensioni della cavità-deformazioni.

### Ipotesi di calcolo

Lo stato tensionale iniziale, trasmesso dai carichi in superficie sotto la fondazione, è schematizzato sulla base di quanto riportato nella teoria di Boussinesq; lo stato tensionale finale, dopo l'iniezione e conseguente espansione della resina, viene invece determinato utilizzando la teoria sopra esposta a mezzo di un software sviluppato internamente da Urettek Italia S.p.A.

Il programma in questione fornisce quale output il quantitativo di materiale necessario ad ottenerne una  $\sigma'_v$  di progetto partendo dai parametri del terreno indisturbato.

La variabile dell'analisi è il raggio d'influenza della singola iniezione, che è scelto in modo tale da permettere la compenetrazione dei volumi di terreno sensibili all'effetto consolidante indotto dall'espansione della resina, in considerazione della tipologia di schema distributivo e dell'interasse dei punti d'iniezione.

Il volume espanso della resina è calcolabile partendo dal volume di liquido iniettato utilizzando una relazione sperimentale funzione della tensione di confinamento e del peso di volume della resina ai vari gradi d'espansione.

### Parametri del terreno

Partendo dal nuovo stato tensionale indotto dall'espansione della resina, attraverso le seguenti relazioni, per terreni granulari  $q_c = \sigma'_v * e^{5.241 * \tan \phi}$  per terreni coesivi  $Cu / \sigma'_v = 0.22 * OCR^{0.8}$   $q_c = 20 * Cu + \sigma'_v$  si può risalire alla resistenza alla punta  $q_c$  lungo una verticale posta ad una distanza prestabilita dal punto d'iniezione (Raggio\_cpt).

Essendo il terreno, nel caso specifico, di natura prevalentemente granulare, verrà considerato solamente un miglioramento in termini di resistenza alla punta dovuto all'incremento dello stato tensionale, trascurando gli effetti che l'espansione potrebbe produrre in termini aumento dell'angolo di resistenza al taglio del terreno.

## RISULTATI SOFTWARE URETEK

### Risultati

#### Simbologia adottata

n° Numero livello

Prof1 Profondità dal piano fondazione espressa in [m]

Prof2 Profondità dal piano campagna espressa in [m]

V<sub>ri</sub> Volume resina iniezione espresso in dmc

V<sub>re</sub> Volume resina espansa espresso in dmc

V<sub>i</sub> Volume influenza espresso in dmc

Resp Rapporto di espansione (V<sub>re</sub>/V<sub>ri</sub>)

R<sub>a</sub> Raggio resina espresso in [m]

R<sub>b</sub> Raggio plastico espresso in [m]

R<sub>c</sub> Raggio elastico espresso in [m]

q<sub>Cold</sub> espressa in [kg/cm<sup>2</sup>]

q<sub>new</sub> espressa in [kg/cm<sup>2</sup>]

σ'<sub>v0</sub> espressa in [kg/cm<sup>2</sup>]

Δσ' espressa in [kg/cm<sup>2</sup>]

σ'<sub>old</sub> espressa in [kg/cm<sup>2</sup>]

σ'<sub>new</sub> espressa in [kg/cm<sup>2</sup>]

pL Pressione limite espressa in [kg/cm<sup>2</sup>]

n°	Prof1	Prof2	V <sub>ri</sub>	q <sub>Cold</sub>	q <sub>new</sub>	Inc
1	0,10	1,60	10,03	4,81	65,95	1270,74
2	1,10	2,60	14,01	7,89	31,70	301,52

n°	Prof1	Prof2	V <sub>ri</sub>	V <sub>re</sub>	Resp	V <sub>i</sub>
1	0,10	1,60	10,03	17,12	1,71	4201,37
2	1,10	2,60	14,01	31,97	2,28	8142,02

n°	Prof1	Prof2	R <sub>a</sub>	R <sub>b</sub>	R <sub>c</sub>
1	0,10	1,60	0,06	0,24	1,00
2	1,10	2,60	0,06	0,29	1,25

n°	Prof1	Prof2	σ' <sub>v0</sub>	Δσ'	σ' <sub>old</sub>	σ' <sub>new</sub>	pL
1	0,10	1,60	0,30	3,57	3,86	4,06	36,70
2	1,10	2,60	0,49	1,37	1,85	1,95	23,00



## CONCLUSIONI

L'attendibilità del procedimento di calcolo adottato è stata verificata a mezzo sperimentazioni condotte comparando i risultati teorici con test penetrometrici comparativi realizzati in cantieri reali.





RELAZIONE DI CALCOLO PER UN INTERVENTO DI  
CONSOLIDAMENTO DEL TERRENO CON METODO URETEK DEEP  
INJECTIONS E RESINA URETEK GEOPLUS

Progetto: consolidamento fondale p.zza nievo l3 2s

Ditta: vo l3 2s



## PARAMETRI DI PROGETTO

### Geometria della fondazione

#### Simbologia adottata

Descrizione Descrizione della fondazione

B	Lato minore della fondazione espresso in [m]
L	Lato maggiore della fondazione espresso in [m]
D	Profondità del piano di posa della fondazione in [m]

Descrizione	B	L	D
Fondazione	0,80	10,00	0,60

### Descrizione terreni

#### Simbologia adottata

Nr. Indice del terreno

Descrizione Descrizione terreno

$\gamma$	Peso di volume del terreno espresso in [kg/mc]
$\phi'$	Angolo di resistenza al taglio espresso in [°]
$c_u$	Resistenza al taglio non drenata espressa in [kg/cm <sup>q</sup> ]
E	Modulo di Young espresso in [kg/cm <sup>q</sup> ]
$\nu$	Coefficiente di Poisson
K0	Coefficiente di spinta a riposo.

59 / 70

Descrizione	$\gamma$	$\phi'$	$c_u$	E	$\nu$	K0	
orizzonte A	1850	25.00	0,100	300,00	0,35	0,58	
orizzonte B	1900	28.00	0,100	434,00	0,35	0,53	
substrato roccioso		1950	1.00	1,000	200,00	0,35	0,40

### Stratigrafia

#### Simbologia adottata

Nr. Indice dello strato

sp Spessore dello strato espresso in [m]

Terreno Terreno dello strato

Nr.	sp	Terreno
1	1,00	orizzonte A



2	1,50	orizzonte B
3	5,00	substrato roccioso

## Pressione al suolo

Carico trasmesso dalla fondazione al terreno 0,73 [kg/cmq]

## INIEZIONI

### Metodo Urettek Deep Injections

L'intervento di ricomprensione e consolidamento proposto ha lo scopo di aumentare la capacità portante del terreno di fondazione delle strutture all'oggetto.

La metodologia d'intervento, di proprietà dell'impresa Urettek Italia S.p.A., consiste nell'addensamento in profondità del terreno attraverso l'iniezione nello stesso di resine poliuretatiche ad alta pressione di rigonfiamento che, espandendosi, trasmettono al volume solido circostante un'azione di compattazione che ne produce l'aumento di consistenza.

L'esecuzione dei fori d'iniezione è prevista a mezzo di perforatori manuali elettrici a rotopercolazione con energia di battuta pari a max. 12-14 Joule e frequenza 1200-2800 colpi/minuto. Tale sistema di perforazione, ampiamente testato in edifici di elevato pregio, non trasmette vibrazioni rilevanti sulle strutture.

60 / 70

Le perforazioni avranno diametro compreso fra 18 e 26 mm e saranno eseguite attraverso la fondazione per una lunghezza massima di Hmax m oltre lo spessore della stessa.

In questo modo sarà possibile raggiungere con precisione il terreno da trattare e localizzare accuratamente l'effetto delle iniezioni.

La posa dei condotti d'iniezione avverrà al termine della perforazione; dopodichè si inizierà ad iniettare utilizzando una pistola che, innestandosi a boccafora, immetterà nel condotto interrato la resina ad alta pressione di rigonfiamento preventivamente miscelata in un'apposita camera di premiscelazione contenuta all'interno della stessa.

Gli operatori interromperanno l'immissione di resine nel terreno qualora rilevassero un eccessivo aumento della pressione, al raggiungimento di valori prestabiliti di volume di resina iniettato oppure in conseguenza al rilevamento di un principio di sollevamento della struttura. La sequenza dei fori attraverso i quali eseguire l'iniezione, nonché le modalità di esecuzione e controllo del trattamento saranno pianificate ed oggetto di uno specifico progetto realizzato sulla base degli obiettivi da raggiungersi.



I punti d'iniezione seguiranno una successione alternata, in modo da favorire l'inizio del processo di dissipazione delle pressioni che saranno prodotte dal rigonfiamento della resina nel terreno.

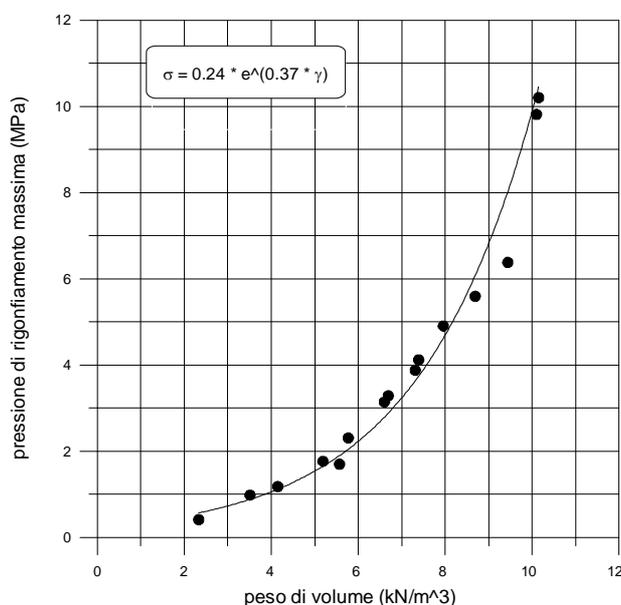
L'intera durata dei lavori sarà monitorata attraverso specifica strumentazione laser atta a rilevare movimenti della struttura con precisione  $> 0,1$  mm.

### **Caratteristiche resina Uretek Geoplus**

La resina espandente prevista per il consolidamento del terreno, testata presso i laboratori dell'Università di Padova, possiede alcune particolari caratteristiche determinanti per la buona riuscita dell'intervento. Di seguito ne sono riportate le più significative ed interessanti per il lavoro in oggetto:

## Pressione di rigonfiamento

La pressione massima di rigonfiamento della resina ottenuta in condizioni edometriche è pari a 10,2 MPa. L'andamento delle pressioni di rigonfiamento al variare del grado di confinamento è riportato nel grafico seguente.



L'analisi delle singole prove unita alle indagini in sito permette di identificare le tensioni totali applicate al terreno durante il trattamento d'iniezione.

## Tempo di reazione

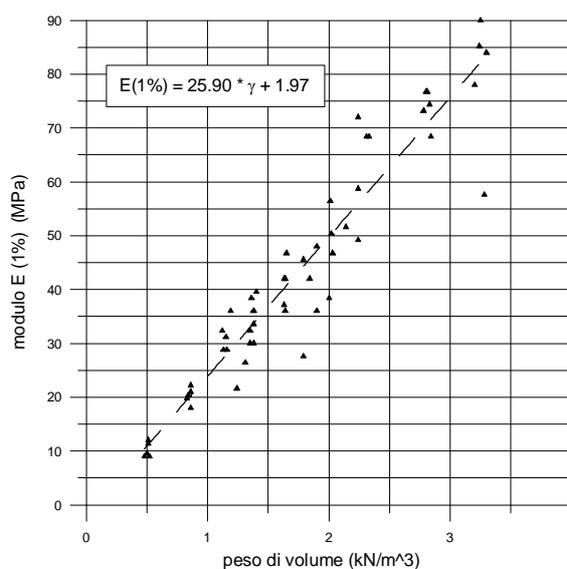
Il tempo di completamento della reazione di polimerizzazione della resina è molto rapido (nell'ordine dei secondi). Tale caratteristica permette al materiale di rimanere confinato nell'intorno più prossimo al punto d'iniezione, senza defluire troppo lontano;





### Modulo di elasticità

Il modulo d'elasticità della resina espansa varia da 10 MPa ad 80 MPa a seconda del peso di volume raggiunto a reazione ultimata.



Tale caratteristica permette al terreno trattato di mantenere una rigidità globale paragonabile con quella del terreno naturale, evitando anomale ridistribuzioni di tensioni.

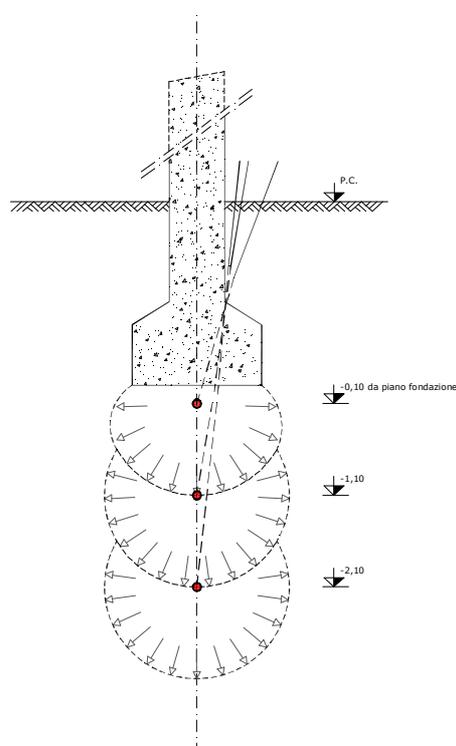
### Compatibilità ambientale

La resina espandente Uretek Geoplus possiede una certificazione di compatibilità ambientale in ottemperanza alle normative vigenti in materia d'inquinamento dei siti.

## MODALITÀ D'INIEZIONE

### Reticolo dei punti di trattamento

È d'importanza non certo marginale la scelta della posizione e dell'interasse dei punti d'iniezione. Qualora si tratti il terreno di fondazione di elementi strutturali molto rigidi, è giustificata una distribuzione delle iniezioni che tenga in considerazione la capacità di ripartizione dei carichi degli stessi. Risulterà economicamente vantaggioso in termini di consumo di materiale, localizzare le iniezioni nel volume di terreno maggiormente interessato dalle tensioni indotte dai carichi sopra stanti (Stilley, 1982).



L'interasse delle iniezioni, è solitamente pari a ca. 1,0/1,5 m con centro dell'iniezione all'interno della proiezione orizzontale dell'elemento strutturale rigido.

Nel trattamento di elementi fondazionali piani (platee), i punti d'iniezione vengono posizionati su una griglia a maglia triangolare; potrebbe risultare efficace la realizzazione di ulteriori una o due file d'iniezioni lungo il perimetro della zona da trattare così da confinare l'intervento specialmente in quei casi in cui l'effetto addensante risulti di tipo anisotropo o qualora elementi strutturali esterni alla zona d'intervento abbiano un'influenza sulla stessa (Bandiere, 1997).

Si prescrivono nello specifico le seguenti iniezioni:

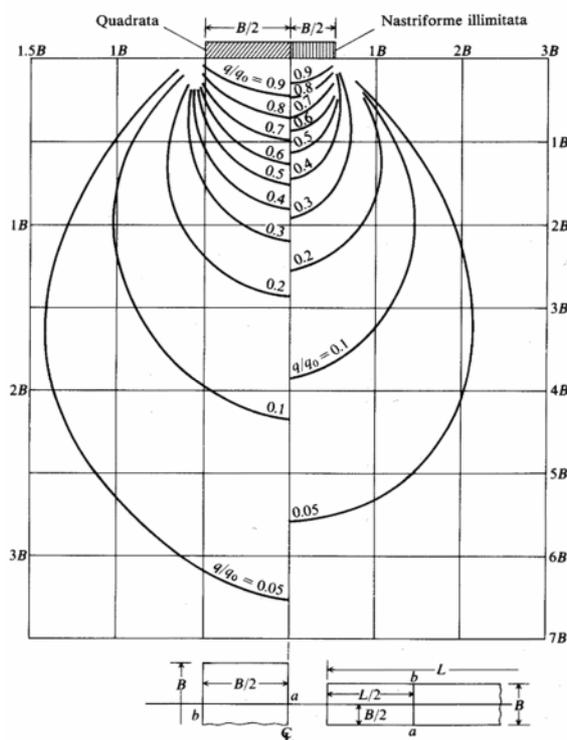
Simbologia adottata

- Nr.           Indice livello di iniezione
- I*            Interasse iniezioni dello stesso livello, espresso in [m]
- H*           Profondità livello iniezione (rispetto al piano di posa) espressa in [m]

Nr.	<i>I</i>	<i>H</i>
1	0,90	0,10
2	0,90	1,10

Volume trattato

Tenute in giusto conto sia la geologia specifica che la distribuzione delle tensioni all'interno del terreno elaborata da Boussinesq (vedi fig. 8), secondo la quale nel caso di fondazioni nastriformi ad una profondità pari a due volte la larghezza delle fondazioni si registrano tensioni inferiori al 30 per cento di quelle agenti in superficie, appare giustificato un intervento che preveda il consolidamento di ca. ( $H_{max}+1$ ) m di terreno (a partire dal piano d'appoggio della fondazione) a mezzo di iniezioni eseguite su *N*. livelli.



L'addensamento indotto al terreno dalle iniezioni produrrà un aumento del valore del modulo elastico del sistema terreno/resina. Lo stesso manterrà comunque rigidità paragonabili a quelle del terreno naturale ed inferiori rispetto a quelle di opere di consolidamento di tipo rigido (pali) per svariati ordini di grandezza. Saranno quindi possibili limitati assestamenti futuri in special modo in corrispondenza di giunzioni tra le

porzioni d'edificio trattate ed eventuali altre poste in adiacenza ad esse o fondate su elementi strutturali profondi.

### **Consumi previsti**

In fase di modellazione si analizza il processo a partire dai seguenti consumi previsti per singolo punto d'iniezione:

#### **Interasse perforazioni 0,90 [m]**

<b>Nr.</b>	<b>I</b>	<b>H</b>	<b>Vri_target</b>
1	0,90	0,10	10,00
2	0,90	1,10	14,00

## INQUADRAMENTO TEORICO E SIMULAZIONE DEL PROCESSO DI ESPANSIONE

### **Considerazioni generali**

Durante il processo di espansione della resina si sviluppa un'elevata pressione di rigonfiamento, la quale aumenta con il grado di confinamento a cui è soggetto il materiale durante l'iniezione.

66 / 70

L'azione consolidante risulterà pertanto tanto maggiore quanto più elevate saranno le pressioni di contrasto offerte dal terreno.

L'inquadrimento teorico del processo di consolidamento, operato dalla resina, può essere trattato mediante la teoria dell'espansione di una cavità sferica/cilindrica proposta da Yu e Housby (1991).

Il modello si basa sulle seguenti ipotesi:

- si considera un mezzo tridimensionale illimitato costituito da terreno omogeneo, isotropo, dilatante, elastico-perfettamente plastico;

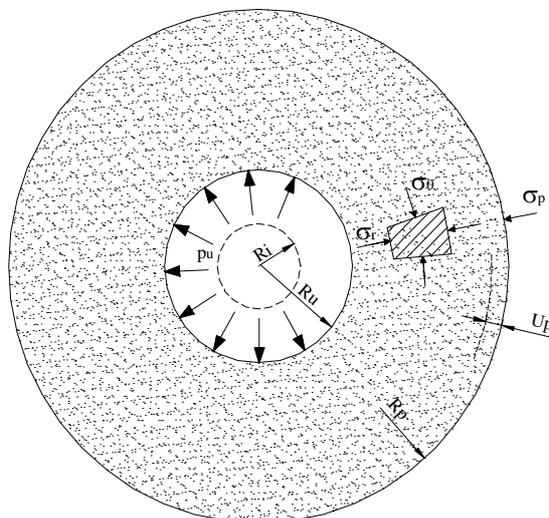
- il terreno contiene una singola cavità cilindrica o sferica;

- il raggio iniziale della cavità è  $a_0$  e la cavità è soggetta ad una pressione idrostatica iniziale  $p_0$ ;

- la pressione  $p$  all'interno della cavità viene incrementata gradualmente, in modo da assumere trascurabili gli eventuali effetti dinamici;



- l'espansione della cavità viene seguita sommando i contributi derivanti da un'analisi a grandi deformazioni nella regione plasticizzata e da una soluzione a piccole deformazioni nella regione elastica.



Il procedimento proposto dagli Autori è il seguente (per il significato di alcuni simboli si rimanda alla memoria originale sopra citata):

1. Scelta dei parametri di input:  $E, \nu, c, \phi, \psi, p_0, m$ ;

2. Calcolo dei parametri derivati:  $G, M, \alpha, \beta, Y, \gamma, \delta, \eta, \xi$ ;

3. Per pressioni  $p < p_1$  (pressione necessaria a innescare la plasticizzazione del mezzo) si calcola il raggio della cavità nell'ipotesi di deformazione elastica di piccola entità;

4. Per qualunque valore della pressione  $p$  della cavità (compreso fra  $p_1$ , pressione di plasticizzazione, e  $p$ , pressione limite) si calcola il rapporto della pressione di cavità  $R$ ;

5. Si determina il valore del parametro  $\Delta 1$ ;

6. Si valutano il rapporto  $a/a_0$  ( $a$ : raggio della cavità durante il carico;  $a_0$ : raggio iniziale della cavità), lo spostamento radiale dalla configurazione iniziale  $u$ , e la deformazione della superficie perimetrale della cavità  $\epsilon$ .

I passaggi dalla (4) alla (6) possono essere ripetuti al fine di definire completamente la relazione tensioni della cavità-deformazioni.

## Ipotesi di calcolo

Lo stato tensionale iniziale, trasmesso dai carichi in superficie sotto la fondazione, è schematizzato sulla base di quanto riportato nella teoria di Boussinesq; lo stato tensionale finale, dopo l'iniezione e conseguente espansione della resina, viene invece determinato utilizzando la teoria sopra esposta a mezzo di un software sviluppato internamente da Urettek Italia S.p.A.

Il programma in questione fornisce quale output il quantitativo di materiale necessario ad ottenerne una  $\sigma_v$  di progetto partendo dai parametri del terreno indisturbato.

La variabile dell'analisi è il raggio d'influenza della singola iniezione, che è scelto in modo tale da permettere la compenetrazione dei volumi di terreno sensibili all'effetto consolidante indotto dall'espansione della resina, in considerazione della tipologia di schema distributivo e dell'interasse dei punti d'iniezione.

Il volume espanso della resina è calcolabile partendo dal volume di liquido iniettato utilizzando una relazione sperimentale funzione della tensione di confinamento e del peso di volume della resina ai vari gradi d'espansione.

## Parametri del terreno

Partendo dal nuovo stato tensionale indotto dall'espansione della resina, attraverso le seguenti relazioni, per terreni granulari  $q_c = \sigma_v' * e^{5.241 * \tan \phi}$  per terreni coesivi  $Cu / \sigma_v' = 0.22 * OCR^{0.8}$   $q_c = 20 * Cu + \sigma_v'$  si può risalire alla resistenza alla punta  $q_c$  lungo una verticale posta ad una distanza prestabilita dal punto d'iniezione (Raggio\_cpt).

Essendo il terreno, nel caso specifico, di natura prevalentemente granulare, verrà considerato solamente un miglioramento in termini di resistenza alla punta dovuto all'incremento dello stato tensionale, trascurando gli effetti che l'espansione potrebbe produrre in termini aumento dell'angolo di resistenza al taglio del terreno.

## RISULTATI SOFTWARE URETEK

### Risultati

#### Simbologia adottata

n° Numero livello

Prof1 Profondità dal piano fondazione espressa in [m]

Prof2 Profondità dal piano campagna espressa in [m]

V<sub>ri</sub> Volume resina iniezione espresso in dmc

V<sub>re</sub> Volume resina espansa espresso in dmc

V<sub>i</sub> Volume influenza espresso in dmc

Resp Rapporto di espansione (V<sub>re</sub>/V<sub>ri</sub>)

R<sub>a</sub> Raggio resina espresso in [m]

R<sub>b</sub> Raggio plastico espresso in [m]

R<sub>c</sub> Raggio elastico espresso in [m]

q<sub>Cold</sub> espressa in [kg/cm<sup>2</sup>]

q<sub>Cnew</sub> espressa in [kg/cm<sup>2</sup>]

σ'<sub>v0</sub> espressa in [kg/cm<sup>2</sup>]

Δσ' espressa in [kg/cm<sup>2</sup>]

σ'<sub>old</sub> espressa in [kg/cm<sup>2</sup>]

σ'<sub>new</sub> espressa in [kg/cm<sup>2</sup>]

pL Pressione limite espressa in [kg/cm<sup>2</sup>]

n°	Prof1	Prof2	V <sub>ri</sub>	q <sub>Cold</sub>	q <sub>Cnew</sub>	Inc
1	0,10	0,70	10,00	1,49	10,84	626,81
2	1,10	1,70	14,03	5,16	10,57	104,84

n°	Prof1	Prof2	V <sub>ri</sub>	V <sub>re</sub>	Resp	V <sub>i</sub>
1	0,10	0,70	10,00	36,14	3,61	7967,14
2	1,10	1,70	14,03	48,82	3,48	12638,40

n°	Prof1	Prof2	R <sub>a</sub>	R <sub>b</sub>	R <sub>c</sub>
1	0,10	0,70	0,05	0,31	1,24
2	1,10	1,70	0,05	0,34	1,44

n°	Prof1	Prof2	σ' <sub>v0</sub>	Δσ'	σ' <sub>old</sub>	σ' <sub>new</sub>	pL
1	0,10	0,70	0,13	0,73	0,85	0,94	10,99



2 1,10 1,70 0,32 0,31 0,63 0,65 11,67

## CONCLUSIONI

L'attendibilità del procedimento di calcolo adottato è stata verificata a mezzo sperimentazioni condotte comparando i risultati teorici con test penetrometrici comparativi realizzati in cantieri reali.

### **13 AFFIDABILITA' DEL CODICE DI CALCOLO E VERIFICA ATTENDIBILITA' RISULTATI OTTENUTI**

Poiché l'analisi strutturale e le relative verifiche sono state condotte con l'ausilio di codici di calcolo automatico, si riporta di seguito la verifica dell'affidabilità del codice utilizzato e dell'attendibilità dei risultati ottenuti.

La valutazione dell'affidabilità del codice di calcolo e l'idoneità dello stesso al caso è stata effettuata analizzando l'allegato "Scientific Book " di Uretex, nel quale sono riportati i contributi scientifici allo sviluppo delle tecniche di consolidamento con resine espandenti.

In particolare, al cap.2 "Modellazione Analitica del miglioramento del terreno attraverso iniezioni di resina espandente ad alta pressione d'espansione", viene illustrato l'approccio teorico utilizzato dal codice di calcolo con tutte le sue formulazioni, riportate anche nei tabulati di calcolo presenti in relazione, inoltre i risultati teorici sono stati confrontati con i risultati reali ottenuti nell'ambito di cantieri reali in relazione a test penetrometrici comparativi .

70 / 70



# URETEK

---

## SCIENTIFIC BOOK

---

RACCOLTA MEMORIE SCIENTIFICHE PUBBLICATE IN CONVEGNI NAZIONALI E INTERNAZIONALI INERENTI LA TECNOLOGIA URETEK DEEP INJECTIONS®



# URETEK

---

**SCIENTIFIC BOOK**

---

RACCOLTA MEMORIE SCIENTIFICHE PUBBLICATE IN CONVEGNI NAZIONALI E INTERNAZIONALI INERENTI LA TECNOLOGIA URETEK DEEP INJECTIONS®



*Questo libro,  
rappresenta la prima  
raccolta di contributi  
scientifici sul tema  
del consolidamento  
dei terreni con iniezioni  
di resine espandenti.*

Carlo Canteri, fondatore di Uretek S.r.l. ed inventore del metodo Uretek Deep Injections®, è stato un autentico pioniere per il settore ed è proprio grazie alle sue intuizioni che questa tecnologia è diventata un'autentica arma in più nelle mani di tecnici e progettisti che intendano migliorare i parametri del terreno con un metodo poco invasivo.

L'intensa attività di ricerca, promossa e sostenuta da Uretek in tutto il mondo, ha stimolato professionisti ed accademici ad interessarsi di questo microsettore della geotecnica e così, nel corso degli anni, sono state presentate interessanti memorie in convegni internazionali in Italia (Palermo, Abano Terme e Torino) e all'estero (Coimbra, Singapore, Parigi, Graz e Trondheim).

I contributi raccolti in questo volume, spaziano dalla descrizione di case history particolari, ai metodi di progettazione e modellazione fino all'applicazione della tecnologia Uretek Deep Injections® per l'attenuazione degli effetti indesiderati indotti da vibrazioni, ritiro e rigonfiamento dei terreni.

Il consolidamento del terreno con iniezioni di resina espandente è oggi una tecnologia che poggia su solide basi scientifiche e fa parte dei programmi di corsi universitari sul consolidamento dei terreni. Questa raccolta vuole essere uno strumento che consente a chiunque lo desideri, di approfondire le proprie conoscenze sul tema e capire quali sono le caratteristiche fondamentali per la buona riuscita di un intervento.

I vari autori delle memorie, concordano di fatto su alcuni punti essenziali che devono caratterizzare un giusto approccio al problema, ovvero la necessità di: un'adeguata campagna geognostica, una progettazione specifica, un monitoraggio in tempo reale ed una miscela d'iniezione con tempi rapidi d'indurimento che eviti la dispersione del materiale lontano dal punto d'iniezione.

Si ringraziano tutti coloro che nel corso degli anni hanno contribuito allo sviluppo della tecnologia Uretek Deep Injections® e chiunque abbia voglia di leggere questa raccolta.

*Uretek S.r.l.  
Ufficio sviluppo e ricerca*

# 1

pag. 2

**INTERVENTI DI CONSOLIDAMENTO DEI TERRENI DI FONDAZIONE DI UNA TORRE CAMPANARIA CON INIEZIONI DI RESINA AD ALTA PRESSIONE D'ESPANSIONE**

.....

Memoria presentata al  
XXII Convegno Nazionale di Geotecnica  
Italia: Palermo, 22 - 24 settembre 2004

# 2

pag. 10

**MODELLAZIONE ANALITICA DEL MIGLIORAMENTO DEL TERRENO ATTRAVERSO INIEZIONI DI RESINA AD ALTA PRESSIONE D'ESPANSIONE**

.....

Memoria presentata alla 6<sup>th</sup> International  
Conference on Ground Improvement Techniques  
Portogallo: Coimbra, 18 - 19 luglio 2005

# 3

pag. 16

**MODELLAZIONE NUMERICA DI UN INTERVENTO DI CONSOLIDAMENTO DEL TERRENO DI FONDAZIONE DI UN PALAZZO STORICO REALIZZATO CON INIEZIONI DI RESINA POLIURETANICA AD ALTA PRESSIONE D'ESPANSIONE**

.....

Memoria presentata al  
XXIII Convegno Nazionale di Geotecnica  
Italia: Abano Terme (PD), 16 - 18 maggio 2007

# 4

pag. 24

**UTILIZZO DI INIEZIONI DI RESINE POLIMERICHE ALTAMENTE ESPANDENTI PER LA MITIGAZIONE DEL RISCHIO DI COLLASSO DELLE FONDAZIONI DI STRUTTURE ESISTENTI DOVUTO A FENOMENI SISMICI**

.....

Memoria presentata alla  
8<sup>th</sup> Pacific Conference on Earthquake Engineering  
Singapore: 5 - 7 dicembre 2007

# 5

pag. 29

**CONCEPTUAL MODEL FOR THE REMEDIATION OF EXPANSIVE CLAY FOUNDATIONS USING EXPANDING POLYURETHANE RESIN**

.....

Memoria presentata al SEC 2008 - Symposium  
International Sécheresse et Constructions  
Francia: Parigi, 1 -7 settembre 2008

# 6

pag. 34

**CONSOLIDAMENTO DEL TERRENO MEDIANTE L'INIEZIONE DI RESINE POLIURETANICHE PER L'ATTENUAZIONE DEL RIGONFIAMENTO E DEL RITIRO DI TERRENI ARGILLOSI**

.....

Memoria presentata al SEC 2008 - Symposium  
International Sécheresse et Constructions  
Francia: Parigi, 1 -7 settembre 2008

# 7

pag. 38

**RIDUZIONE DELLE VIBRAZIONI ATTRAVERSO L'INSERIMENTO NEL TERRENO DI UN CORPO ISOLANTE FACILE DA POSARE IN OPERA, EFFICIENTE ED ECONOMICO**

.....

Memoria presentata al  
Christian Veder Kolloquium  
Austria: Graz, 27 - 28 marzo 2008

# 8

pag. 46

**RINFORZO E ADEGUAMENTO DELLE FONDAZIONI PER SOLLECITAZIONI STATICHE E DINAMICHE**

.....

Estratto dalla memoria presentata al  
XXII ciclo delle Conferenze di Geotecnica  
Italia: Torino, 18 - 19 novembre 2009

# 9

pag. 52

**3D FEM ANALYSIS OF SOIL IMPROVING RESIN INJECTIONS UNDERNEATH A MEDIAEVAL TOWER IN ITALY**

.....

Memoria presentata al  
7<sup>th</sup> European Conference on NUMGE  
Norvegia: Trondheim, 2 - 6 giugno 2010



URETEK



## INDICE

.....  
Scientific Book

# 1

## INTERVENTI DI CONSOLIDAMENTO DEI TERRENI DI FONDAZIONE DI UNA TORRE CAMPANARIA CON INIEZIONI DI RESINA AD ALTA PRESSIONE D'ESPANSIONE.

Memoria presentata al  
XXII CONVEGNO NAZIONALE DI GEOTECNICA  
Italia: Palermo, 22 - 24 settembre 2004

**Favaretti M.**  
Università degli Studi di Padova

**Germanino G.**  
Libero professionista

**Paschetto A.**  
Urettek S.r.l.

**Vinco G.**  
Urettek S.r.l.

**PAROLE CHIAVE:** fondazioni, consolidamento, fessurazioni, iniezioni, resina.

### SOMMARIO

La memoria mira ad illustrare le modalità d'esecuzione di iniezioni di resina espandente ad alta pressione d'espansione ed i suoi effetti nel sottosuolo trattato.

Dopo un inquadramento geotecnico preliminare sull'evoluzione del processo generato da una serie ordinata di iniezioni, vengono successivamente riportati alcuni significativi risultati registrati nel corso del monitoraggio dell'intervento di consolidazione del terreno d'imposta della fondazione della torre campanaria della chiesa parrocchiale di Borgolavezzaro (NO). Di questo intervento vengono in particolare sottolineate le modalità operative, la modesta invasività ed, infine, le caratteristiche fisico-meccaniche del materiale iniettato che si mantengono pressoché inalterate nel tempo. L'aumentata conoscenza sul comportamento a breve e lungo termine della resina utilizzata e sui fenomeni d'interazione che si sviluppano tra la stessa resina espandente ed il terreno trattato consentono d'intervenire in assoluta sicurezza nel risanamento di edifici di elevato pregio.

### 1. PREMESSE

Sono sempre più numerosi e diffusi su tutto il territorio nazionale i casi in cui viene richiesto agli ingegneri di cimentarsi nel consolidamento delle strutture di edifici che nel corso degli anni hanno manifestato rilevanti e, spesso preoccupanti, evoluzioni del proprio stato fessurativo.

Le cause di questi fenomeni fessurativi sono da imputarsi, nella maggior parte dei casi, allo sviluppo di cedimenti differenziali, generati da ampliamenti o modifiche apportate al corpo di fabbrica e dalle variazioni nella distribuzione dei carichi permanenti applicati; in altre circostanze la causa dei cedimenti va ricercata nella variazione delle proprietà geotecniche

dei terreni di fondazione, dovute, ad esempio, ad un abbassamento o innalzamento della falda freatica, alla degradazione chimica di alcuni litotipi, alla rottura di impianti idraulico-sanitari, ecc..

Qualunque sia la causa del cedimento differenziale si rendono necessari degli interventi migliorativi che consentano al sistema struttura-terreno di adeguarsi al nuovo quadro statico. Ciò può essere perseguito principalmente in due modi: (1) il consolidamento strutturale delle fondazioni; (2) il consolidamento del terreno ed il conseguente miglioramento delle sue caratteristiche fisico-meccaniche.

Un rilevante aumento delle caratteristiche meccaniche del terreno di fondazione può spesso essere prodotto utilizzando una tecnologia di consolidamento che ricorre all'iniezione nel terreno di resina espandente ad alta pressione d'espansione. Le modalità d'intervento sono relativamente semplici e non necessitano di scavi invasivi o di problematici sistemi di collegamento per solidarizzare le preesistenti e le nuove opere di fondazione.

Per effetto della rilevante espansione della resina, all'interno del volume di terreno trattato, è possibile inoltre ripristinare il contatto all'interfaccia terreno-fondazione anche laddove i valori della sollecitazione risultino più modesti. In questo modo si ottiene una migliore distribuzione dei carichi ed una conseguente limitazione dei picchi di tensione.

### 2. CHIESA DEI S.S. BARTOLOMEO E GAUDENZIO IN BORGOLAVEZZARO (NO)

#### 2.1 Inquadramento storico

Alessandro Antonelli, nato a Ghemme nel 1798 e morto a Torino nel 1888, è architetto di spicco del gothic revival. Professore all'Accademia Albertina di Torino dal 1836 al 1857 è autore di importantissimi



progetti, tra i quali, oltre alla Mole Antonelliana a Torino (1863) e alla Cupola di S. Gaudenzio a Novara (1841) figura anche quello della Chiesa Parrocchiale dei S.S. Bartolomeo e Gaudenzio a Borgolavezzaro (NO) realizzato nel 1852 (Fig.1).

Nata sulle spoglie della vecchia chiesa di S. Gaudenzio, l'attuale chiesa Parrocchiale di Borgolavezzaro, dedicata ai S.S. Bartolomeo e Gaudenzio, costituisce uno dei primi progetti con volta a botte molto larga insistente su un solo ordine di colonne. Quanto si vede oggi, e già suscita qualche nota di stupore, è il risultato non del progetto originario, bensì delle modifiche imposte prima della costruzione, avvenuta tra il 1858 ed 1862, dal Congresso Permanente di Acque e Strade nonché dal Genio Civile a causa dei dubbi suscitati sulla sua stabilità. Quel che rimane dell'originaria chiesa di S. Gaudenzio è solo il massiccio campanile, che secondo l'idea originale dell'Antonelli doveva venir demolito.



FIGURA 1. CHIESA PARROCCHIALE DEI S.S. BARTOLOMEO E GAUDENZIO BORGOLAVEZZARO (NO)

## 2.2 Analisi del quadro fessurativo e delle cause del dissesto

L'esame del quadro fessurativo rappresenta una fonte importante di informazioni sul tipo di cedimento che è avvenuto. L'entità, la forma, l'inclinazione e l'evoluzione nel tempo delle lesioni che si sono manifestate sui muri portanti, sui muri divisorii e sui pavimenti, forniscono un insieme di dati preziosi che contribuiscono ad un'accurata interpretazione della dinamica del cedimento.

L'edificio oggetto dell'intervento è oggi interessato da svariate fessure concentrate in diversi punti soprattutto nella zona di congiunzione tra l'antica torre campanaria e la chiesa vera e propria di più recente costruzione.

Le fessure che si rilevano sulla facciata sud danno senza dubbio un quadro molto preciso della situazione. Esse hanno tutte un andamento subverticale rivolte verso il campanile e diminuiscono man mano d'importanza allontanandosi da esso.

Aspetto molto importante e significativo, oltre l'andamento e la direzione, è l'interruzione della linearità dei piani. Tra le due facce della lesione si verifica infatti un abbassamento considerevole

sempre dalla parte del campanile. Dai verbali della giunta comunale emerge un'interessante nota riguardante la storia del quadro fessurativo. Si legge infatti in uno scritto risalente al 5 febbraio 1909 che *"...nella chiesa Parrocchiale s'è aperto un crepaccio che partendo dalla sommità dell'uscio d'entrata sottostante al campanile, si estende fino alla volta superiore della chiesa stessa."*

Già in precedenza, nella relazione del perito G. Rosina redatta in data 5 febbraio 1904, si erano fatte delle ipotesi sulle possibili cause dei dissesti, evidenziando che: *"...dopo una minuta ispezione fatta alla massa voluminosa del campanile e prese in considerazione le screpolature che si manifestarono sull'architrave della portina laterale d'ingresso alla Chiesa, come al muro della chiesa stessa, che corre lungo la contrada ed il modo con cui le stesse screpolature si presentano, (...) deve formarsi una certa convinzione che la massa del campanile non si è ancora messa in equilibrio colla resistenza del sottostante terreno per cui segue un procedimento lento finché si voglia ma pure costante di approfondimento. Questo sprofondamento lento non si può dire per ora che sia conforme sui quattro lati della base perché avvi ritenersi che i quattro muri della fondazione abbiano da posare direttamente sul terreno e non già, come dovrebbe essere, sopra una platea omogenea a larga base."*

Essendosi oggi riaperta tale lesione, possiamo dedurre che il fenomeno allora descritto era ancora in atto. In una relazione firmata dall'ing. Giuseppe de Ferrari risalente al 1925, si trova un successivo chiaro riferimento al fenomeno di sprofondamento del campanile: *"Nel mio sopralluogo ho avuto l'occasione di osservare parecchie fessure prodottesi nei muri della chiesa che fanno capo al vecchio campanile, screpolature la cui direzione fa supporre che siano dovute ad un cedimento generale della fondazione del campanile stesso. Se tali lesioni possono ancora essere soggette ad allargarsi per via di ulteriori cedimenti, non è possibile dire; certo è che le screpolature come si riscontrano a semplice esame sono di data vecchia e non accennano per ora ad aumentare."* In un recente rilevamento (Fig.2) molte fessure individuate sono presenti sia sul lato interno che esterno dell'edificio. Ciò evidentemente significa che le lesioni sono passanti e soprattutto di notevole rilevanza. Si tratta per lo più di fessure ricucite addirittura in tempi diversi (le malte di risarcitura sono differenti: una a base cementizia e l'altra no) e successivamente riapertesesi. Si ritiene che il fenomeno in esame sia principalmente dipeso dal cedimento del campanile verso il basso, maggiore di quello che ha caratterizzato la porzione più recente dell'edificio sacro.

La natura dei terreni di fondazione, essenzialmente granulari e quindi caratterizzati da tempi di consolidazione rapidi, e i differenti tempi di costruzione (prima il campanile e successivamente la nuova



chiesa), fanno ritenere probabile che la condizione di stabilità geotecnica del sistema fondazione-struttura del campanile fosse precaria, ancor prima della costruzione della chiesa, e prossima ad una condizione critica.

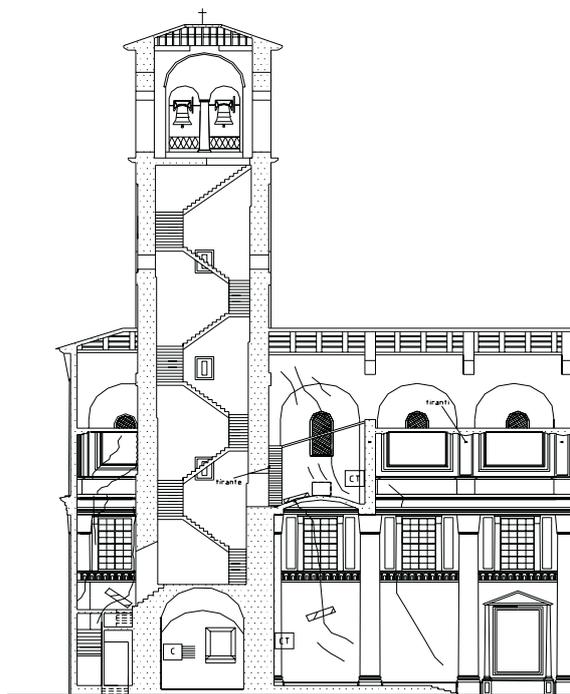


FIGURA 2. SEZIONE LONGITUDINALE DELLA TORRE CAMPANARIA

Ciò potrebbe essere imputabile ad un dimensionamento delle opere di fondazione non adeguato all'entità dei carichi applicati ed alla natura del sottosuolo. A conforto di questa tesi esiste una documentazione che attesta che anni fa, durante alcuni lavori edili compiuti internamente all'edificio, vennero messe a nudo le fondazioni della parte absidale e del tiburio, e si osservò che le fondazioni della chiesa erano decisamente più larghe e massicce di quelle del campanile.

Sembra quindi che i costruttori della nuova chiesa abbiano inteso cautelarsi maggiormente rispetto a coloro che avevano diretto i lavori di progettazione e costruzione del campanile.

L'edificazione della chiesa, con il conseguente incremento non uniforme delle tensioni anche nel sottosuolo del campanile, potrebbe aver causato lo sviluppo di ulteriori cedimenti, particolarmente rilevanti nella zona di collegamento tra campanile e chiesa. Il maggior cedimento verticale del campanile, verificatosi presumibilmente per la già citata pre-esistente condizione di precarietà del sistema terreno-fondazione, ha in qualche modo trascinato con sé le parti della struttura ad esso più vicine, seguendo la linea di minore resistenza: si sono così fessurate le parti d'incastro campanile-muratura perimetrale e i voltini delle finestre. Le fessure corrono diagonalmente sulla muratura di tamponamento, ed infine lesionano gli orizzontamenti, in questo caso, le volte e le modanature delle trabeazioni. Le volte sono lesionate e le

fessure non sono rivolte verso il campanile, ma sono passanti come se una parte della volta avesse seguito il campanile nel suo movimento, mentre l'altra sia rimasta ferma: quello che ne deriva è proprio una "spaccatura" degli orizzontamenti.

### 2.3 I terreni di fondazione

L'indagine geotecnica è stata svolta nell'autunno 2001 ed è consistita nell'esecuzione di sondaggi a rotazione, spinti fino alla profondità di -20.00 m dal piano campagna (Tab.1), prove SPT, eseguite ogni 2.50 m di profondità, analisi granulometriche sui campioni rimaneggiati prelevati nel corso dei sondaggi.

I terreni risultano per lo più composti da sabbie e ghiaie con frazione limosa non superiore al 6% (Figura 3). Alla profondità di -14.20 m+-14.80 m dal p.c. è stato rilevato un livello di materiale torboso, provvisto di fibre legnose scure.

L'interpretazione dei risultati delle prove SPT consente di affermare che i terreni granulari superficiali presentano una densità medio-bassa.

Nel corso dell'indagine in situ la quota della falda freatica risultava a -2.00 m dal p.c. con un livello che può subire, nel corso dell'anno, oscillazioni significative, in particolare nel periodo estivo, a seguito dell'allagamento delle colture risicole.

TABELLA 1. PROFILO STRATIGRAFICO MEDIO DEI TERRENI DI FONDAZIONE

PROF. (m)	DESCRIZIONE	N <sub>SPT</sub>
0.0-1.8	Riporto di sabbia e mattoni	-
1.8-3.0	Sabbia fine-media debolmente limosa	8
3.0-6.0	Sabbia medio-grossa con livelli ghiaiosi	11
6.0-7.5	Sabbia grossa con ghiaia	14
7.5-12.0	Sabbia fine e media	10
12.0-14.2	Sabbia grossa con ghiaia	-
14.2-14.8	Torba fibrosa	-
14.8-16.5	Sabbia fine	10
16.5-20.0	Sabbia grossa con ghiaia	-

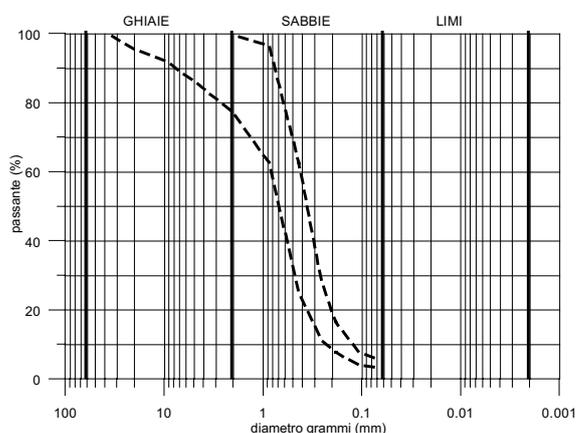


FIGURA 3. FUSO GRANULOMETRICO DEI TERRENI DI FONDAZIONE



### 3. INTERVENTO DI CONSOLIDAMENTO

Dopo aver valutato le più probabili cause del dissesto strutturale, si è scelto di intervenire nel volume immediatamente sottostante le fondazioni del campanile, unicamente attraverso la procedura Uretex Deep Injections®.

Tale tecnologia di consolidamento impiega una particolare resina capace, immediatamente dopo la sua iniezione, di rigonfiare, esercitando su tutto il terreno trattato una pressione di espansione di elevatissima entità.

#### 3.1 Proprietà meccaniche della resina

La resina utilizzata è stata preliminarmente sottoposta ad una serie di prove di laboratorio, al fine di valutarne le principali proprietà meccaniche.

Vengono in questa sede riportati i risultati delle prove di compressione verticale con espansione laterale libera e di espansione verticale in condizioni edometriche.

Le prime sono state condotte su provini cubici di lato pari a 50 mm, in accordo con quanto prescritto dalla Norma UNI 6350-68 "Materie plastiche cellulari rigide - Determinazione delle caratteristiche a compressione".

I risultati ottenuti, facendo variare opportunamente il peso di volume  $\gamma$  della resina, evidenziano come la resistenza a compressione  $\sigma$  aumenti velocemente con  $\gamma$  (Fig.4). Si osservi inoltre come a valori estremamente contenuti del peso di volume (0.50÷3.50 kN/m<sup>3</sup>) corrispondano resistenze alla compressione piuttosto elevate (0.25÷6.50 MPa) e comunque ampiamente sufficienti per opporsi alle tensioni presenti nel terreno.

Per quel che concerne il modulo di elasticità iniziale E, le prove hanno consentito di individuare valori compresi tra 15÷80 MPa, confrontabili con i moduli E caratteristici dei terreni sciolti.

Ciò significa che in un terreno sottoposto a trattamento con la resina la rigidità media dello ammasso non subisce variazioni significative, si mantiene omogenea su tutto il volume trattato, senza che si assista a ridistribuzioni anomale delle tensioni applicate.

Le prove per la determinazione dell'espansione in condizioni edometriche sono state condotte utilizzando un'apposita apparecchiatura che consente l'iniezione della resina all'interno di un cilindro metallico rigido, provvisto di pistone. Dopo l'iniezione all'interno del cilindro, la resina inizia la propria espansione che, a causa dell'elevata rigidità del contenitore, è consentita solamente verso l'alto in direzione verticale. La pressione d'espansione è stata assunta pari alla pressione necessaria ad impedire al pistone di muoversi verso l'alto. Si è osservata, come in precedenza, la dipendenza della pressione di rigonfiamento dalla densità della resina (Fig.5). Sono stati misurati valori di pressione

d'espansione compresi tra 0.20 MPa a 10.0 MPa, nel campo indagato di pesi di volume ( $\gamma = 0.5 \text{ kN/m}^3 \div 10.0 \text{ kN/m}^3$ ).

Tali valori sono indicativi della pressione che la resina può generare qualora essa venga iniettata nel terreno. Lo stato di tensione del terreno ospitante, determina la pressione d'espansione alla quale la resina completa la reazione di polimerizzazione. Il peso di volume solido della resina, nonché il suo grado d'espansione volumetrica misurati al termine del processo, sono entrambi funzione di tale valore di pressione. Qualora la reazione di polimerizzazione avvenga in ambiente privo di confinamento (aria libera), la resina ad alta pressione d'espansione solidifica ad un peso di volume pari a 0.4 kN/m<sup>3</sup> con un grado d'espansione volumetrica pari a 30.

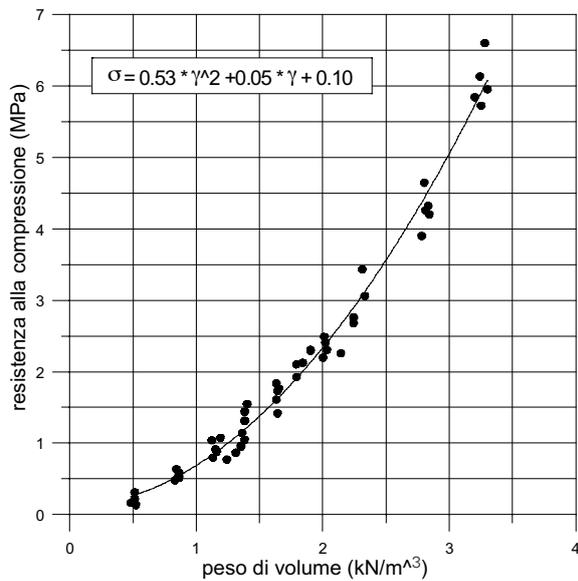


FIGURA 4. PROVA DI COMPRESSIONE VERTICALE CON ESPANSIONE LATERALE LIBERA: ANDAMENTO DELLA TENSIONE VERTICALE IN FUNZIONE  $\sigma$  DEL PESO DI VOLUME  $\gamma$  DEL PROVINO

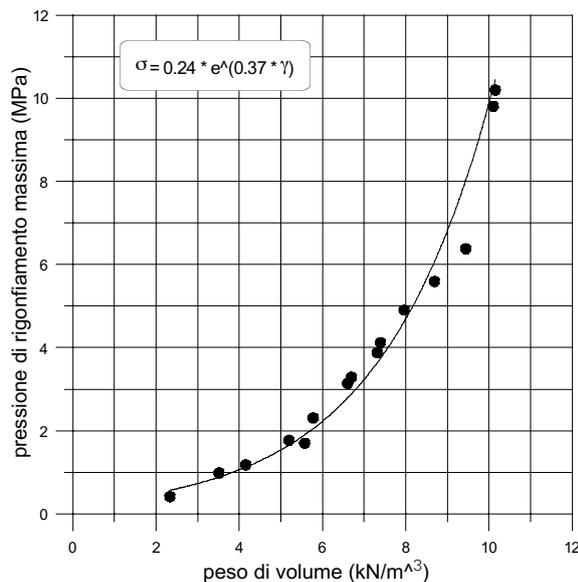


FIGURA 5. PROVA DI RIGONFIAMENTO IN CONDIZIONI EDMETRICHE: ANDAMENTO DELLA PRESSIONE MASSIMA DI RIGONFIAMENTO IN FUNZIONE DEL PESO DI VOLUME DEL PROVINO



### 3.2 Inquadramento teorico del processo di consolidamento

La procedura di consolidamento Uretex sviluppa la sua azione in direzione verticale (o sub-verticale) attraverso una successione di iniezioni a bassa pressione, eseguite sotto il piano della fondazione, di una resina provvista di una rilevante e rapida capacità d'espansione.

L'espansione si sviluppa, come già descritto nel paragrafo precedente, mettendo in gioco una pressione di rigonfiamento assai elevata, che aumenta con il grado di confinamento a cui è soggetta la resina stessa durante l'intervento: quanto più la resina è confinata nel corso del trattamento, tanto maggiore risulterà la sua azione consolidante. L'inquadramento teorico del processo di consolidamento, operato dalla resina, può essere portato avanti mediante la teoria della espansione di una cavità sferica/cilindrica proposta da Yu e Houlsby (1991).

Il modello si basa sulle seguenti ipotesi:

- si considera un mezzo tridimensionale illimitato costituito da terreno omogeneo, isotropo, dilatante, elastico-perfettamente plastico;
- il terreno contiene una singola cavità cilindrica o sferica;
- il raggio iniziale della cavità è  $a_0$  e la cavità è soggetta ad una pressione idrostatica iniziale  $p_0$ ;
- la pressione  $p$  all'interno della cavità viene incrementata gradualmente, in modo da assumere trascurabili gli eventuali effetti dinamici;
- l'espansione della cavità viene seguita sommando i contributi derivanti da un'analisi a grandi deformazioni nella regione plasticizzata e da una soluzione a piccole deformazioni nella regione elastica.

Il procedimento proposto dagli autori è il seguente (per il significato di alcuni simboli si rimanda il lettore alla memoria originale citata in bibliografia):

1. Scelta dei parametri di input:  $E$ ,  $\nu$ ,  $c$ ,  $\phi$ ,  $\psi$ ,  $p_0$ ,  $m$ ;
2. Calcolo dei parametri derivati:  $G$ ,  $M$ ,  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$ ,  $\eta$ ,  $\xi$ ;
3. Per pressioni  $p < p_1$  (pressione necessaria a innescare la plasticizzazione del mezzo) si calcola il raggio della cavità nell'ipotesi di deformazione elastica di piccola entità;
4. Per qualunque valore della pressione  $p$  della cavità (compreso fra  $p_1$ , pressione di plasticizzazione, e  $p_\infty$ , pressione limite) si calcola il rapporto della pressione di cavità  $R$ ;
5. Si determina il valore del parametro  $\Lambda_1$ ;
6. Si valutano il rapporto  $a/a_0$  ( $a$ : raggio della cavità durante il carico;  $a_0$ : raggio iniziale della cavità), lo spostamento radiale dalla configurazione iniziale,  $u$ , e la deformazione della superficie perimetrale della cavità,  $\epsilon$ .

I passaggi dalla (4) alla (6) possono essere ripetuti al fine di definire completamente la relazione tensioni della cavità-deformazioni.

La bontà delle previsioni fornite dal modello è stata

finora verificata su un numero limitato di casi e necessita di ulteriori conferme.

È evidente come l'attendibilità delle previsioni teoriche cresca con la qualità dell'indagine geotecnica a disposizione del progettista dell'intervento di consolidamento.

### 3.3 Descrizione dell'intervento

Anche a causa degli evidenti problemi di invasività che avrebbe comportato un intervento di sottofondazione tradizionale (micropali, jet grouting, ecc..) si è deciso di procedere con l'iniezione di resine ad alta pressione d'espansione. Le attuali preesistenze all'interno dell'edificio, e quindi altari, pavimentazione, coro e macchinari rendono impossibili interventi che attraverserebbero la struttura muraria ed il terreno a notevole profondità danneggiando porzioni della chiesa di alto valore storico.

Per la collocazione del campanile, interamente inglobato tra le mura della chiesa, sarebbe infatti necessario intervenire portando i macchinari all'interno dell'edificio con ovvie conseguenze. Un intervento con resine stabili ad alta pressione d'espansione, grazie alla puntualità dell'applicazione, permette un consolidamento omogeneo del terreno sottostante alle strutture portanti cedute. Le ridottissime aree necessarie all'attività di cantiere ed il tipo di materiale iniettato consentono inoltre di operare senza interrompere le attività di culto e limitando al massimo i lavori di scavo.

L'operazione comporta l'iniezione nel terreno a basse pressioni di resine ad alta pressione d'espansione ottenute dalla miscelazione di componenti che, per reazione chimica, provocano un effetto di consolidamento esercitando nel terreno ospitante una pressione fino a 10 MPa in un tempo massimo di 6"-10" dalla loro miscelazione.

I fori d'iniezione hanno un diametro di 20.0 mm ed un interasse di progetto compreso tra i 0.8 m ed 1.0 m e sono stati eseguiti, utilizzando trapani a rotopercolazione, nel substrato lungo tutto il perimetro del campanile costituito da asfalto, cls armato, terreno, pavimenti, ecc...

Trovandoci in assenza di un vero e proprio sistema fondale i fori sono stati realizzati nelle immediate vicinanze della muratura portante, in quanto ciò rappresentava l'unico modo di raggiungere con precisione il terreno sottostante (Fig.6). La resina liquida iniettata a media e bassa pressione, viste le sue caratteristiche, espande dove trova la minor resistenza offerta dal terreno e grazie al suo forte aumento volumetrico compatta e consolida il terreno di fondazione amalgamandosi con esso fino a costituire un agglomerato con caratteristiche di alta resistenza agli sforzi di compressione e taglio. L'iniezione è stata eseguita con apposito ugello eiettore collegato a bocca foro con un condotto tubolare in rame.



Tale condotto ha l'unico scopo di trasferire la miscela al fondo foro posto alla profondità di progetto. Nel caso in esame si sono eseguite iniezioni di tipo colonnare con velocità di risalita controllata da un apposito estrattore a partire da una profondità di -7.50 m dal p.c. fino al piano d'imposta delle fondazioni o fino al primo segnale di sollevamento ( $\approx 1$  mm). La quantità totale di resina iniettata è stata pari a  $\approx 1750$  kg equivalenti a  $\approx 14$  kg per metro di trattamento colonnare. Considerando il volume totale di substrato interessato dall'intervento, pari a  $\approx 150$  m<sup>3</sup>, si può determinare il cosiddetto indice di riempimento  $\eta$  pari a:

$$\eta = \frac{1750.0}{150.0} \cong 11.7 \text{ kg / m}^3 \quad (1)$$

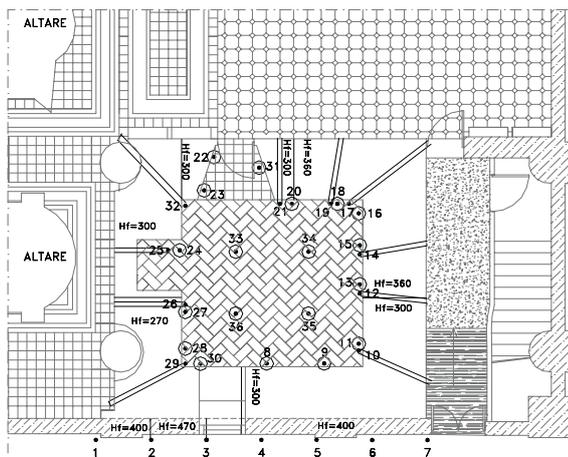


FIGURA 6. PIANTA FORI D'INIEZIONE

Durante l'iniezione, che ha interessato lo strato di terreno maggiormente gravato dalle tensioni indotte dal carico soprastante, l'intera struttura e le zone limitrofe sono state monitorate a mezzo di livelli laser con precisione di 1 mm.

Altri controlli sulla portata e la pressione d'iniezione sono stati eseguiti utilizzando appositi misuratori e manometri.

In fase operativa si è provveduto inizialmente all'esecuzione delle perforazioni esterne lungo il lato sud del campanile; quindi si è operato all'interno della cella campanaria intervenendo con le iniezioni lungo tutto il perimetro e con quattro fori al centro del pavimento.

Per non invadere l'interno della chiesa, forando la pavimentazione esistente e disturbando le attività quotidiane di culto, si è provveduto a eseguire perforazioni oblique, che dalla sala interna al campanile raggiungessero in profondità lo strato di terreno da consolidare.

All'interno della cella campanaria ad ogni foro verticale è stato associato un foro obliquo con inclinazione tale da attraversare il muro di fondazione e coprire in profondità tutta l'area prevista da progetto (Fig.7). Durante le fasi di perforazione è stato anche possibile verificare puntualmente la profondità delle fondazioni del campanile, compresa tra 2.7 m e 3.5 m.

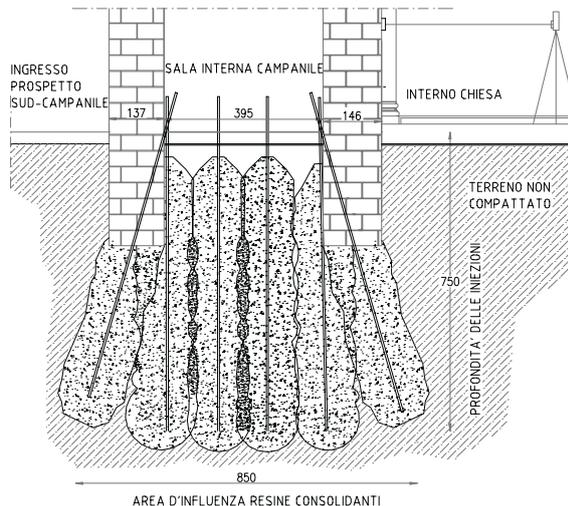


FIGURA 7. SEZIONI FORI D'INIEZIONE

Il terreno perforato è costituito da ghiaia con sabbia con le fondazioni in mattoni pieni e pietrame alla base.

I lavori si sono svolti nei giorni compresi tra l'8 settembre ed il 18 settembre 2003, per un totale di 7 giorni lavorativi.

Ogni fase delle lavorazioni ed ogni perforazione o iniezione di resina sono state registrate in un giornale di cantiere.

Questo ha permesso di avere un'indicazione dei movimenti della struttura, rilevati dal sistema di monitoraggio strumentale attivo nella chiesa dal giugno 2003, durante l'alternarsi delle differenti fasi delle lavorazioni.

### 3.4 Monitoraggio strumentale delle fessure esistenti

Il 23 giugno 2003 è iniziato il monitoraggio strumentale di 4 delle maggiori lesioni causate dal cedimento differenziale della struttura. I fessurimetri sono di tipo elettrico con sensore potenziometrico centesimale con campo di misura  $\pm 25$  mm per misurare con precisione le variazioni di posizione tra due punti a parete.

I fessurimetri sono stati posizionati in associazione a due celle termometriche con sensore NTC, con campo di misura  $-30^{\circ}/+70^{\circ}\text{C}$  e sensibilità  $0.5^{\circ}$  e sono:

- F01, fissato a parete perpendicolarmente alla fessura sul muro interno della chiesa sulla destra dell'altare ed associato alla termoresistenza T05.
- F02, fissato sulla stessa parete del fessurimetro F01 nel sottotetto della chiesa perpendicolarmente alla fessura al di sotto della finestra.
- F03, fissato a cavallo e perpendicolarmente alla fessura all'estradosso della volta della navata laterale a destra dell'altare ed associato alla termoresistenza T06.
- F04, fissato perpendicolarmente alla fessura sul muro in corrispondenza della scala d'accesso al campanile.



La centralina di registrazione dati, alimentata a batteria al litio, è stata posizionata nel locale alla base del campanile, da dove si sono effettuate le iniezioni. I dati contenibili nella centralina di registrazione sono in numero di 2000 per canale, per questo motivo si è scelto di fissare come intervallo di rilevazione 30 minuti, mentre lo scaricamento dei dati mediante PC portatile collegato alla centralina avviene mensilmente ed avrà una durata di tre anni. Durante le fasi di perforazione e iniezione delle resine l'intervallo di tempo intercorrente tra ogni rilevamento era stato abbassato a 10 minuti in modo da poter rilevare con maggiore precisione l'evoluzione dei movimenti durante i lavori.

### 3.5 Risultati del monitoraggio

È attualmente molto diffusa tra i conservatori dei monumenti la volontà di tenere sotto controllo le lesioni e le deformazioni che appaiono negli edifici storici di particolare importanza. È evidente che conoscere gli andamenti fessurativi e deformativi è un aiuto notevolissimo per testare in continuazione la salute di un edificio di rilevamento architettonico e storico. Le fessure sono sì dipendenti dalle variazioni termiche, ma sono spesso indotte dal carico del peso proprio dell'edificio e dalle sollecitazioni dinamiche provenienti dal traffico pesante che interessano il terreno su cui poggia la costruzione. In questo caso il monitoraggio ha sia lo scopo di registrare nel tempo eventuali tendenze o processi di cedimento in corso, sia, nel breve periodo delle lavorazioni, effettivi movimenti o assestamenti della struttura.

Le lesioni, come è noto, risentono in modo notevole delle variazioni stagionali e giornaliere di temperatura ma per verificare se esistono deformazioni residue permanenti occorre rilevarli con controlli prolungati. Per questo motivo sono state posizionate due termoresistenze in associazione ai fessurimetri, che con gli stessi intervalli rilevino le variazioni di temperatura. In questo modo è possibile depurare le variazioni di lettura dei fessurimetri dovute agli sbalzi termici.

Infatti, come si è notato fin dalle prime fasi del monitoraggio, tutti i fessurimetri sono molto sensibili agli sbalzi termici giornalieri, subendo nell'arco della giornata variazioni di distanza anche di 3 decimi di millimetro per variazioni di temperatura di circa 6 °C tra giorno e notte.

È molto interessante verificare i movimenti avvenuti durante le fasi operative; analizzando i dati strumentali in nostro possesso è possibile infatti fare alcune considerazioni.

Osservando tutti i grafici dei fessurimetri si è notato che durante le prime fasi lavorative, e cioè durante le perforazioni avvenute tra il giorno 8 ed il giorno 16 settembre 2003, il movimento della fessura ha sostanzialmente seguito l'andamento della

temperatura, non subendo particolari picchi o sbalzi improvvisi. Ciò significa, che le perforazioni a rotopercolazione, pur attraversando in obliquo le fondazioni del campanile non hanno generato movimenti seppur temporanei nella struttura.

Durante le iniezioni, analizzando invece i grafici dei fessurimetri F03 e F04, posizionati sulla volta e sul muro della scala verso il campanile è invece possibile rilevare un'evidente variazione dell'andamento giornaliero delle fessure con la tendenza delle stesse a chiudersi indipendentemente dalle variazioni di temperatura.

Questi salti, di circa un decimo di millimetro, avvengono in effetti in corrispondenza della fase d'iniezione delle resine in profondità. Il primo si ha nella giornata del 17 settembre 2003 ed il secondo in quella del 18 settembre 2003 dopo di che l'andamento torna a stabilizzarsi ed a seguire le variazioni di temperatura.

In effetti le iniezioni sono iniziate il 16 settembre 2003 alle ore 15.45 con l'effettuazione di 6 iniezioni, mentre il maggior numero di iniezioni sono avvenute in data 17 settembre 2003, giorno nel quale si rileva il maggiore restringimento delle fessure; il 18 settembre 2003 si sono poi effettuate le iniezioni lungo la muratura esterna lato strada ed è proprio in questa data che è stato rilevato il secondo salto a livello grafico nei dati di monitoraggio.

Nella Figura 8 viene rappresentato il grafico relativo ai movimenti del fessurimetro F04 nel periodo relativo ai lavori di consolidamento e precisamente tra l'8 settembre 2003 ore 8.30 ed il 22 settembre 2003 ore 8.30.

Si ribadisce che in questo periodo è stato diminuito l'intervallo di tempo intercorso tra un rilevamento e l'altro da 30 minuti a 10 minuti per avere un riscontro numerico più preciso in relazione con l'ora delle perforazioni e delle iniezioni di ogni foro. Viene inoltre riportato anche il grafico relativo ai movimenti registrati dal 17 settembre 2003 al 13 marzo 2004 (Figura 9).

La prima cosa che si può osservare sono naturalmente gli sbalzi relativi alla temperatura sia giornaliera che stagionale e quindi la normale tendenza delle fessure a seguire gli sbalzi termici.

Si osservano inoltre i salti relativi al periodo di lavorazione che avvengono indipendentemente dalla temperatura ma sono funzione dell'effetto del consolidamento del terreno fondale e quindi lo stabilizzarsi successivo del grafico che continua a registrare movimenti in dipendenza della sola variazione termica.

È ancora prematuro individuare una tendenza delle fessure sia in positivo che in negativo anche se i risultati fino ad ora registrati sono più che confortanti; è invece interessante osservare il fenomeno del restringimento delle fessure in corrispondenza del periodo dei lavori ed inserirlo nella naturale evoluzione del fenomeno fessurativo.



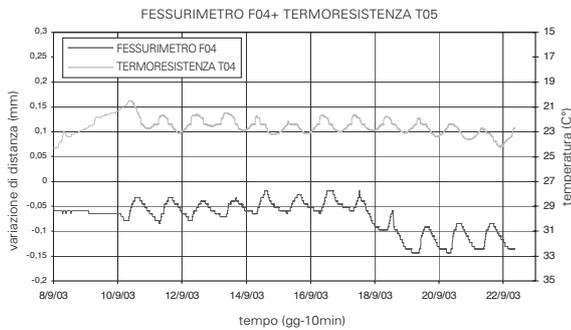


FIGURA 8. GRAFICO CRONOLOGICO LETTURE FESSURIMETRO F04 E TERMORESISTENZA T04 - RILIEVI DURANTE LE LAVORAZIONI

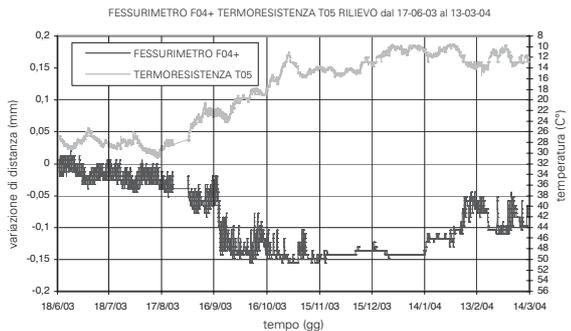


FIGURA 9. GRAFICO CRONOLOGICO LETTURE FESSURIMETRO F04 E TERMORESISTENZA T04 - RILIEVI POST INTERVENTO

#### 4 Conclusioni

Attraverso lo studio di un intervento riguardante il consolidamento di un edificio di altissimo valore storico si sono voluti evidenziare gli aspetti tecnico-operativi dei trattamenti del terreno a mezzo d'iniezione con resine ad alta pressione d'espansione. L'utilizzo di questa tecnologia per il consolidamento dei terreni di fondazione ha permesso un omogeneo miglioramento delle caratteristiche geotecniche del terreno sottostante la struttura. Il mantenimento di una rigidità media dell'ammasso confrontabile con i moduli elastici caratteristici dei terreni sciolti consente di evitare una rilevante redistribuzione di tensioni a strati di terreno più profondi.

Le attrezzature necessarie per le lavorazioni, estremamente ridotte, hanno permesso di operare senza la necessità di interrompere le quotidiane attività di culto.

L'intervento, completato in sette giorni lavorativi, ha previsto la realizzazione di perforazioni effettuate mediante attrezzatura manuale a rotopercolazione che non hanno in nessun modo determinato un aggravarsi delle lesioni preesistenti.

Attraverso un sofisticato sistema di monitoraggio delle fessure si è rilevato che le operazioni d'iniezione hanno prodotto un miglioramento della situazione del quadro fessurativo.

I rilevamenti, iniziati prima dell'intervento e tuttora in corso, hanno evidenziato una chiusura delle fessure durante le fasi di iniezione ed una situazione di stabilità delle stesse a partire dalla data di fine lavori. Caratteristiche del materiale iniettato sono la

resistenza alla compressione ampiamente superiore al carico indotto dalla struttura al terreno di fondazione e l'alta pressione d'espansione che ha permesso di migliorare lo stato di addensamento generale del terreno di fondazione.

La resina iniettata è un materiale ecocompatibile e rispetta tutte le rigide normative esistenti in materia.

#### 4.1 Bibliografia

Yu H.S., Houlsby G.T., 1991. Finite cavity expansion in dilatant soils: loading analysis. *Geotechnique*, 41 (2), 173-183

#### ABSTRACT

**SOIL CONSOLIDATION UNDERNEATH THE FOUNDATION OF A BELL TOWER THROUGH THE INJECTION OF HIGH EXPANSION PRESSURE RESIN**

Keywords: foundation, consolidation, cracks, injection, resin.

It is very common in the today's practice to have to deal with cracks problems regarding historical buildings.

The causes of these kind of problems could be several, for example the weight increase following a building redevelop or the settlements following the drawdown of the ground water table. The injection of high expansion pressure resin deep in the ground underneath the foundation of a building can reduce or stop the evolution of the cracks. In the case history reported in this paper and regarding the bell tower of the Sts. Bartolomeo and Gaudenzio's church in Borgolavezzaro (NO), the bearing capacity of the soil-foundation system was increased, maintaining a homogeneous stiffness in all treated ground.

A geological investigation and an historical study of the sinking process during the centuries were carried out before designing the intervention.

The investigation of the interaction soil-resin has been made through a back analysis based on the cavity expansion in dilatant soil theory (Yu H.S. e Houlsby G.T., 1991). The high expansion pressure characteristic of the resin used in this consolidation procedure allows to the soil to be compressed. Laboratory tests and a continuous monitoring of the stabilized building proved that the mechanical properties of the material are stable and that the compressive strength does't decrease during the years.

The utilized high expansion pressure resin is not pollutant and satisfies all law requirements.



# 2

## MODELLAZIONE ANALITICA DEL MIGLIORAMENTO DEL TERRENO ATTRAVERSO INIEZIONI DI RESINA AD ALTA PRESSIONE D'ESPANSIONE

.....

Memoria presentata alla 6<sup>th</sup> International Conference on Ground Improvement Techniques Portogallo: Coimbra, 18 - 19 luglio 2005

**Dei Svaldi A.**  
Università IUAV Venezia, Italia

**Favaretti M.**  
Università di Padova, Italia

**Paschetto A.**  
Uretex S.r.l., Italia

**Vinco G.**  
Uretex S.r.l., Italia

**PAROLE CHIAVE:** iniezioni, miglioramento del terreno, resine espandenti, fondazioni superficiali.

### SOMMARIO

Le resine poliuretaniche, ad alta pressione d'espansione, sono oggigiorno utilizzate sempre più frequentemente nel consolidamento dei terreni tramite iniezioni. In questa memoria viene presentato un metodo teorico, basato sulla teoria dell'espansione della cavità, volto a quantificare il grado di miglioramento del terreno prodotto dalle iniezioni di resina. Viene inoltre riportato un confronto tra i dati teorici attesi ed i risultati di prove effettuate in situ. Basandosi sui risultati ottenuti con prove specifiche di laboratorio, condotte su provini di resina, i precedenti studi concernenti l'espansione della cavità sono stati modificati introducendo una relazione sperimentale tra la pressione d'espansione della resina e la pressione di confinamento offerta dal terreno trattato. La differenza di comportamento mostrata dai terreni coesivi rispetto a quelli granulari dipende dalla loro permeabilità alla resina. La stessa, nella sua fase liquida, espande nei terreni coesivi in un corpo monolitico e permea assai poco il terreno, rompendolo lungo micro fessure. Al contrario, dopo l'iniezione in terreni granulari, la resina liquida riempie i vuoti del terreno dando origine ad un materiale composito solido rigido con resistenza a compressione paragonabile a quella del calcestruzzo.

### 1. PREMESSA

La necessità di realizzare cantieri geotecnici in condizioni difficili, luoghi chiusi e spazi operativi ridotti, ha portato allo sviluppo di particolari tecniche di miglioramento del terreno quali quella Uretex presentata in questa memoria.

Nel corso degli anni si è riscontrato un aumento considerevole della richiesta di consolidamenti di edifici interessati da dissesti e stati fessurativi rilevanti ed agli ingegneri è stato richiesto sempre più

frequentemente di cimentarsi con questi problemi, spesso assai complessi. Le cause di questi fenomeni fessurativi sono da imputarsi, nella maggior parte dei casi, al manifestarsi di cedimenti differenziali, generati da ampliamenti o modifiche apportate al corpo di fabbrica e dalle variazioni nella distribuzione dei carichi permanenti applicati; in altre circostanze la causa dei cedimenti va ricercata nella variazione delle proprietà geotecniche dei terreni di fondazione, dovute, ad esempio, ad un abbassamento od innalzamento della falda freatica, alla degradazione chimica di alcuni litotipi od alla rottura d'impianti idraulico-sanitari.

Il miglioramento delle proprietà meccaniche di un terreno di fondazione può divenire a volte necessario quando devono essere realizzate delle modifiche in strutture esistenti, quali sopra-elevazioni o variazioni della struttura portante.

### 2. MIGLIORAMENTO DELLE CARATTERISTICHE DEL TERRENO UTILIZZANDO LA TECNOLOGIA URETEK

Il metodo Uretex Deep Injections® è una tecnologia di intervento che mediante l'esecuzione di iniezioni localizzate di una particolare resina ad alta pressione d'espansione, determina un notevole miglioramento delle proprietà geotecniche del terreno di fondazione. La fase operativa, per il consolidamento di fondazioni di strutture nuove o già esistenti, è relativamente semplice e non necessita di scavi invasivi o di complicate opere di solidarizzazione.

Subito dopo aver eseguito le iniezioni nel terreno, la resina espande. La pressione, sviluppata dalla resina nella sua fase d'espansione, dapprima consolida il terreno circostante dopodichè solleva la struttura sovrastante; il sollevamento è costantemente monitorato con apparecchiatura laser costituita da un



emettitore e da ricevitori, fissati alle strutture sotto le quali sono eseguite le iniezioni.

E' stata realizzata recentemente una vasta gamma di test di laboratorio sulla resina Uretek per misurarne le principali proprietà meccaniche [1]. Sono state realizzate prove di compressione verticale con espansione laterale libera e d'espansione verticale in condizioni edometriche presso il laboratorio geotecnico dell'Università di Padova.

Le prime sono state condotte su provini cubici di lato pari a 50 mm, in accordo con quanto prescritto dalla Normativa UNI 6350-68 "Materie plastiche cellulari rigide – Determinazione delle caratteristiche a compressione". I risultati ottenuti, facendo variare opportunamente il peso di volume  $\gamma$  della resina, evidenziano come la resistenza a compressione  $\sigma$  aumenti velocemente con  $\gamma$  (Fig.1). Si osserva inoltre come a valori molto contenuti del peso di volume (0.50 ÷ 3.50 kN/m<sup>3</sup>) corrispondano resistenze alla compressione piuttosto elevate (0.25 ÷ 6.50 MPa) ed in ogni modo ampiamente sufficienti per opporsi alle tensioni presenti nel terreno. Per quel che concerne il modulo d'elasticità iniziale E, le prove hanno consentito di individuare valori compresi tra 15 ÷ 80 MPa, confrontabili con i moduli E caratteristici dei terreni alluvionali. Ciò significa che in un terreno sottoposto a trattamento con resina la rigidità media dell'ammasso non subisce variazioni significative e quindi non si dovranno attendere ridistribuzioni anomale delle tensioni applicate. Le prove per la determinazione dell'espansione in condizioni edometriche sono state condotte utilizzando un'apposita apparecchiatura che consente l'iniezione della resina all'interno di un cilindro metallico rigido, provvisto di pistone. Immediatamente dopo l'iniezione, la resina inizia l'espansione che, a causa dell'elevata rigidità del contenitore, è consentita solamente in direzione verticale. La pressione d'espansione è stata assunta pari alla pressione necessaria ad impedire al pistone di muoversi verso l'alto. Si è osservata, come in precedenza, la dipendenza della pressione di rigonfiamento dalla densità della resina (Fig.2). Sono stati misurati valori di pressione d'espansione compresi tra 0.20 ÷ 10.00 MPa, nel campo indagato di pesi di volume ( $\gamma = 0.50 \text{ kN/m}^3 \div 10.00 \text{ kN/m}^3$ ). Tali valori sono indicativi della pressione che la resina può generare qualora essa venga iniettata nel terreno. Lo stato di tensione del terreno ospitante, determina la pressione d'espansione alla quale la resina completa la reazione di polimerizzazione. Il peso di volume solido della resina ed il suo grado d'espansione volumetrica misurati al termine del processo, sono entrambi funzione di tale valore di pressione. Qualora la reazione di polimerizzazione avvenga in ambiente privo di confinamento (aria libera), la resina solidifica con un peso di volume pari a 0.4 kN/m<sup>3</sup> con un grado d'espansione volumetrica pari a 30.

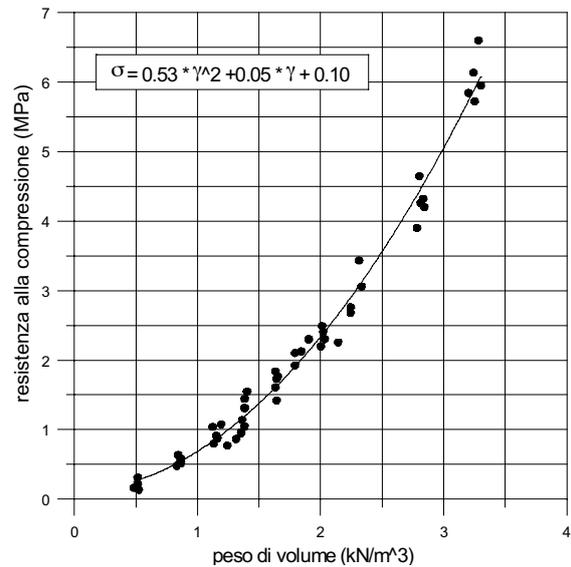


FIGURA 1. PROVA DI COMPRESSIONE VERTICALE CON ESPANSIONE LATERALE LIBERA: ANDAMENTO DELLA TENSIONE VERTICALE  $\sigma$  IN FUNZIONE DEL PESO DI VOLUME  $\gamma$  DEL PROVINO

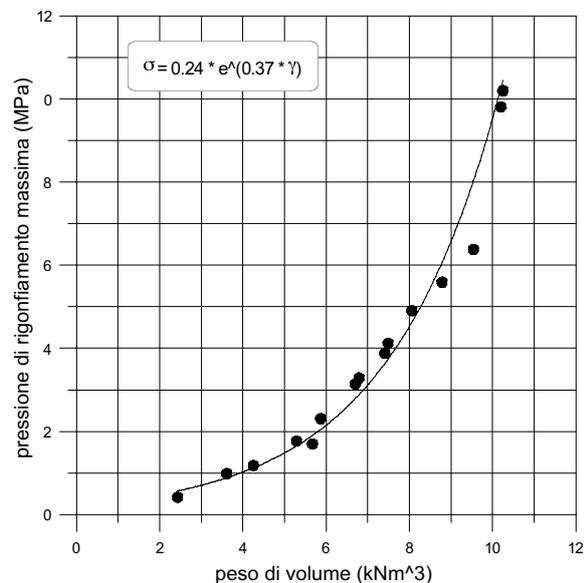


FIGURA 2. PROVA DI RIGONFIAMENTO IN CONDIZIONI EDOMETRICHE: ANDAMENTO DELLA PRESSIONE MASSIMA DI RIGONFIAMENTO IN FUNZIONE DEL PESO DI VOLUME DEL PROVINO

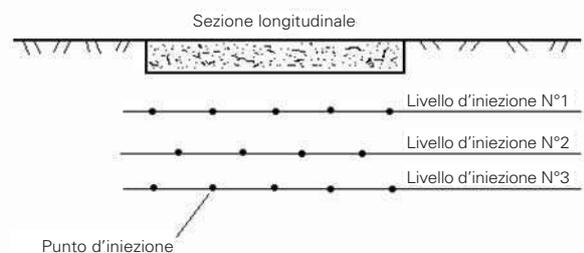


FIGURA 3. RAPPRESENTAZIONE SCHEMATICA DEL METODO D'INIEZIONE URETEK



### 3. INQUADRAMENTO TEORICO E SIMULAZIONE DEL PROCESSO D'ESPANSIONE

Il processo di espansione della resina, iniettata puntualmente all'interno del terreno (Fig.3), si presta ad essere inquadrato teoricamente secondo la teoria di espansione di una cavità di forma sferica (o cilindrica, se si tratta di più iniezioni ravvicinate disposte lungo un asse verticale) in condizioni quasi-statiche.

Il terreno viene caratterizzato come un mezzo elasto-perfettamente plastico con criterio di rottura non associato alla Mohr-Coulomb ed è inizialmente considerato soggetto ad uno stato di tensione isotropo, con pressione  $p_0$  uguale a:

$$p_0 = \frac{1+2 \cdot K_0}{3} \cdot \sigma_{v0} + dp$$

dove  $K_0$  è il coefficiente di spinta laterale a riposo e  $dp = q_0 \cdot l_c \cdot [(B/L), z]$  indica l'incremento di pressione dovuto alla fondazione (dimensioni  $B \times L$ ; fattore d'influenza  $l_c$ ), calcolato alla profondità d'iniezione  $z$  secondo la teoria di Boussinesq.

La pressione verticale iniziale ( $\sigma_{v0}$ ), calcolata alla profondità d'iniezione  $z$ , è uguale alla pressione totale in presenza di materiali coesivi ( $c_u \neq 0$ ;  $\varphi = 0$ ) ed alla pressione efficace in presenza di materiali granulari ( $\varphi \neq 0$ ,  $c_u = 0$ ).

I parametri del terreno considerati nel modello sono:

- il modulo di Young ( $E$ ) ed il coefficiente di Poisson ( $\nu$ ) per la caratterizzazione del comportamento elastico del terreno;
- la coesione ( $c$ ) o la resistenza al taglio non drenata ( $c_u$ );
- l'angolo di resistenza al taglio ( $\varphi$ );
- l'angolo di dilatanza ( $\psi$ ) è posto uguale a zero, poiché generalmente i problemi di cedimento sono associabili alla presenza di formazioni granulari di densità da sciolta a molto sciolta;

Le proprietà geometriche della cavità e le regioni elastica e plastica sono, con riferimento alla (Fig.4):

- $r_a$  raggio della cavità, si assume un valore iniziale  $r_{a0} = 0.006$  m;
- $r_b$  raggio della zona plastica, rappresenta il confine tra la zona plastica e la zona elastica;
- $r_c$  raggio della zona elastica, distanza oltre la quale lo stato tensionale agente ( $\sigma_c$ ) è tale per cui  $(\sigma_c - \pi_0) \leq 0.01 p_0$  (volume d'influenza dell'iniezione).

Durante la prima parte del processo d'espansione, all'aumentare della pressione all'interno della cavità, il terreno rimane inizialmente in campo elastico. Al raggiungimento di un determinato valore della pressione interna, iniziano le deformazioni plastiche. Al progredire del processo la zona plastica si espande e così quella elastica, fino al raggiungimento della pressione limite ( $\sigma_{lim}$ ).

Il processo d'espansione è trattato teoricamente secondo la teoria proposta da Yu e Housby [2] adottando un'analisi alle grandi deformazioni nella zona plastica ed alle piccole deformazioni nella zona elastica.

In tale ambito il rapporto ( $r_a / r_{a0}$ ) tra il raggio della cavità sotto l'azione della generica pressione  $p$  ed il raggio iniziale della cavità è esprimibile attraverso la seguente espressione:

$$\frac{r_a}{r_{a0}} = \left\{ \frac{R^{-\gamma}}{(1-\delta)^{(\beta+m)/\beta} - (\gamma/\eta) \cdot \Lambda_1(R, \xi)} \right\}^{\beta/(\beta+m)} \quad (1)$$

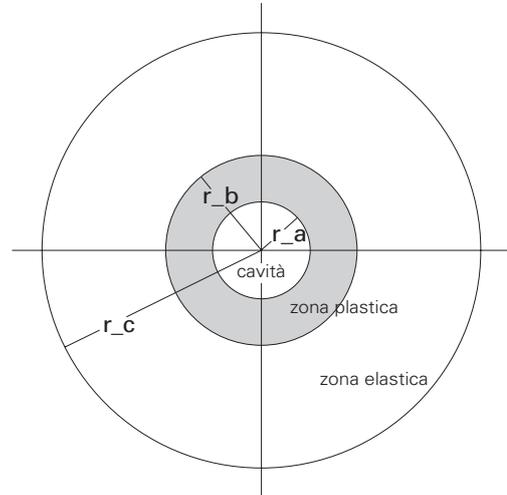


FIGURA 4. RAPPRESENTAZIONE SCHEMATICA DELLE ZONE PLASTICA ED ELASTICA CHE CIRCONDANO LA CAVITÀ

Dove con  $R$  s'indica il rapporto di pressione della cavità pari a:

$$R = \frac{(m + \alpha) \cdot [Y + (\alpha - 1) \cdot p]}{\alpha \cdot (1 + m) \cdot [Y + (\alpha - 1) \cdot p_0]} \quad (2)$$

Il coefficiente  $m$  è pari ad 1 nel caso di cavità espandente di forma cilindrica ed a 2 nel caso di forma sferica. Le definizioni analitiche  $G, Y, \alpha, \beta, \gamma, \delta, \eta, \xi, \Lambda$  sono le stesse proposte da Yu ed Housby (1991):

$$G = \frac{E}{2 \cdot (1 + \nu)}; \quad Y = \frac{2 \cdot c \cdot \cos(\varphi)}{1 - \sin(\varphi)}; \quad \alpha = \frac{1 + \sin(\varphi)}{1 - \sin(\varphi)};$$

$$\beta = \frac{1 + \sin(\psi)}{1 - \sin(\psi)}; \quad \gamma = \frac{\alpha \cdot (\beta + m)}{m \cdot (\alpha - 1) \cdot \beta}; \quad \delta = \frac{Y + (\alpha - 1) \cdot p_0}{2 \cdot (m + \alpha) \cdot G}$$

$$\eta = \exp\left(\frac{(\beta + m) \cdot (1 - 2 \cdot \nu) \cdot [Y + (\alpha - 1) \cdot p_0] \cdot [1 + (2 - m) \cdot \nu]}{E \cdot (\alpha - 1) \cdot \beta}\right)$$

$$\xi = \frac{1 - [\nu^2 \cdot (2 - m)] \cdot (1 + m) \cdot \delta}{(1 + \nu) \cdot (\alpha - 1) \cdot \beta} \left[ \alpha \cdot \beta + m \cdot (1 - 2 \cdot \nu) + 2 \cdot \nu - \frac{m \cdot \nu \cdot (\alpha + \beta)}{1 - \nu \cdot (2 - m)} \right]$$

$$\Lambda_1(x, y) = \sum_{n=0}^{\infty} A_n^1 \quad A_n^1 = \begin{cases} \frac{y^n \ln(x)}{n!} & \text{if } n = \gamma \\ \frac{y^n}{n! (n - \gamma)} [x^{n-\gamma} - 1] & \text{if } n \neq \gamma \end{cases}$$



Mentre il rapporto  $r_b / r_a$  tra il raggio della zona plastica e il raggio della cavità è esprimibile come:

$$\frac{r_b}{r_a} = R^{\alpha/[m \cdot (\alpha-1)]} \quad (3)$$

Il valore della pressione limite ( $\sigma_{lim}$ ) si ottiene ponendo ( $r_a/r_{a0}$ )  $\rightarrow \infty$  e quindi eguagliando a zero il termine al denominatore della (1).

Nell'analisi s'ipotizza che l'espansione della resina provochi in ogni caso il raggiungimento della pressione limite, quindi si procede alla determinazione del volume di resina da iniettare, in relazione al raggio d'influenza ( $r_c$ ) dell'iniezione che si desidera ottenere. Conseguentemente, imponendo un determinato valore di  $r_c$  è possibile determinare il raggio della cavità ( $r_a$ ), il raggio della zona plastica ( $r_b$ ) e la tensione radiale all'interfaccia plastica-elastica ( $\sigma_b$ ). L'approccio teorico di Yu e Houlsby (1991) può essere integrato con valutazioni empiriche tratte da back-analysis di numerosi casi pratici.

Nel calcolo del volume da iniettare ( $V_{ri}$ ), si considera che parte del volume della resina post-espansione o finale ( $V_{rf}$ ) occupi la cavità, mentre la restante penetri nella zona plastica, secondo una percentuale volumetrica dipendente dalla tipologia del terreno. Calcolato quindi il volume della resina post-espansione, il volume iniettato può essere determinato sperimentalmente come una funzione di  $V_{rf}$  e  $\sigma_{lim}$ .

Si possono valutare le modifiche indotte dall'espansione, sui parametri di resistenza del terreno, alla profondità d'iniezione. Tali parametri si riferiscono alla resistenza penetrometrica statica ( $q_c$ ) ed alla resistenza al taglio non drenata ( $c_u$ ) ottenute da una prova CPT. Nel caso di materiale granulare si considera solamente il valore  $q_c$ , in quanto si assume che la sola espansione non sia in grado di modificare sostanzialmente l'angolo di resistenza al taglio del materiale.

Le modifiche di resistenza sono valutate con riferimento alla variazione di pressione indotta dall'iniezione, secondo le espressioni sotto riportate: terreni coesivi:

$$\frac{c_u}{\sigma'_v} = 0.22 \cdot OCR^{8.0} ; \quad q_c = 20 \cdot c_u + \sigma'_v$$

terreni granulari:

$$q_c = \sigma'_v \cdot e^{5.241 \cdot \tan(\varphi)}$$

Il valore  $\sigma'_v$  è calcolato ad una distanza dal centro della cavità pari alla distanza tra l'asse della fondazione e la verticale di prova, ed alla profondità dell'iniezione. La qualità delle previsioni fornite dal modello è stata finora verificata su un buon numero di casi reali.

È evidente come l'attendibilità delle previsioni teoriche cresca con la qualità dell'indagine geotecnica a disposizione del progettista dell'intervento di consolidamento.

#### 4. DESCRIZIONE DI UN CASO REALE

L'efficacia del modello analitico è stata verificata, per mezzo di test ed analisi successive all'intervento, in più di venti cantieri eseguiti da Uretex negli ultimi diciotto mesi.

L'obiettivo principale della campagna sperimentale è stato quello di valutare lo scostamento della resistenza penetrometrica alla punta misurata in sito da quella calcolata con il modello teorico. L'utilizzo a posteriori del modello, basato su quantità di resina iniettata reali, ha permesso di calcolare un valore atteso della resistenza penetrometrica alla punta relativa ad una prova CPT ( $q_{c-new}$ ); tale valore è stato poi confrontato con un valore  $q_{c-field}$  ottenuto attraverso correlazioni note in letteratura dal valore della resistenza alla punta di una prova penetrometrica media realizzata in situ.

Per facilitare la comprensione del metodo sopra esposto, s'illustra un interessante caso, riferito al miglioramento del terreno di fondazione di un fabbricato ex-rurale ubicato nel comune di San Giovanni d'Asso in provincia di Siena, interessato da un diffuso quadro fessurativo nella sua struttura in elevazione. L'edificio, ubicato in zona collinare caratterizzata da forme di rilievo rotondeggianti ed incisioni vallive accentuate, è situato su un versante con pendenza media di circa il 20%. Lo stesso è costituito da un nucleo principale probabilmente risalente al secolo scorso e da un corpo di fabbrica secondario, più recente, realizzato in adiacenza al corpo di fabbrica principale. La struttura disposta su un piano fuori terra ed un seminterrato, è dotata di forma rettangolare in pianta, delle dimensioni di 7,40 m x 11,50 m.

I dissesti erano concentrati in particolare nella zona di monte nella porzione di fabbricato di recente costruzione con tendenza a diminuire progressivamente verso valle.

Nell'area interessata dallo studio, caratterizzata dalla presenza di terreni argillosi poco permeabili e non interessata da flussi d'acqua sotterranei, sono state eseguite tre prove penetrometriche statiche (CPT1, CPT2 e CPT3) ed un sondaggio (BH1) (Fig.5). In base ai risultati dell'indagine geognostica effettuata, il terreno di fondazione può essere distinto in due unità litotecniche principali (Fig. 6):

**Unità Aa - Argille limose alterate:** rappresenta il terreno d'imposta delle fondazioni del fabbricato. Dotata di uno spessore variabile da 2,00 m a 4,00 m nel lato di monte e di circa 3,00 m in quello di valle ha valori di resistenza molto variabili in funzione dei gradi d'alterazione e d'umidità.



Considerata la sua resistenza penetrometrica alla punta minima, pari a  $q_{cmin} = 2$  MPa, per l'unità Aa è ipotizzabile una resistenza al taglio non drenata pari a  $c_u = 85$  kPa ed un modulo di compressibilità edometrico  $E_{ed} = 5$  MPa.

**Unità Ac – Argille limose compatte:** rappresenta il substrato dell'area di studio, presente sotto le argille alterate da una profondità variabile da 2,00 m a 4,00 m. È costituita da argille limose sovraconsolidate, il cui grado di consistenza tende ad aumentare progressivamente con la profondità. Considerata la sua resistenza penetrometrica alla punta minima, pari a  $q_{cmin} = 5$  MPa, per l'unità Ac è ipotizzabile una resistenza al taglio non drenata pari a  $c_u = 220$  kPa ed un modulo di compressibilità edometrico  $E_{ed} = 15$  MPa.

Prima dell'inizio dei lavori d'iniezione si sono realizzate tre prove penetrometriche dinamiche (DPM1, DPM2 e DPM3) realizzate con un penetrometro avente massa battente pari a 300 N ed altezza di caduta di 0.2 m (DPM 30) con l'intento di calibrare lo strumento rispetto alle prove statiche; si è determinata la seguente correlazione tra la resistenza penetrometrica statica  $q_c$  e dinamica  $R_{pd}$ .

$$R_{pd} = \alpha \cdot q_c \quad \text{con} \quad \alpha = 4.1$$

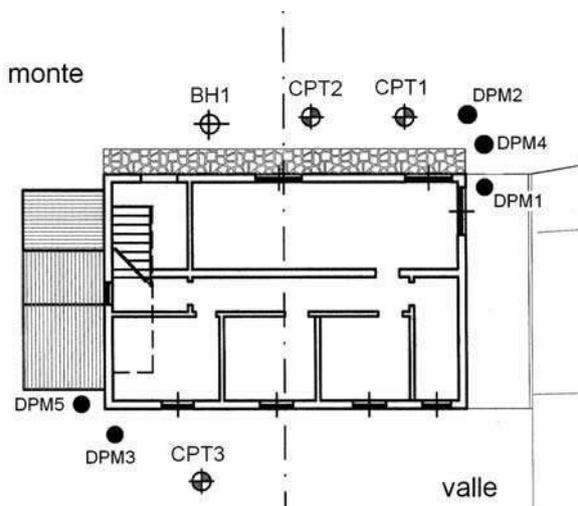


FIGURA 5. PLANIMETRIA DELL'EDIFICIO ED UBICAZIONE PROVE IN SITU

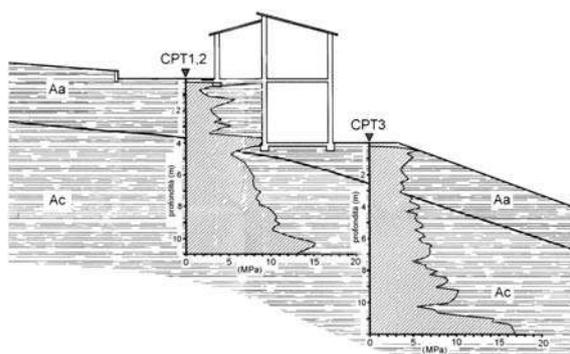


FIGURA 6. PROFILO DEL TERRENO E RISULTATI PROVE CPT INIZIALI

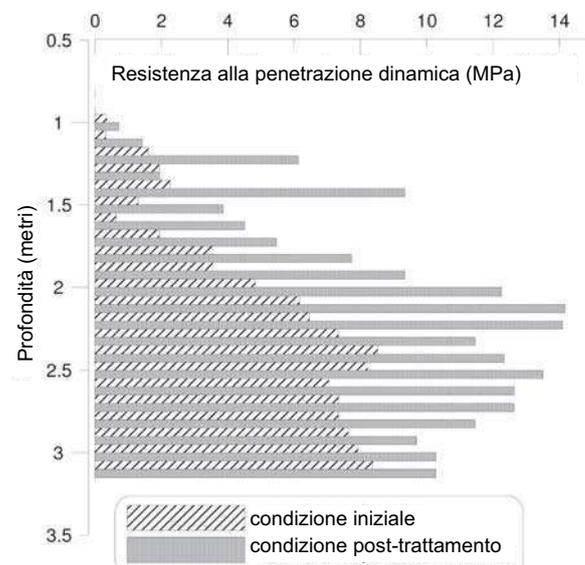


FIGURA 7. GRAFICO COMPARATIVO PROVE DPM1 E DPM4 REALIZZATE PRIMA E DOPO IL TRATTAMENTO

Il consolidamento di complessivi 24 m lineari di fondazione nastriforme continua, è durato complessivamente tre giorni lavorativi durante i quali si sono iniettati mediamente  $20 \text{ dm}^3$  di resina inespansa per punto iniettato.

Il passaggio finale della sperimentazione è consistito nel controllo dei risultati ottenuti, attraverso l'esecuzione d'ulteriori due prove penetrometriche dinamiche (DPM4 e DPM5, vedi Fig. 5).

In Figura 7 sono rappresentate le resistenze penetrometriche dinamiche,  $R_{pd}$ , registrate prima e dopo il trattamento, derivate dai risultati delle prove DPM1 e DPM4. In seguito al miglioramento del terreno, gli incrementi di  $R_{pd}$  sono anche superiori al 100%, particolarmente fino alla profondità di 2 m, dove le prove CPT hanno fatto registrare i valori più bassi di  $q_c$ . A questo punto è stato possibile confrontare i valori teorici di resistenza alla punta del penetrometro statico, ( $q_{c-new}$ ), ottenuti dalla modellazione, con i valori registrati in situ prima del trattamento ( $q_{c-old}$ ), e dopo il trattamento ( $q_{c-field}$ ). In questo caso specifico si sono registrati i seguenti valori:

$$q_{c-old} = 2498 \text{ kPa}$$

$$q_{c-field} = 4820 \text{ kPa}$$

$$q_{c-new} = 4355 \text{ kPa}$$

I risultati evidenziano come gli incrementi del valore di  $q_c$ , dovuti al miglioramento delle caratteristiche del terreno ( $q_{c-field} - q_{c-old}$ ), siano maggiori del 90%, mentre il valore calcolato analiticamente  $q_{c-new}$  è inferiore del 10% alla  $q_c$  reale misurata dopo il trattamento  $q_{c-field}$ .

Questo procedimento comparativo, è stato portato a termine in numerosi cantieri realizzati da Uretek (Fig.8).



L'accuratezza dei risultati calcolati è assai soddisfacente per un campo di valori della resistenza penetrometrica statica iniziale  $q_{c-old}$  compreso tra 2 MPa e 4 MPa. In queste condizioni iniziali, comprendenti la maggior parte dei terreni trattati con la tecnica di miglioramento dei terreni Urettek, il valore calcolato  $q_{c-new}$  sembra corrispondere in larga misura al valore sperimentale post trattamento  $q_{c-field}$ .

Al di fuori di questi limiti ( $q_{c-old} = 2 \text{ MPa}-4 \text{ MPa}$ ) il modello analitico necessita ancora d'affinamenti. Gli sviluppi futuri del software comprenderanno la possibilità di gestire, ad esempio, l'effetto del riempimento dei vuoti nei terreni granulari e l'effetto d'iniezioni multiple sovrapposte, al fine di coprire un campo, il più vasto possibile, d'applicazioni per le quali la tecnologia si presta.

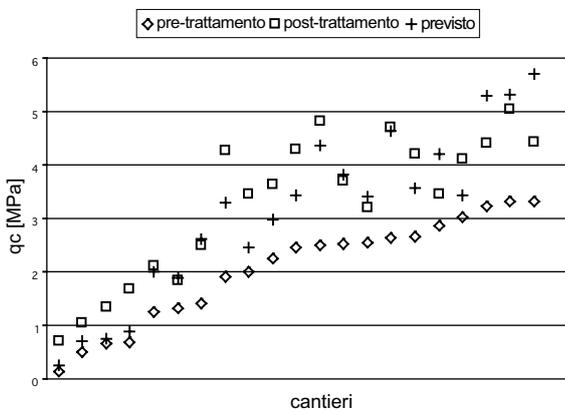


FIGURA 8. COMPARAZIONE TRA VALORI DI  $q_c$  REGISTRATI PRIMA E DOPO IL MIGLIORAMENTO DEL TERRENO E CALCOLATI CON IL MODELLO ANALITICO.

## 5. CONCLUSIONI

I punti principali ai quali dare maggior rilievo sono i seguenti:

- Il metodo Urettek Deep Injections® utilizza una particolare resina, capace d'espandersi immediatamente dopo essere stata iniettata, la quale sviluppa un'elevata pressione d'espansione sul terreno circostante; il suo modulo di Young,  $E$ , spazia tra 15 ed 80 MPa, ed è quindi paragonabile con i moduli relativi a terreni alluvionali; la pressione d'espansione varia tra 0.2 e 10.0 MPa nell'intervallo di peso di volume investigato (compreso fra  $\gamma = 0.5 \text{ kN/m}^3$  e  $10.0 \text{ kN/m}^3$ );
- Il processo d'espansione della resina è stato modellato con la teoria dell'espansione della cavità sferica (o cilindrica) in condizioni quasi-statiche. Il terreno è stato considerato come un materiale elastico lineare perfettamente plastico, con un criterio di rottura non associato alla Mohr-Coulomb ed inizialmente soggetto ad uno stato di tensione isotropo. Dopo un'espansione iniziale di tipo elastico della cavità, hanno inizio le deformazioni plastiche fino al raggiungimento della pressione limite;

- L'approccio teorico (Yu & Houlsby) è stato integrato con valutazioni sperimentali derivanti da prove di laboratorio su campioni di resina e back-analysis di numerosi casi reali; sono state valutate le variazioni nei parametri del terreno mediante la comparazione dei valori teorici della resistenza penetrometrica statica, ( $q_{c-new}$ ), con i valori delle prove in situ corrispondenti alla resistenza pre-trattamento ( $q_{c-old}$ ) e post-trattamento ( $q_{c-field}$ );
- Questa procedura comparativa, è stata portata a termine in più di venti cantieri. I risultati calcolati sembrano corrispondere in larga misura a quelli misurati dopo il trattamento, in particolare qualora la resistenza penetrometrica statica pre-trattamento  $q_{c-old}$  sia compresa tra 2 MPa e 4 MPa.

## 6. BIBLIOGRAFIA

- [1] Favaretti M., Germanino G., Paschetto A., Vinco G., 2004. Interventi di consolidamento dei terreni di fondazione di una torre campanaria con iniezioni di resina ad alta pressione d'espansione, XXII Convegno Nazionale di Geotecnica, Palermo, Italia.
- [2] Yu H.S., Houlsby G.T., 1991. Finite cavity expansion in dilatant soils: loading analysis. *Geotechnique*, 41 (2), 173-183.



# 3

MODELLAZIONE NUMERICA DI UN INTERVENTO DI CONSOLIDAMENTO DEL TERRENO DI FONDAZIONE DI UN PALAZZO STORICO SITO IN RUE JOSEPH DE MAISTRE SULLA COLLINA DI MONTMARTRE IN PARIGI REALIZZATO CON INIEZIONI DI RESINA POLIURETANICA AD ALTA PRESSIONE D'ESPANSIONE

.....  
Memoria presentata al  
XXIII Convegno Nazionale di Geotecnica  
Italia: Albano Terme (PD), 16 - 18 maggio 2007

**Mansueto F.**  
Studio Montaldo & Associati, Genova

**Gabassi M.**  
Uretex S.r.l.

**Paschetto A.**  
Uretex S.r.l.

**Vinco G.**  
Uretex S.r.l.

**PAROLE CHIAVE:** resine, modellazione, cedimenti, software di calcolo, elementi finiti.

## SOMMARIO

Sito nello storico 18esimo arrondissement nei pressi della basilica del Sacro Cuore sulla collina di Montmartre, l'edificio oggetto di questo studio è stato interessato da importanti cedimenti delle fondazioni in corrispondenza di un muro di spina longitudinale. Visto il contesto storico e l'alto pregio dell'immobile lo stesso è stato oggetto di approfonditi studi supportati da indagini geotecniche in situ comprendenti prove penetrometriche e pressiometriche. Dopo aver vagliato le possibili tecnologie, idonee a stabilizzare il fabbricato, si è optato per le iniezioni di resina espandente. L'intervento ha permesso il ripristino della staticità e della funzionalità dell'edificio, nonché l'arresto dell'evoluzione dei cedimenti. Sulla base dei dati a disposizione, utilizzando un software dedicato realizzato implementando la teoria dell'espansione della cavità sferica ed un codice di calcolo agli elementi finiti, si è condotta una modellazione numerica "a posteriori" dell'intervento, che ha messo in evidenza aspetti interessanti inerenti alla simulazione del comportamento di un terreno trattato con resine ad alta pressione d'espansione.

### 1. PREMESSA

La presente memoria è volta ad illustrare lo stato dell'arte in materia di previsione del miglioramento delle caratteristiche geotecniche e di modellazione del comportamento del terreno trattato con iniezioni di resina poliuretanicca ad alta pressione di rigonfiamento. Attraverso l'analisi "a posteriori" di un cantiere realizzato in Francia, si vogliono mettere in luce le corrispondenze tra l'effetto delle iniezioni misurato in situ e la sua stima ottenuta da una modellazione realizzata combinando un software di calcolo dedicato alle formule implicite ed uno agli elementi finiti. I controlli empirici realizzati in corso d'opera monitorando

il sollevamento dell'edificio e le prove geotecniche comparative realizzate prima e dopo l'intervento, a diverse distanze dall'asse d'iniezione, sono servite oltre che a verificare il risultato ottenuto, anche a tarare il modello da utilizzarsi nell'analisi.

### 2. INQUADRAMENTO STORICO

Con i suoi 130 metri, la collina di Montmartre è il punto più alto di Parigi, nella zona Nord della città. Di origini rurali, la zona fu inglobata nella città a metà dell'Ottocento; l'epoca d'oro di Montmartre si colloca tra la fine del XIX secolo e la prima guerra mondiale, quando gli affitti bassi attirarono gli artisti che crearono il mito bohémien di Montmartre.

All'interno di questo contesto, e precisamente sul versante Sud Ovest della collina, è ubicato l'edificio storico risalente al XIX secolo oggetto di questa memoria.

### 3. ORIGINE DEI DISSESTI

Durante la campagna d'indagini geognostiche, è stata individuata la causa dei dissesti. Il cedimento del terreno, con conseguente decompressione dell'interfaccia terreno-fondazione, si è verificato in conseguenza ad un fenomeno di dilavamento provocato da una perdita nella rete fognaria proseguita per un lungo periodo di tempo.

#### 3.1 Descrizione del quadro fessurativo

Sono state rilevate delle fessurazioni strutturali passanti sul muro di spina longitudinale dell'edificio ed esclusivamente al piano cantina; in particolare, sulla parte superiore della muratura, si evidenziava una lesione sub-orizzontale che percorreva tutta la sua estensione abbassandosi a 45° in corrispondenza di un'apertura ad arco da un lato e verso il pavimento,



con andamento scalinato tipico delle murature in laterizio, dall'altro.

Il quadro descritto è caratteristico di una fessura ad arco, indice di un abbassamento del terreno di fondazione, con la porzione compressa superiore del muro in equilibrio e la porzione inferiore che tende a muoversi verso il basso per effetto del peso proprio.

#### 4. CONDIZIONI GEOTECNICHE

La collina di Montmartre è caratterizzata da strati di riporto sovrapposti a livelli marnosi e gessosi ed è caratterizzata dalla presenza di cavità.

Durante la campagna d'indagini geognostiche in situ è stato possibile definire la successione degli strati dal piano di calpestio del livello cantina in giù. È stata individuata la presenza di uno strato superiore degradato, con spessore variabile da 2,00 a 5,00 m, sovrapposto ad uno con caratteristiche migliori.

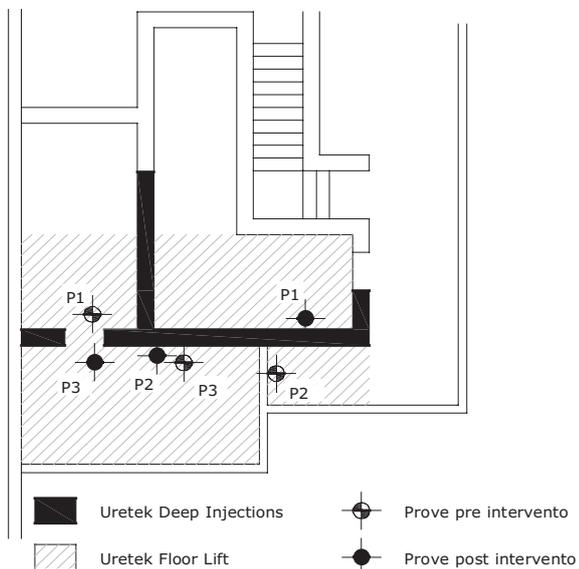


FIGURA 1. UBICAZIONE PROVE PENETROMETRICHE E PRESSIOMETRICHE

L'eterogeneità dei risultati ottenuti, conferma comunque la presenza di riporti, come indicato sulla carta geologica di Parigi 1/25.000 sulla quale è segnalata la presenza di riempimenti di cave a cielo aperto. Essendo il piano d'imposta della fondazione alla profondità di 0,70 m dal piano di calpestio del livello interrato, dal quale sono state realizzate le indagini, è possibile affermare che il terreno di fondazione è costituito da riporto decompresso per una profondità variabile da 1,30 a 4,30 m. Lo stato di degrado, limitato allo strato superficiale, evidenzia come la causa dei dissesti sia localizzata e non coinvolga i livelli di terreno oltre il limite inferiore del riporto. L'origine dei dissesti, in conseguenza al lento degradarsi della parte superiore dello strato decompresso che fa d'appoggio alla base della fondazione, è in diretta correlazione con le perdite d'acqua che sono state rilevate all'interno della cantina e che interessano un volume piuttosto esteso di terreno anche

lateralmente alla stessa ed in profondità. È probabile che le suddette perdite siano durate per un lungo periodo di tempo aumentando progressivamente in seguito alla deformazione della fognatura causata dai cedimenti.

Le caratteristiche meccaniche dei terreni costituenti il VS dell'intervento sono state individuate grazie all'esecuzione di una campagna d'indagine così organizzata: sono state realizzate 5 prove penetrometriche dinamiche di tipo DP30 ISSMFE e 5 prove pressiometriche Ménard spinte a varie profondità, durante le quali non è stata rilevata la presenza della falda. La figura 1 mostra l'ubicazione delle verticali di prova con riferimento alla zona sinistrata coincidente con quella oggetto di trattamento. Le prove eseguite hanno dato i seguenti risultati:

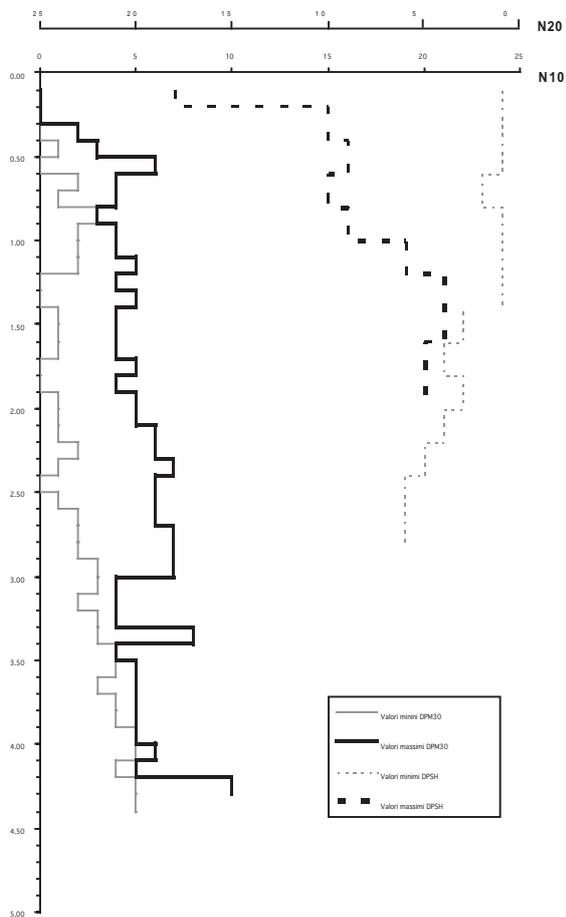


FIGURA 2. GRAFICI PROVE PENETROMETRICHE

La tipologia di prove eseguite non permette la determinazione precisa delle caratteristiche meccaniche dei terreni che individuano il VS dell'intervento, dovendo necessariamente ricavare i relativi parametri mediante l'impiego di correlazioni empiriche, si è quindi scelto di caratterizzarli mediante un approccio statistico.

La procedura impiegata è stata la seguente:

- Scelta della correlazione:



TABELLA 1. CORRELAZIONI IMPIEGATE.

	Prove Penetrometriche	Prove Pressiometriche
E (kPa)	D'Appolonia et. Al (1970)	Amar et. Al (1991)
c' (kPa)		Amar et. Al (1991)
$\phi'$ (°)	De Mello (1971)	
Dr (%)	Terzaghi e Peck (1984)	

- Determinazione dei valori massimo e minimo attesi; Determinazione dei parametri di stato, di resistenza e di deformabilità per ogni set (max,min);

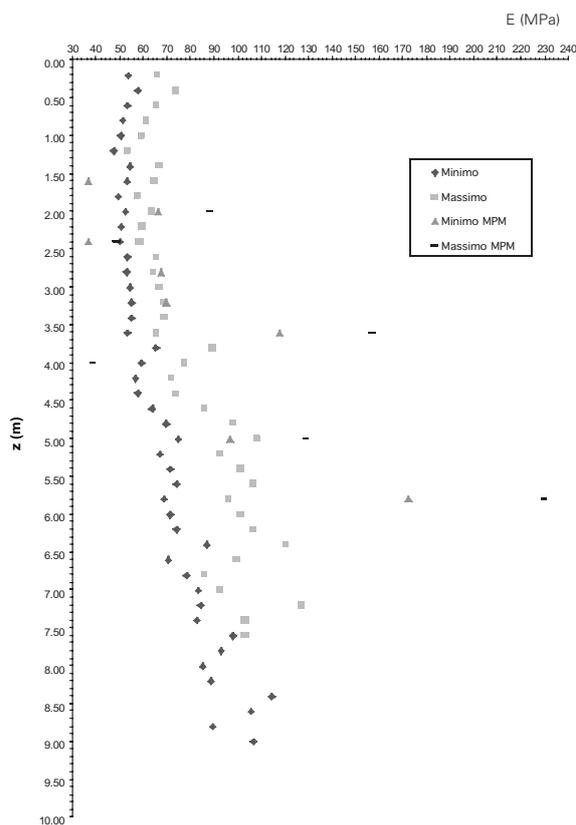


FIGURA 3. MODULO DI DEFORMABILITÀ, VALORI MASSIMI E MINIMI

- Costruzione delle curve di probabilità e determinazione dei valori medio e caratteristico e della deviazione standard;
- Determinazione del valore operativo mediante l'applicazione di un fattore di "incertezza" al valore caratteristico.

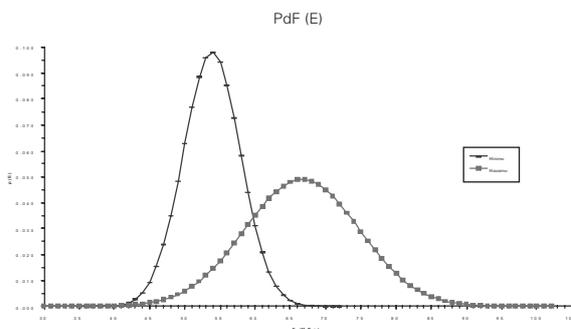


FIGURA 4. CURVA DI PROBABILITÀ DEL MODULO DI DEFORMABILITÀ.

In figura 4 sono rappresentate le curve di probabilità statistica relative ai valori massimo e minimo del

modulo di deformabilità, uno studio analogo è stato fatto anche per la determinazione dell'angolo di taglio e del grado d'addensamento.

L'impiego della metodologia descritta ha permesso di definire due strati di terreno, differenti per caratteristiche, poggianti sopra il substrato di base. I valori operativi ricavati sono riportati nelle tabelle 2 e 3.

TABELLA 2. CARATTERIZZAZIONE TERRENO 1

Parametro		Valor medio	Dev. Standard	Valore Caratt.	Valore op.
$\phi'$ (°)	Min	34,9	0,8582	33,5	<b>28</b>
	Max	37,8	1,2137	35,8	<b>30</b>
Dr (%)	Min	49,3	6,1299	39,3	
	Max	69,7	8,6690	55,5	
E (MPa)	Min	53,0	2,1033	49,6	<b>41,3</b>
	Max	64,9	5,0813	56,6	<b>47,2</b>

TABELLA 3. CARATTERIZZAZIONE TERRENO 2

Parametro		Valor medio	Dev. Standard	Valore Caratt.	Valore op.
$\phi'$ (°)	Min	34,0	0,7053	32,8	<b>27</b>
	Max	36,5	0,9974	34,8	<b>29</b>
Dr (%)	Min	42,8	5,0357	34,5	
	Max	60,5	7,1242	48,8	
E (MPa)	Min	53,8	4,0675	47,2	<b>39,3</b>
	Max	66,6	8,1349	53,3	<b>44,4</b>

Il primo strato di terreno, denominato terreno 1, è quello d'appoggio della fondazione ed ha potenza pari a ca. 1,0 m, mentre il secondo, denominato terreno 2, è sottostante con potenza pari a ca. 3,0 – 3,5 m e continua fino al tetto del substrato di base. Si osserva che per profondità superiori il modulo di deformazione cresce quasi linearmente con la profondità come indicato nella figura 3.

## 5. INTERVENTI DI RIMEDIO

Gli interventi attuati, miravano ad annullare le conseguenze non ancora stabilizzate del dissesto e, nella misura possibile, a recuperare parzialmente i cedimenti differenziali; si è ritenuto requisito importante degli interventi di rimedio la non interferenza diretta con le strutture murarie esistenti.

I danni sugli edifici sono direttamente imputabili alla variazione dello stato tensionale nel terreno, sul quale si è intervenuto, in un intorno limitato sotto alle fondazioni cedute.

Preventivamente al trattamento con iniezioni di resina è stato realizzato un allargamento della fondazione portandola ad una larghezza totale di 1,20 m, attraverso la costruzione di un cordolo in calcestruzzo armato.

L'intervento ha interessato il volume di terreno compreso tra il piano d'imposta della fondazione e la profondità di 4,50 – 5,00 m rispetto al piano di calpestio della cantina, utilizzato come piano di lavoro. Si è scelto di intervenire esclusivamente con il metodo di consolidamento Urettek Deep Injections®.



utilizzando una resina poliuretanicapace d'esercitare un'elevata pressione di rigonfiamentonel corso della sua espansione e con tempi di polimerizzazione estremamente rapidi che consentissero il contenimento della miscela iniettata all'interno del bulbo di terreno maggiormente interessato dalle tensioni indotte dai carichi in superficie.

### 5.1 Fasi d'iniezione

Il lavoro è stato realizzato tra l'8 e l'11 Luglio 2002 lungo 9,00 m lineari complessivi di fondazione e 20,00 m<sup>2</sup> di pavimentazione delle cantine con un consumo complessivo di 1.692 kg di materiale iniettato. Le operazioni sono state suddivise in tre fasi operative come segue:

- Prima fase: iniezioni direttamente sotto il piano d'imposta della fondazione per consolidare il terreno in corrispondenza dell'interfaccia e per riempire i vuoti eventualmente presenti; l'obiettivo della prima fase d'iniezioni è rimettere in coazione la fondazione riducendone così la sensibilità ai cedimenti. Le iniezioni sono state realizzate ad un' interasse pari a ca. 0,60 m alternativamente da una parte e dall'altra del muro e sono proseguite fino alla rilevazione, attraverso apposita strumentazione laser, di un inizio di sollevamento della struttura soprastante.
- Seconda fase: iniezioni in profondità all'interno del bulbo di terreno maggiormente interessato dalle tensioni indotte dai carichi superficiali. Le iniezioni sono state realizzate in corrispondenza dell'asse di perforazione delle iniezioni di prima fase su tre livelli di profondità alle quote di -2,00 -3,00 e -4,50 m dal piano di calpestio delle cantine.
- Terza fase: miglioramento del terreno d'appoggio del pavimento adiacente al muro di spina nel volume compreso tra quota -1,00 e -4,50 m dal piano di calpestio. Le iniezioni sono state eseguite su una maglia a quinconce ogni 1,00 m<sup>2</sup> ca. di superficie. Per il trattamento della pavimentazione si sono realizzate iniezioni colonnari con estrazione a velocità controllata del tubo d'iniezione a partire da quota -4,50 m dal piano di lavoro. Attraverso un monitoraggio di precisione è stato possibile conferire un sollevamento controllato alla pavimentazione che ha permesso la pressoché totale eliminazione dei cedimenti differenziali.

### 5.2 Verifiche

L'analisi dei risultati delle prove pressiometriche post-intervento e la comparazione degli stessi con quelli delle prove pre-intervento ha evidenziato un netto miglioramento delle caratteristiche del terreno inizialmente molto scadenti.

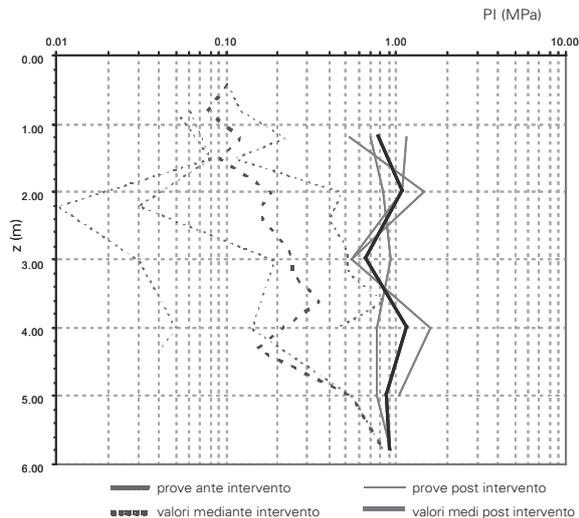


FIGURA 5. CONFRONTO DELLA PRESSIONE LIMITE PI (MPa) TRA PROVE PRESSIOMETRICHE ANTE INTERVENTO E POST INTERVENTO.

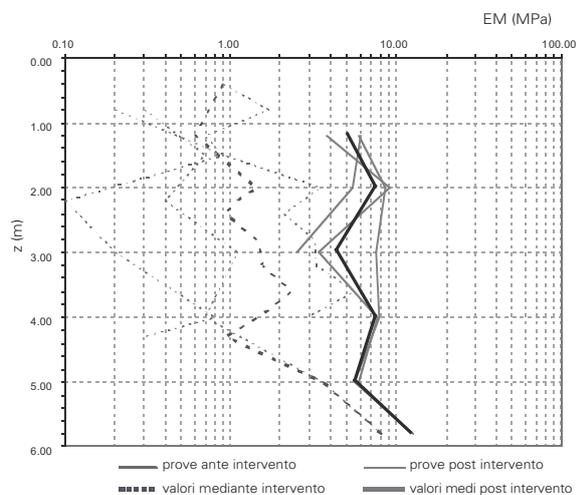


FIGURA 6. CONFRONTO DEL MODULO PRESSIOMETRICO EM (MPa) TRA PROVE PRESSIOMETRICHE ANTE INTERVENTO E POST INTERVENTO.

Osservando tali grafici si evince che i valori pre-intervento si attestano tutti in un range abbastanza ampio mentre, al contrario, i valori post-intervento presentano scarti molto contenuti rispetto al valor medio, segno di un'omogeneizzazione conferita al terreno dalle iniezioni.

I valori delle pressioni limite e del modulo pressiometrico sono decisamente aumentati; in particolare, avendo misurato un valore medio della pressione limite pari a 0,86 MPa, è stato abbondantemente superato il valore minimo di progetto fissato dal progettista in 0,70 MPa. Si sono significativamente diminuita ed aumentata la capacità portante del terreno, portandole a livelli sufficienti da permettere, dopo un attento monitoraggio e l'attivazione dei nuovi elementi portanti, il progressivo smantellamento delle puntellature ed opere di sostegno provvisorie, resesi necessarie per permettere l'agibilità dello stabile. Il modulo pressiometrico, misurato dalle prove post-intervento, ha raggiunto il valore medio di 5,50 MPa, caratteristico di un terreno poco compressibile.



## 6. ANALISI NUMERICHE

Per modellare l'intervento è stato necessario ricorrere ad ovvie semplificazioni. Le iniezioni sono state così simulate con l'espansione volumetrica di elementi solidi.

Si è imposto un aumento della rigidità sia del volume trattato che del terreno al contorno; tale scelta è giustificata dagli aumenti misurati in situ sia in termini di rigidità che di resistenza del volume, limitato, di terreno trattato.

L'aumento di volume, modellato come isotropo, è ovviamente un'ulteriore semplificazione in quanto, in condizioni di terreno omogeneo, la pressione di rigonfiamento si svilupperà dapprima lungo il piano di minore tensione.

Durante la prima fase d'iniezione, in seguito all'espansione dei volumi iniziali di resina iniettata si saturano i vuoti presenti all'interno del terreno e si compatta lo stesso aumentandone la rigidità; in condizioni di terreno normal consolidato questo porta ad un aumento della tensione orizzontale fino a valori prossimi a quella verticale presente in un intorno limitato del punto d'iniezione.

Una volta raggiunto uno stato di tensione isotropo, la pressione di rigonfiamento si sviluppa anche in direzione verticale inducendo la struttura ad un inizio di sollevamento.

L'espansione isotropa della cavità sferica, implementata nel software dedicato alle formule implicite, è stata simulata con il codice di calcolo agli elementi finiti imponendo un valore della deformazione volumetrica dell'elemento, derivato dall'incremento di volume restituito dal software.

Così facendo è possibile stimare più accuratamente l'aumento di volume da inserire nel calcolo basandosi sui consumi registrati durante i lavori; i tempi estremamente rapidi del processo d'espansione impediscono infatti al materiale di percorrere più di qualche decimetro dal punto d'iniezione, rendendo agevole la stima dell'intorno raggiunto dalla resina. Le analisi sono state condotte secondo due approcci limite: il primo volto a simulare la sola influenza del miglioramento delle caratteristiche del terreno post-iniezione, il secondo, più specifico, volto a simulare anche l'espansione di volume dell'iniezione. Con l'impiego del software di calcolo dedicato alle formule implicite è stato possibile stimare l'aumento di rigidità indotto dalle iniezioni al terreno nell'intorno del punto d'iniezione, in funzione della quantità di materiale iniettato. I calcoli vengono realizzati implementando la teoria dell'espansione di una cavità sferica o cilindrica proposta da Yu e Houlsby (1991) accoppiata alla legge d'espansione del materiale iniettato, in funzione della tensione di confinamento, ottenuta in laboratorio. Con il medesimo software si sono calcolati anche i raggi d'influenza delle iniezioni che sono stati poi utilizzati nella modellazione con il codice di calcolo agli elementi finiti Plaxis® 2D Version 8.

### 6.1 Analisi FEM

Nel presente paragrafo sono riportati i risultati principali delle analisi FEM eseguite esponendo, prima, quelli relativi alla sola influenza del terreno trattato visto come "blocco" (Caso 1), e poi, quelli relativi all'espansione dei punti d'iniezione (Caso 2).

Nel primo caso si è adottato un legame costitutivo elasto plastico alla Mohr-Coulomb per entrambi i terreni mentre nel secondo caso si è scelto un legame costitutivo di tipo Hardening per meglio cogliere gli effetti legati alla ricomprensione indotta dall'espansione. I parametri di resistenza e deformabilità impiegati nelle analisi sono quelli indicati nelle tabelle 2 e 3; l'influenza dell'iniezione di resina è stata caratterizzata ipotizzando che la sua presenza conferisca al terreno una coesione "virtuale" ed un incremento del modulo di deformabilità, lasciando invariato l'angolo di taglio del terreno naturale.

I valori operativi sono stati determinati sulla scorta della campagna d'indagine post-intervento. La simulazione del lavoro ha visto lo sviluppo delle fasi di calcolo riportate in tabella 4 per entrambi i casi studiati. Il valore del carico applicato in fondazione, pari a 380 kPa, induce all'interfaccia fondazione-terreno una pressione media pari a circa 300 kPa riscontrata in sito.

TABELLA 4. SEQUENZA DELLE FASI DI ANALISI

Fase	Caso 1	Caso 2
Ko	x	x
Scavo	x	x
Costruzione fondazione	x	x
Applicazione dei carichi	x	x
Grado di Sicurezza Attuale	x	x
Allargamento Fondazione	x	x
Iniezione (blocco)	x	
Iniezioni (espansione) al 1° livello		x
Iniezioni (espansione) al 2° livello		x
Iniezioni (espansione) al 3° livello		x
Iniezioni (espansione) al 4° livello		x
Grado di Sicurezza Finale	x	x

Nelle pagine seguenti sono presentati i principali risultati relativi alla fase d'applicazione dei carichi (figure 7 e 8); in particolare si analizzano i diagrammi di taglio relativo e delle deformazioni incrementali di taglio:

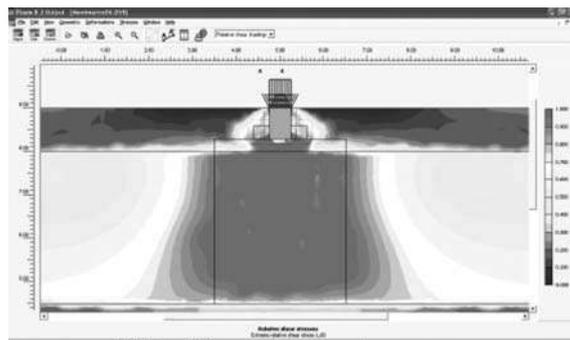


FIGURA 7. DIAGRAMMA DEL TAGLIO RELATIVO

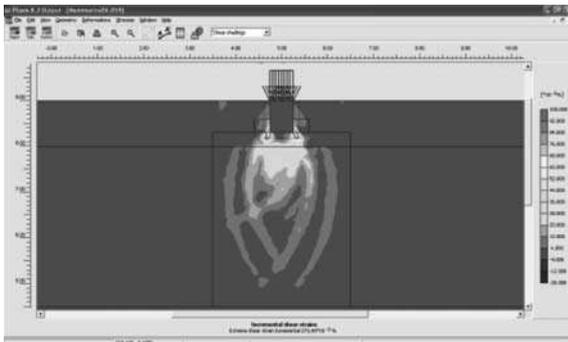


FIGURA 8. DEFORMAZIONI INCREMENTALI DI TAGLIO

Si osserva come l'azione dei carichi induca la mobilitazione di un meccanismo di punzonamento della fondazione entro il terreno di assise ben colto dal modello. Esiste una vasta area, sviluppata entro gli strati 1 e 2, dove il criterio di rottura è raggiunto o è prossimo al raggiungimento, nella quale si mobilitano significativi stati deformativi di taglio.

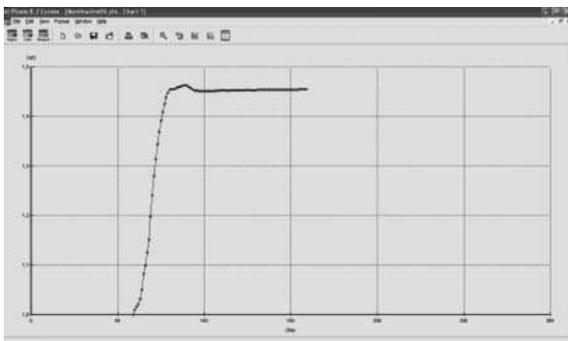


FIGURA 9. GRADO DI SICUREZZA ATTUALE

Tale mobilitazione è ovviamente imputabile alla mancata presenza di un cordolo fondazionale di dimensioni adeguate la cui presenza avrebbe avuto, senza dubbio, un benefico effetto. Il valore del Grado di Sicurezza Attuale rilevato è pari a circa 1,4 ed è riportato in figura 9.

### Caso 1

L'inserimento del terreno trattato come "blocco" ha prodotto il prevedibile effetto di decrementare le tensioni tangenziali agenti entro il VS migliorandone, quindi, il comportamento d'insieme.

La figura 10 mostra come il blocco di terreno migliorato presenti un comportamento caratterizzato da bassi sforzi tangenziali mentre, esternamente, lo stato tensionale risulti invariato rispetto all'assetto originario.



FIGURA 10. DIAGRAMMA DEL TAGLIO RELATIVO

In termini di Grado di Sicurezza, rappresentato in figura 11, si osserva un suo significativo incremento rispetto alle condizioni ante-intervento rappresentate dalla linea rossa. Le iniezioni hanno quindi prodotto il benefico (e prevedibile) effetto di incrementare il Grado di Sicurezza nei confronti della capacità portante, portandolo a 3,83.

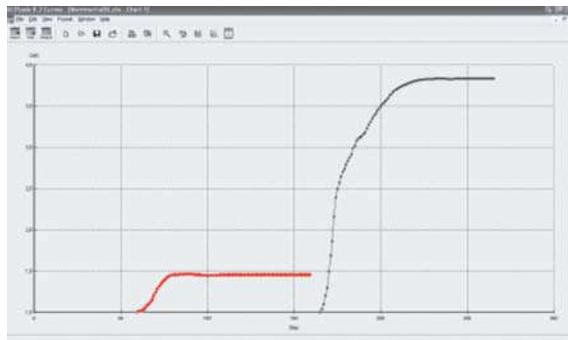


FIGURA 11. VARIAZIONE DEL GRADO DI SICUREZZA

### Caso 2

Questo caso analizza il comportamento del trattamento simulando l'espansione della resina. La figura 12 mostra, con riferimento al primo livello d'iniezione, come l'espansione conferita ai cluster segua molto bene il comportamento atteso (sollevamento della fondazione).

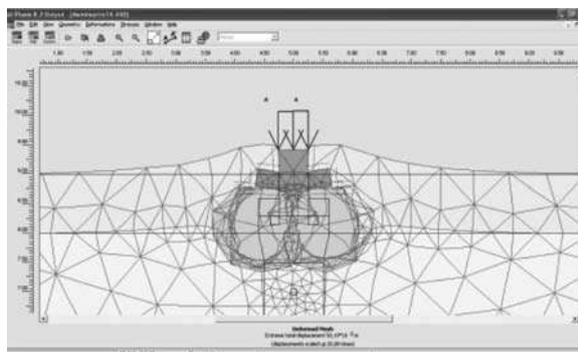


FIGURA 12. ESPANSIONE DELLA RESINA E SOLLEVAMENTO

Infatti, in termini di risposta al sollevamento, si osserva come il maggior sollevamento coincida con il primo livello d'iniezione per poi tendere a valori più modesti agli altri livelli (figura 13).

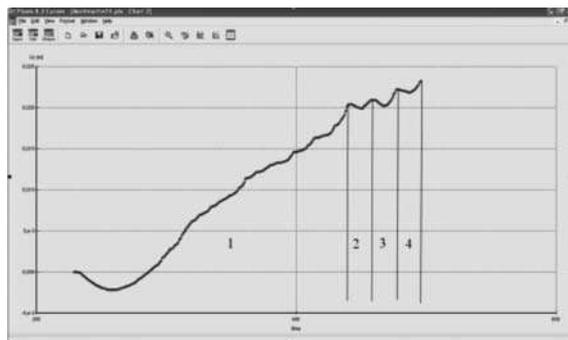


FIGURA 13. SPOSTAMENTI VERTICALI DELLA FONDAZIONE DURANTE LE FASI D'INIEZIONE (I NUMERI INDICANO I LIVELLI D'INIEZIONE)



Da questa figura emerge anche un dato importante, ovvero la presenza di modesti abbassamenti riscontrati in ogni livello d'iniezione durante le varie fasi d'espansione. Tale fenomeno è probabilmente da imputarsi al rifluimento laterale del terreno in seguito all'espansione dell'elemento.

L'analisi dei punti di plasticità (figura 14), per i quali il criterio di rottura è raggiunto, mostra una buona convergenza con i risultati derivati dall'applicazione della teoria di Yu e Houlsby (1991). In particolare, la regione dei punti oltre la quale il criterio di rottura non è superato (raggio plastico) mostra una forma simile ad una circonferenza di raggio pari a circa 0,25 – 0,30 m contro i 0,20 – 0,30 m stimati con l'impiego della citata teoria, a conferma della buona congruenza dei due approcci.

Anche in questo caso le iniezioni hanno prodotto il benefico (e prevedibile) effetto di incrementare il Grado di Sicurezza nei confronti della capacità portante (linea blu) seppur a valori inferiori rispetto al caso precedente, rispetto alle condizioni ante-intervento (figura 15), aumentandolo fino al valore di 2,76.

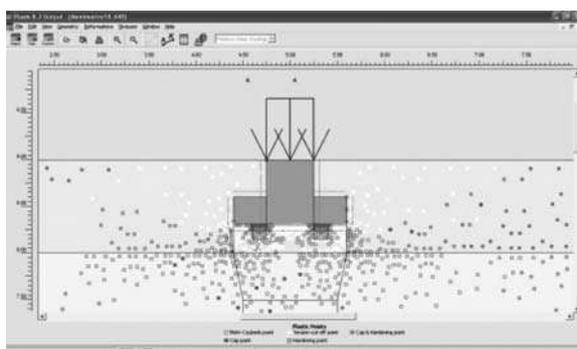


FIGURA 14. PUNTI DI PLASTICITÀ

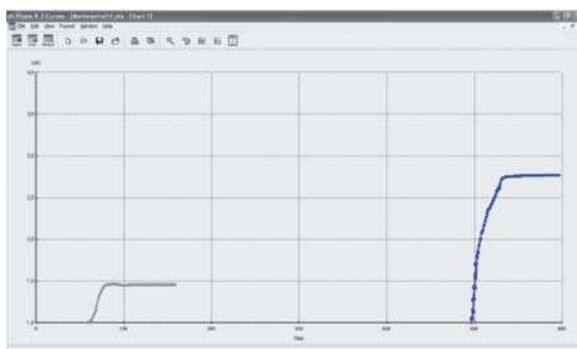


FIGURA 15. VARIAZIONE DEL GRADO DI SICUREZZA

## 6.2 RISULTATI E CONCLUSIONI

La presente memoria ha affrontato gli aspetti della modellazione in risposta ad un trattamento di consolidamento del terreno, eseguito mediante iniezione di resine poliuretatiche ad alta pressione di espansione. Le prove post-intervento mostrano una buona omogeneizzazione del comportamento del terreno entro il volume trattato ed un notevole incremento di resistenza e rigidità rispetto ai valori iniziali. Il valore della pressione limite minima richiesta dal progettista post-intervento è stato raggiunto e superato, dimostrando la sostanziale efficacia della tecnologia adottata.

Basandosi sull'analisi "a posteriori" di un caso reale, si sono confrontate modellazioni condotte con due approcci differenti realizzati migliorando le caratteristiche costitutive del terreno sulla scorta dei risultati delle indagini, nel primo caso, e sfruttando l'applicazione della teoria di Yu e Houlsby (1991) implementando nell'analisi FEM i parametri relativi all'espansione ottenuti con il software alle formule implicite, nel secondo. Come si è potuto osservare nel paragrafo precedente le analisi FEM hanno mostrato una buona convergenza con i risultati del software; è importante altresì sottolineare come quest'ultimo approccio fornisca i risultati del miglioramento in termini di caratteristiche di resistenza post-intervento mentre, mediante le analisi FEM, si siano potute seguire passo passo tutte le fasi di lavoro. È evidente l'esistenza di una certa differenza tra i valori del Grado di Sicurezza, pari a circa il 38%, fra il Caso 1 (GdS = 3.83) ed il Caso 2 (GdS = 2.76) imputabile alle differenti metodologie d'approccio. Appare quindi sensato definire un fuso del Grado di Sicurezza le cui curve limite inferiore (Caso 2) e superiore (Caso 1) racchiudano il valore effettivo post-intervento (figura 16).

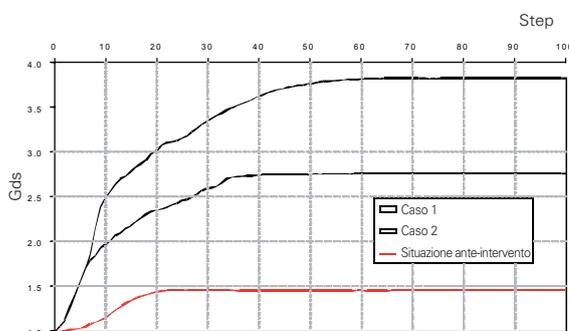


FIGURA 16. FUSO DEL GRADO DI SICUREZZA

I principali risultati ottenuti mostrano una significativa convergenza fra i vari approcci impiegati e in particolare:

- La stima del raggio plastico, valutata con la teoria di Yu e Houlsby, è ben colta dalle analisi FEM (Caso 2);
- La simulazione FEM dell'espansione evidenzia importanti aspetti del sollevamento della fondazione, legati al rifluimento del terreno;
- Gli aspetti legati alla ricomprensione del terreno sono colti con sufficiente dettaglio;
- La variabilità del Grado di Sicurezza è contenuta e dipende dalle differenti metodologie d'analisi impiegate e dalle alea legate alla determinazione delle caratteristiche di resistenza e deformabilità dalle sole prove in sito eseguite.



## BIBLIOGRAFIA

- [1] Brinkgreve R.B.J., Boere W., 2004. Plaxis 2D Version 8 User Manual. Plaxis b.v., Delft 2004
- [2] Dei Svaldi A., Favaretti M., Pasquetto A., Vinco G., 2005. Analytical modelling of the soil improvement by injections of high expansion pressure resin. Atti 6th International Conference on Ground Improvement Techniques, Coimbra 2005, pp. 577-584
- [3] Favaretti M., Germanino G., Pasquetto A., Vinco G., 2004. Interventi di consolidamento dei terreni di fondazione di una torre campanaria con iniezioni di resina ad alta pressione d'espansione. Atti XXII Convegno Nazionale di Geotecnica, Palermo 2004, pp. 357-364
- [4] Maiorano R.M.S., Aversa S., 2004. Modellazione numerica degli effetti prodotti da iniezioni espandenti al di sotto delle fondazioni di edifici in muratura. Atti XXII Convegno Nazionale di Geotecnica, Palermo 2004, pp. 389-393
- [5] Schweiger H. F., Kummerer C., Otterbein R., Falk E., 2004. Numerical modelling of settlement compensation by means of fracture grouting. Soils and foundations, 44 (1), 71-86
- [6] Yu H.S., Houlsby G.T., 1991. Finite cavity expansion in dilatant soils: loading analysis. Geotechnique, 41 (2) , 173-183
- [7] Amar S et. Al., 1991. Utilisation des résultats des essais pressiométriques pour le dimensionnement des fondations en Europe, 1ère partie: Pressiomètre Ménard/Pressiometre Autoforeur. Rapport du Comité Technique Régional Européen n° 4 Pressiomètres, comitat Français de la Mécanique des Soles et des Fondations (eds), Rotterdam: Balkema, 1991, 37p, ISBN 9054101164
- [8] Dano C, 2001. Comportement mecanique des soles injectes. Tesi di dottorato di ricerca, Ecole Centrale de Nantes, Université de Nantes.

## ABSTRACT

**NUMERICAL MODELLING OF A FOUNDATION SOIL IMPROVEMENT UNDERNEATH AN HISTORICAL BUILDING LOCATED IN RUE JOSEPH DE MAISTRE ON THE MONTMARTRE HILL IN PARIS BY INJECTIONS OF HIGH EXPANSION PRESSURE POLYURETANIC RESIN**

Keywords: resins, numerical modelling, settlements, calculation software, finite elements.

The numerical modelling of polyuretanic resins injections, providing high-pressure expansion, is presented in this paper by back analysing a soil improvement intervention performed in Paris. Expanding resins are used more and more in ground injections.

Designing methods for predicting the ground improvement degree produced by this specific technology can be developed by theoretical

approaches. In this case a localized settlement process caused by a leak in a water pipe, was stopped. The injections were performed underneath 7,0 m of strip foundations inside the upper 4,5 m thick soil layer. The soil improvement took place over 4 working days. Starting from specific geotechnical parameters, obtained from the on site tests campaign carried out before and after the injections, settlements as well as stress state and strain state of the soil were modelled. Due to the need of using empirical correlations to get the geotechnical parameters from the pressiometric and penetrometric tests, a statistical approach was followed. The combined use of a dedicated software, based on the finite cavity expansion in dilatants soil theory (Yu H.S. and Houlsby G.T., 1991), and of a finite elements code brought to interesting results. A comparison between theoretical data and on site tests results is also provided. By simulating the injections, meant as a simple soil stiffness increase before and by a stiffness increase together with a volumetric expansion afterwards, the different rise of the bearing capacity has been studied. The consistent Safety Factor improvements experienced during the 2 different simulations showed differences up to 38% due to the different approaches.



# 4

## UTILIZZO DI INIEZIONI DI RESINE POLIMERICHE ALTAMENTE ESPANDENTI PER LA MITIGAZIONE DEL RISCHIO DI COLLASSO DELLE FONDAZIONI DI STRUTTURE ESISTENTI DOVUTO A FENOMENI SISMICI

---

Memoria presentata alla  
8<sup>th</sup> Pacific Conference on Earthquake Engineering  
Singapore: 5 - 7 dicembre 2007

**M. Erdemgil**

SMP Engineering, Ankara, Turkey.

**S. Saglam and B. S. Bakir**

Department of Civil Engineering,  
Middle East Technical University, Ankara, Turkey.

### RIASSUNTO

Il collasso delle fondazioni indotto da eventi sismici può essere innescato dall'incremento del carico oltre la capacità portante o dalla perdita di quest'ultima. Il consolidamento dei terreni di fondazione costituisce un'importante categoria di interventi correttivi per questa tipologia di dissesto. Trattando il caso di strutture esistenti in ambiente urbano, tuttavia, l'applicabilità della grande maggioranza dei metodi appartenenti a questa categoria o non è realizzabile o è seriamente limitata a causa del rumore o delle vibrazioni eccessivi generati durante l'intervento. Al contrario, il consolidamento dei terreni di fondazione attraverso procedimenti di iniezione porta vantaggi eccezionali per la risoluzione di questi problemi e fornisce un livello di efficacia relativamente alto se confrontato con quello delle possibili alternative. Sono qui presentati due casi, relativi a strutture esistenti in Turchia, dove è stata incrementata la capacità portante del terreno di fondazione con iniezioni di resine polimeriche commerciali. Sono state realizzate prove penetrometriche prima e dopo l'intervento per avere una stima dell'efficacia del trattamento del terreno di fondazione che, nel primo caso, era sensibile alla liquefazione mentre, nel secondo, era non liquefacibile, a grana fine e piuttosto cedevole. Sulla base dei risultati ottenuti è stata valutata l'efficacia dell'intervento e sono stati discussi importanti aspetti pratici della sua realizzazione in ambiente urbano.

### 1. INTRODUZIONE

I cedimenti delle fondazioni associati al superamento della capacità portante, indotto da un evento sismico, costituiscono una forma relativamente meno comune di danno alle strutture provocato dal terremoto. Facendo riferimento alle oscillazioni sismiche, il

collasso della fondazione può essere provocato da due meccanismi distinti: il primo si ha quando le forze e i momenti trasmessi alla fondazione possono superare drasticamente, anche se momentaneamente, quelli imposti in condizioni statiche; nel secondo meccanismo, invece, carichi ripetuti possono portare ad una riduzione della capacità portante del terreno di fondazione, come nel caso di terreni sensibili ai fenomeni connessi alla liquefazione. Nel caso più generale, quindi, la calamità e l'eventuale collasso della fondazione sono causate dalla riduzione della capacità portante accompagnata dall'incremento della sollecitazione.

Collapsi di fondazioni superficiali di grandi dimensioni ed indotte da sismi si sono verificate recentemente nella città di Adapazari durante il terremoto (Mw 7.4) di Izmit (Kocaeli), Turchia, il 17 Agosto 1999. Come conseguenza, centinaia di edifici in cemento armato da 3 a 6 piani con platee superficiali hanno subito cedimenti delle fondazioni di vari tipi ed intensità; i diversi aspetti del comportamento sismico delle platee di fondazione superficiali ad Adapazari sono stati analizzati in dettaglio e sono stati presentati altrove. La maggior parte degli spostamenti delle fondazioni nella città, era sotto forma di cedimenti uniformi compresi entro 10 cm. Numerosi edifici, tuttavia, dovettero essere demoliti malgrado presentassero un danno minore o non strutturale, poiché i cedimenti delle loro fondazioni eccedevano i limiti di servizio. Successive indagini in situ hanno evidenziato che i terreni della parte di città interessata dai collassi delle fondazioni sono di tipo misto, costituito da sabbia fine, limo ed argilla in proporzioni variabili, normalmente consolidato e con una casuale predisposizione alla liquefazione. È tuttavia interessante notare, come la maggior parte di questi collassi ha avuto luogo dove il terreno non era sensibile alla liquefazione, ma già alquanto cedevole



(Bakir et al., 2002; Yilmaz et al., 2004; Bakir et al., 2005; Bakir et al., 2006 – a; Trifunac and Todorovska, 2006; Bakir et al., 2006 – b).

In ogni caso, a prescindere che la liquefazione fosse stata indotta o no, i diffusi collassi fondazionali verificatisi ad Adapazari durante il terremoto del 17 Agosto, hanno attirato l'interesse di ricercatori di tutto il mondo e confermano ancora una volta la necessità di prestare particolare attenzione al comportamento delle fondazioni durante un evento sismico, quando le stesse poggiano su terreni cedevoli o liquefacibili in zone a rischio terremoto. In Turchia, si è finalmente focalizzata l'attenzione su questa particolare tipologia di dissesto provocato dal terremoto ed è aumentata la richiesta di verifiche della vulnerabilità della fondazione nei confronti di un evento sismico; è inoltre cresciuta anche la domanda di realizzazione, dove necessario, di interventi correttivi su strutture esistenti oltre che per quelle di nuova realizzazione. In questo documento sono presentati due casi, realizzati, di incremento della capacità portante del terreno di fondazione rispetto ad un evento sismico. Gli stessi sono relativi a strutture esistenti ubicate in ambiente urbano in Turchia. Si sono realizzate iniezioni di polimeri commerciali (URETEK) per il miglioramento del sedime di fondazione in terreni suscettibili alla liquefazione in un caso e piuttosto cedevoli, a grana fine e non liquefacibili nell'altro. Durante l'intervento nel terreno liquefacibile, la predisposizione alla liquefazione è stata valutata attraverso un approccio convenzionale, che utilizza fattori di sicurezza espressi dal rapporto tra la resistenza del terreno alla liquefazione e la sollecitazione sismica; questi ultimi sono indicati sotto forma di uno sforzo di taglio ciclico. Nel caso invece di terreni di fondazione a grana fine e cedevoli, è stata stimata la capacità portante del terreno nella condizione di carico sismico prima e dopo il trattamento, e sono stati calcolati i corrispondenti fattori di sicurezza. In entrambi i casi, il miglioramento del terreno è stato misurato, attraverso delle correlazioni, con prove penetrometriche in sito realizzate prima e dopo l'intervento. Sulla base dei risultati ottenuti si è valutata l'efficacia del metodo e si sono discussi importanti aspetti pratici della sua esecuzione in ambiente urbano.



FIGURA 1. ESEMPI DI ROTTURE PER SUPERAMENTO DELLA CAPACITÀ PORTANTE DI FONDAZIONI SUPERFICIALI AD ADAPAZARI

## 2 MISURE CORRETTIVE PER INCREMENTARE LA CAPACITÀ PORTANTE

Le misure correttive per incrementare la capacità portante del terreno di fondazione possono essere suddivise in due grandi categorie: una è il trattamento dei terreni di fondazione e l'altra riguarda interventi di tipo strutturale. Nella scelta del metodo più appropriato, devono essere considerati aspetti relativamente importanti quali il costo, il rendimento, le caratteristiche del terreno, gli effetti sull'ambiente, il tipo di fondazione e le sue caratteristiche strutturali. I metodi di trattamento del terreno, nel complesso, ne incrementano la rigidità riducendone al tempo stesso l'attitudine alla liquefazione. Le contromisure strutturali consistono, invece, nella realizzazione di pali o di elementi in calcestruzzo armato in corrispondenza delle fondazioni.

Naturalmente la progettazione e l'applicazione di misure correttive sono molto più semplici e meno costose per le nuove strutture, tuttavia nel caso di strutture esistenti ed in particolar modo in ambiente urbano, la grande parte dei metodi a disposizione in queste due ampie categorie non è applicabile o è seriamente limitata. Questi limiti sono imputabili al rumore eccessivo ed alle vibrazioni prodotti durante il cantiere, alle dimensioni dell'attrezzatura richiesta od ai limiti di servizio imposti durante l'esecuzione. Il consolidamento del terreno di fondazione di strutture esistenti in ambiente urbano, realizzato con iniezioni, presenta vantaggi eccezionali e fornisce un livello di efficacia relativamente alto se confrontato con quello delle possibili alternative. L'applicazione del metodo, consiste nell'iniezione di materiali specifici (nei casi qui presentati resina altamente espandente) a pressione controllata e con un monitoraggio continuo della risposta strutturale.

## 3 CONSOLIDAMENTO CON INIEZIONE DI POLIMERI

Negli ultimi 40 anni si sono sviluppate diverse miscele chimiche utilizzate nel trattamento dei terreni; l'applicazione di questa tecnologia richiede inevitabilmente la conoscenza del materiale da iniettare e del terreno che deve essere trattato. Le specifiche costruttive della miscela, del tipo di



terreno, delle caratteristiche dell'applicazione e le relazioni tra esse hanno una significativa influenza sull'efficacia del trattamento (Clough et al., 1979; Christopher et al., 1989; Ata and Vipulanandan, 1999; Ozgurel and Vipulanandan, 2005). La composizione granulometrica o la permeabilità iniziale determinano l'iniettabilità del terreno (Ozgurel and Vipulanandan, 2005). Per le iniezioni a "permeazione", la pressione d'iniezione è un parametro chiave del quale si deve tenere conto (Fig. 2) al fine di evitare la fratturazione e il sollevamento del terreno durante l'intervento; la pressione d'iniezione deve essere limitata alla pressione effettiva del sovraccarico. Per le iniezioni a "compensazione" (compattazione), la miscela è iniettata in modo tale da spostare i grani e di conseguenza compattare il terreno, per questo motivo si può osservare l'effetto della compattazione addirittura in punti che la miscela d'iniezione non raggiunge. La pressione d'iniezione è maggiore di quella adottata per le iniezioni a "permeazione" e la tensione indotta dai carichi superficiali è un parametro che deve essere considerato per la regolazione della stessa durante il trattamento del terreno di fondazione. Il monitoraggio della fondazione può aiutare il controllo e la regolazione della pressione d'iniezione, che è scelta sulla base di considerazioni in merito a permeabilità del terreno, pressione del sovraccarico e modalità di iniezione.

La miscela commerciale d'iniezione URETEK, utilizzata nelle applicazioni descritte in questo documento, è un polimero espandente ed inerte. Grazie alla sua struttura chimica essa può diffondersi facilmente in terreni aventi permeabilità iniziali basse dell'ordine di  $10^{-6}$  m/s, inoltre, può essere iniettata efficacemente a "intrusione" e "compensazione", a seconda del tipo di terreno e della pressione d'iniezione (Fig. 2). Il tempo di gel della resina URETEK è veramente breve, quasi immediato. Per raggiungere una resistenza a compressione prossima a quella finale è sufficiente un'ora, mentre la resistenza finale della resina è raggiunta dopo un tempo di presa indicativo di 24 ore. Le osservazioni e le prove di laboratorio dimostrano che una volta che la resina iniettata s'indurisce, non ha luogo nessuna reazione apprezzabile con i materiali naturali circostanti o con i prodotti usati nell'industria edilizia (URETEK, 2007).

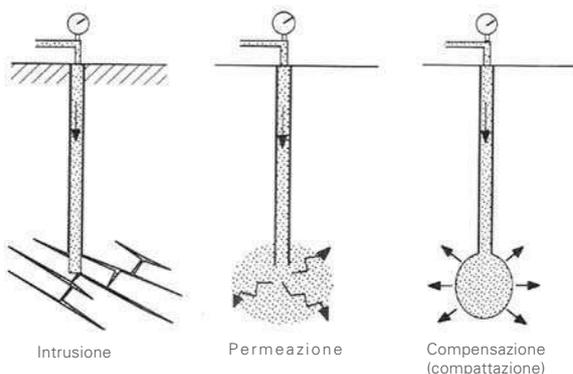


FIGURA 2. MODALITÀ DI INIEZIONE (HAUSMANN, 1990)

## 4 APPLICAZIONI

Sono qui presentati due casi di trattamento del terreno, finalizzati ad incrementare la capacità portante del sedime di fondazione, con iniezioni di polimeri; gli stessi sono relativi a strutture esistenti ad Istanbul, Turchia. Il primo caso è riferito ad un edificio residenziale di cinque piani su terreni sabbiosi sciolti sensibili alla liquefazione, in un quartiere densamente popolato, mentre il secondo è relativo ad edifici industriali su un deposito alluvionale di terreni soffici a grana fine. In entrambi i casi, per la successiva valutazione dell'efficacia del trattamento, si è utilizzata, per la sua praticità, la prova penetrometrica dinamica (DPT) per misurare la capacità portante del terreno prima e dopo il suo trattamento correlando i risultati dal numero di colpi equivalente della prova penetrometrica standard.

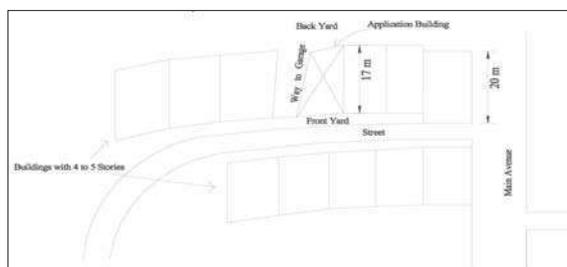


FIGURA 3. UBICAZIONE DELL'EDIFICIO RESIDENZIALE (CASO 1)

### 4.1 Caso 1: Miglioramento di terreno liquefacibile

#### 4.1.1 Condizioni del sito

L'edificio di cinque piani, che ha una fondazione su platea spessa 0.8 m impostata ad una profondità di 2.0 m, è situato all'interno di un caseggiato e, come mostrato in Figura 3, confina su un lato con un altro edificio. Il sottosuolo dell'area può essere schematizzato con due strati di sabbia che si differenziano per il contenuto di particelle fini e per la resistenza penetrometrica: uno strato superficiale, spesso 3.0 m, di sabbia da limosa ad argillosa con un contenuto di particelle fini compreso tra 15% e 25% è sovrapposto ad uno strato sottostante di sabbia limosa con un contenuto di fini che varia tra 15% e 40%. La resistenza penetrometrica dello strato superficiale, espressa come numero di colpi equivalente della prova penetrometrica standard (SPT), varia tra 10 e 25, mentre i colpi per lo strato di sabbia limosa sono compresi tra 8 e 14; la falda è stata localizzata circa 1.0 m sotto la superficie. In Figura 4 sono schematizzate la stratificazione del sottosuolo e la fondazione. Il ramo della Faglia Nord Anatolica nel mar di Marmara, che è capace di dar luogo a terremoti di magnitudine superiore a 7, si trova solo circa 15 km a Sud rispetto all'area dove sorge l'edificio ed in cui l'accelerazione di picco del suolo, corrispondente ad un tempo di ritorno di 225 anni, è stimata essere pari a  $0.35g$ . La liquefazione sembra quindi essere abbastanza probabile per i terreni superficiali sabbiosi sciolti presenti nel sito. Nelle applicazioni pratiche la valutazione della liquefazione sismica del suolo implica spesso

il confronto della sollecitazione sismica prevista su una massa di terreno, con la resistenza offerta dallo stesso contro la liquefazione. Questo richiede che la sollecitazione sismica e la resistenza del terreno siano espresse in termini in cui sia possibile definire la possibilità di liquefazione. Ad oggi, il riferimento più ampiamente usato per la base comune è lo sforzo di taglio ciclico e l'approccio generale è noto come "approccio dello sforzo ciclico". Qui, nel corso dell'applicazione, il carico sismico è caratterizzato in termini di cicli di sforzo uniformi (Seed et al., 1975) e la resistenza del suolo è caratterizzata in termini di sforzo di taglio ciclico necessario per dare inizio alla liquefazione in base alla relazione fornita da Seed et al. (1985).

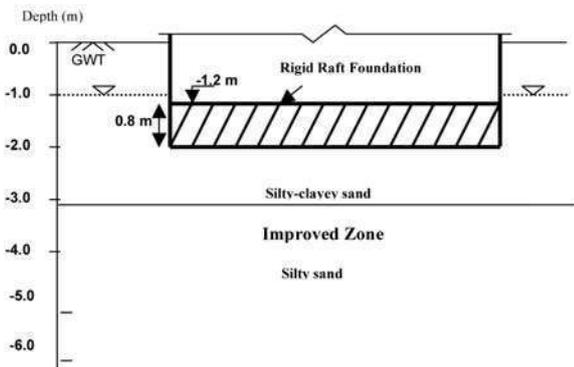


FIGURA 4. SEZIONE TRASVERSALE DELLA STRATIFICAZIONE DEL SOTTOSUOLO E DELLA FONDAZIONE (CASO 1)

#### 4.1.2 Applicazione, risultati ed implicazioni

I terreni di fondazione sono stati migliorati fino ad una profondità di circa 4.0 m sotto la platea di fondazione con iniezioni sistematiche dal piano di calpestio dell'edificio, realizzate con pressioni di applicazione che raggiungono i 6 bar alle profondità maggiori. L'edificio è costantemente monitorato contro ogni possibile cedimento della fondazione durante il processo di iniezione.

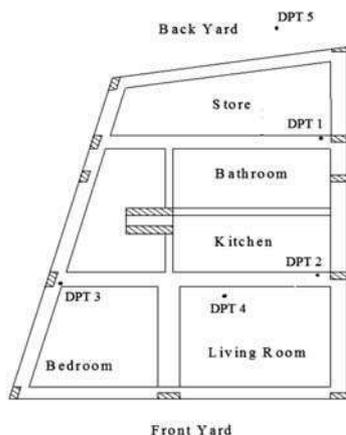


FIGURA 5. VISTA IN PIANTE DELL'EDIFICIO CON I PUNTI D'APPLICAZIONE DELLE PROVE DPT (CASO 1)

L'efficacia del trattamento del terreno è valutata sulla base di prove DPT realizzate in cinque differenti punti dell'edificio (Fig. 5). I risultati di tre di queste (DPT1, DPT3 e DPT4), sono stati elaborati e riportati qui. Le figure 6A, B e C evidenziano le variazioni, prima

e dopo l'intervento, di tre parametri: il numero di colpi SPT corretto equivalente, lo sforzo ciclico corrispondente necessario per dare inizio alla liquefazione ed il fattore di sicurezza. Ogni parametro è stato indicato in funzione della profondità del terreno sotto la fondazione e per ognuna delle tre prove penetrometriche. Nei calcoli, la magnitudo del terremoto ( $M_w$ ) e l'accelerazione di picco del terreno assunte sono rispettivamente pari a 7.00 e 0.35g. La Figura 6 mostra chiaramente i miglioramenti successivi alle iniezioni. In generale, il trattamento è stato particolarmente efficace in tutti i punti di prova ubicati entro una profondità pari a circa 2.0 m dal piano d'imposta della fondazione. Il numero di colpi SPT, entro i 4.0 m di profondità, è aumentato in media da due a tre volte, con corrispondenti valori di resistenza alla liquefazione che superano la sollecitazione imposta a tutti i livelli e fattori di sicurezza contro la liquefazione che aumentano da -1 a valori compresi tra 1 e 2.

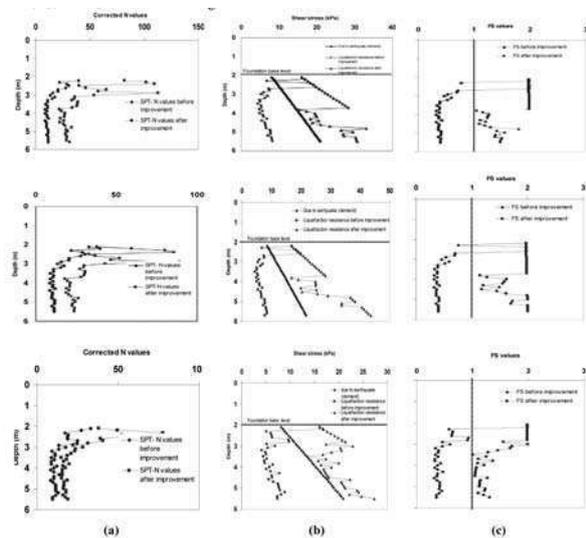


FIGURA 6. VARIAZIONI PRIMA E DOPO IL TRATTAMENTO (A) DEL NUMERO DI COLPI SPT EQUIVALENTE, (B) DELLO SFORZO CICLICO NECESSARIO PER DARE INIZIO ALLA LIQUEFAZIONE E (C) DEI FATTORI DI SICUREZZA CONTRO LA LIQUEFAZIONE (CASO 1)

## 4.2 Caso 2:

### Miglioramento di terreni alluvionati cedevoli

#### 4.2.1 Condizioni del sottosuolo

Il secondo caso riguarda un'unità di un complesso industriale situato nella gola di un corso d'acqua, la struttura di cemento armato poggia su platee di fondazione di varie dimensioni. La falda è ubicata circa 1 m sotto la superficie ed i sondaggi hanno rilevato l'esistenza di depositi alluvionali saturi a grana fine, che in superficie vengono generalmente identificati come argille limose. Sotto questo strato, ad una profondità di circa 3 metri, c'è una sabbia limosa mediamente densa. La stratigrafia del terreno è illustrata in Figura 7. Sulla base dei risultati delle prove penetrometriche, la resistenza dei terreni superficiali alluvionali a grana fine è soggetta a variazioni irregolari sul lato cedevole, con un numero



di colpi SPT equivalente che è generalmente ben inferiore a 10 fino ad una profondità di 3 m. Il problema era pertanto dovuto ai cedimenti delle fondazioni dello stabilimento originati dal superamento della capacità portante, indotto da fenomeni sismici.

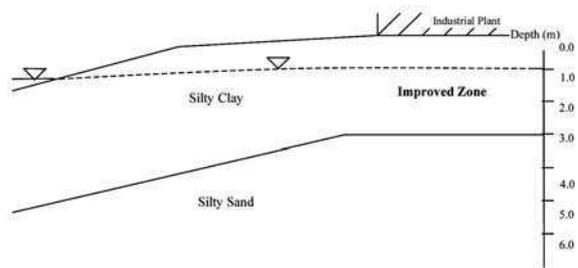


FIGURA 7. STRATIGRAFIA DEL TERRENO NELL'AREA DEL COMPLESSO INDUSTRIALE (CASO 2)

#### 4.2.2 Applicazione, risultati ed implicazioni

I terreni di fondazione sono stati trattati a profondità leggermente superiori a 3.0 m con iniezioni sistematiche sotto ed attorno alle platee di fondazione sulle quali poggia lo stabilimento. Le iniezioni sono state realizzate con pressioni variabili tra 3 e 6 bars a seconda delle condizioni al contorno, mentre la struttura è stata continuamente monitorata per individuare ogni possibile cedimento durante l'esecuzione. La capacità portante del terreno di fondazione dello stabilimento, impostate a 0.75 m dal piano campagna, è stata stimata con delle correlazioni dal numero di colpi SPT equivalente, misurati durante le prove penetrometriche dinamiche. I punti di esecuzione delle prove, indicati in Figura 8, sono stati riportati sull'impronta della struttura dello stabilimento. La capacità portante del terreno di fondazione dopo il trattamento è stata in seguito misurata, con procedura analoga, con prove penetrometriche dinamiche realizzate vicino ai punti delle prove eseguite prima dell'intervento.

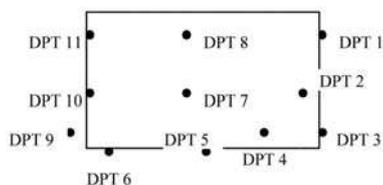


FIGURA 8. PUNTI DI ESECUZIONE DELLE PROVE PENETROMETRICHE SULLA PIANTA DELLA STRUTTURA (CASO 2)

Il numero di colpi SPT equivalente, pre- e post-trattamento dei terreni di superficie per le prove DPT2 e DPT4, è illustrato in Figura 9. Sulla base di questi risultati è stato stimato che la resistenza al taglio dello strato di argilla limosa è aumentato in media del 180% a seguito dell'iniezione. Assumendo condizioni non drenate per l'argilla satura, sono state calcolate le capacità portanti del terreno di fondazione in condizioni di carico statico e sismico prima e dopo il miglioramento. È stata stimata un'accelerazione di picco del terreno di 0.30g per il sito dello stabilimento e, nel calcolo della capacità portante rispetto a sollecitazioni dovute a fenomeni

sismici, si è considerato che sulle fondazioni agiscono, oltre ai maggiori carichi lordi verticali, anche i corrispondenti momenti e forze laterali indotti dal terremoto. I risultati delle analisi sono espressi in termini di fattori di sicurezza per cedimenti indotti dal superamento della capacità portante.

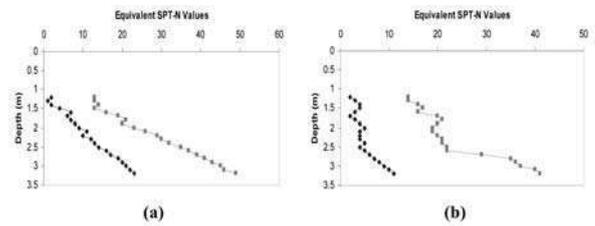


FIGURA 9. STRATIGRAFIA DEL TERRENO NELL'AREA DEL COMPLESSO INDUSTRIALE (CASO 2)

Considerando una fondazione classica per l'area, si sono calcolati i fattori di sicurezza per cedimenti indotti dal superamento della capacità portante, in condizioni di carico statico e sismico, prima del trattamento dei terreni di fondazione; i valori ottenuti sono pari a circa 2.5 e 1.4. Dopo il trattamento, invece, i fattori di sicurezza calcolati, risultano aumentati fino a 7.0 e 4.3 rispettivamente. Si può quindi affermare che dopo il trattamento le fondazioni sono diventate sufficientemente sicure ed è stata eliminata la possibilità di collasso indotto da fenomeni sismici.

## 5 DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

L'iniezione di polimeri espandenti, migliora la resistenza del terreno in due modalità distinte a seconda del tipo di terreno e della metodologia di iniezione. Il primo effetto delle iniezioni, nel terreno saturato dalla resina, è il riempimento dei vuoti durante il processo d'espansione, che realizza un legame chimico tra i grani solidi costituenti il terreno. Al tempo stesso, durante l'espansione della resina, il blocco di terreno iniettato tende ad aumentare di volume esercitando pressioni significative sul terreno circostante, provocandone l'incremento degli sforzi efficaci ed una riduzione dei vuoti (compattazione). L'effetto combinato induce un miglioramento sostanziale delle caratteristiche del terreno misurabile con l'aumento della resistenza penetrometrica. I case history qui presentati dimostrano quindi che l'iniezione di polimeri espandenti può essere utilizzata efficacemente per aumentare la capacità portante del terreno di fondazione rispetto ad un evento sismico. Sulla base dei risultati delle prove penetrometriche realizzate per stimare il grado di miglioramento, si è osservato che il metodo è ugualmente efficiente sia come intervento correttivo, per prevenire fenomeni di liquefazione in terreni a grana fine, sia come intervento per aumentare la capacità portante di depositi alluvionali cedevoli. Si può inoltre notare come le prove penetrometriche siano uno strumento valido e pratico per la stima in sito dell'efficacia dell'intervento.



# 5

## CONCEPTUAL MODEL FOR THE REMEDIATION OF EXPANSIVE CLAY FOUNDATIONS USING EXPANDING POLYURETHANE RESIN

.....  
Memoria presentata al SEC 2008 - Symposium International Sécheresse et Constructions Francia: Parigi, 1 -7 settembre 2008

**Olivier Buzzi**

**Stephen Fityus**

**Yasumasa Sasaki**

Centre for Geotechnical and Materials Modelling, School of Engineering, University of Newcastle, NSW 2308, Australia

**KEYWORDS:** foundation remediation, expanding polyurethane resin, expansive soils, swelling.

### ABSTRACT

Injection of expanding polyurethane resin is a viable alternative to underpinning to correct differential foundation movements in individual houses. When injected into deformed foundations in expansive soils, which may be subsequently subjected to water content increases, it is of particular importance to understand how soil-resin composite material behaves, and especially, what its swelling capacity is. In theory, a building on a treated foundation could be damaged if there is subsequent swelling of treated soil. This paper firstly considers the effect of resin injection on the transfer properties of expansive clay soils, and concludes that resin injection of a cracked clay soil can reduce the macrovoid permeability of by a factor of around 50. It then presents a conceptual analysis of the performance of an expanding polyurethane resin-treated, expansive clay foundation. It discusses the soil structure interaction problem by firstly identifying the key behavioural characteristics of each of the components, and then by considering their likely interaction. It concludes with a discussion of how the soil-structure interaction problem might be formulated and solved.

### 1. INTRODUCTION

Injection of expanding polyurethane resin (EPR) is now a commonly employed alternative to conventional underpinning, to correct differential deflections in individual houses, buildings and paving slabs. Differential deflections are corrected by the pressure exerted as gasses are produced during the chemical reaction that forms the resin. This solution does not require excavation or the installation of additional foundation elements, since

the resin is directly injected under the building using aluminium tubes inserted into small drilled holes.

This approach is well suited to situations where foundation volume changes are due to consolidation or compaction, and hence are irreversible. However, if applied to expansive soils, in which volume changes are potentially reversible, it is of particular importance to understand hydraulic properties and swelling behaviour of the soil-resin composite how the resin may affect the performance of the remediated foundation.

This is because the desiccation cracks that form during expansive soil shrinkage are filled with resin, meaning that any future wetting of the soil cannot close the cracks.

This could lead to enhanced vertical swelling that could over-lift the remediated foundation. Very little data is available in the literature on this underpinning technique and on the composite polyurethane resin/expansive soil material. Polyurethane resin grouting is mentioned in Vinson & Mitchell (1972) but other kinds of resin are more common in grouting (e.g. epoxy). Moreover, most grouting techniques are applied to granular soils or fractured rocks, as the grout injection pressure required to permeate a granular material are too great in fine soils (Akbulu & Saglamer 2002). This paper first presents some experimental observations on the resin and its ability to propagate into a cracked, natural clay. It then presents a conceptual analysis of how an EPR treated expansive clay foundation might perform if it were subjected to excess moisture. This is considered both in terms of how readily water is able to enter the treated soil, and how the treated soil would be affected by water if it entered.



## 2. INTRODUCTION

Expanded polyurethane resin is formed from an exothermic reaction between a polyol and an isocyanate, mixed in specific volumetric proportions. A large amount of carbon dioxide is produced during the reaction; causing the expansion and producing a foam structure where gas bubbles (cells) are surrounded by rigid walls. In the case of EPR this is a closed cell structure. For the foundation remediation application; the resin expands in less than 10 seconds and hardens within one minute. The resin used in this research, when reacted without confinement (free expansion), reaches a volume forty times greater than that of the initial components.

When injected into soil, an expansion pressure is developed, and the volume attained depends on the confinement level. Pressures of up to 10 MPa are possible (Favaretti et al. 2004). Once injected, the resin is considered to be stable since it is only degraded by UV radiation and some volatile solvents (e.g. acetone) that should not be found under a building.

## 3. PROPAGATION INTO THE GROUND

Several undisturbed composite soil specimens have been taken from resin injected areas at the Maryland reactive clay test site (Fityus et al, 2004). Figure 1 shows the composite resin/soil material in case of an injection in silty clay (A) and in a cracked residual clay (B). As explained in Favaretti et al. (2004), the injected resin permeates into the soil following the weakest path. In case of a cracked soil, the resin fills and enlarges the existing cracks.

The resin is also observed to enter cracks as small as 0.1 mm although the resin does not penetrate very far in these thin cracks.

This phenomenon generates a soil/resin interface visible in Figure 1 (A). This interface is 1 to 3 mm thick and includes a skin on the resin.

The resin injection is usually made in multiple 'shots', allowing the resin to expand between the shots, so that its lifting effect of each shot can be assessed before the next shot is made. Resin from two different shots can be identified in Figure 1 (A), the second one having cracked and penetrated the first one, which is consequently compressed. Due to the interaction of these several shots, the resin injected into the ground is a heterogeneous material having several layers and some possible macro voids. Figure 1 (B) shows a larger sample and how the resin penetrates into the crack network formed into the soil. The smallest cracks visible in Figure 1 (B) are about 1 mm wide.



FIGURE 1: VIEW OF SOIL/RESIN COMPOSITE MATERIAL. (A) RESIN INJECTION IN SILTY CLAY. WIDTH OF THE RESIN LAYER ABOUT 20 mm. (B) RESIN INJECTION IN RESIDUAL CLAY.

## 4. IMPACT ON THE SOIL TRANSFER PROPERTIES

The relevant permeability to consider for a foundation soil is not that of a basic soil element (ped), but the permeability of the structured soil mass. It has been shown that natural soils are made of interparticle voids and macropores including cracks, and holes due to roots or worms (Jayawickrama & Lytton 1993). Several models of dual porosity or dual permeability have been proposed to capture the possible flow through the soil elements and into the macro voids (e.g. Chertkov & Ravina 2000). When injecting the resin into expansive clay, the permeability of the soil elements is unchanged but the resin fills the macrovoids limiting the major water flow in the cracks and reducing drastically the permeability of the soil mass.

An in situ air permeability testing technique has been used to assess the impact of the resin on the transfer properties of a cracked soil mass. The experimental arrangement, as used by Wells et al. (2006) is shown in Figure 2 (A). Results of the air permeability tests are displayed in Figure 2(B). The resin injection point was located 1 m beneath the surface and tests were performed in the injected zone (permeability KI) and in a non injected zone (permeability KNI). In this test, the injection pressure is increased progressively and

both flow rate and pressure are periodically measured. The slope of the “flow rate-pressure” relationship is proportional to the permeability of the soil mass. The ratio  $K_{NI}/K_I$  was found to be 55 at 600 mm depth and 40 at 450 mm depth whereas natural scattering of the results due to the soil heterogeneity corresponds to factor 2 only. It is thus concluded that, the presence of the resin in the cracks drastically reduces the bulk water transfer properties of the soil mass by preventing water from permeating through the cracks.

As a consequence of resin injection, the dual permeability characteristics are eliminated, at least locally. An important consequence of this is the extension of the time to saturation of the soil mass and the need for a more significant raining event to saturate the soil.

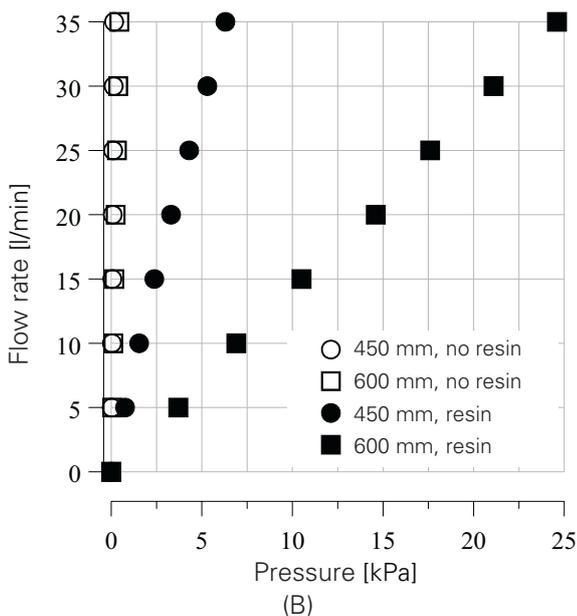
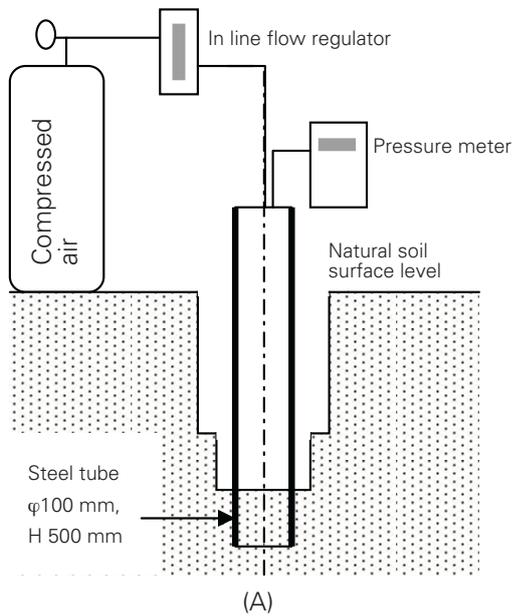


FIGURE 2: (A) EXPERIMENTAL AIR PERMEABILITY DEVICE TO MEASURE BULK PERMEABILITY IN A STRUCTURED SOIL. (B) RESULTS OF IN SITU AIR PERMEABILITY MEASUREMENTS IN A CRACKED CLAY.

#### 4. CONCEPTUAL SOIL-RESIN-STRUCTURE INTERACTION MODEL

##### 5.1. Key Factors

Whether or not an EPR-injected, cracked clay foundation soil will overlift a footing if it becomes wet, is a highly complex problem to analyse. The response of the treated foundation depends on many factors, including the potential for the clay soil to swell subject to a complicated confining arrangement; the capacity of the resin to be crushed by the forces generated by the swelling clay; and the confining load applied by the footing, which varies as localised swelling of clay lifts the footing differentially, causing the contact pressure along its base to become greatly non-uniform.

##### 5.2. Behaviour of the swelling clay

In general, an expansive clay will swell if it is allowed to take up water in a dry state. How much it swells depends on the natural expansiveness of the clay, how dry it is (how much water it can take) and how much stress is acting to suppress the uptake of water and consequent swell. In simple terms, for a given initial water content value, an expansive soil will undergo maximum expansion if inundated in an unconfined state, and it will maintain its volume if a large enough confining stress (greater or equal to its swelling pressure) is applied as it is inundated. For intermediate confining stresses, the soil will experience an intermediate degree of expansion.

If the soil is exposed to a strongly anisotropic stress state, say, full lateral confinement and little or no vertical confinement, then it will swell preferentially in the vertical direction, realising vertical strains in excess of those it would experience if it were expanding freely in all directions. In the case of a desiccated clay in which all of the cracks are filled with EPR, such a condition exists (at least until there is significant compressive strain in the EPR).

##### 5.3. Behaviour of the resin

Although the EPR can exert great pressure during its formation reaction, once it has hardened, it exerts no more load than the stress conditions that exist in the soil around it. In fact there is some evidence to suggest that it may shrink (very slightly) after hardening, thus lowering its stress state. The EPR resin used in this study displays a response to compressive stresses that is reasonably approximated as linear elastic-plastic. That is, it deforms as a relatively high stiffness elastic material up to some yield stress value, beyond which it plastically deforms to large strains without attracting a significantly greater load.



### 5.4. Behaviour of the structure

According to Walsh & Cameron (1997), the typical Australian house loading ranges from 10 kPa to 50 kPa. These are fairly modest values, but in general, they act uniformly over large areas. Compared to the expansion pressures of the EPR or the swelling pressure that can be exerted by typical expansive clay, these are very low. Consequently, the pressure exerted by a uniformly supported foundation is well short of that needed to completely suppress the swelling of underlying clays, or to redirect vertical swelling stresses to act laterally and crush the resin ins the cracks.

Compared to other components in the system, the footings and the superstructure are very stiff. The tall vertical walls of masonry structures are very stiff and do not bend, however, if enough bending stress is applied, they will break. The footings themselves are relatively stiff and bend very slightly. The action of the composite structure is complicated by the presence of a damp proof course that effectively debonds the structure from the footing. Muniruzzaman (1997) performed a series of experimental tests on a full-scale structure (brick wall plus foundation) to investigate the response of the wall to different ground movements. As in many Australian houses, the structure tested incorporated a damp proof course over the two first brick layers. This is of particular importance since it allows a gap between the foundation and the wall, in case of ground movements where a rise at one or both ends produces a dished deflected shape (Figure 3). Consequently, an arching effect is created, whereby the house spans between the ends of the footing and its loading is redistributed as is indicated in Figure 3.

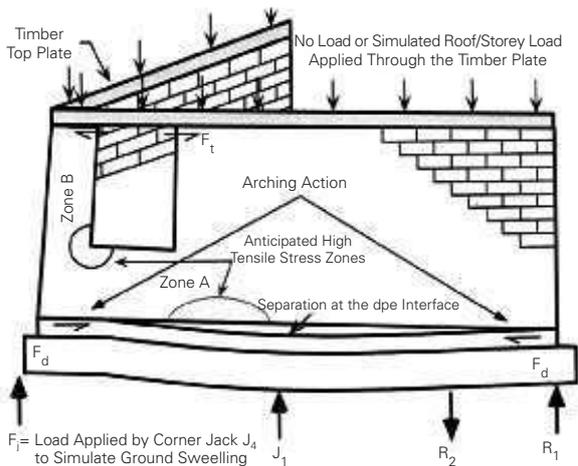


FIGURE 3. RESPONSE OF A MASONRY STRUCTURE TO DIFFERENTIAL FOUNDATION DEFLECTIONS. (AFTER MUNIRUZZAMAN, 1997).

The load distribution for the footing is very complicated, depending not only on its irregular contact with the structure, but also, on its contact with the foundation soil. In a worst case scenario, soil becomes locally wet (say, from a leaking pipe)

at an extreme end of the footing, so that the area of the swelling is very localised. This is the worst case, since more extensive wetting produces more uniform swelling and lifting, and the span between contact points with the soil is reduced, leading more to a tilting action than a bending action. Figure 4 presents a schematic illustration of 4 stages of deflection in a footing due to localised swelling beneath the left-hand end. As the left-hand end is lifted from a condition of uniform support (condition 1), the central portion begins to lift-off the foundation, over a distance ( $dL$ ) that increases with increasing differential rise of the left-hand end (conditions 2-4). The share of the load that is no longer carried by the interval  $dL$  is redistributed to either end of the footing, increasing the pressure over the contact area above the swelling clay,  $d_c$ . As the distance  $dL$  increases ( $dL2 < dL3 < dL4$ ), the pressure on  $d_c$  increases, increasing the vertical stress on the swelling clay, and hence, suppressing further swelling.

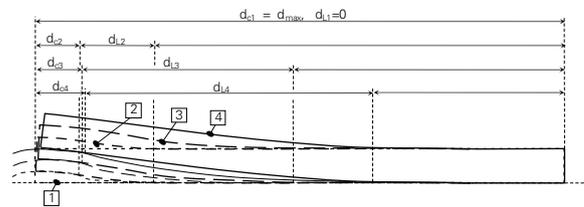


FIGURE 4: SCHEMATIC REPRESENTATION OF A FOOTING AS IT IS INCREASINGLY DEFLECTED AT ITS LEFT-HAND END. THE CONTACT AREA INCREASES ONLY SLIGHTLY, WHILE THE LIFT-OFF AREA INCREASES SIGNIFICANTLY, DISTRIBUTING LOAD BACK TO THE CONTACT AREA.

### 5.5. Crux of the problem

In light of the above discussion, it is apparent that the issue that must be addressed in contemplating the use of EPR in expansive soil foundations is: will the redistributed stress to the swelling clay become great enough to suppress any further swelling, or cause the EPR to yield, before the structure reaches a differential deflection sufficient to cause structural damage?

### 5.6. Solving the problem

Obtaining the answer to this question is a formidable task. For any specific case, it could be obtained from the development of a non-linear finite element model that can model the footing as a beam or raft, with distributed structural loads acting upon it. Some simplification is afforded by assuming that the structure will remain uncracked and lift at the dampcourse due to arching, effectively causing it to bear at either end of the footing.

The foundation soil model used for the soil-resin composite will need to be considerably more evolved than the Winkler model commonly employed in structural analyses.

It will need to account for a non-linear (possibly



semi-logarithmic) relationship between confining stress and soil volume.

It will also need to accommodate anisotropic elasto-plastic behaviour, so that under realistic combinations of vertical and lateral stress, it will expand or compress in the vertical direction, or yield in the lateral direction, to account for the behaviour of the resin in the composite. Work is progressing on the formulation of such a finite element model.

Work is also underway on simpler approaches to addressing this problem.

On the scale of a cracked natural soil, there is merit in modelling the composite, not as a continuum, but as an inhomogenous arrangement of soil elements and resin elements, each with its own mechanical behaviour.

A preliminary model to describe the behaviour of swelling soil elements has been proposed by Buzzi et al. (2007).

## 6. CONCLUSIONS

The determination of when EPR can be used to treat deflected expansive soil foundations without adverse effects is a complex problem. With increasing knowledge and experience of the fundamental behaviour of the resin, the soil and the resin-soil composite, it is possible to formulate a conceptual model of treated foundation behaviour, which will hopefully be implemented in the near future.

The discussion provided in this paper indicates that the likelihood of a treated clay foundation becoming wet through short-term exposure to water, such as runoff from a storm event, is significantly reduced by the reduction in the permeability to bulk water that is achieved by the filling of cracks and macropores with resin. The likelihood of the treated foundation becoming wet through prolonged exposure to excess soil moisture is not considered here, but is being addressed in other aspects of this research.

The discussion provided here also indicates that it is likely that EPR injection can be used to remediate deflected foundations, at least under certain conditions, and that a methodology for determining what those conditions are is achievable.

## ACKNOWLEDGEMENTS

This research has been carried out with financial support from the Australian Research Council (ARC). The authors would also like to thank Mainmark Uretek, Sydney, for the additional financial and technical support.

## REFERENCES

- [1] Akbulu, S. and Saglamer, A. (2002). Estimating the groutability of granular soils: a new approach. *Tunnelling and Underground Space Technology* 17, 371–380.
- [2] Buzzi, O.P., Fityus, S.G. and Sloan, S.W. (2007). Proposition for a simple volume change model for expansive saturated soils. Accepted for NUMOG X conference, Rhodes.
- [3] Chertkov, V.Y. and Ravina, I. (2000). Shrinking - swelling phenomenon of clay soils attributed to capillary-crack network. *Theoretical and Applied Fracture Mechanics* 34, 61-71.
- [4] Favaretti, M., Germanino, G., Paschetto, A. and Vinco, G. (2004). Interventi di consolidamento dei terreni di fondazione di una torre campanaria con iniezioni di resina ad alta pressione d'espansione. XXII CONVEGNO NAZIONALE DI GEOTECNICA Palermo. 1-19.
- [5] Fityus, S.G., Smith, D.W. and Allman, M.A. (2004). An expansive soil test site near Newcastle. *ASCE Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering* 130, 7, 686-695.
- [6] Jayawickrama, P.W. and Lytton, R.L. (1993). Conductivity through macropores in compacted clays. 7<sup>th</sup> International Conference on Expansive Soils, Dallas. 99-104.
- [7] Muniruzzaman, A. (1997). A study of the serviceability behaviour of masonry. PhD Dissertation, University of Newcastle. Unpublished.
- [8] Vinson, T.S. and Michell, J.K. 1972. Polyurethane foamed plastics in soil grouting. *J. of Soil Mech. and Found. Div. ASCE*. SM6, 579-602.
- [9] Walsh, P. and Cameron, D. 1997. The design of residential slabs and footings. *Standards Australia*.
- [10] Wells, P.A., Fityus, S.G., Smith D. W. and Moe, H. (2006). The indirect estimation of saturated hydraulic conductivity of soils, using measurements of gas permeability. I. Laboratory testing with dry granular soils. *Australian Journal of Soil Research*. 44, 719-725.



# 6

## CONSOLIDAMENTO DEL TERRENO MEDIANTE L'INIEZIONE DI RESINE POLIURETANICHE PER L'ATTENUAZIONE DEL RIGONFIAMENTO E DEL RITIRO DI TERRENI ARGILLOSI

.....  
Memoria presentata al SEC 2008 - Symposium  
International Sécheresse et Constructions  
Francia: Parigi, 1 -7 settembre 2008

**Alberto Paschetto**  
Urettek S.r.l., Verona, Italy

**Matteo Gabassi**  
Urettek S.r.l., Verona, Italy

**Gianluca Vinco**  
Urettek S.r.l., Verona, Italy

**Cristiano Guerra**  
University of Urbino, Urbino, Italy

### RIASSUNTO

Il sempre più crescente numero di rischi dovuti alla siccità ha comportato la necessità di studiare la relazione tra le frequenze di precipitazione e i fenomeni di fessurazione. Sono stati studiati i dati di precipitazione e il numero di rischi di un'area geografica limitata al fine di determinare l'indice più adatto per prevedere i futuri periodi problematici. Sono stati monitorati inoltre gli effetti della siccità sul terreno di fondazione e ciò allo scopo di elaborare un metodo per risolvere o prevenire problemi sulla costruzione connessi al rigonfiamento e al ritiro di terreni argillosi. Il confronto degli effetti sul terreno della siccità e dell'iniezione di resine ad alta pressione d'espansione ha dimostrato che esse sono abbastanza simili in termini di incremento di rigidità, ma la maggior densità del terreno compresso dall'iniezione di resine impedisce elevate variazioni volumetriche future.

### 1. INTRODUZIONE

La comprensione della relazione tra i cambiamenti climatici estremi registrati nel recente passato e i rischi idrogeologici, specialmente quelli causati dalla siccità nei terreni argillosi, non è sempre semplice. Lo studio di parecchi dati riguardanti un'area geografica limitata in Italia è stato svolto allo scopo di determinare la relazione tra l'incremento del numero dei rischi e la diminuzione degli eventi di pioggia. La zona che comprende la bassa Romagna (province di Rimini e Forlì Cesena), le Marche settentrionali (provincia di Pesaro Urbino) e la Repubblica di San Marino, appartenenti tutte al bacino del fiume Marecchia, rappresenta un'interessante area di studio per i suoi caratteri geologici e geomorfologici e per la disponibilità, o di dati di precipitazione ordinati in serie rappresentative, o del monitoraggio dei rischi idrogeologici.

#### 1.1. Analisi delle serie di precipitazioni

Sono state considerate quattro diverse stazioni meteorologiche: Rimini, San Marino – Monte Titano, Novafeltria e Pennabilli. Da tutte queste stazioni sono stati raccolti dati per più di 80 anni ed essi testimoniano situazioni climatiche e geomorfologiche differenti.

Nel passato recente si è osservato in quest'area un calo generale degli eventi di pioggia medi mensili, in particolar modo durante le stagioni invernali. Si sono osservati inoltre un aumento del valore massimo di precipitazione in autunno e un'estrema riduzione delle precipitazioni nevose.

Gli ultimi decenni sono stati caratterizzati dall'alternanza di anni molto aridi (1993, 1994, 1998, 2000 e 2007), estremamente aridi (2003), molto piovosi (1996 e 1999) e estremamente piovosi (2005). I dati riguardanti gli eventi di pioggia sono stati trattati allo scopo di ottenere un indice che mostrasse, su base mensile, i periodi caratterizzati da condizioni non standard.

E' stato utilizzato l'indice SPI (Standard Precipitation Index), con una distribuzione Gaussiana con media pari a 0 e varianza uguale ad 1, che permette di confrontare stazioni molto distanti tra loro e in condizioni orografiche differenti. Il trattamento dei dati cominciò nel 1960.

Valori di SPI compresi tra -1.0 e 1.0 indicano periodi standard, tra 1.0 ed 1.5 moderatamente piovosi, tra -1.0 e -1.5 moderatamente aridi, tra 1.5 e 2.0 periodi molto piovosi, tra -1.5 e -2.0 molto aridi, e infine sopra 2.0 estremamente piovosi e sotto -2.0 estremamente aridi.

E' stato scelto un indice SPI di 6 mesi perché durante questo periodo le piogge condizionano fortemente il deflusso d'infiltrazione e la superficie della falda freatica.



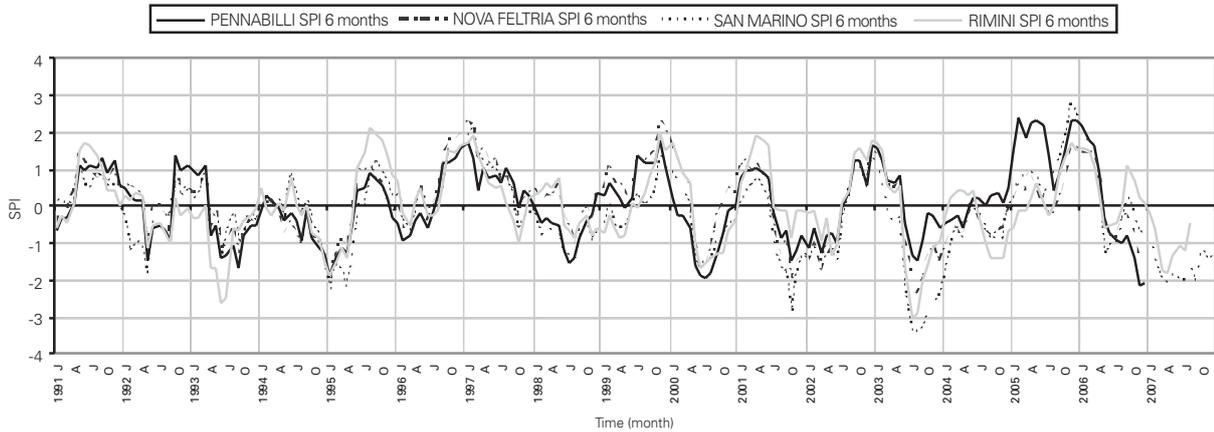


FIG. 1: SPI (SU BASE MENSILE) DELLE QUATTRO STAZIONI METEOROLOGICHE DI RIFERIMENTO

Il grafico evidenzia, su una base regionale, i periodi estremamente piovosi e soprattutto i periodi estremamente aridi che hanno caratterizzato il bacino del fiume Marecchia.

Tra il 1991 e il 2006 il valore medio di SPI ha superato 2.0 nell'autunno del 2005 e, d'altra parte, è sceso tre volte al di sotto di -2.0, nell'inverno del 1995, nell'estate del 2003 e nella primavera del 2007. Nei precedenti trent'anni (1961-1990) il valore medio di SPI non ha mai superato 2.0 ed è sceso solo una volta al di sotto di -2.0.

Per confrontare i recenti cambiamenti climatici con i picchi dei rischi idrogeologici, è stato elaborato un grafico in funzione del tempo, che racchiude sia le intensità di precipitazione sia i rischi rilevati.

### 1.2. Relazione tra la frequenza di siccità e il numero di rischi

Partendo dal numero dei danni rilevati e dagli interventi di miglioramento in edifici interessati da

cedimenti differenziali e da fratture, è stato introdotto anche un altro indice per quantificare i rischi dovuti all'essiccamento del terreno di fondazione, su base regionale.

L'andamento di SPI delle quattro stazioni sembra abbastanza simile quindi si decise di considerare il valore medio per poter così semplificare la comprensione del grafico.

Si può osservare una stretta relazione tra l'andamento dell'indice SPI calcolato e i periodi in cui i rischi sono stati rilevati.

A un valore SPI molto basso corrisponde sempre, qualche volta con un certo ritardo, un numero molto alto di rischi osservati. Il valore SPI appare quindi come un indice molto importante per rivelare i cambiamenti climatici che sono segnalati dall'incremento del numero di eventi estremi e soprattutto dalla maggior frequenza e dalla maggior durata dei periodi estremamente aridi.

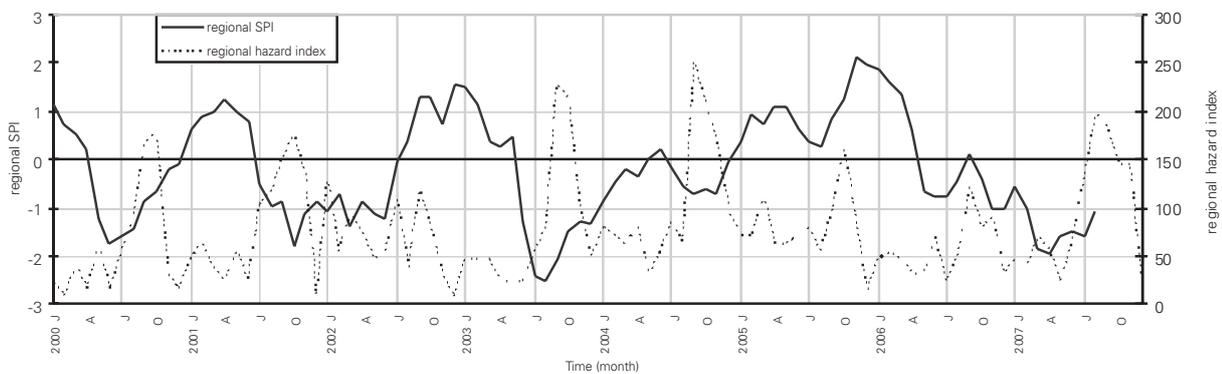


FIGURA 2. GRAFICO DI SPI REGIONALE (SU BASE SEMESTRALE) E DELL'INDICE DI RISCHIO REGIONALE



## 2. MIGLIORAMENTO DEL TERRENO CON LA TECNOLOGIA URETEK

Le iniezioni profonde Urettek costituiscono una tecnica di miglioramento molto particolare, che consiste in iniezioni locali nel terreno di una resina ad alta pressione d'espansione; questo produce un notevole miglioramento delle proprietà geotecniche del terreno di fondazione.

Dopo aver iniettato il terreno che deve essere trattato, la resina comincia immediatamente ad espandersi. La pressione, sviluppata dalla resina espandente, provoca in un primo momento la compattazione del terreno circostante quindi causa il sollevamento della struttura soprastante; questi movimenti sono rilevati per mezzo di un ricevitore laser ancorato alla costruzione.

### 2.1. Confronto degli effetti sul terreno della siccità e delle Iniezioni Urettek

Il confronto di prove penetrometriche condotte nella stessa area prima e dopo un lungo periodo di siccità rivela un aumento della resistenza penetrometrica; effetti simili possono essere visti prima e dopo l'iniezione di una resina ad alta pressione d'espansione. Le figure seguenti mostrano le resistenze osservate in prove condotte a San Marino nel 1997 e nel 2007 nella stessa area e durante un campo prova d'iniezione di resine.[1]

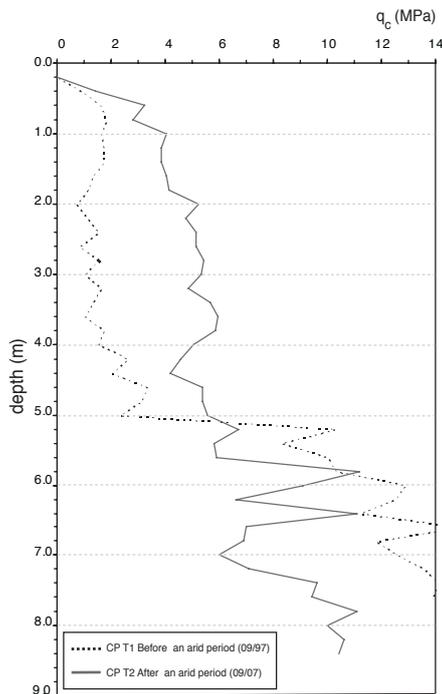


FIGURA 3. CONFRONTO DI PROVE PENETROMETRICHE CONDOTTE PRIMA E DOPO UN PERIODO ARIDO

[1] Nota: la figura 4 intende mostrare l'effetto di una singola iniezione alla profondità di 2,80 m. Nel caso del trattamento di una fondazione sono realizzate iniezioni multiple, con effetti sull'intera superficie trattata combinati con un effetto di gruppo.

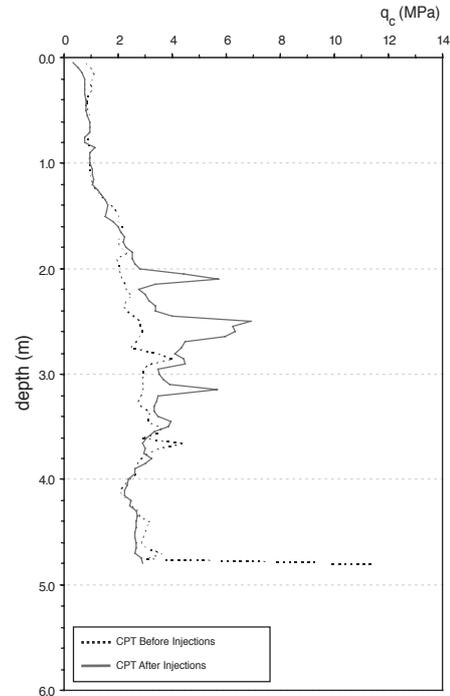


FIGURA 4. CONFRONTO DI PROVE PENETROMETRICHE CONDOTTE PRIMA E DOPO L'INIEZIONE DI 20 Kg DI RESINA AD UNA PROFONDITÀ DI CIRCA 2,80 m

Durante i periodi aridi la diminuzione dell'indice dei vuoti dovuta al calo del contenuto d'acqua naturale  $w$  provoca una perdita di volume secondo una curva simile a quella mostrata in figura 5, che può essere determinata per mezzo di una prova a secco in laboratorio.

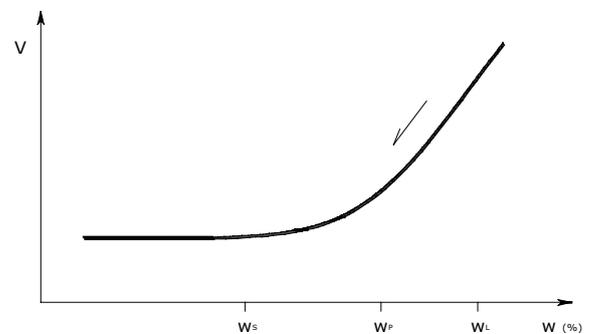


FIGURA 5. RELAZIONE TRA IL VOLUME E IL CONTENUTO D'ACQUA NATURALE W

Il grafico mostra come il volume diminuisca finché si raggiunge il valore  $w_s$ , al di sotto del quale un'ulteriore perdita d'acqua non comporta più una riduzione di volume.

Il contenuto d'acqua naturale può essere calcolato come il rapporto tra il peso dell'acqua e il peso del terreno:

$$w = \frac{P_w}{P_s} = \frac{\gamma_w \cdot V_w}{\gamma_d \cdot V} \quad 1)$$

Nel caso di terreni saturi ( $S_r = 100\%$ ) la variazione di volume è uguale a:

$$\frac{\Delta V_w}{V} = \frac{\Delta V}{V} = \frac{\gamma_d}{\gamma_w} \cdot \Delta w \quad 2)$$



Attraverso questa formula si può determinare la variazione del contenuto d'acqua naturale dovuta alla variazione del volume d'acqua.

### 3. CASE HISTORY

Per semplificare la procedura sopra menzionata è riportata un'interessante documentazione casistica riguardante il miglioramento del terreno di fondazione di un edificio residenziale ad Antibes Juan Les Pins (Francia) interessato da fessure diffuse nella struttura di elevazione.

L'edificio poggia su fondazioni continue, profonde 0,7 m e larghe 0,5 m, ed è situato in un'area urbana con una pendenza molto leggera. Esso consta di un nucleo principale con passaggi pedonali tutt'intorno, è di forma rettangolare ed ha due piani. I danni strutturali erano concentrati in particolar modo sul perimetro dell'edificio.

Le prime fessure sono apparse durante l'estate del 2003 concentrate sui muri esterni. Il periodo estremamente arido, durante il quale il pericolo era accentuato, ed inoltre la distribuzione delle fessure hanno fatto pensare ad un cedimento dovuto alla siccità.

#### 3.1. Condizioni Geotecniche

Durante l'agosto 2007, per determinare la natura geologica del terreno di fondazione e le sue caratteristiche meccaniche, è stata eseguita un'indagine geotecnica che comprendeva quattro prove penetrometriche dinamiche, due sondaggi, cinque prove pressiometriche e prove di laboratorio come la determinazione dei limiti di Atterberg e del contenuto naturale d'acqua oltre a prove a secco e prove di rigonfiamento edometrico.

Il terreno di fondazione è caratterizzato dalla presenza di 0,6 m di ghiaia seguita da terreni argillosi ( $9,7 < E_p < 33,0$  MPa;  $0,87 < P_l < 2,91$  MPa;  $31 < P_l < 39\%$ ;  $\gamma_d = 17$  kN/m<sup>3</sup>) e da limo sabbioso che inizia ad una profondità di circa 7,0 m. Le prove a secco condotte sull'argilla mostrano che una variazione del contenuto d'acqua dell'1,0% comporta una variazione dell'altezza relativa dello 0,5%, che significa 5 mm di cedimento se consideriamo un metro di terreno di fondazione.

#### 3.2. Operazioni di miglioramento del terreno

Le operazioni di miglioramento del terreno, eseguite sotto tutti i 46 metri delle fondazioni superficiali continue dell'edificio principale, hanno richiesto quattro giorni e mezzo di lavoro. Si è iniettato a tre differenti livelli di profondità migliorando i primi tre metri del terreno di fondazione.

Considerando un fattore d'espansione pari a 4 (Dei Svaldi et al., 2005), il volume espanso medio di resina poliuretanicca iniettata era di circa 40 dm<sup>3</sup> per ogni metro cubo di terreno iniettato. Esaminando un'unità

di volume di terreno trattato, può essere calcolato il coefficiente di sostituzione del volume come la percentuale del rapporto tra il volume di resina e il volume di terreno:

$$RV = \frac{V_r}{V} = \frac{40}{1,000} \cdot 100 = 0,040 = 4,0\% \quad 3)$$

Considerando il volume sostituito ( $V_r$ ) della (3) pari alla variazione del volume d'acqua ( $\Delta V_w$ ), si può ottenere il contenuto naturale d'acqua ( $\Delta w$ ).

$$\Delta w = \frac{\Delta V_w}{V} \cdot \frac{\gamma_w}{\gamma_d} = 0,040 \cdot \frac{10}{17} = 0,023 = 2,3\%$$

Questo valore, assieme alla curva della prova a secco, permette la stima di una futura diminuzione dei cedimenti causata da un'ulteriore perdita d'acqua di circa 35 mm.

### 4. CONCLUSIONI

Partendo dall'analisi delle serie di precipitazione, è stato scelto un indice interessante al fine di osservare l'andamento dei periodi piovosi ed aridi che hanno caratterizzato gli ultimi decenni.

Quest'andamento è stato confrontato con il numero dei danni riportati e con gli interventi di ripristino per poter valutare l'influenza della siccità sulle fessurazioni. Si sono quindi osservati gli effetti di una tecnologia di miglioramento del terreno che comporta iniezioni di resina ad alta pressione di espansione, allo scopo di valutare la sua efficienza nell'attenuazione del rigonfiamento e del ritiro di terreni argillosi.

E' stato quindi presentato un metodo di calcolo della diminuzione dei cedimenti.

La sostituzione dell'acqua del suolo con resina riduce fortemente i possibili cedimenti futuri provocati da un'ulteriore perdita d'acqua diminuendo il contenuto d'acqua naturale, tuttavia dovrebbero essere considerati anche altri suoi effetti. In ricerche future saranno analizzati, oltre all'influenza dell'espansione della resina sull'assorbimento/rilascio dell'acqua del suolo, anche gli effetti dell'omogeneizzazione dello stato tensionale sottostante la fondazione e della riduzione della permeabilità sulla limitazione della reidratazione.



# 7

## RIDUZIONE DELLE VIBRAZIONI ATTRAVERSO L'INSERIMENTO NEL TERRENO DI UN CORPO ISOLANTE FACILE DA POSARE IN OPERA, EFFICIENTE ED ECONOMICO

Memoria presentata al  
Christian Veder Kolloquium  
Austria: Graz, 27 - 28 marzo 2008

P. Sadegh-Azar

M. Ziegler

Lehrstuhl für Geotechnik im Bauwesen,  
RWTH Aachen

### 1. INTRODUZIONE

Solitamente le vibrazioni hanno un effetto di disturbo del loro intorno e possono influenzare negativamente gli edifici circostanti e la qualità della vita di chi li abita. In casi estremi potrebbero addirittura portare alla perdita della funzionalità ed al superamento dello stato limite di servizio. Per questo motivo, la scelta e la realizzazione di un'efficiente misura per la riduzione delle vibrazioni è sempre parte integrante del progetto di strutture con un alto potenziale di vibrazione. Ad esempio binari, fondazioni di macchine oppure strutture prossime a queste sorgenti vibratorie.

Nella scelta di una misura per la riduzione delle vibrazioni è necessaria la distinzione tra sorgenti vibratorie presenti e previste. Per le sorgenti presenti, il problema sta nell'installazione a posteriori della misura antivibrazione. In questo caso però, l'intervento può essere basato sulla misura reale delle vibrazioni che può essere fatta senza particolari problemi. Per edifici nuovi, il difficile sta nel pronosticare esattamente le caratteristiche delle vibrazioni. Ciò infatti è molto difficile da farsi, poiché nella maggior parte dei casi è impossibile considerare tutti i parametri, senza ricorrere a semplificazioni, quali ad esempio l'interazione tra sorgenti vibratorie ed il terreno presente o la struttura da proteggere. A questo si aggiungono, in particolare per gli edifici esistenti, gli elevati oneri di realizzazione di misure da adottarsi in emissione od in immissione (in corrispondenza della sorgente o dell'oggetto da proteggere). In emissione, per ridurre le vibrazioni indotte da una strada ferrata, bisognerebbe sostituire binari, ruote e/o terrapieno, cosa che disturberebbe molto il traffico e che comporterebbe costi molto elevati. In immissione, per inserire dei supporti elastici tra la fondazione ed il terreno, occorre realizzare un giunto, cosa assai onerosa ed alle volte

non realizzabile successivamente, specialmente su edifici vecchi. Un corpo isolante frapposto in verticale nel terreno tra la sorgente delle vibrazioni e la struttura da proteggere, ovvero nella zona di trasmissione, rappresenta un'ottima misura per la riduzione delle vibrazioni. Lo stesso può essere posto in opera anche dopo l'entrata in funzione della sorgente di vibrazioni e quindi realizzato sulla base delle vibrazioni misurate. Ciò può essere realizzato anche in caso di condizioni al contorno particolari, ad es. vecchi edifici, ovvero laddove le classiche misure adottate per la riduzione delle vibrazioni non possano essere adottate. Nonostante i molteplici vantaggi, a causa dei vari problemi legati alla realizzazione di trincee vuote, che rappresentano un ottimo isolante, od ai costi elevati di trincee in cls. che necessitano di un notevole spessore per essere efficaci, queste applicazioni non hanno avuto grande diffusione.

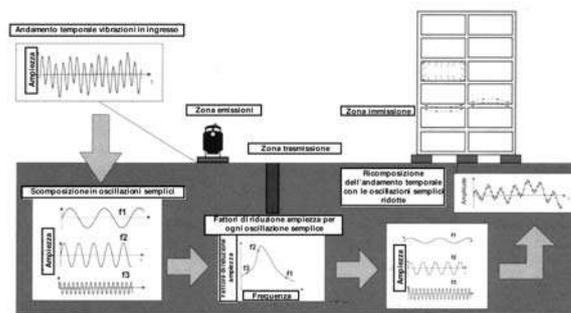


FIG. 1: RAPPRESENTAZIONE SCHEMATICA DEL PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO DEI CORPI ISOLANTI VERTICALI

### 2 PROPAGAZIONE DELLE ONDE NEL TERRENO

Le vibrazioni generate da varie sorgenti quali traffico su rotaia e macchinari si propagano nel terreno sotto forma di onde. Nel caso di una sorgente sulla superficie di un semispazio elastico, l'energia si trasferisce attraverso onde Rayleigh, di compressione



e di taglio nell'intorno. Secondo Richart et al. (1970) ad una distanza pari a  $d=2,5\lambda_r$  ( $\lambda_r$ =lunghezza d'onda di Rayleigh) da una sorgente ci si trova in una situazione di far field. La propagazione delle diverse tipologia d'onda a questa distanza è stata studiata da Woods (1968) (fig. 2). Dall'analisi degli effetti dinamici in superficie di Miller e Pursey (Miller & Pursey 1955) si è appurato che l'energia viene trasmessa per il 67% sotto forma di onde Rayleigh, 26% con onde di taglio ed il restante 7% con onde di compressione. In altre situazioni, queste percentuali possono cambiare. Con propagazione delle onde Rayleigh in direzione x si hanno deformazioni sia in direzione x che in direzione z. Il rapporto tra gli spostamenti alla profondità, fissata da normativa, pari a  $Z=z/\lambda$  [-] e quelli in superficie ( $z=0$ ) è riportato, diviso per la direzione x e z e per diversi valori del coefficiente di Poisson, nella figura 3. Da questa figura si evince che l'ampiezza dello spostamento in profondità decresce velocemente. L'ampiezza dello spostamento verticale V (in direzione z) ha il suo massimo in prossimità della superficie. Il massimo spostamento orizzontale H (in direzione x) è esattamente in corrispondenza della stessa.

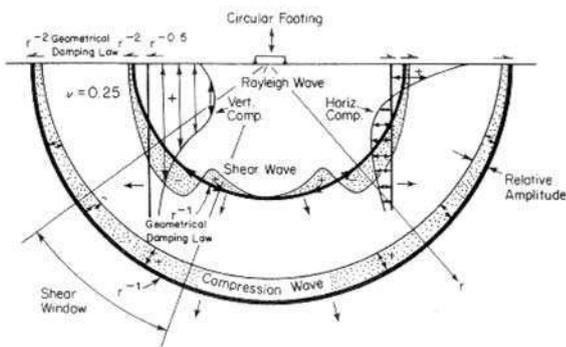


FIG. 2: SPOSTAMENTI IN UN SEMISPAZIO ELASTICO DOVUTE A VIBRAZIONI DI UNA FONDAZIONE CIRCOLARE (WOODS 1968)

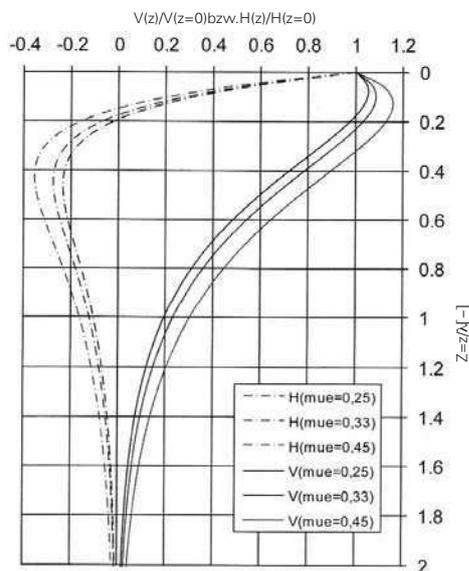


FIG. 3: SPOSTAMENTI DOVUTI AD UN'ONDA RAYLEIGH IN DIREZIONE ORIZZONTALE (H) E VERTICALE (V) PER DIVERSI VALORI DEL COEFFICIENTE DI POISSON  $\mu$

### 3 EFFETTI DEI LIMITI DELLA ZONA DI PROPAGAZIONE ED ESTREMITÀ DEL MATERIALE SU DIVERSE TIPOLOGIE D'ONDA

Discontinuità, ostacoli, limiti della zona di propagazione o cambiamento del materiale lungo il percorso di diffusione delle onde vibratorie generano riflessioni, diffrazioni (deviazioni) e, se possibile, trasmissioni delle diverse onde, così come noto anche in ottica ed acustica.

La riflessione, deviazione e trasmissione delle onde lungo una superficie di discontinuità di un materiale, sono causate dalla diversa natura dei mezzi all'interno dei quali le onde si propagano, ovvero dalla differenza d'impedenza da ciò derivante. L'impedenza descrive la resistenza opposta da un mezzo rispetto ad uno spostamento di particelle, conseguente alla deformazione dello stato di quiete. Per i materiali elastici l'impedenza è il rapporto tra la tensione dovuta al movimento delle particelle e la velocità delle particelle. La stessa si ottiene dal prodotto della densità  $\rho$  del mezzo e la velocità d'onda stimata c. Per le onde di compressione quindi, l'impedenza può essere calcolata come:

$$\frac{\sigma_{xx}}{u_x} = \rho c_p \quad (1)$$

Da ciò si ottiene il rapporto d'impedenza (IRp) di due materiali (materiale 1, materiale 2), per un'onda di compressione, come

$$IR_p = \frac{\rho_2 c_{p,2}}{\rho_1 c_{p,1}} \quad (2)$$

Analogamente a quanto fatto per le onde di compressione, si può calcolare l'impedenza per un'onda di taglio con  $z_s = \rho c_s$ .

Per illustrare l'effetto di una superficie di discontinuità di un materiale, sulle onde che si propagano all'interno di un corpo, verrà esaminato solo un caso particolare, nel quale il fronte d'onda è perpendicolare alla superficie di discontinuità. Questo schema si adatta approssimativamente al caso di corpi isolanti verticali e corti immersi nel terreno ed una sorgente di vibrazioni posta in superficie. Nel caso di un'onda di compressione che incontra una superficie di discontinuità perpendicolarmente, una parte dell'onda verrà riflessa mentre un'altra verrà trasmessa all'altro mezzo. In questo caso particolare non si generano onde di taglio.

Nella fig. 4 è rappresentato il rapporto di energia tra l'onda riflessa di compressione e l'onda incidente di compressione ( $E_{p2}/E_{p1}$ ) e tra l'onda propagata ( $E_{p4}/E_{p1}$ ) per un'onda di volume normalmente incidente sulla superficie di separazione. L'onda propagata presenta la minore energia per rapporti di impedenza  $IR \approx 0$  oppure  $IR \approx \infty$ . Quasi tutta l'onda generata sarà pertanto riflessa. Nello studio dei corpi



isolanti il mezzo di propagazione delle onde (materiale 1) è, di norma, il suolo, il quale mostra, rispetto agli altri materiali da costruzione, un'impedenza ( $\rho c$ ) relativamente alta. Poiché solo pochi materiali da costruzione mostrano un'impedenza maggiore rispetto al suolo, in particolar modo impedenze dove tale rapporto si avvicini a  $IR \rightarrow \infty$ , è in ogni caso ragionevole usare come corpi isolanti dei materiali che abbiano un'impedenza minore rispetto al suolo. Minore il rapporto di impedenza, minore sarà l'energia trasmessa attraverso la superficie di separazione. È ragionevole usare materiali con  $IR < 0,1$ . Anche in presenza di un'onda trasversale incidente sulla superficie di separazione, in analogia a una normale onda incidente di compressione, sarà riflessa soltanto un'onda trasversale; un'altra onda trasversale sarà trasmessa nel secondo mezzo. In questo caso specifico non vengono generate onde di compressione sulla superficie di separazione del materiale. Anche qui il rapporto di energia tra l'onda trasversale rifratta e l'onda trasversale incidente va verso lo zero, rispettivamente  $IR \rightarrow 0$  e  $IR \rightarrow \infty$ .

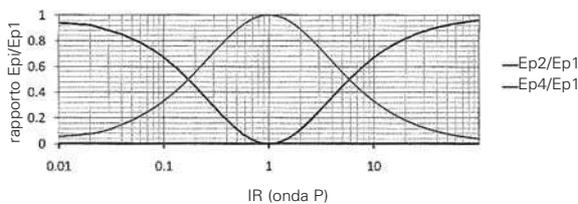


FIG. 4: RAPPORTO DI ENERGIA IN PRESENZA DI UN'ONDA DI COMPRESSIONE INCIDENTE SULLA SUPERFICIE DI SEPARAZIONE DI DUE MATERIALI, SUBORDINATA AL RAPPORTO DI IMPEDENZA ( $IR_p$ )

Poiché una parte notevole dell'energia vibrazionale immessa per mezzo della sollecitazione della superficie si propaga sotto forma di onde di Rayleigh, anche queste devono essere oggetto di indagine per quanto attiene all'effetto dell'elemento isolante nel suolo.

In presenza di un'onda di Rayleigh incidente su una discontinuità o su un margine del mezzo, l'energia non viene riflessa solo sotto forma di onde di Rayleigh. Vi sono anche onde di volume sotto forma di onde di compressione e onde trasversali (s & p), che si propagano nel mezzo in tutte le direzioni (Hall et al., 1970). Si deve inoltre aggiungere che sia sulla superficie del margine del mezzo sia sulla discontinuità vi sono anche onde di Rayleigh. In presenza di una superficie di separazione dei materiali la situazione si complica ulteriormente poiché, oltre alle onde di Rayleigh riflesse e rifratte e alle onde di corpo riflesse, vi sono anche onde di corpo rifratte e deviate e sulla superficie di separazione vi è anche una cosiddetta onda sulla superficie d'interfaccia. Poiché queste non possono più essere esaminate analiticamente, si deve ricorrere alle indagini numeriche.

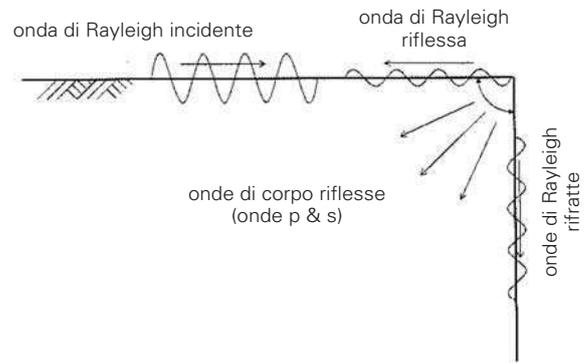
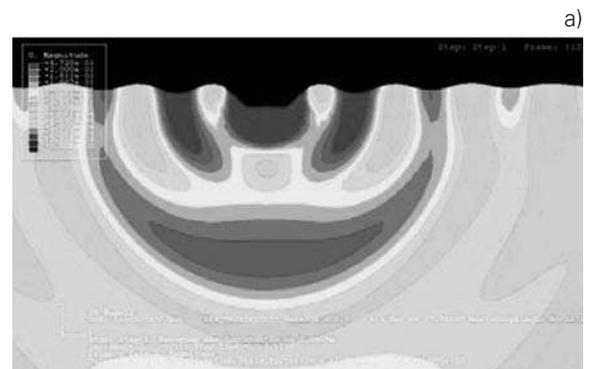


FIG. 5: RIFLESSIONE E RIFRAZIONE DI UN'ONDA DI RAYLEIGH SU DI UNA SUPERFICIE DI SEPARAZIONE

#### 4 INDAGINI NUMERICHE

Per la modellazione della propagazione delle onde sono stati preparati dei modelli FEM bi- e tridimensionali. I modelli bidimensionali servono a modellare il corpo isolante infinitamente lungo. In pratica essi rappresentano un'approssimazione utile, in presenza di sorgenti lineari di vibrazioni o in caso di corpi isolanti che sono molto lunghi rispetto alle sorgenti di vibrazioni. Nei modelli bidimensionali, inoltre, sono stati studiati sistematicamente diversi parametri di influenza ed è stato svolto un approfondito studio dei parametri, i cui risultati sono confluiti nel modello tridimensionale. Il modello tridimensionale è stato impiegato per individuare sia la lunghezza necessaria in presenza di sorgenti puntiformi sia il campo ridotto a valle del corpo isolante in caso di incidenza asimmetrica delle onde. Sono stati studiati anche i casi in cui il corpo isolante non sia infinitamente lungo rispetto alla sorgente di vibrazioni. Mediante il modello tridimensionale sono stati effettuati anche studi individuali sui parametri, per indagare su alcuni dei parametri di influenza anche in presenza di una propagazione spaziale delle onde.

Poiché uno degli scopi principali di questo lavoro era la realizzazione di una banca dati per le diverse geometrie e per le eventuali condizioni al contorno per la ricerca sull'applicazione pratica dei corpi isolanti, è stato sviluppato un programma per la realizzazione di modelli FEM bi- e tridimensionali. Gli utilizzatori, per mezzo di questo programma, hanno esaminato la geometria, le proprietà dei materiali e altri parametri per poi trasformarli in un modello FEM.



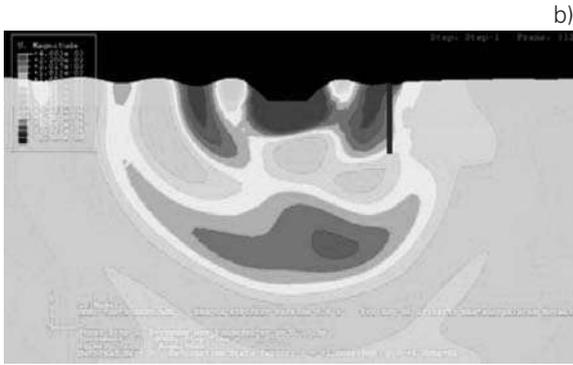


FIG. 6: AMPIEZZA DELLA VIBRAZIONE IN UN MODELLO FEM BIDIMENSIONALE a) SENZA CORPO ISOLANTE; b) CON CORPO ISOLANTE T=1[-]; R=1[-]; B=0,1[-]

Per i calcoli FEM, il terreno è stato modellato come materiale linearmente elastico con un modulo di elasticità costante e capacità di smorzamento costante. Ai margini dei modelli FEM sono stati utilizzati elementi infiniti, per minimizzare la riflessione sui margini. A tal proposito, il reticolato FEM è stato scelto in campo esterno sufficientemente vasto, per eliminare completamente l'influenza della riflessione sui margini del modello. Pertanto si è dovuto gradualmente ingrandire il reticolo dal campo del corpo isolante, minuziosamente suddiviso, fino al margine del modello. In questo modo il numero degli elementi e quindi anche il tempo macchina sono stati mantenuti a un livello minimo.

Nella fase di valutazione dei risultati è stata utilizzata una rappresentazione adimensionale. Qualora si utilizzino lettere maiuscole, i dati relativi alle lunghezze si riferiscono alle lunghezze dell'onda di Rayleigh sulla superficie ( $\lambda_R$ ).

$$R = \frac{r}{\lambda_r} \quad \text{intervallo standardizzato} \quad (3)$$

$$T = \frac{t}{\lambda_r} \quad \text{profondità standardizzata} \quad (4)$$

$$B = \frac{b}{\lambda_r} \quad \text{larghezza standardizzata} \quad (5)$$

L'ampiezza verticale standardizzata  $U_z$  risulta dal rapporto tra l'ampiezza verticale in presenza di corpo isolante e l'ampiezza senza corpo isolante sulla superficie del suolo.

$$U_z = \frac{u_{z, \text{ con corpo isolante}}}{u_{z, \text{ senza corpo isolante}}} \quad (6)$$

Il fattore di smorzamento dell'ampiezza  $A_R$  corrisponde al valore medio dell'ampiezza verticale standardizzata sulla lunghezza  $l_A$  a valle del corpo isolante.

$$A_R = \frac{l}{l_A} \int_{l_A} U_z dx \quad (7)$$

La lunghezza  $l_A$  viene inserita con  $5\lambda_R$  a partire da destra rispetto al corpo isolante.

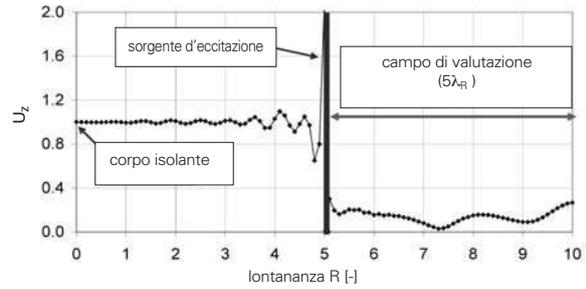


FIG. 7: AMPIEZZA STANDARDIZZATA  $U_z$  E CAMPO DI VALUTAZIONE A VALLE DEL CORPO ISOLANTE PER DETERMINARE IL FATTORE DI SMORZAMENTO DELL'AMPIEZZA

#### 4.1 Effetto dei corpi isolanti sulla propagazione delle onde in presenza di sollecitazione armonica

##### 4.1.1 Impatto del materiale del corpo isolante sull'effetto schermante

Nei calcoli FEM sono stati studiati diversi materiali per il corpo isolante. Per studiare nel modo più esauritivo l'influenza del materiale sono state inserite, a integrazione dei risultati, anche le proprietà di materiali fittizi. In analogia alla fig. 4, nella fig. 8 sono rappresentati in un diagramma i risultati dei calcoli subordinati al rapporto di impedenza tra il materiale del corpo isolante e il suolo. In questo modo si individua il fattore di smorzamento dell'ampiezza per ogni calcolo in un campo  $5\lambda_R$  a valle del corpo isolante.

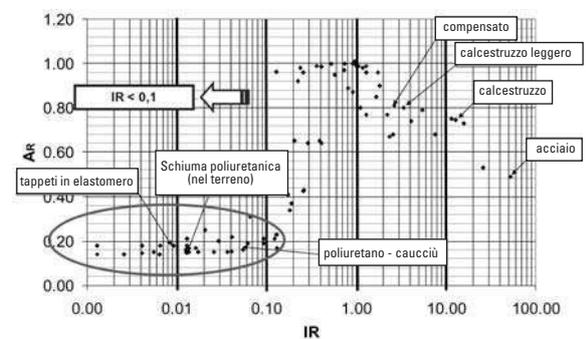


FIG. 8: FATTORE DI SMORZAMENTO DELL'AMPIEZZA SUBORDINATO AL RAPPORTO DI IMPEDENZA TRA IL MATERIALE ISOLANTE (T=1,0[-]; R=5[-]; B=0,1[-]) E IL SUOLO ESISTENTE (E=330MPa;  $\rho=1778 \text{ Kg/m}^3$ ;  $\mu=0,3$ )

I calcoli indicano che i migliori fattori di smorzamento dell'ampiezza sono ottenuti nel campo  $IR < 0,1$ . A partire da questo valore, l'effetto schermante non sarà più influenzato anche in caso di riduzione del rapporto di impedenza. Ai fini dell'applicazione pratica dei corpi isolanti nel suolo, è sufficiente quindi che essi presentino un rapporto di impedenza  $IR < 0,1$  rispetto al suolo esistente. Rispetto ai materiali con  $IR > 10$  (ad es. il calcestruzzo) mostrano chiaramente uno scarso fattore di smorzamento dell'ampiezza.



#### 4.1.2 Effetto della profondità del corpo isolante sull'effetto schermante

Nell'ambito di questo studio si è anche indagato sull'effetto della profondità di un corpo isolante. I calcoli mostrano che per una profondità crescente del corpo isolante fino a circa  $T=1,0[-]$  il fattore di smorzamento dell'ampiezza  $A_R$  decresce notevolmente. I corpi isolanti ancora più profondi ( $T>1,0 - 1,2[-]$ )riducono ancora di pochissimo il fattore di smorzamento dell'ampiezza  $A_R$  e non recano alcun miglioramento dell'effetto schermante. In presenza di tali corpi isolanti ( $T>1,0[-]$ ) anche la lontananza del corpo isolante ha solo una scarsa influenza sull'effetto schermante. Nella fig. 9 sono rappresentati i fattori di smorzamento dell'ampiezza determinati per i corpi isolanti in schiuma di poliuretano. Ad esempio, è evidente che già con una profondità  $T=0,2[-]$  si può raggiungere un fattore di smorzamento dell'ampiezza fino a  $A_R=0,4$ .

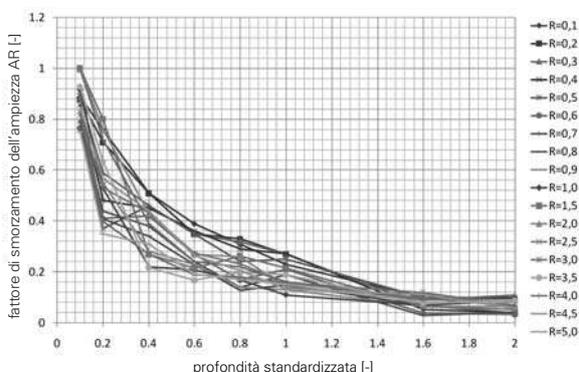


FIG. 9: FATTORE DI SMORZAMENTO DELL'AMPIEZZA PER UN ELEMENTO ISOLANTE RIEMPIUTO CON SCHIUMA POLIURETANICA ( $B=0,1[-]$ ) IN PRESENZA DI DIVERSI INTERVALLI ADIMENSIONALI R E PROFONDITÀ T

#### 4.1.3 Effetto della larghezza del corpo isolante sull'effetto schermante

Per i materiali rigidi con un rapporto di impedenza  $IR>1,0$  rispetto al suolo numerose fonti in letteratura, quali ad es. Haupt (1978), Le Hedouèdec & Malek (1990) e Ahmed & Al-Hussaini (1991), riferiscono che l'effetto schermante aumenta con la superficie della sezione trasversale del materiale isolante; tale asserzione è comprovata anche dagli studi corrispondenti.

Contrariamente a ciò, i calcoli eseguiti per il corpo isolante con  $IR<0,1$  rispetto al suolo esistente indicano che, in presenza di tali materiali, il fattore di smorzamento dell'ampiezza è influenzato dalla larghezza del corpo isolante (fig. 10). Questa proprietà è molto importante per l'uso pratico del corpo isolante, poiché già una larghezza limitata è sufficiente per conseguire un fattore ottimale di smorzamento dell'ampiezza.

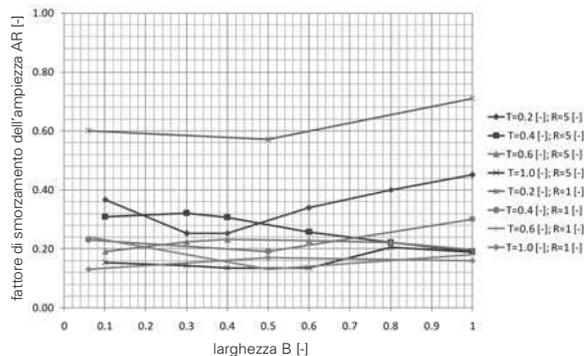


FIG. 10: FATTORI DI RIDUZIONE DELL'AMPIEZZA PER I CORPI ISOLANTI IN SCHIUMA POLIURETANICA IN PRESENZA DI DIVERSE PROFONDITÀ E LARGHEZZE

#### 4.2 Rappresentazione spaziale dell'effetto schermante realizzata con calcoli FEM tridimensionali

Si devono realizzare dei modelli FEM tridimensionali per determinate condizioni al contorno, quali ad es. l'individuazione della lunghezza necessaria del corpo isolante in presenza di una sorgente puntiforme o anche la ricerca di corpi isolanti non continui in presenza di sorgenti lineari. A tal proposito, il programma per la realizzazione dei modelli bidimensionali è stato ampliato in modo da poter eseguire in minor tempo dei modelli tridimensionali e conseguentemente svolgere degli studi sui parametri. Nella fig. 11 è rappresentato l'effetto di una propagazione attraverso un elemento isolante a confronto con una propagazione libera dell'onda in presenza di una sollecitazione causata da uno spostamento armonico di una soglia. Nei calcoli tridimensionali per i corpi isolanti sono stati calcolati, fatta eccezione per alcuni calcoli comparativi, solo i materiali con un rapporto di impedenza  $IR<0,1$  rispetto al suolo esistente.

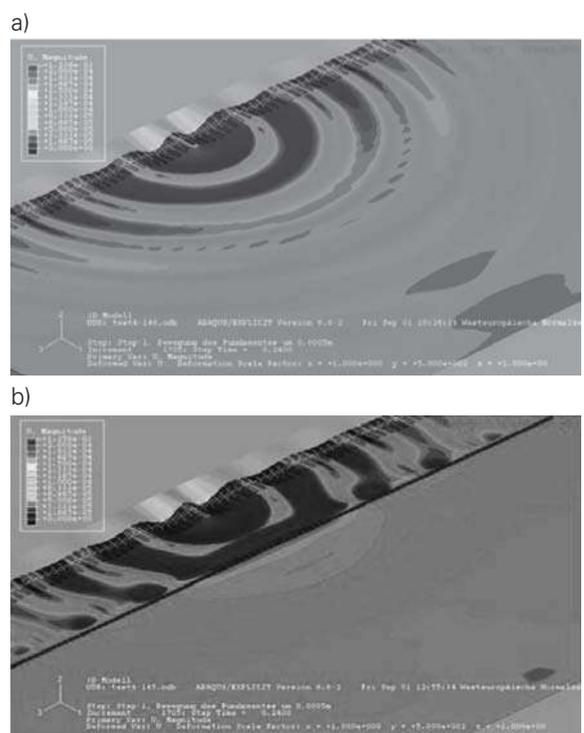


FIG. 11: PROPAGAZIONE DELL'ONDA NEL SUOLO A) SENZA CORPO ISOLANTE; B) CON CORPO ISOLANTE ( $T=1[-]$ ;  $R=3[-]$ ;  $B=0,1[-]$ )



In presenza di modelli tridimensionali, nei diversi calcoli sono state paragonate anche le ampiezze prima e dopo l'applicazione del corpo isolante. Come esempio, nella fig. 12 si rappresenta l'ampiezza standardizzata per un elemento isolante lungo  $L=2,4[-]$  in presenza di una sollecitazione di un binario lungo l'asse di simmetria. Nel campo a valle del corpo isolante è riconoscibile un'evidente smorzamento dell'ampiezza.

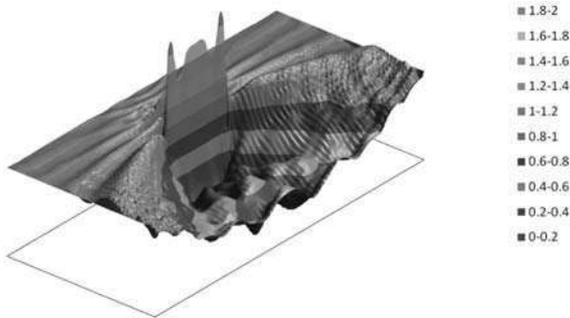


FIG. 12: RAPPORTO DELLE AMPIEZZE VERTICALI CON E SENZA CORPO ISOLANTE ( $L=2,4[-]$ ;  $T=1[-]$ ;  $R=3[-]$ ;  $B=0,1[-]$ )

#### 4.2.1 Impatto della lunghezza del corpo isolante sull'effetto schermante

Nelle prime serie di studi è stato oggetto di ricerca l'effetto della lunghezza del corpo isolante sul campo a valle del corpo stesso in presenza di una singola sorgente d'eccitazione con caratteristiche d'oscillazione di una soglia di binario lungo l'asse di simmetria del modello. Le ampiezze standardizzate sono state interpretate sui nodi dell'asse di simmetria, dove è stata considerata una lunghezza  $5\lambda_R$  a valle del corpo stesso per individuare il fattore di smorzamento dell'ampiezza.

In fig.13 è rappresentato il fattore di smorzamento dell'ampiezza per diverse lunghezze e intervalli del corpo isolante ponendo  $T=1,0[-]$  e  $B=0,1[-]$ . E' evidente che il fattore di smorzamento dell'ampiezza rimane praticamente costante a partire da una lunghezza del corpo isolante di appena  $L=5[-]$ . Questo può essere impiegato per individuare all'atto pratico la lunghezza necessaria del corpo isolante. In particolare, in presenza di sorgenti di vibrazione si può quindi supporre che si raggiunga la massima riduzione possibile della vibrazione con un corpo isolante lungo circa  $L=5[-]$  e che una maggiore lunghezza del corpo isolante non recherà alcun ulteriore vantaggio. Come dimostrato dai calcoli basati sul modello bidimensionale, anche qui si evince chiaramente che la lontananza del corpo isolante in presenza di corpi isolanti profondi non ha grande influenza sul fattore di smorzamento dell'ampiezza.

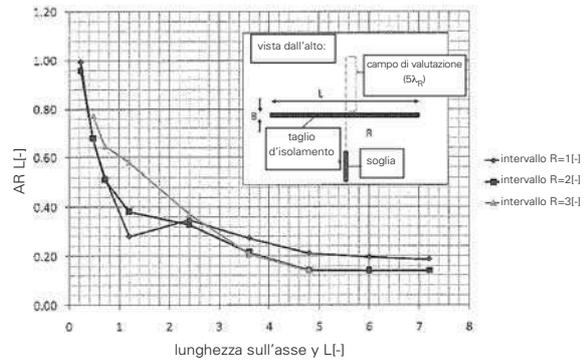


FIG. 13: FATTORE DI SMORZAMENTO DELL'AMPIEZZA LUNGO LA LINEA DI SIMMETRIA A VALLE DEL CORPO ISOLANTE IN PRESENZA DI DIVERSE LUNGHEZZE PER  $T=1[-]$ ;  $B=0,1[-]$

#### 4.2.2 Zone di densità molecolare ridotta all'interno del corpo isolante

Con l'aiuto dei modelli FEM tridimensionali, sono stati anche eseguiti alcuni calcoli per individuare l'effetto delle zone di densità molecolare ridotta sull'effetto schermante. In questo modo sono stati modellati nel senso della lunghezza corpi isolanti discontinui e discreti (fig. 14).

Nei casi studiati, i calcoli di cui al paragrafo 4.2.1 hanno indicato per il corpo isolante continuo che l'effetto schermante non aumenta ulteriormente a partire dalla lunghezza approssimativa  $L=5[-]$ . A causa delle condizioni geometriche al contorno del reticolato FEM è stata scelta per il campione una lunghezza totale  $L=4,8[-]$ . La lunghezza di ciascuna sezione del corpo isolante ( $L_k$ ) è stata variata in questi studi (fig. 14).

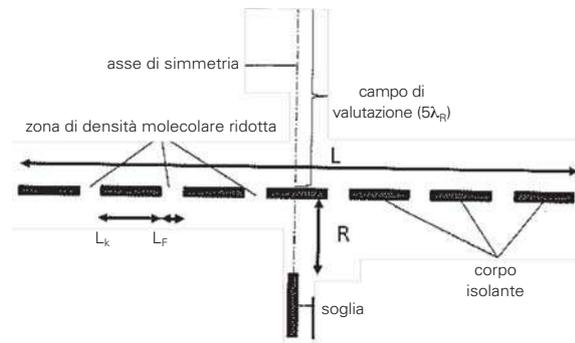


FIG. 14: RAPPORTO DI AMPIEZZA PRIMA E DOPO L'APPLICAZIONE DEL CORPO ISOLANTE  $T=1[-]$ ;  $R=3[-]$ ;  $B=0,1[-]$ ;  $L=4,8[-]$  IN PRESENZA DI CORPO ISOLANTE - SUOLO - CORPO ISOLANTE - CAMPIONE

In fig. 15 è riportato il fattore di smorzamento dell'ampiezza ( $A_R$ ) lungo l'asse di simmetria per più sistemi corpo isolante - terreno - corpo isolante ed anche per un corpo isolante continuo ( $L=4,8[-]$ ;  $T=1[-]$ ;  $R=3[-]$ ). In presenza di un campione in cui la percentuale delle zone di densità molecolare ridotta  $F=33\%$  della superficie totale, l'azione dello smorzamento dell'ampiezza è chiaramente minore rispetto a quello di un elemento isolante continuo ( $F=0\%$ ). In presenza di una percentuale  $F=16,7\%$  si raggiunge già  $A_R < 0,4$ . In caso di percentuale delle zone di densità molecolare ridotta inferiore a  $F=12,3\%$  della lunghezza totale, l'effetto schermante si distingue ancora poco rispetto a quello di un elemento isolante continuo.

Di conseguenza, all'atto pratico tale percentuale di zone di densità molecolare ridotta può essere trascurata.

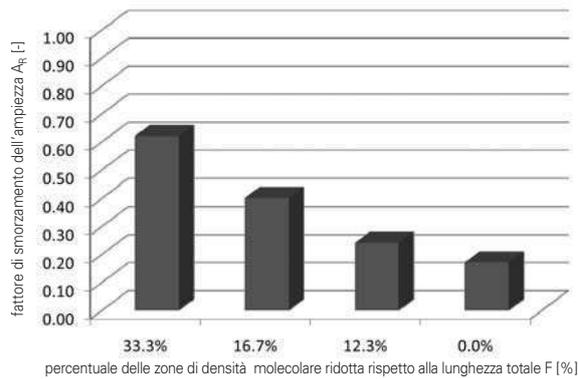


FIG. 15: FATTORI DI SMORZAMENTO DELL'AMPIEZZA ( $A_p$ ) IN PRESENZA DI DIVERSE ZONE DI DENSITÀ MOLECOLARE RIDOTTA (SI VEDA ANCHE FIG. 14)

## 5 SVILUPPO DI UNA TECNICA DI REALIZZAZIONE DEI CORPI ISOLANTI NEL TERRENO

Nell'implementazione delle misure per la riduzione delle vibrazioni anche la semplice realizzazione pratica dei corpi isolanti nonché la loro economicità, oltre al buon effetto schermante, hanno un ruolo determinante. Di conseguenza, nell'ambito di questo lavoro sono stati eseguiti - in collaborazione con Uretex Deutschland GmbH - alcuni test in situ ed in laboratorio per sviluppare un nuovo metodo per la realizzazione di corpi isolanti mediante iniezioni di schiuma.

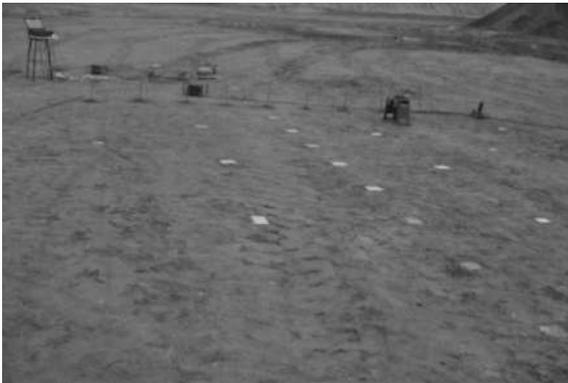


FIG. 16: TEST IN SITU CON PUNTI DI RILEVAZIONE DELLE VIBRAZIONI



FIG. 17: ESECUZIONE DI UN'INIEZIONE CON CONTEMPORANEA ESTRAZIONE DELLA LANCIA

Il nostro scopo era trovare un materiale che potesse essere iniettato nel terreno senza scavo e nel minor tempo possibile. Questo materiale da un lato avrebbe dovuto diffondere l'energia attraverso la pressione d'espansione, rompere il terreno (creare delle crepe) e dall'altro lato soddisfare i requisiti per un buon smorzamento dell'ampiezza.

Nei test in situ sono state eseguite delle iniezioni fino a una profondità  $t$  pari a circa 2,0-2,5 m. Nonostante l'alto livello della falda freatica (-0,5 m dal piano campagna) e uno strato melmoso di sabbia fine fortemente consolidata, siamo riusciti a rompere il terreno e ad iniettare la schiuma. In questo modo è stato necessario un minore dispendio di tempo per la realizzazione del corpo d'iniezione nel suolo. Per realizzare un elemento isolante lungo  $l=6m$  con 10 iniezioni ( $t=2m$ ) abbiamo impiegato dall'arrivo in cantiere alla conclusione del lavoro complessivamente un'ora e mezza, inclusi i tempi di foratura e di infissione della lancia.

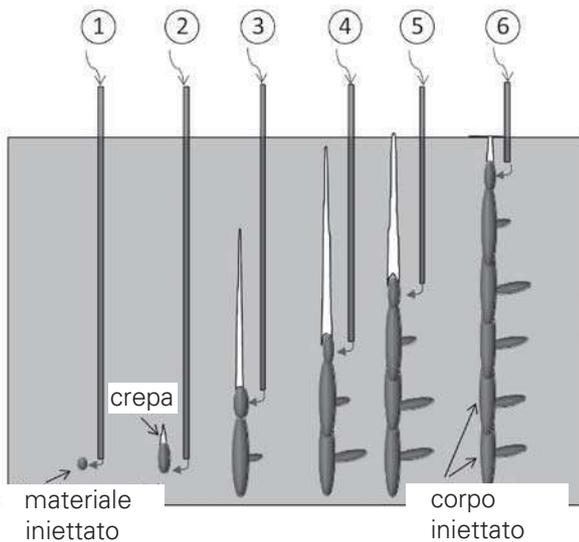


FIG. 18: RAPPRESENTAZIONE SCHEMATICA DEL METODO D'INIEZIONE DURANTE IL CAMPO PROVA



FIG. 19: TERRENO CON CREPE A SEGUITO DELL'ESPANSIONE DEL MATERIALE D'INIEZIONE

Concludendo, i test hanno confermato che tale procedimento è efficace e praticabile. Le misure di isolamento implementate mediante questo procedimento non pregiudicano né il campo d'immissione e d'emissione né, all'atto pratico, l'intorno del punto di iniezione, il che rappresenta un aspetto di importanza fondamentale considerando le condutture e i tubi che si incrociano nel sottosuolo.

## 6 PROSPETTIVE

I calcoli numerici eseguiti hanno dimostrato che scegliendo il materiale adatto si può ottenere un buon smorzamento dell'ampiezza. Per verificare all'atto pratico la realizzabilità dei corpi isolanti, sono stati eseguiti alcuni test per individuare il modo di propagazione e le proprietà dei materiali a seguito dell'iniezione di schiuma e della sua espansione nel terreno. Si è notato che efficaci iniezioni per schermatura nel sottosuolo possono essere realizzate in modo semplice e veloce. Altri test basilari dovranno indicare se si può realizzare un corpo d'iniezione continuo anche in presenza di caratteristiche variabili del sottosuolo e se si può ottenere un sufficiente effetto schermante anche in presenza di elementi di disturbo o di condutture che si incrociano nel sottosuolo.

## 7 RINGRAZIAMENTI

Si ringrazia sentitamente Urettek Deutschland GmbH per aver messo a disposizione l'attrezzatura, il materiale e i suoi tecnici per l'esecuzione delle iniezioni, effettuate in modo altamente professionale ed in breve tempo.

## 8 BIBLIOGRAFIA

- [1] Ahmad, S.; AL-Hussaini, T.M. (1991). Design of wave barriers for reduction of horizontal ground vibration. *Journal of geotechnical engineering*, 117(4): 616-636
- [2] Hall, J. R. Jr.; Richart F.E.; Woods R.D. (1970). *Vibrations of soils and foundations*; Prentice-Hall, Inc., New Jersey
- [3] Haupt, W. (1978). Verhalten von Oberflächenwellen im inhomogenen Halbraum mit besonderer Berücksichtigung der Wellenabschirmung. A. Blinde, G. Gudehus, O.Natau (editore), Institut für Bodenmechanik und Felsmechanik der Universität Fridericiana in Karlsruhe, Heft 74
- [4] Le Houède, D; Malek, S.; Picard, J. (1990). Effectiveness of trenches or screens for scattering surface waves. *Proceedings of the European conference on structural dynamics EUROLYN '90*, W. B. Krätzig (editore), A.A. Balkema, Rotterdam, Vol. 2



# 8

## RINFORZO E ADEGUAMENTO DELLE FONDAZIONI PER SOLLECITAZIONI STATICHE E DINAMICHE

---

Estratto della memoria presentata al  
XXII ciclo delle Conferenze di Geotecnica  
Italia: Torino, 18 - 19 novembre 2009

### SOMMARIO

La salvaguardia e la conservazione delle costruzioni esistenti costituiscono tematiche di grande attualità e rilevanza soprattutto in contesti urbani quali quelli italiani, caratterizzati da un patrimonio edilizio denso e vulnerabile. La necessità di interventi di adeguamento delle fondazioni è stata inoltre recentemente accentuata dall'introduzione di azioni sismiche di progetto più realistiche rispetto a quelle utilizzate in passato per la progettazione delle strutture esistenti. A questo proposito, interventi mirati che ottimizzino le risorse disponibili non possono prescindere da un' adeguata valutazione dell'interazione terreno-fondazione-struttura in condizioni dinamiche. La memoria richiama alcune tipologie costruttive di interventi sulle fondazioni esistenti in relazione proprio all'adeguamento sismico e alla riduzione dei cedimenti differenziali che, in condizioni statiche, possono, se non adeguatamente contrastati, evolvere fino a compromettere funzionalità e stabilità della struttura.

### OMISSIS

#### 4.3. Iniezioni con resine espandenti

Tra gli interventi di "consolidamento" degli edifici che hanno subito danni per cedimenti differenziali, si va sempre più diffondendo l'uso di resine espandenti iniettate sotto il piano di fondazione che, espandendosi, producono un sollevamento del terreno di fondazione, riducendo l'apertura delle lesioni nelle strutture in elevazione e, a detta dei produttori, anche un consolidamento del terreno (Maiorano e Aversa, 2004).

Ad oggi, il dimensionamento di questi sistemi avviene in corso d'opera e si basa prevalentemente sull'osservazione sperimentale degli effetti prodotti. La tecnica adoperata consiste, infatti, nell'esecuzione, direttamente attraverso la struttura di fondazione,

### Sebastiano Foti

Dipartimento di Ingegneria Strutturale e Geotecnica,  
Politecnico di Torino, Torino, Italy;

### Mario Manassero

Dipartimento di Ingegneria del Territorio,  
dell'Ambiente e delle Geotecnologie, Politecnico di  
Torino, Torino, Italy;

di fori di iniezione di diametro inferiore ai 20 mm e ad interasse di 1-2 m, e nell'iniezione di resina fino a verifica, attraverso un monitoraggio continuo, del raggiungimento del sollevamento desiderato della struttura soprastante. La pressione di iniezione non è elevata e non è particolarmente rilevante ai fini della riuscita dell'intervento. Al momento dell'iniezione la miscela sviluppa una reazione esotermica che ne induce il cambiamento di stato da liquido a solido con conseguente aumento di volume che, se contrastato dal circostante ammasso di terreno e dalla fondazione dell'edificio, produce un incremento dello stato tensionale ed in molti casi un contemporaneo innalzamento delle fondazioni dell'edificio ammalorato. Il tempo di reazione delle resine attualmente in commercio è molto rapido; ciò consente il confinamento della resina in un intorno massimo di circa 2.00 m dal punto di iniezione e la precisa localizzazione del volume di terreno trattato, oltre a tempi di lavorazione estremamente brevi. Il grado di espansione varia da 2 a 20 volte in funzione della rigidità dell'ammasso di terreno circostante; il modulo elastico delle miscele è di solito paragonabile a quello di un terreno di fondazione e varia, a detta dei produttori, tra 10 e 80 MPa. Sempre secondo chi le produce, le resine in commercio hanno anche caratteristiche di stabilità nel tempo, coefficiente di permeabilità molto basso, dell'ordine di  $10^{-8}$  m/s e peso dell'unità di volume ridotto, tale da non aumentare il peso del terreno trattato. A parere degli scriventi, l'uso di tali sistemi dovrebbe richiedere però accurate indagini ed un attento e dettagliato studio del problema in esame, delle cause che hanno determinato il danno sull'edificio, della situazione del sottosuolo e delle proprietà dei terreni di fondazione. Se, infatti, nel caso di terreni a grana grossa l'azione può essere considerata stabile nel tempo (salvo fenomeni di deformazione viscosa), nel caso di terreni a grana fina, l'aumento dello stato tensionale totale prodotto dall'espansione delle resine



causa invece sovrappressioni neutre che, dissipandosi nel tempo, determinano un cedimento di consolidazione, che potrebbe ridurre l'efficacia dell'intervento effettuato.

#### 4.3.1 Procedimento esecutivo

Normalmente le operazioni di iniezione con resine espandenti per il consolidamento del terreno di fondazione al di sotto di edifici ammalorati vengono suddivise in più fasi operative:

- **Prima fase:** iniezioni direttamente sotto il piano d'imposta della fondazione per consolidare il terreno in corrispondenza dell'interfaccia e per riempire i vuoti eventualmente presenti; l'obiettivo della prima fase d'iniezioni è rimettere in coazione la fondazione riducendone così la sensibilità ai cedimenti. Le iniezioni al di sotto di fondazioni continue vengono realizzate con interassi pari a ca.  $0.50 + 1.50$  m alternativamente sui due lati e proseguono fino alla rilevazione, attraverso apposita strumentazione laser, di un inizio di sollevamento della struttura soprastante.
- **Seconda fase:** iniezioni in profondità all'interno del bulbo di terreno maggiormente interessato dalle variazioni tensionali indotte dai carichi superficiali. Le iniezioni vengono realizzate in corrispondenza dell'asse verticale della fondazione fino a profondità dell'ordine di 2 volte la larghezza delle fondazioni stesse.
- **Terza fase:** per il trattamento di pavimentazioni vengono normalmente realizzate iniezioni colonnari con estrazione a velocità controllata del tubo d'iniezione. Le iniezioni vengono eseguite su maglie a quinconce con una verticale di trattamento ogni  $1.00+2.00$  m<sup>2</sup> di superficie.

Durante i processi di iniezione l'intera struttura e le zone limitrofe sono monitorate a mezzo di livelli laser con precisione millimetrica. Altri controlli sulla portata e la pressione d'iniezione vengono inoltre eseguiti utilizzando apposita strumentazione.

#### 4.3.2 Dimensionamento

Le procedure progettuali per il dimensionamento delle iniezioni con resine espandenti possono fare sostanzialmente riferimento a tre diversi approcci:

**A.** L'espansione della resina a seguito della sua introduzione nel sottosuolo provoca l'espansione di cavità di forma irregolare che possono essere assimilate in prima approssimazione a cavità sferiche o cilindriche a seconda delle localizzazioni e delle modalità di esecuzione delle iniezioni (vedere punto 4.3.1.). L'effetto sul terreno circostante è quello di un incremento dei due parametri di stato di riferimento di un qualsiasi mezzo particellare (i.e. la densità e lo stato tensionale di confinamento) con conseguente miglioramento delle caratteristiche di rigidità e resistenza di un volume significativo di sottosuolo al di sotto delle fondazioni della struttura danneggiata.

Questo tipo di approccio progettuale può essere del tutto assimilabile a quelli adottati per gli interventi con iniezioni compattanti (compaction grouting) realizzate mediante immissione in pressione nel sottosuolo di conglomerati cementizi di elevata viscosità.

**B.** Con particolare riferimento al caso di trattamenti colonnari le iniezioni con resine espandenti possono essere assimilate ad un intervento di sottofondazione mediante inclusioni verticali o sub-verticali in grado di sopportare direttamente e almeno parte i carichi verticali trasmessi dalla sovrastruttura e dalla sua fondazione. In questo caso il trattamento, dal punto di vista dello schema statico concettuale per il dimensionamento, può essere assimilato ai trattamenti colonnari con jet-grouting o soil-mixing o al limite ai pali o micropali utilizzati come riduttori dei cedimenti.

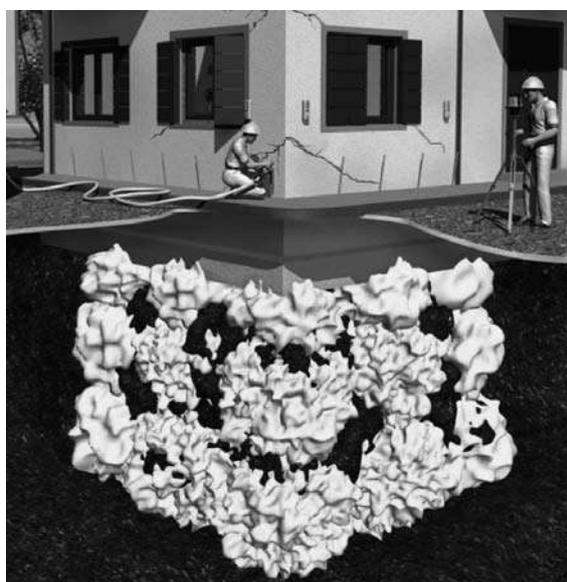
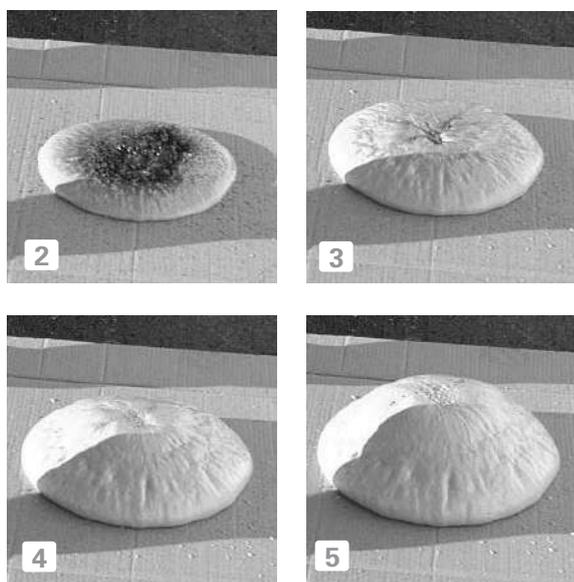
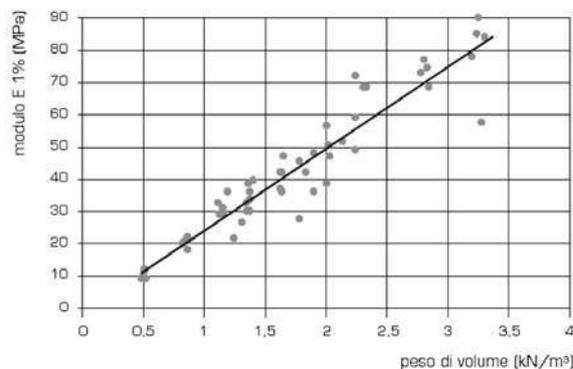
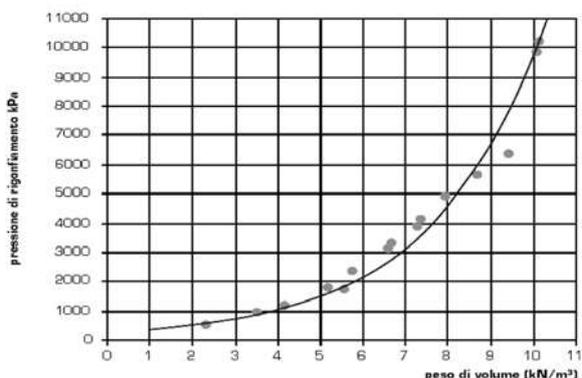


FIGURA 32. VISUALIZZAZIONE DELL'ESPANSIONE DELLE RESINE POLIURETANICHE E SCHEMA DI UN INTERVENTO DI INIEZIONE PER IL RECUPERO DI UN EDIFICIO



C. Nel caso in cui il trattamento di iniezione con resine espandenti sia concepito anche allo scopo di ottenere un parziale sollevamento dell'edificio ammalorato al fine di ridurne i cedimenti totali e/o differenziali che ne pregiudicano la funzionalità, sarà infine necessario modellare gli effetti del trattamento stesso mediante approcci numerici in grado di simulare le deformazioni indotte nel sottosuolo e gli spostamenti delle relative fondazioni con riferimento a geometrie complesse di tipo piano o addirittura tridimensionale.

Tutti gli approcci di calcolo sopra elencati necessitano della conoscenza delle principali caratteristiche reologiche delle resine di iniezione al fine di modellare i relativi fenomeni di interazione con il terreno circostante.



In Fig. 33 sono riportati i principali parametri di interesse come divulgati da uno dei principali operatori del settore a livello Europeo.

Infine di estremo interesse per la modellazione dei trattamenti in oggetto è la relazione, di seguito riportata che lega il rapporto tra il volume di resina al termine del processo di espansione ed il volume di resina di iniezione con la pressione di confinamento isotropo.

$$V_{rf}/V_{ri} = 3.7843(\sigma_{ved})^{-0.6216} \quad (4.14)$$

Dove:  $V_{rf}$ : volume finale di espansione;

$V_{ri}$ : volume iniziale di iniezione;

$\sigma_{ved}$ : pressione di confinamento verticale in condizioni edometriche

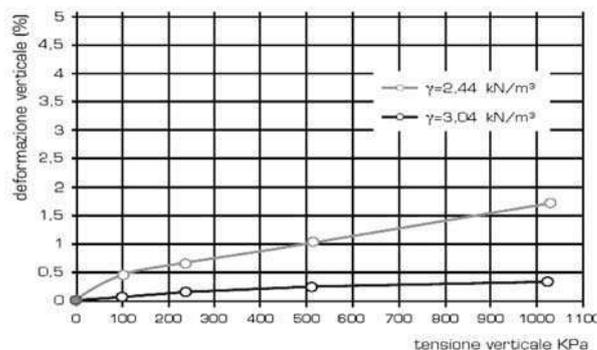
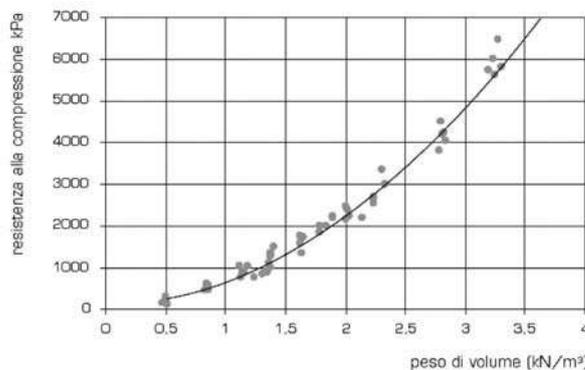


FIGURA 33. PRESSIONE DI RIGONFIAMENTO, RESISTENZA A COMPRESSIONE, MODULO ELASTICO E DEFORMAZIONE VISCOSA NEL LUNGO TERMINE IN FUNZIONE DEL PESO DI VOLUME E DELLA TENSIONE VERTICALE.

### A) Dimensionamento tipo A

Il dimensionamento del trattamento secondo l'approccio progettuale di tipo A mira a valutare gli incrementi di densità e di tensione isotropa di confinamento prodotti dalle iniezioni di resine espansive ricorrendo in generale ad uno schema concettuale che simula, mediante soluzioni analitiche in forma chiusa, l'espansione di cavità cilindriche e/o sferiche in un mezzo elasto-plastico coesivo e/o attritivo infinitamente esteso.

Dei Svaldi et al. (2005) fanno riferimento in particolare alla soluzione di Yu e Housby (1991) per calcolare l'incremento medio della tensione isotropa di confi-

namento all'interno del volume di terreno trattato con la tecnologia in esame. Gli autori trascurano l'eventuale addensamento prodotto dal trattamento e valutano il miglioramento dovuto al trattamento in termini di incremento di resistenza alla punta della prova CPT solamente sulla base dell'incremento della tensione.

I risultati ottenuti dal modello sembrano essere in discreto accordo con i risultati di una serie di prove CPT eseguite prima e dopo il trattamento in oggetto (vedere Fig. 34) nell'ambito di siti dove sono sostanzialmente presenti formazioni sabbiose e limose.



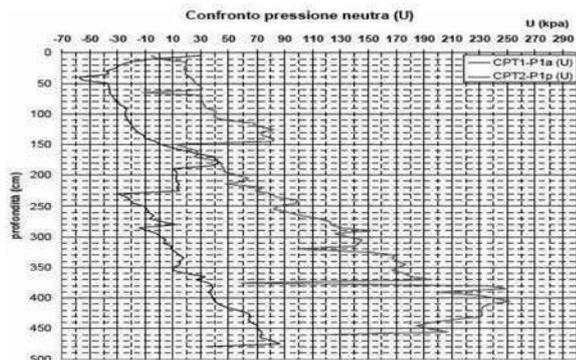


FIGURA 33. INCREMENTO DELLA RESISTENZA ALLA PUNTA DA PROVA CPT A SEGUITO DEL TRATTAMENTO DI INIEZIONE CON RESINE ESPANSIVE

D'altro canto la presenza di materiale francamente argilloso e limoso conduce a non poche complicazioni ed incertezze nella stima dello stato tensionale nel lungo termine a seguito del trattamento di iniezione. Infatti, l'espansione della cavità per effetto dell'iniezione avviene in condizioni non drenate provocando un significativo incremento iniziale delle pressioni interstiziali ( $\Delta u_w$ ). Nel lungo termine questa sovrappressione si dissipa con conseguenti incrementi delle tensioni efficaci. E' comunque importante sottolineare che nel caso di espansione in condizione non drenate e successiva fase di consolidazione con volume della cavità costante, le pressioni efficaci residue risultano minori, a parità di parametri di base del mezzo granulare, rispetto alle stesse tensioni indotte dall'espansione lenta della stessa cavità in condizioni completamente drenate. Quanto sopra mette in evidenza che l'applicazione della teoria della cavità espansa in condizioni drenate nel caso di mezzo coesivo a bassa permeabilità per la stima degli incrementi delle tensioni indotte dall'iniezione di resine espandenti, può risultare poco prudenziale come risulta per altri versi nell'esempio di "Dimensionamento tipo C" riportato nel seguito.

Si raccomanda pertanto di affinare i modelli previsionali nel caso di terreni francamente coesivi prevedendo, in caso di necessità, la possibilità di eseguire più serie di iniezioni in fasi successive al termine dei processi di consolidazione indotti dalle fasi di iniezione precedenti.

### B) Dimensionamento tipo B

Il dimensionamento di tipo B prende sostanzialmente in conto la presenza di inclusioni verticali che collaborano con il terreno circostante per il sostegno dei carichi trasmessi dalle fondazioni (Fig. 34).

Il contributo dovuto al miglioramento del terreno circostante la colonna iniettata per effetto dell'espansione di una cavità cilindrica equivalente può essere o meno trascurato a seconda delle finalità del trattamento e della significatività attesa del miglioramento del terreno stesso. Nell'ambito di questo approccio progettuale il contributo di gran lunga più importante, al sostegno dei carichi verticali trasmessi dalla fondazione al terreno, risulta dovuto alla rigidità assiale della colonna di resina iniettata.

Noti i parametri di resistenza e rigidità della suddetta colonna, il dimensionamento del trattamento potrà avvenire secondo gli schemi normalmente adottati per i trattamenti colonnari quali le colonne di ghiaia

(Ghionna, 1991), i trattamenti di miscelazione profonda o ancora per i pali utilizzati come riduttori dei cedimenti (Mandolini et al., 2005).

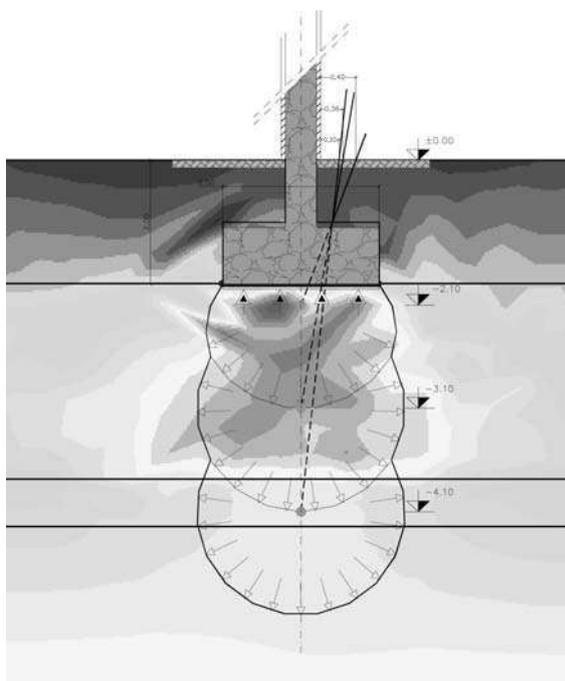


FIGURA 34. INIEZIONI COLONNARI SUCCESSIVE SULLA VERTICALE DELL'ASSE DELLA FONDAZIONE AL FINE DI TRAMETTERE I CARICHI AGLI STRATI PROFONDI DI MAGGIORE CONSISTENZA MECCANICA

### C) Dimensionamento tipo C

L'utilizzo di modelli di calcolo numerici tipo FEM, in grado di descrivere le complesse geometrie del sottosuolo, della fondazione e della sovrastruttura, tipiche dei casi reali, permette anche di valutare mediante adeguate leggi costitutive tutti gli elementi migliorativi introdotti dalla tipologia di trattamento in esame. Inoltre, il completo accoppiamento dell'eventuale processo di consolidazione consente di prevedere l'evoluzione nel tempo delle tensioni e delle deformazioni indotte al fine di programmare eventuali riprese dei trattamenti in fasi successive alla prima, fino al completo recupero del manufatto trattato. A livello esemplificativo la Fig. 35 mostra la "mesh" deformata di una simulazione di trattamento con resine espansive iniettate ai lati ed al di sotto di una fondazione natrifforme. Modelli di questo genere consentono anche di verificare passo passo in corso d'opera l'effettiva efficacia del trattamento e la rispondenza di tutti gli elementi in gioco alle previsioni progettuali.

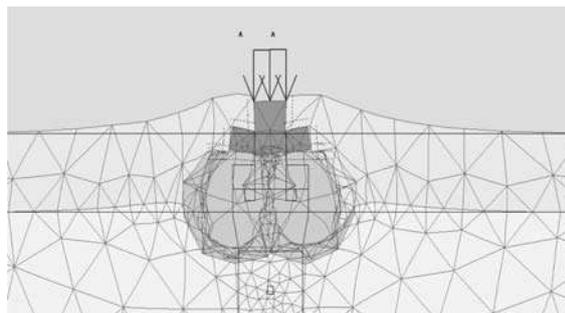


FIGURA 35. SIMULAZIONE MEDIANTE FEM DEL SOLLEVAMENTO DI UNA FONDAZIONE SUPERFICIALE A SEGUITO DEL TRATTAMENTO DI INIEZIONE CON RESINE ESPANDENTI (MANSUETO ET AL., 2009)



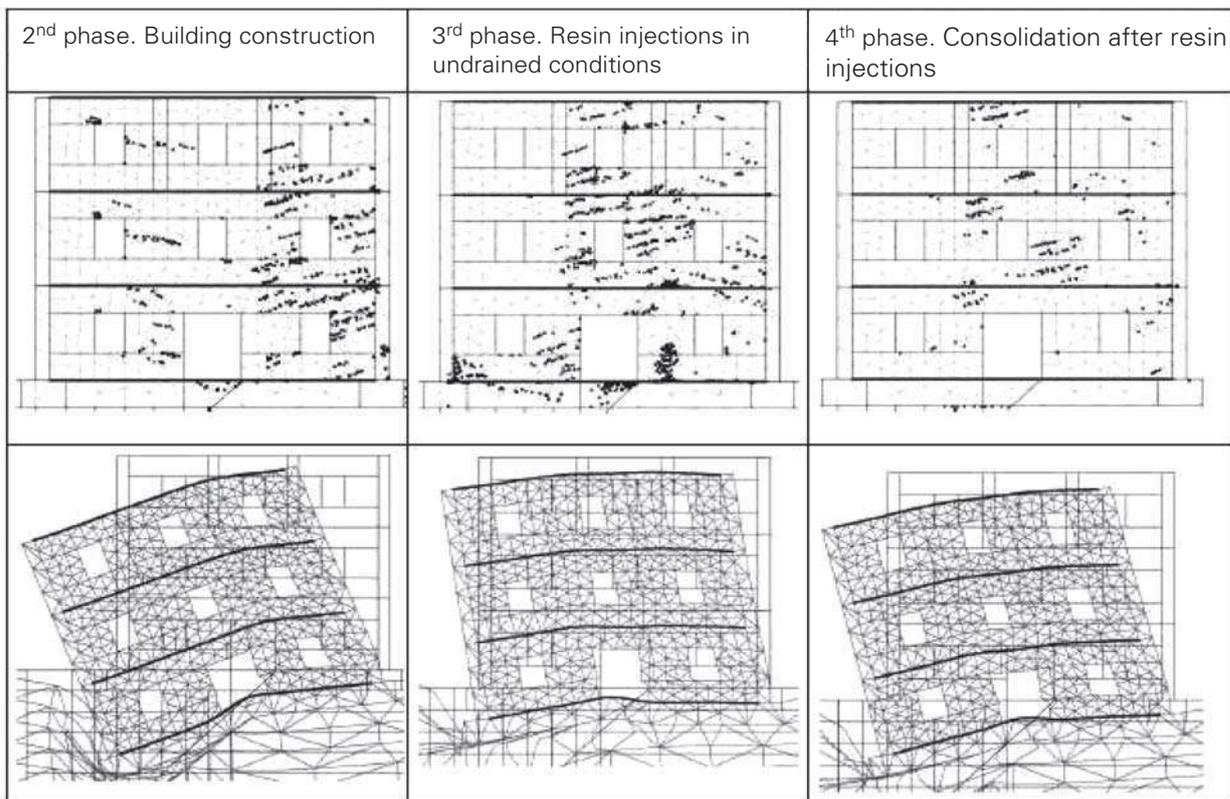


FIGURA 36 DISTRIBUZIONE DELLE "TENSION CUT-OFF" E DEFORMATA DELL'EDIFICIO IN MURATURA PRIMA DELL'INIEZIONE, NELLE FASI IMMEDIATAMENTE SUCCESSIVE ED A LUNGO TERMINE (MAIORANO E AVERSA, 2004)

Un interessante esempio di modellazione FEM alla scala dell'edificio da recuperare ci viene fornito da Maiorano ed Aversa (2004). L'intervento di consolidamento con resine espandenti è eseguito in un terreno a grana fine posto a fondazione di un edificio in muratura (Fig. 36). Il problema studiato è stato ricondotto ad un problema piano. Per quanto riguarda l'edificio, questa semplificazione ha richiesto una scalatura delle proprietà meccaniche e dei carichi in funzione del rapporto pieni-vuoti. Le analisi numeriche sono state effettuate impiegando il codice di calcolo agli elementi finiti PLAXIS (Brinkgreve, 2002) ed utilizzando per la

muratura un modello elasticoperfettamente plastico anisotropo (Jointed Rock Model), con due piani di anisotropia (orizzontale e verticale) per simulare la presenza dei giunti di malta. Il problema studiato riguarda una situazione di sottosuolo fortemente disomogenea, che ha prodotto rilevanti cedimenti differenziali.

Il trattamento con resine espandenti è stato modellato imponendo semplicemente una variazione volumetrica ad un volume di terreno posto al di sotto della fondazione, nella zona in argilla e per una profondità di 2 m dal piano di posa delle fondazioni stesse, senza variare i parametri fisici e meccanici delle argille. Il volume delle resine è stato incrementato fino quasi a raggiungere l'annullamento dei cedimenti differenziali, secondo quanto previsto nella procedura di applicazione di tali interventi.

Le analisi effettuate mostrano come il consolidamento tramite iniezioni localizzate con resine espandenti inizialmente produce una diminuzione dei cedimenti differenziali (Figg. 36 e 37), ma, per la presenza di terreni a grana fina, determina anche l'insorgere di sovrappressioni neutre elevate. La dissipazione di tali sovrappressioni nel tempo porta ad un successivo incremento del cedimento assoluto nella zona trattata e quindi anche del cedimento differenziale. L'entità di questi cedimenti di consolidazione, nel caso in esame, riporta l'edificio in una condizione intermedia tra quella prima dell'intervento e quella propria delle fasi immediatamente successive.

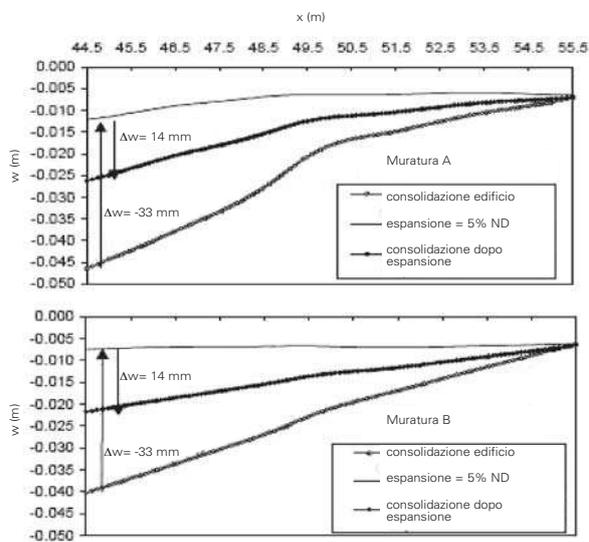


FIGURA 37. CEDIMENTI DELL'EDIFICIO PRIMA DEL TRATTAMENTO DI INIEZIONE, NELLE FASI IMMEDIATAMENTE SUCCESSIVE E NEL LUNGO TERMINE. (MAIORANO E AVERSA, 2004)



Il manifestarsi di questi fenomeni, se previsto e preventivato in fase progettuale, non risulta in alcun modo preoccupante in quanto è generalmente sufficiente riprendere il trattamento di iniezione con una o due fasi successive per arrivare alla convergenza dei fenomeni deformativi viscosi ed all'equilibrio definitivo delle variazioni tensionali indotte.

Nondimeno è importante ribadire che gli interventi in esame non possono essere effettuati senza che la loro efficacia sia valutata sulla base di adeguate indagini geotecniche e di opportuni modelli di calcolo. Infine, è sempre auspicabile che gli effetti misurati nel corso dell'intervento siano analizzati a posteriori ed interpretati con gli stessi modelli previsionali, al fine di valutarne l'efficacia con particolare riferimento al lungo termine.

#### **RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**

- [1] Dei Svaldi A., Favaretti M., Paschetto A., Vinco G. (2005) "Analytical modelling of the soil improvement by injections of high expansion pressure resin". Ground Improvement Techniques, Coimbra, Portugal.
- [2] Ghionna V. (1981) "Colonne di ghiaia" XIV edizione delle CGT. Atti del Politecnico di Torino.
- [3] Maiorano R.M.S. e Aversa S. (2004) "Modellazione numerica degli effetti prodotti da iniezioni espandenti al di sotto delle fondazioni di edifici in muratura". XXII Convegno Nazionale di Geotecnica- Palermo 2004, Associazione Geotecnica Italiana.
- [4] Mandolini, A. Russo, G. & Viggiani, C. (2005) "Pile foundations: experimental investigations, analysis and design. State of-the-Art Report", Proceedings of the XVI ICSMGE, vol. 1, Osaka, Japan: 177-213, Balkema, Rotterdam, The Netherlands.
- [5] Mansueto F., Gabassi M., Paschetto A., Vinco G. (2009) "Modellazione numerica di un intervento di consolidamento del terreno di fondazione di un palazzo storico sito in rue Joseph de Maistre sulla collina di Montmartre in Parigi realizzato con iniezioni di resina poliuretanic ad alta pressione di espansione" Comunicazione personale.
- [6] Yu H.S., Houlsby G.T., 1991. "Finite cavity expansion in dilatant soils: loading analysis". Geotechnique, 41 (2) , 173-183.



# 9

## 3D FEM ANALYSIS OF SOIL IMPROVING RESIN INJECTIONS UNDERNEATH A MEDIAEVAL TOWER IN ITALY

---

Memoria presentata al

7<sup>th</sup> European Conference on NUMGE 2010

Norvegia: Trondheim, 2 - 6 giugno 2010

**M. Gabassi, A. Paschetto & G. Vinco**  
Urettek, Verona, Italy

**F. Mansueto**  
Studio Montaldo & Associati, Genova, Italy

### ABSTRACT:

In order to stop the settlement process of a mediaeval tower located in Città di Castello (Italy), polyurethane resins injections were performed in the foundation soil. The designing of the ground improving intervention was made with a 3D finite elements code and an analytical method based on the finite cavity expansion theory (Yu H.S. e Houlsby G.T., 1991), which allows to predict soil parameters changes due to resin expansion in the ground. During job site activity and for a long period after the works were finished the structure has been accurately monitored; the measured data seem to get on well with the one obtained from model analysis. The model creation, starting from the available geological data input, was necessary for the understanding of the causes which triggered to settlements. The Safety Factor improvement experienced during the simulation was about 30%.

## 1 THE CITTÀ DI CASTELLO CIVIC TOWER

### 1.1. Historical overview

The tower, initially built for military purposes, can be dated around the thirteenth century and is the only slim structure, together with the "Campanile Rotondo", left in the old town Città di Castello. The building has a rectangular shape, dimensions 6,10 times 6,80 m and has a maximum height in the front of 39,80 m. It is divided into seven different levels, four of which were previously used as a prison.

The tower, like we see it today, is the result of several collapses and reconstructions occurred over time; this can be gathered from the different wall textures, which interchange themselves along the whole tower height.

### 1.2. Settlement detection

In March 2007, following an earthquake registered in the area, with a magnitude of 2.2 of the Richter scale, a separation of 4 cm was detected in the purpose made seismic joint between the tower and the Bishop's Palace. By analyzing the data of the cracks monitoring, a differential settlement caused by the earthquake was clearly identified. This settlement strongly increased the before measured leaning of the tower towards the main square. In detail, the leaning grew from 72 to 78 cm, making this way even worse a strain state already close to the limit.

## 2 GEOTECHNICAL INVESTIGATION

### 1.2. Real time monitoring

The real time electronic monitoring was started on October 3<sup>rd</sup> 2007 and the zero measurement showed a leaning of 74 cm towards the main square and 34 cm towards the contiguous alley.

During the next eleven days, a further settlement of 8 mm was registered in both directions.

### 2.2. Geological survey

During October 2003 a geological survey was performed including four deep soundings, ground penetration radar and laboratory tests. The foundation depth from the ground level, varies from 2.3 m, on the sides facing the square (front side) and the alley, to 3.6 m on the side jointed to the Bishop's Palace and the backside.

The underground is constituted by a superficial inhomogeneous replenishment layer, which thickness varies from 1.5 to 5.7 m, over a sequence of silty sands and sandy silts layer, followed by a bottom layer of clay and clayey silts at a depth varying from 10.0 to 13.0 m.



These kind of soils, characterized by a strong geometric and granulometric as well as geomechanical variability, determine different responses to static and dynamic stress states, worsen by replenishment layers with strong thickness variability due to the ancient old town urbanization. The ground water table was detected at a depth of 10 m from the ground level, but is capable of relevant changes depending from the different soils permeability. Also suspended underground water was detected in several spots, coming from water pipes leakages and from the square, following big rainfall events.

### 2.3. Geotechnical Parameters

The Consistency Index (IC), varies from 0.738 to 0.950, revealing a solid to plastic consistency of the analyzed soils. These values are proper of groups of inorganic clays with low to medium plasticity, silty and sandy clay and fine silty sands.

Sandy soils have a medium-high consistency, whereas clayey soils are characterized by high drained cohesion values ( $c'$ ) varying from 25 to 30 kPa and oedometric moduli  $M$  included between 6.2 and 17.4 MPa meaning a coefficient of volume compressibility  $m_v$  ranging from 0.16 e 0.06  $m^2/MN$ .

From the oedometric tests performed, the consolidation pressure and the over consolidation ratio (OCR) were calculated; the tested samples are all in the range of normal consolidated to poorly overconsolidated soils with some peaks in the clays of the deepest part of the soundings:

TABLE 1. OCR VALUES.

S1 C3	(7.7-8.0 m)	$OCR = \sigma'_p / \sigma'_{v0} = (179.95/156.91)kPa = 1.147$
S1 C4	(11.3-11.5 m)	$OCR = \sigma'_p / \sigma'_{v0} = (229.97/225.55)kPa = 1.019$
S1 C5	(15.2-15.5 m)	$OCR = \sigma'_p / \sigma'_{v0} = (499.99/304.00)kPa = 1.645$

## 3 GROUND IMPROVEMENT DESIGN

### 3.1. Urettek Deep Injections Method<sup>®</sup>

Due to the need of a low impact technology, which could guarantee low vibrations and small diameter drillings, a polyuretanic resin injections technique was chosen.

Urettek Deep Injections<sup>®</sup> is a very particular technology, consisting of local injections into the soil of a high-pressure expansion resin; which produces a remarkable improvement of the geotechnical properties of the foundation soil. The operation steps are relatively simple and do not require invasive excavations or connection systems to existing and new foundation structures.

Small quantities of expanding materials are injected precisely underneath the foundation level into the soil volume where the stress state reaches its peak. In order to avoid the material to flow outside from this volume, the expansion together with the viscosity increase of the resin have to be very quick.

Therefore, after having injected the soil to be treated, resin immediately starts to expand.

A high expansion pressure of the injection grout is also needed to guarantee a proper compaction of the soil. It has to be way higher than the stress state induced by the overlaying structures both to allow a certain expansion rate and to avoid higher material consumption.

The expansion process, first leads to the compaction of the surrounding soil and then, in case of light overstructures, also to the lift. All the procedure is monitored by electric receivers lighted by a laser emitter and anchored to the building whose foundation is treated.

A wide set of laboratory tests have been carried out on the Urettek<sup>®</sup> resin, named Geoplus<sup>®</sup>, in order to evaluate its main mechanical properties. Vertical compression with free lateral expansion and vertical expansion in oedometric conditions tests were performed in the geotechnical laboratory of the University of Padova (Favaretti et al. 2004).

### 3.2. Theoretical view and simulation of the expanding process

The expansion process of the resin, locally injected into the soil, can be theoretically studied as a spherical cavity (or cylindrical, if several injections are performed very close each to other, along the same vertical line) expanding in quasi-static conditions.

The soil is modelled as a liner elastic-perfectly plastic material with a non-associated Mohr-Coulomb yield criterion and is considered initially subjected to an isotropic state of stress.

During the first part of the expansion process, when the internal pressure of the cavity increases, soil shows an elastic behavior, while after reaching a specific value of the internal pressure plastic deformation starts, similarly to the elastic phase, until it reaches the pressure limit ( $\sigma_{lim}$ ). It is assumed that as soon as pressure limit is reached, the resin solidifies (Dei Svaldi et al. 2005).

The expansion process is theoretically treated adopting analysis at large and small strains, respectively, on the plastic and elastic region (Yu & Houlsby 1991).

### 3.3. Urettek ground improvement calculation software

The analytical model of the expansion process together with the resin expansion law obtained in laboratory, were recently used to develop a software, Urettek S.I.M.S. 1.0, capable to predict the ground improvement index of a soil injected with Geoplus<sup>®</sup> resin.

Urettek S.I.M.S. 1.0 computerizes the above explained model and enables designers to get the improved ground parameters rapidly. To perform a stress-strain analysis this parameters can later on be used to perform a FEM analysis.



The quality of the previsions, provided by the analytical model, has been verified on a number of real cases. The reliability of the theoretical previsions increases with the quality of the geotechnical investigation available to designer.

During first phase injections, due to the expansion of the grout, all voids are filled, the ground is compacted and its stiffness increases. In normal consolidated ground conditions, this leads to the rise of the horizontal stress to values close to the vertical one in a limited volume around the injection point.

When the isotropic stress state is reached, the expansion pressure also develops in vertical direction, inducing a surface lifting (Schweiger et al. 2004). The isotropic volume growth is obviously a simplification, because the expansion pressure first develops on the lowest stress plane in homogeneous soil conditions.

### 3.4. 3D FEM analysis

The analysis has been performed using a PLAXIS 3D Tunnel software version 1.2 of the Dutch Plaxis b.v. company.

In order to model the intervention, some simplifications were adopted and the injections were this way modelled as a volumetric expansion of solid elements. A stiffness increase of both the surrounding as well as the treated soil has been adopted; the isotropic expansion implemented in Uretex S.I.M.S. 1.0 was modelled in the 3D FEM analysis, by forcing the volumetric strain value of the element according to the volume increase calculated with Uretex S.I.M.S. 1.0 (Mansueto et al. 2007).

Doing so, an accurate determination of the grout quantities to be injected has been possible. The quick reaction time, as a matter of fact, prevent the material to flow away from the injection point, making this way easier the determination of the injected volumes in a certain soil volume. Considering that the material flows for one meter at the most, the added volume in a sphere of one meter radius around the injection point is equal to the injected quantity times the expansion factor calculated with Uretex S.I.M.S. 1.0 (Pasquetto et al. 2008). Also the soil stiffness increase was taken from the Uretex S.I.M.S. 1.0 output.

Figure 1 shows the different foundation levels of the tower: they are higher towards the square ( $x < 0$ ) and towards the alley ( $z > 0$ ) as verified in the tests.

A stress-strain analysis of the tower for every scheduled injection phase has been performed, simulating the injected volume as an expansion of the soil element located exactly in correspondence of the injection point ( $x$ ,  $y$  and  $z$ ).

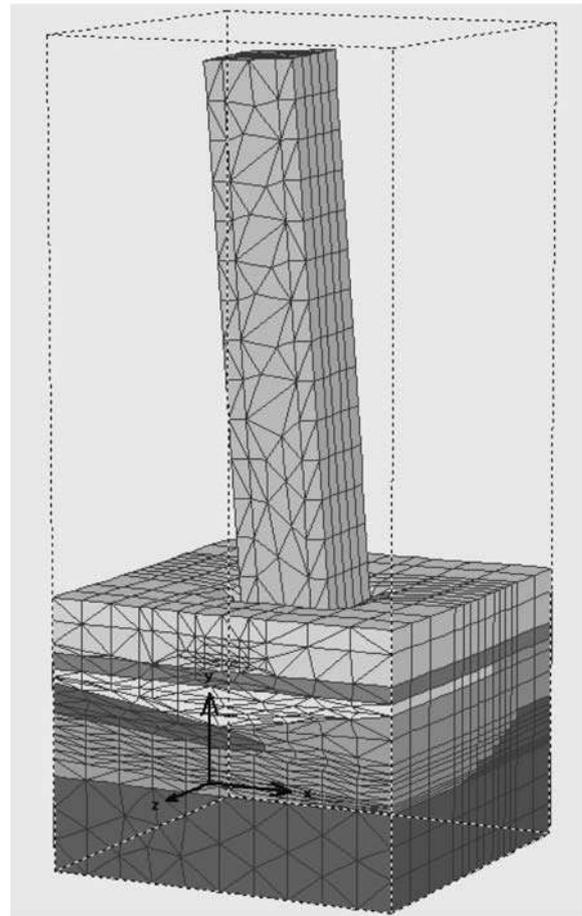


FIGURE 1. 3D FEM MODEL OF THE TOWER.

The volumetric expansion rate has been assigned to every element, according to the volume of resin to be injected in every injection point and the calculated expansion factor of the resin. The construction of the 3D model, interested 14.310 m<sup>3</sup> of soil and required the generation of 8.708 elements, 25.053 nodes and 52.248 stress points internal to the elements.

The tower has been modeled in vertical position in the input data. Afterwards, the construction phases have been simulated using intermediate steps, until the final configuration has been reached. The error between the modeled tilting and the measured one, lower than 4%, has been evaluated acceptable. The model has been based on the soil stratigraphy, on the precise geometry of the tower and on the scheduled injection phases.

The initial condition analysis pointed out that, apart from the rather complex local stratigraphy characterized by the presence of overconsolidated material lenses into much more deformable soils, the different foundation levels determined the tower rotation.



TABLE 2. OCR VALUES.

SOIL TYPE	PARAMETER						Constitutive law
	$\gamma_{sat}$ kN/m <sup>3</sup>	E kPa	c' kPa	$\phi$ °	$\psi$ °		
Replenishment (Silty Clay)	19,5	6250	31	23	-	Mohr-Coulomb	
Replenishment (Sandy Silt)	20,0	4000	30	28	-1	Mohr-Coulomb	
Replenishment (Sand)	18,5	3000	0	32	-	Mohr-Coulomb	
Sandy Silt	20,0	8000	18	30	-3	Mohr-Coulomb	
Silty Sand	20,0	9000	18	30	-2	Mohr-Coulomb	
Clay and Clayey Silt	21,2	13000	10	27	-	Mohr-Coulomb	

As a matter of fact, to a higher foundation level, corresponds a thicker layer of deformable soil, which origins, therefore, a differential settlement and the rotation of the tower. The leaning direction towards the less deeper foundation can be read as a confirmation of this. The FEM analysis clearly evidenced this point. The stress state, in correspondence to the foundation/soil interface, reaches the highest level (700 kPa) underneath the foundation facing the square, exactly where the settlement is the highest. These are the effects of the stress redistribution caused by the tower eccentricity.

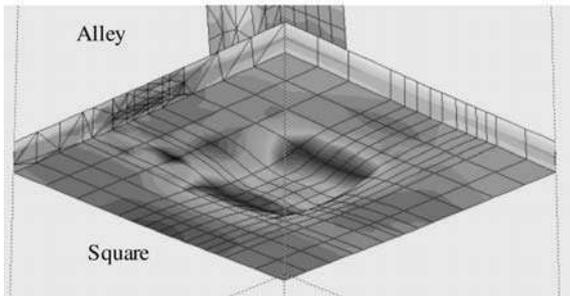


FIGURE 2. RELATIVE SHEAR STRESSES DISTRIBUTION.

Figure 2 shows the distribution of the relative shear stresses (meant as the ratio of the existing shear stresses and the resisting ones calculated with a Mohr-Coulomb failure criterion) just underneath the foundations.

It has been observed, that where the settlements are the highest, the existing stresses are equal to the resisting ones, meaning that the soil reached a plastic equilibrium condition.

This obvious result is important, because proves the correspondence of the analysis performed; the foundation ground reached the full mobilization of the end-bearing capacity.

Figure 3 shows an interesting double failure mechanism mobilization. The first one, more superficial, lays just underneath the foundation level and is limited to the first sandy silt soil layer; on the other hand, the second and deeper one, also interests other soil layers under the first one.

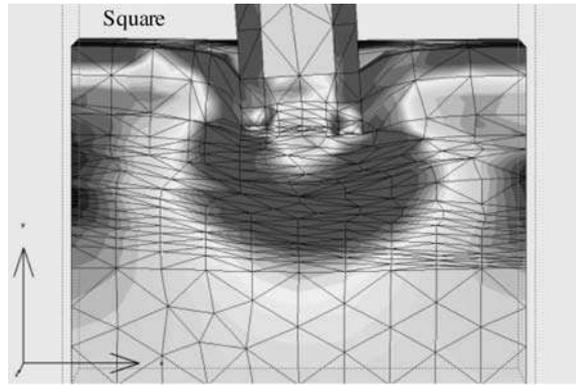


FIGURE 3. RELATIVE SHEAR STRESS IN THE CENTER CUT OF THE TOWER BEFORE THE INJECTIONS.

Therefore, if the first one is a typical superficial punching failure mechanism, the second one depends from the stress state transferring to deeper soil layers; the two effects are certainly related, depending the second from the first one.

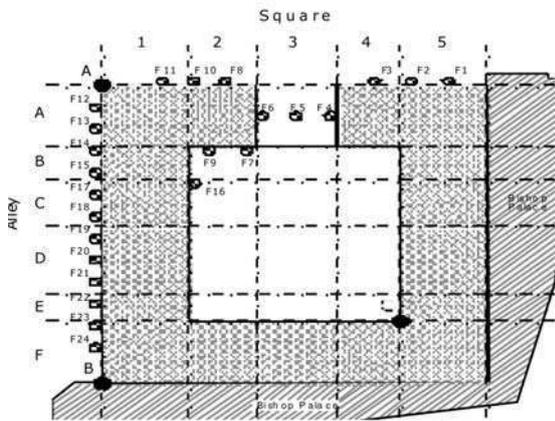


FIGURE 4. INJECTIONS POINTS DISTRIBUTION AND MONITORING POINTS.

### 3.5. Executive project

Based on the indications come from the FEM analysis, an executive project has been arranged, which has been changed continuously, depending on the reaction of the tower during the different injection phases.

During a total of 14 working days, 2.475,5 kg of resin were injected. The amount of injected grout per day has been very different, depending on the real time monitoring data analysis.

### 4 FIELD AND DESIGN DATA COMPARISON

As mentioned before, during the whole work a real time electronic monitoring was operating. These data have been, afterwards, compared with the settlements calculated with the FEM analysis.

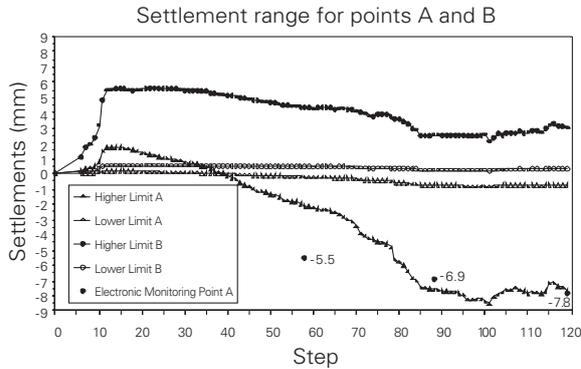


FIGURE 5. CALCULATED SETTLEMENTS AND MONITORING DATA GRAPH

#### 4.1 Expected settlements

Figure 5 shows the expected settlements shells for monitoring points A and B, representing two limit scenarios with zero and full expansion of the resin. The graph also withholds the settlements data, measured on field after each one of the three injection phases.

It can be observed that, according to the modeling, little settlements had to be expected, due to a double effect: a lateral soil flow due to the resin injection and expansion first and a ground strain due to the increase of the effective soil stress, also caused by the resin volume expansion, second.

Figure 5 shows how little are the differences between the calculated time/settlement curve and the real settlements measured on field after every injection phase.

#### 4.2. Final stress state distribution

Referring to relative shear stress (Fig. 2), the FEM analysis clearly shows how the injections strongly reduced this value within the improved ground volume.

This reduction is the effect of the soil compaction induced by the resin expansion.

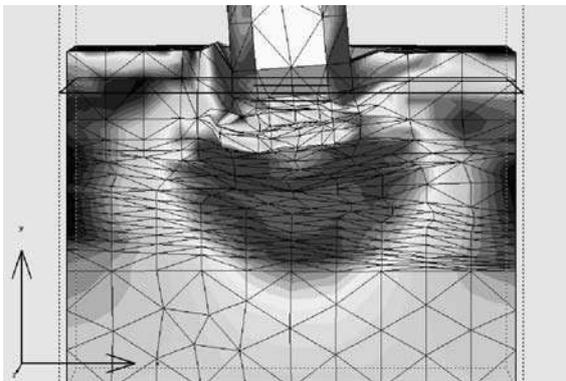


FIGURE 6. RELATIVE SHEAR STRESS IN THE CENTER CUT OF THE TOWER AFTER THE INJECTIONS.

#### 4.3. Safety factor increase

The determination of the safety factor, was done using a “c-φ reduction” procedure, which foresees a progressive reduction of the ground parameter values until the soil body collapse is reached. The final result is a movement/reduction factor graph, which represent the safety factor of the structure. Figure 7 shows a comparison of the safety factor before and after the intervention; it can be observed that the injections effect was the raising of the safety factor of about 30%.

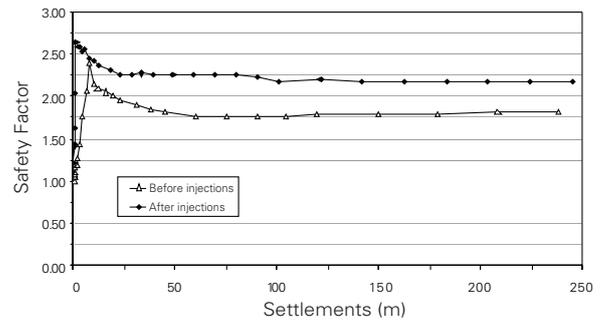


FIGURE 8. SAFETY FACTOR GRAPH.

#### 4.4. Post intervention monitoring

The precision monitoring of three datum points, started on March 25<sup>th</sup> 2007 and has been necessary for measuring the settlements of the structure before during and after the job site.

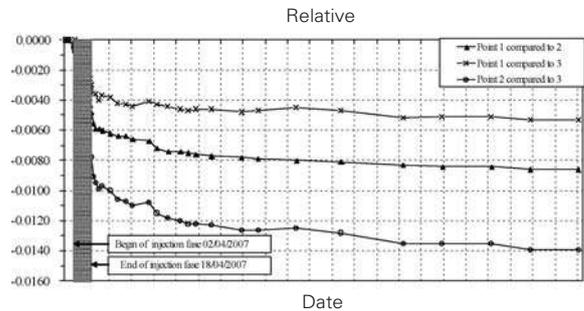


FIGURE 8. SETTLEMENT/TIME GRAPH.

Figure 8 shows the settlement/time graph, from which clearly appears how the settlement speed rapidly decreases after the injections. Also other electronic devices have been installed on the tower before the intervention, such as three electronic inclinometers with a  $10^{-3}$  degrees precision and two electronic crack monitors with a  $10^{-2}$  mm precision.

In this case the monitoring had to register eventual settlement trends in the short such as in the long period. In order to obtain a significant measurement, also a thermometer has been installed to neglect movements only due to thermal shocks.

Analysing the data, it has been observed that during the drilling phase no significant settlement were registered, meaning that the small diameter drills made with hand augers didn't influence the tower stability.



On the other hand, during the injection phase, a variation of the cracks opening, such as a tower leaning progress have been observed, confirming this way the results of the FEM analysis. The monitoring is still working and the tower didn't register any further settlements in the last two years.

## 5 CONCLUSIONS

In this interesting case history, clearly appears how helpful a 3D FEM analysis can be, to take important job site decisions. In this delicate compensation grouting with polyuretanic resin injections, underneath a mediaeval tower, key choices like the injections sequence such as the grout quantities, were taken according to the modeling outputs.

At the end of the work a good correspondence between settlements data measured on field and the ones forecasted with the analysis was found, confirming the good quality of the model; also in terms of bearing capacity increase, a significant rise of the safety factor was observed.

The aim of this designing approach was the evaluation of the strain behavior of the tower during the different injection phases, in order to analyze the critical points of the work.

To cover the stability problem at hand, also the increasing action of gravity, because of the increasing tilting should be taken into account in a leaning instability problem, which wasn't, however, the purpose of this modeling.

## 6 REFERENCES

- [1] Dei Svaldi, A. Favaretti, M. Pasquetto, A. & Vinco, G. 2005. Analytical modelling of the soil improvement by injections of high expansion pressure resin. In 6<sup>th</sup> International Conference on Ground Improvement Techniques; Congress proceedings, Coimbra, 18-19 July 2005: 577-584.
- [2] Favaretti, M. Germanino, G. Pasquetto, A. & Vinco, G. 2004. Interventi di consolidamento dei terreni di fondazione di una torre campanaria con iniezioni di resina ad alta pressione d'espansione. In XXII Convegno Nazionale di Geotecnica; Congress proceedings, Palermo, 22-24 October 2004: 357-364. Bologna: Pàtron.
- [3] Foti, S. & Manassero, M. 2009. Rinforzo e adeguamento delle fondazioni per sollecitazioni statiche e dinamiche. In Risk mitigation and soil improvement and reinforcement; Proc. intern. symp., Torino, 18-19 November 2009.
- [4] Mansueto, F. Gabassi, M. Pasquetto, A. & Vinco, G. 2007. Modellazione numerica di un intervento di consolidamento del terreno di fondazione di un palazzo storico sito in Rue Joseph de Maistre sulla collina di Monmatre in Parigi realizzato con iniezioni di resina poliuretanic ad alta pressione d'espansione. In XXIII Convegno Nazionale di Geotecnica; Congress proceedings, Padova-Abano Terme, 16-18 May 2007: 277-284. Bologna: Pàtron.
- [5] Pasquetto, A. Gabassi, M. Vinco, G. & Guerra, C. 2008. Consolidation du sol par injection de résine polyuréthane, afin d'atténuer le gonflement e le retrait des sols argileux. In SEC 2008-Symposium international sécheresse et constructions; Congress proceedings, Marne-La-Valée, 1-3 September 2008: 343-348. Plaxis B.V. 2004.
- [6] Plaxis 3D Tunnel, Tutorial Manual
- [7] Schweiger, H. F. Kummerer, C. Otterbein, R. & Falk, E. 2004. Numerical modelling of settlement compensation by means of fracture grouting. *Soils and foundations* 44 (1): 71-86
- [8] Yu, H.S. & Houlsby, G.T. 1991. Finite cavity expansion in dilatant soils: loading analysis. *Géotechnique* 41 (2): 173-183.







URETEK



Copyright © 2010 Uretek Srl.  
Tutti i diritti riservati. All rights reserved.  
È vietata la riproduzione anche parziale  
dei testi e delle fotografie.

Progetto grafico: Ferri Comunicazione srl

Stampa: Tipografia Milani srl

Finito di stampare a Verona  
nel mese di ottobre 2010



.....  
**URETEK s.r.l.** 37021 Bosco Chiesanuova VR  
Via Dosso del Duca, 16



T. 045 679911  
F. 045 6799138

[www.uretek.it](http://www.uretek.it)  
[uretek@uretek.it](mailto:uretek@uretek.it)

**Comune di Genova**  
PROVINCIA DI GENOVA

**EDIFICIO SEDE MUNICIPALE SITO IN GENOVA  
PIAZZA IPPOLITO NIEVO N.1**

**INTERVENTO DI RECUPERO E CONSOLIDAMENTO FONDAZIONALE**

**PROGETTO ESECUTIVO**

**OGGETTO:** E2.3\_RELAZIONE GESTIONE DELLE MATERIE

**COMMITTENTE:** COMUNE DI GENOVA

**PROGETTISTA:** Ing. ZERBINATI Marco  
Iscritto all'Ord. Ingg. di Savona n° 1630

**DATA:** 01.08.2019 REV. 00



**CODICE ELABORATO:** E2.3\_RELAZIONE GESTIONE DELLE MATERIE

## SOMMARIO

<b>1</b>	<b>INTRODUZIONE</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>DESCRIZIONE DELLO STATO DI FATTO</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO</b>	<b>3</b>
	<i>Consolidamento muratura fondale</i>	3
	<i>Consolidamento substrato terreno</i>	4
<b>4</b>	<b>BILANCIO DEI MATERIALI DI RISULTA</b>	<b>4</b>
<b>5</b>	<b>MODALITA' DI GESTIONE DEI MATERIALI DI RISULTA</b>	<b>6</b>

## 1 INTRODUZIONE

La presente relazione ha lo scopo di descrivere le modalità operative da adottare per il corretto utilizzo dei materiali di risulta prodotti dalle lavorazioni.

Tali materiali rappresentano, un sottoprodotto che verrà gestito RIFIUTO (parte IV D.Lgs 152/2006).

## 2 DESCRIZIONE DELLO STATO DI FATTO

L'edificio, risalente al 1886, adibito a sede del Municipio di Quarto al Mare fino al 1926, nel 1972 viene ampliato sul retro, dapprima con un primo blocco occidentale successivamente ampliato verso est: tale ampliamento era giustificato dalla funzione di succursale della scuola alberghiera Marco Polo; alla conformazione originaria corrispondono il corpo principale in muratura di pietrame, già originariamente su tre livelli, e parte delle pavimentazioni del solo piano terra.

Dal 2014 l'edificio è nuovamente sede di uffici comunali con la denominazione di Municipio IX-Levante.

La più antica tipologia di pavimentazione in opera si trova nella manica est e si identifica con il pavimento in seminato alla genovese tipico della fase della costruzione originaria del 1886 ed il pavimento in marmo di Carrara che si trova nella zona centrale dell'edificio originario, ingresso e vano scala, anch'esso sottoposto a usura nel tempo che ne ha richiesto parziale sostituzione e copertura. In marmo sono anche i gradini della scalinata esterna, alzate e pedate delle due rampe interne all'ingresso, ed il rivestimento murale in lastre verticali dello stesso.

Di epoca posteriore alla fase degli anni '70, risultano invece le marmette in grana rosa che contraddistinguono la manica ovest del piano terra oltre ad un piccolo corridoio all'interno della manica est, le piastrelle (klinker) sovrapposte al pavimento deteriorato in marmo nella zona del corridoio adiacente al vano scala e nei servizi igienici ed il gres porcellanato utilizzato in due successive forniture nell'ampliamento sito sul retro.

3 / 6

## 3 DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

Le operazioni di consolidamento murario fondazionale e del terreno di sedime in progetto richiedono l'espletamento di una serie di trivellazioni perimetrali ad elevata profondità e di circoscritta area di intervento superficiale che inevitabilmente necessitano di puntuali procedure di smantellamento delle pavimentazioni esistenti.

Sono pertanto previsti interventi di restauro integrativo di porzioni di pavimentazione in seminato alla genovese ed il rifacimento, con nuova fornitura, di porzioni di pavimentazione in gres porcellanato.

Inoltre, al fine di recuperare la funzionalità strutturale originaria è stato identificato il presente intervento di consolidamento:

### **Consolidamento muratura fondale**

Consolidamento della fondazione in muratura allo scopo di riempire i vuoti presenti eliminando le discontinuità dovute a difetti costruttivi od all'invecchiamento, che possono rappresentare pericolose debolezze strutturali, e quindi distribuire in modo uniforme le tensioni provenienti dai carichi sovrastanti.

Il consolidamento verrà operato mediante iniezioni che verranno eseguite a partire dal piano di calpestio e fino a raggiungere la quota del piano di imposta della fondazione, allo scopo di intercettare il numero massimo di cavità presenti.

Le iniezioni di tipo 'colonnare' verranno eseguite senza soluzione di continuità estraendo il tubo di iniezione a velocità controllata dalla quota del piano di imposta della fondazione fino alla quota del piano di calpestio in modo da garantire un trattamento uniforme di tutto il volume del paramento murario. La pressione d'espansione controllata della resina permetterà di raggiungere anche le cavità meno accessibili ed evita rotture e deformazioni rilevanti delle murature.

Per la tipologia e l'identificazione delle aree di intervento, si rimanda agli elaborati grafici allegati.

### **Consolidamento substrato terreno**

Consolidamento del terreno di fondazione da eseguirsi sino alla profondità di m 2-3 m dal piano di lavoro allo scopo di incrementare la capacità portante di esercizio dello stesso ad un valore maggiore della tensione indotta dalla struttura soprastante.

L'intervento verrà effettuato tramite iniezioni controllate di resina in pressione che verranno eseguite sotto le fondazioni, a diversi livelli di profondità a partire dal piano di posa delle stesse in modo da garantire il miglioramento delle caratteristiche meccaniche di tutto il volume di terreno sopraindicato.

Il procedimento dovrà svolgersi in due fasi distinte e consecutive:

- **Consolidamento superficiale.** In questa prima fase verranno eseguite delle iniezioni in prossimità dell'intradosso del piano di posa della fondazione tali da garantire continuità fra struttura e terreno. Scopo di questa fase di lavorazione è il riempimento dei vuoti eventualmente presenti nel terreno e l'incremento di resistenza dello stesso a rottura per sforzi di taglio.
- **Consolidamento in profondità.** Nella seconda fase verranno eseguite delle iniezioni su più livelli di profondità (2-3 livelli). Le iniezioni, in entrambe le fasi, dovranno essere puntuali e verranno regolate attraverso il monitoraggio in continuo del grado di sollevamento della struttura soprastante mediante livello laser. Le iniezioni dovranno proseguire sino alla verifica di un segnale di inizio di sollevamento della struttura soprastante. Tale controllo in corso d'opera è condizione necessaria e sufficiente per la regolare esecuzione della lavorazione. La resina iniettata inizierà ad espandere in un tempo rapido per poter rimanere confinata nel volume di terreno interessato dall'intervento.

4 / 6

## **4 BILANCIO DEI MATERIALI DI RISULTA**

È stato effettuato il bilancio di produzione dei materiali di risulta ottenuti dalle demolizioni e smontaggi senza recupero, indicando le quantità di materiale non riutilizzabile da avviare al recupero presso centri di riciclaggio e/o in discarica.

A fine lavori dovranno essere comunicate agli enti competenti le effettive produzioni di rifiuti e le loro destinazioni, mediante fornitura dei relativi Formulari di avvenuto smaltimento.

Le principali lavorazioni di progetto da cui derivano la produzione di materiali di risulta sono rappresentate dal rifacimento di porzioni di pavimentazione e dal consolidamento strutturale fondazionale.

Nello specifico:



**1. restauro integrativo di pavimentazione in seminato "alla genovese" (P01):**

1.1\_Demolizione settoriale nei punti di intervento con preparazione di campionario e conservazione degli inerti di maggiore granulometria a cura di restauratore specializzato, per uno spessore pari a circa 10 cm:

Tot. Parziale 1.1                      0,2 X 6 mq x 0,1 m

1.2\_Demolizione settoriale della zona che ha manifestato problemi di rigonfiamento e perdita di materiale: 2 mq;

Tot. Parziale 1.2                      2 mq x 0,1 m

---

**TOTALE materiale non riutilizzabile da avviare a discarica:                      0,32 mc**

**2. rifacimento pavimentazione con nuova fornitura (P04 e parte P03)**

2.1\_Demolizione totale pavimentazioni locali igienici senza recupero, per uno spessore di circa 10 cm

Tot. Parziale 2.1                      22,9 mq x 0,1 m

2.2\_Demolizione pavimentazione corridoio verso ala est:

Tot. Parziale 2.2                      0,2 x 7.4 mq x 0,1 m

---

**TOTALE materiale non riutilizzabile da avviare a discarica:                      2.43 mc**

5 / 6

**3. rifacimento solo fascia perimetrale con nuova fornitura (P04)**

3.1\_Demolizione fascia perimetrale corridoio verso ala ovest, per uno spessore di circa 10 cm

Tot. Parziale 3.1                      8,4 mq x 0,1 m

---

**TOTALE materiale non riutilizzabile da avviare a discarica:                      0,84 mc**

**4. rifacimento solo fascia perimetrale con nuova fornitura (P05 e P06)**

4.1\_Demolizione fascia perimetrale locale su ampliamento del retro, per uno spessore di circa 10 cm

Tot. Parziale 4.1                      19,00 mq x 0,1 m

---

**TOTALE materiale non riutilizzabile da avviare a discarica:                      1.90 mc**

## 5. consolidamento strutturale fondazionale

Le lavorazioni di consolidamento verranno eseguite tramite iniezioni di resina a pressione: il procedimento prevede piccole demolizioni in prossimità dei punti di inserimento del tubo di iniezione in corrispondenza del piano di pavimento e perforazioni ad inclinazione variabile a partire dal piano di lavoro ed eventualmente attraverso le fondazioni. Tali perforazioni non dovranno avere diametro superiore a 30 mm.

Per questo motivo le modeste quantità di materiali di risulta consisteranno perlopiù in materiale incoerente derivante dalla perforazione di massetti, cls, piastrelle o altri materiali di finitura della pavimentazione, oltre a eventuale sabbia e terra.

5.1\_materiale di risulta derivante dalle perforazioni

Tot. Parziale 5.1 1,5 mc

---

**TOTALE materiale non riutilizzabile da avviare a discarica: 1,5 mc**

Si precisa che, le effettive produzioni di rifiuti e la loro reale destinazione saranno comunicate al termine dei lavori, comprovandole mediante la modulistica prevista dalle vigenti normative in materia.

## 5 MODALITA' DI GESTIONE DEI MATERIALI DI RISULTA

Nel caso in esame il materiale di risulta si configura come RIFIUTO (parte IV D.Lgs 152/2006) e pertanto dovrà essere gestito come tale.

I rifiuti dovranno essere conferiti presso appositi centri autorizzati attraverso il trasporto con idonei mezzi da parte di ditte specializzate o dall'impresa stessa previa richiesta di trasporto in conto proprio all'Albo Gestori Ambientali; risulta inoltre necessario emettere il Formulario di Identificazione per il trasporto.

Durante i lavori (per un periodo non superiore ai 3 mesi o 20 mc) è possibile individuare un'area di stoccaggio temporanea all'interno del cantiere.

In sede progettuale o all'inizio dei lavori si dovrà comunicare all'Ente competente il centro autorizzato prescelto per lo smaltimento dei rifiuti.

Carcare, 01.08.2019

Ing. Marco Zerbinati

**Comune di Genova**  
PROVINCIA DI GENOVA

**EDIFICIO SEDE MUNICIPALE SITO IN GENOVA  
PIAZZA IPPOLITO NIEVO N.1**

**INTERVENTO DI RECUPERO E CONSOLIDAMENTO FONDAZIONALE**

**PROGETTO ESECUTIVO**

**OGGETTO:** E2.4\_RELAZIONE SULLE INTERFERENZE

**COMMITTENTE:** COMUNE DI GENOVA

**PROGETTISTA:** Ing. ZERBINATI Marco  
Iscritto all'Ord. Ingg. di Savona n° 1630

**DATA:** 22.10.2019 REV. 02



**CODICE ELABORATO:** E2.4\_REL. SULLE INT. -REV 02.docx



**INDICE**

<b>1</b>	<b>INTRODUZIONE .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>ANALISI INTERFERENZE E RISOLUZIONE.....</b>	<b>3</b>



## 1 INTRODUZIONE

La presente relazione ha lo scopo di individuare le interferenze rilevate a seguito delle indagini eseguite durante i sopralluoghi effettuati all'interno dell'area di progetto, nonché a seguito dell'analisi degli elaborati strutturali originari dell'edificio.

## 2 ANALISI INTERFERENZE E RISOLUZIONE

Dalle analisi eseguite sono emerse le seguenti interferenze, gestite conseguentemente attraverso le scelte progettuali descritte:

- **Interferenze con opere esistenti:**

Dalle indagini eseguite a seguito dei sopralluoghi effettuati presso le aree oggetto d'intervento, sono state evidenziate alcune interferenze fra le opere esistenti e le opere in progetto, ed in particolare:

- La realizzazione delle opere di recupero e consolidamento delle fondazioni sono da eseguire in prossimità di locali dove potrebbero essere presenti parti di impianti tecnologici a servizio della struttura: la risoluzione di tali interferenze è da valutare durante lo svolgimento dei lavori non essendo possibile in questa fase progettuale identificare puntualmente le aree oggetto degli interventi.

Inoltre, trattandosi di interventi su edifici esistenti, qualora a seguito delle indagini condotte, non si fossero rilevate eventuali interferenze con altre opere non evidenti (travi o strutture nascoste, ecc.), si specifica che queste verranno risolte durante la fase esecutiva delle opere.

- **Interferenze con attività esistenti:**

Trattandosi di opere da eseguire all'interno di un edificio adibito ad uffici con accesso pubblico, le interferenze fra attività di adeguamento e le attività lavorative ed extra lavorative verranno risolte con il confinamento delle aree di cantiere e la scelta del periodo temporale di esecuzione delle lavorazioni.

Tutte le aree interessate dal cantiere dovranno comunque tassativamente rimanere segregate e dovranno essere apposti idonea cartellonistica di segnalazione del cantiere e di divieto d'accesso.

Al fine di ridurre la probabilità di pericolose sovrapposizioni tra attività di cantiere e le attività di gestione anche extra lavorative, sarà necessario attenersi a specifica procedura di coordinamento, mirata ad individuare preventivamente le situazioni di sovrapposizione,

anche solo potenziali, ed a coordinare le varie attività in maniera da impedire il generarsi di situazioni di pericolo da esse derivanti.

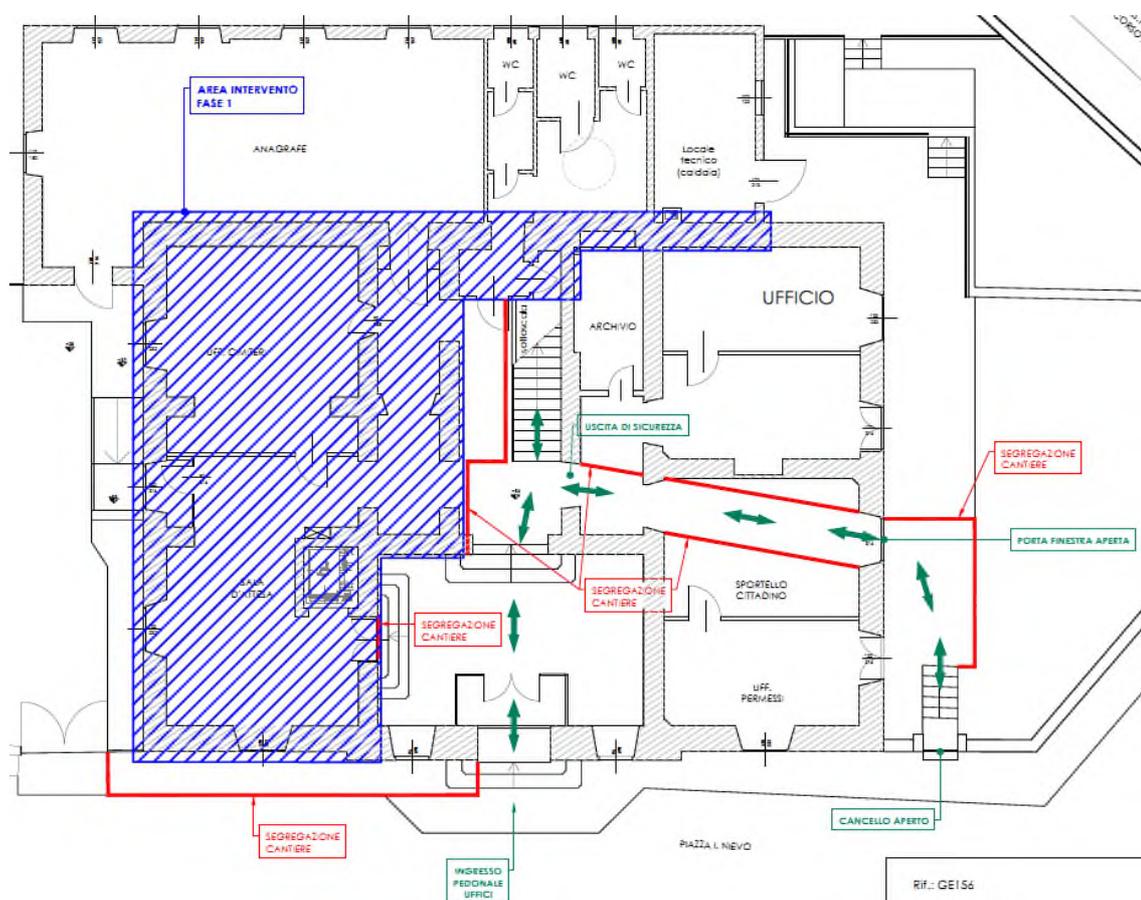
A tale scopo nel PSC (capitolo 5.1 e relativi allegati grafici) è stata condotta una segregazione sistematica al fine di ridurre le potenziali interferenze tra attività e servizio pubblico.

Le attività di consolidamento previste saranno eseguite in assenza di attività lavorative e accesso al pubblico al piano terra in quanto gli uffici verranno provvisoriamente spostati in altra sede. Ai piani superiori saranno però mantenute in essere le attività pertanto dovrà essere garantito continuamente il libero accesso ai piani superiori dell'edificio. A tal fine le attività sono state organizzate in modo da garantire costantemente un accesso diretto ed un'ulteriore uscita d'emergenza per le utenze presenti nell'edificio.

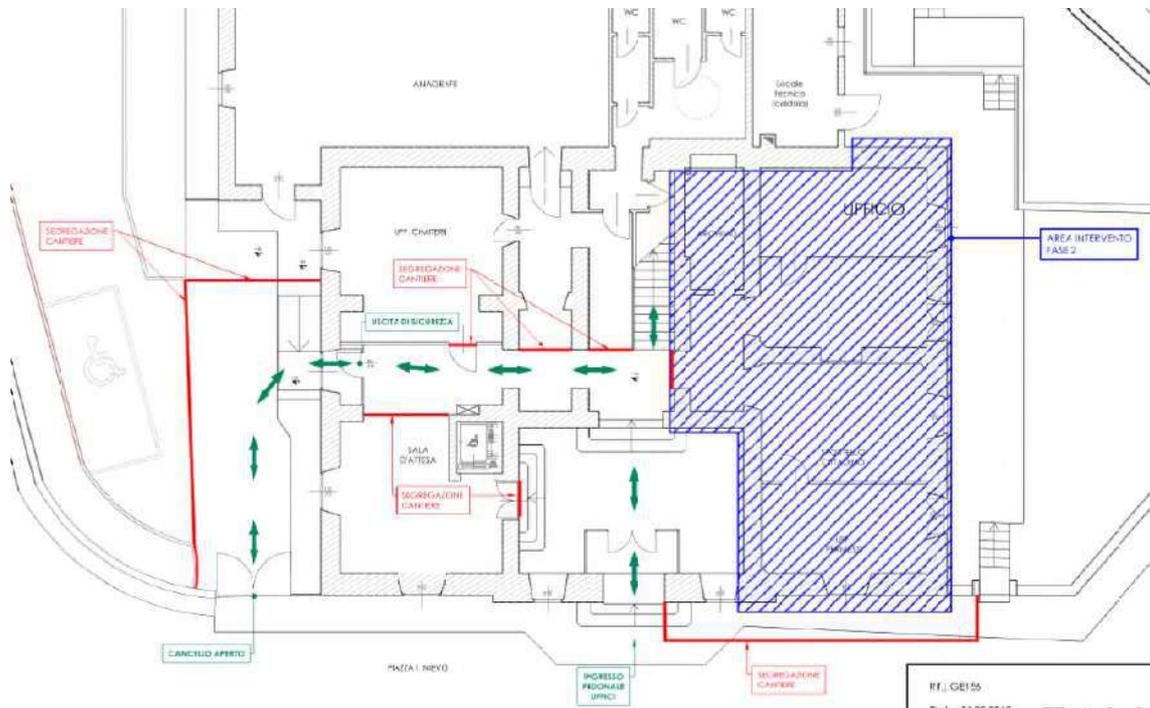
Il piano terra dell'edificio, oggetto d'intervento, verrà suddiviso in due macroaree operative: ala sinistra e ala destra.

Le attività sono state suddivise ulteriormente per fasi:

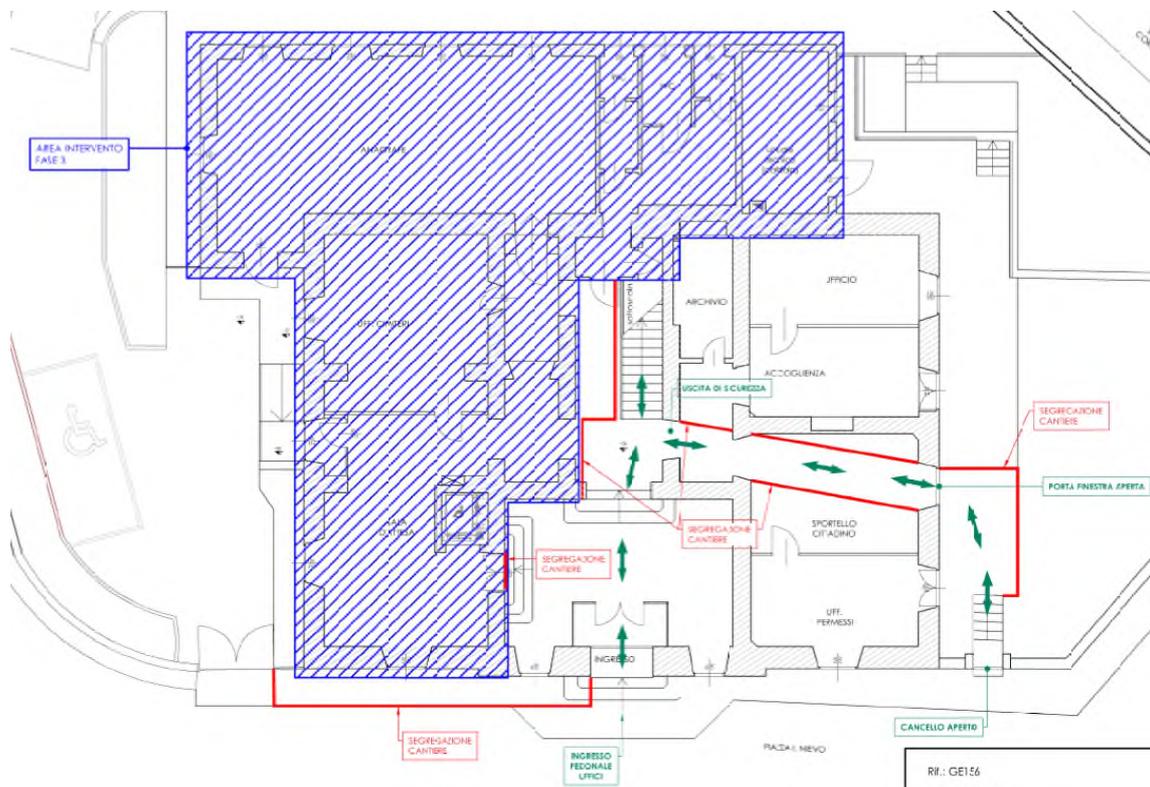
- **Fase 1: interventi di consolidamento muro fondale ala sinistra**



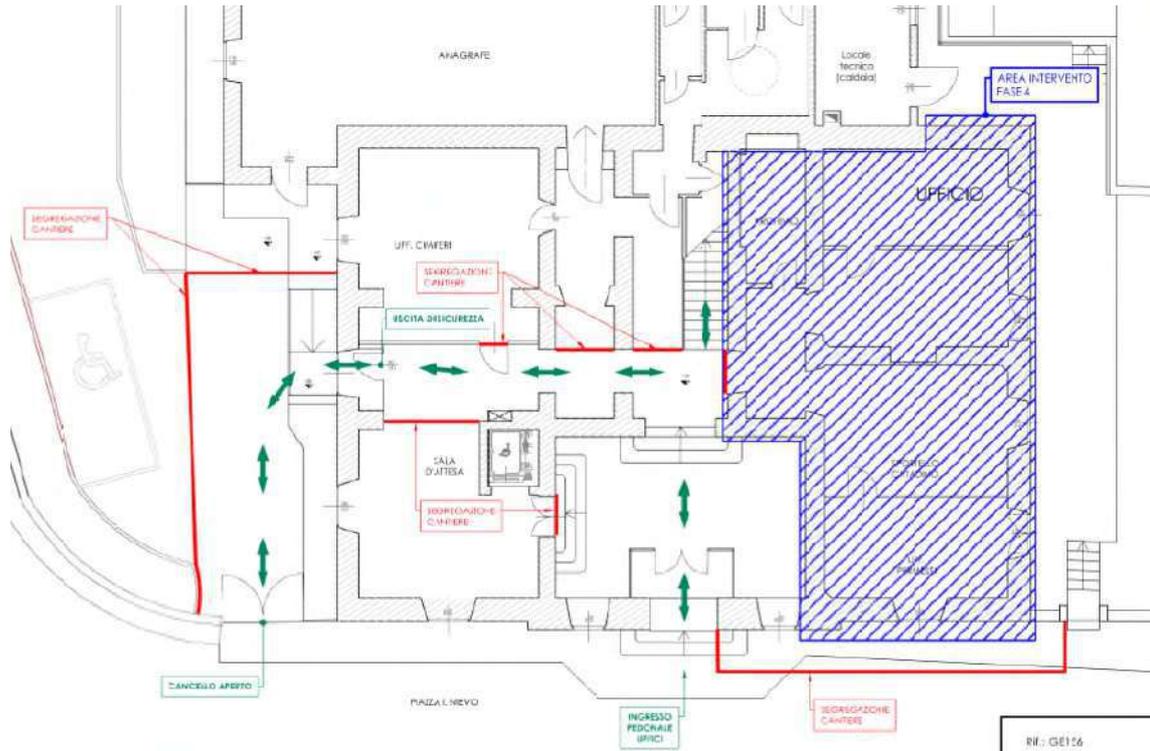
- Fase 2: interventi di consolidamento muro fondale ala destra



- Fase 3: interventi di consolidamento sedime ala sinistra



• Fase 4: interventi di consolidamento sedime ala destra



In aggiunta all'accesso principale, verrà definita un'uscita d'emergenza la cui posizione varierà in funzione della presenza delle attività. I rispettivi percorsi saranno definiti e univoci e gli sbocchi verso l'esterno (cancello lato sud e cancelletto lato est) dovranno rimanere aperti durante gli orari di servizio pubblico o presenza di personale all'interno dell'edificio comunale.

La suddivisione spaziale e temporale delle attività permette il mantenimento dell'accesso alla struttura da parte delle utenze limitandone il rischio interferenziale.

Durante ogni fase i percorsi da seguire per l'accesso saranno segregati mediante apposite pannellature e segnalati mediante apposita cartellonistica.

Carcare, 22.10.2019

Ing. Marco Zerbinati





## COMUNE DI GENOVA - GE

Edificio Comunale sito in Piazza Ippolito Nievo 1

### PROGETTO ESECUTIVO

Interventi di consolidamento strutturale

## E2.5 Relazione Architettonica Procedurale STATO delle OPERE e INTERVENTI PAVIMENTAZIONI INTERNE

Rocavignale, 22/10/2019

Arch. Loredana Fracchia



*Relazione architettonica procedurale*  
**STATO delle OPERE e interventi su PAVIMENTAZIONI INTERNE**

***Edificio Comunale sito in Piazza Ippolito Nievo 1 – GENOVA GE***  
*Progetto esecutivo interventi di consolidamento strutturale*

PAVIMENTAZIONI INTERNE

STATO delle OPERE e INTERVENTI

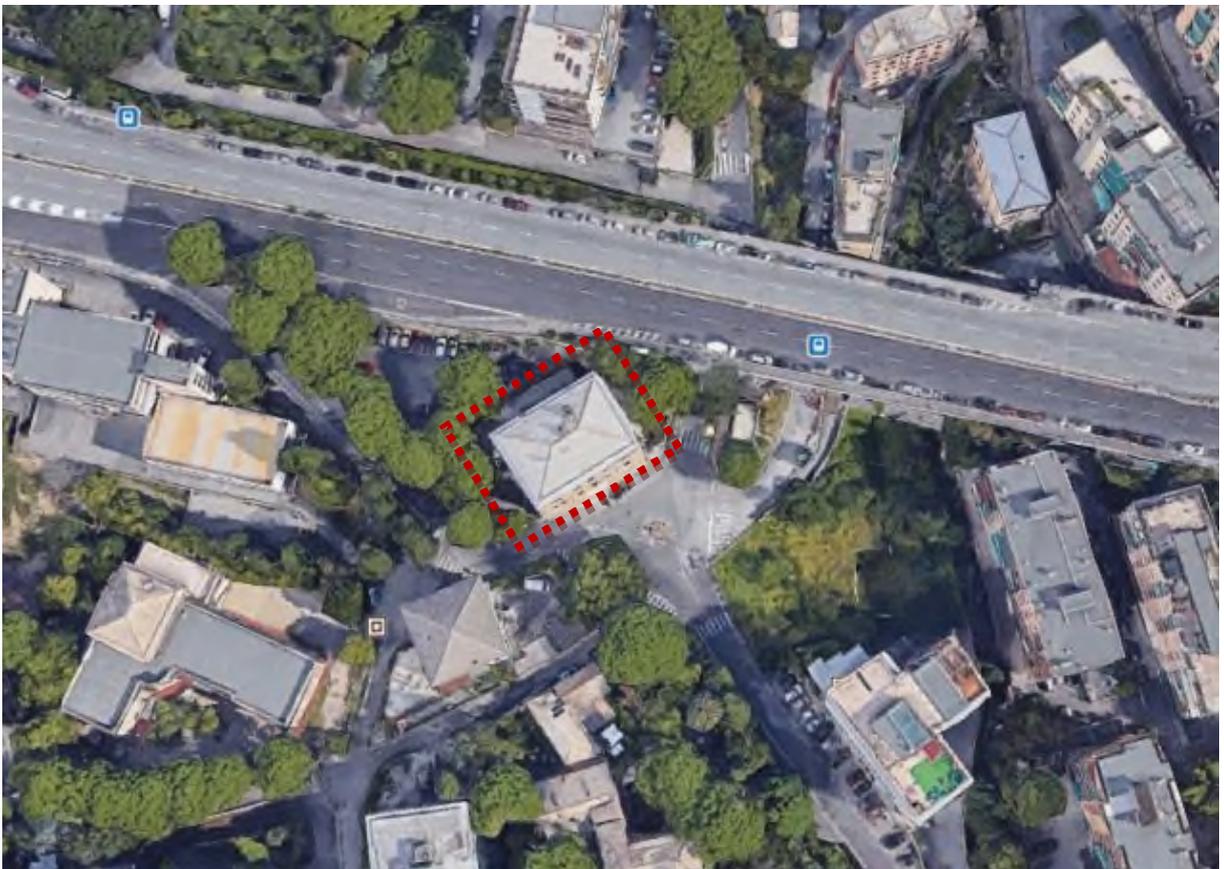
**RELAZIONE ARCHITETTONICA PROCEDURALE**

*Relazione architettonica procedurale*  
**STATO delle OPERE e interventi su PAVIMENTAZIONI INTERNE**

**Edificio Comunale sito in Piazza Ippolito Nievo 1 – GENOVA GE**  
*Progetto esecutivo interventi di consolidamento strutturale*

## PREMESSA

La sottoscritta architetto Loredana Fracchia, iscritta all'Ordine degli Architetti P.P.C. della Provincia di Savona al n. 551, con studio in Roccavignale frazione Valzemola 114, c.f. FRCLDN74H61I480G, P.IVA 01286670094, su incarico dell'ing. Marco Zerbinati, nell'ambito del progetto esecutivo per il Consolidamento strutturale dell'Edificio Comunale sito in Piazza Ippolito Nievo 1 a Genova, redige la presente relazione architettonica relativa allo stato delle opere e agli interventi previsti in riferimento alla conservazione e recupero delle pavimentazioni interne.



L'edificio risale al 1886 come sede del Municipio di Quarto al Mare fino al 1926; alla conformazione originaria corrispondono il corpo principale in muratura di pietrame, già originariamente su tre livelli, e parte delle pavimentazioni del solo piano terra. Nel 1972 viene ampliato sul retro, dapprima con un primo blocco occidentale successivamente ampliato verso est: tale ampliamento era giustificato dalla funzione di succursale della scuola alberghiera Marco Polo.

Dal 2014 è nuovamente sede di uffici comunali con la denominazione di Municipio IX-Levante.

## STATO ATTUALE

L'edificio in oggetto nasce, almeno per il corpo principale a tre piani, come progetto unitario a base neoclassica: la scatola muraria si distingue in due ali laterali e in un corpo centrale, diviso trasversalmente in un'aula unica sul fronte (ingresso) e sezionato sul retro per ospitare una scala centrale a due rampe, la cui struttura è stata modificata nel tempo con l'utilizzo del cemento armato. Ogni settore è delimitato da un maschio murario in pietrame.



*Relazione architettonica procedurale*  
**STATO delle OPERE e interventi su PAVIMENTAZIONI INTERNE**

**Edificio Comunale sito in Piazza Ippolito Nievo 1 – GENOVA GE**  
*Progetto esecutivo interventi di consolidamento strutturale*



La più antica tipologia di pavimentazione tuttora in opera si trova nella manica est e si identifica con il pavimento in seminato alla genovese tipico della fase della costruzione originaria del 1886 (P.01). Stante la posa su terra riportata, priva di aerazioni, è probabile che lo stato di deterioramento dello stesso abbia portato ad una sostituzione con materiali simili ma di fattezze più recenti negli anni del passaggio all'uso di succursale scolastica.

Coevo al seminato genovese è il pavimento in marmo di Carrara (P.02) che si trova nella zona centrale dell'edificio originario, ingresso e vano scala, anch'esso sottoposto a usura nel tempo che ne ha richiesto parziale sostituzione e copertura. In marmo sono anche i gradini della scalinata esterna, alzate e pedate delle due rampe interne all'ingresso, ed il rivestimento murale in lastre verticali dello stesso.

Sono tutte posteriori alla fase degli anni '70:

- le marmette in grana rosa (P.03), che contraddistinguono la manica ovest del piano terra (e la totalità degli spazi a ufficio dei piani superiori), oltre ad un piccolo corridoio all'interno della manica est;
- le piastrelle (klinker) sovrapposte al pavimento deteriorato in marmo (P.04) nella zona del corridoio adiacente al vano scala e nei servizi igienici;
- il gres porcellanato utilizzato in due successive forniture (P.05 e P.06) nell'ampliamento sito sul retro.

*Relazione architettonica procedurale*  
**STATO delle OPERE e interventi su PAVIMENTAZIONI INTERNE**

**Edificio Comunale sito in Piazza Ippolito Nievo 1 – GENOVA GE**  
*Progetto esecutivo interventi di consolidamento strutturale*

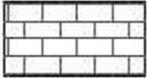
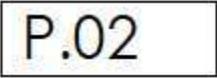
		
Tipologia	Pavimentazione in seminato “alla genovese”	
Dimensioni	Campo continuo	
Colore	Rosa Nero Bianco	
Consistenza	78.2 mq	

La pavimentazione a seminato, “alla veneziana” o “alla genovese”, di antica tradizione, viene posata su una base unica con frammenti di marmo (o anche coccio e vetro) legati da un impasto di malta e/o cocciopesto, con o senza decori. La colorazione finale dipende dall’impasto e dalle cromie dei frammenti utilizzati. La stesura ad unica campitura rende possibili i ripristini puntuali, se eseguiti da personale altamente specializzato, in quanto sempre replicabile, purché supporto e inerti siano adeguatamente indagati.

La posa su terreno di riporto senza sistemi di aerazione, sebbene consueta per l’epoca di realizzazione, rappresenta la prima delle cause di degrado della superficie di calpestio, che è spesso una membrana continua, fragile e sottile, sottoposta a tensioni di dilatazione e rigonfiamenti per il passaggio all’esterno dei sali contenuti nel terreno.

*Relazione architettonica procedurale*  
**STATO delle OPERE e interventi su PAVIMENTAZIONI INTERNE**

**Edificio Comunale sito in Piazza Ippolito Nievo 1 – GENOVA GE**  
*Progetto esecutivo interventi di consolidamento strutturale*

		
Tipologia	Pavimento in marmo	
Dimensioni	20x40	
Colore	Bianco con venature grigie	
Consistenza	50.0 mq	

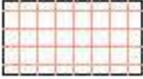
L'utilizzo del marmo per il rivestimento di pavimenti e pareti ha tradizione antica, ritrovata in fasi di rinnovo sociale e economico. Il taglio industriale del pavimento induce ad una datazione leggermente successiva alla prima costruzione dell'edificio.

Originari appaiono i gradini della rampa esterna, in monoliti di marmo bianco di Carrara. Il primo gradino è stato inglobato nel rifacimento dei marciapiedi esterni.



*Relazione architettonica procedurale*  
**STATO delle OPERE e interventi su PAVIMENTAZIONI INTERNE**

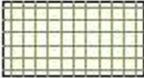
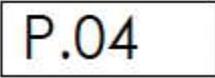
**Edificio Comunale sito in Piazza Ippolito Nievo 1 – GENOVA GE**  
*Progetto esecutivo interventi di consolidamento strutturale*

 <span style="border: 1px solid black; padding: 2px 10px;">P.03</span> 	
Tipologia	Pavimento in marmette
Dimensioni	30x30
Colore	Rosa Giallo Bianco
Consistenza	81.0 mq (PT)

Evoluzione industriale sia dei pavimenti in marmo che del seminato alla genovese, nate alla fine dell'800 in concomitanza con l'avanzata del cemento nell'edilizia comune, le marmette sono un prodotto di riciclo ante litteram in quanto composte da schegge derivate dalla frantumazione di marmi di origine diversa in un fondo cementizio, allestito in formati 20x20 nelle soluzioni più antiche e progressivamente in formati maggiori dagli anni '50.

*Relazione architettonica procedurale*  
**STATO delle OPERE e interventi su PAVIMENTAZIONI INTERNE**

**Edificio Comunale sito in Piazza Ippolito Nievo 1 – GENOVA GE**  
*Progetto esecutivo interventi di consolidamento strutturale*

		
Tipologia	Pavimento in klinker	
Dimensioni	20x20	
Colore	Sabbia / Grigio	
Consistenza	43.5 mq	

Creato con la miscelazione di acqua e di argille come la caolinite e l'illite, il klinker è uno dei prodotti ceramici per pavimenti più solidi e resistenti, oltre che economici, utilizzato soprattutto negli anni '70 per spazi di percorrenza pubblica ad alta usura e antiscivolo. L'impasto viene prima depositato in silos per la stagionatura e poi viene sagomato in impianti di trafilatura, per ricavarne piastrelle o mattoni con spessori da 9 a 25 millimetri da sottoporre a lunga cottura alla temperatura di 1250 gradi.

Nel caso in oggetto è stato sfruttato per pavimentare i bagni, con colorazioni miste chiara e grigia, in parte della zona dell'ampliamento successivo al 1972 e in parte in inserto sulla congiunzione con il pavimento in marmo. Inoltre in presunta sovrapposizione (con rampette di accesso in colorazione grigia) presumibilmente sempre al pavimento in marmo è stato utilizzato per il corridoio di comunicazione a sinistra del vano scala.

*Relazione architettonica procedurale*  
**STATO delle OPERE e interventi su PAVIMENTAZIONI INTERNE**

**Edificio Comunale sito in Piazza Ippolito Nievo 1 – GENOVA GE**  
*Progetto esecutivo interventi di consolidamento strutturale*

		
		
Tipologia	Pavimentazioni in gres porcellanato	
Dimensioni	30x30	
Colore	Sabbia	
Consistenza	71.2 mq	

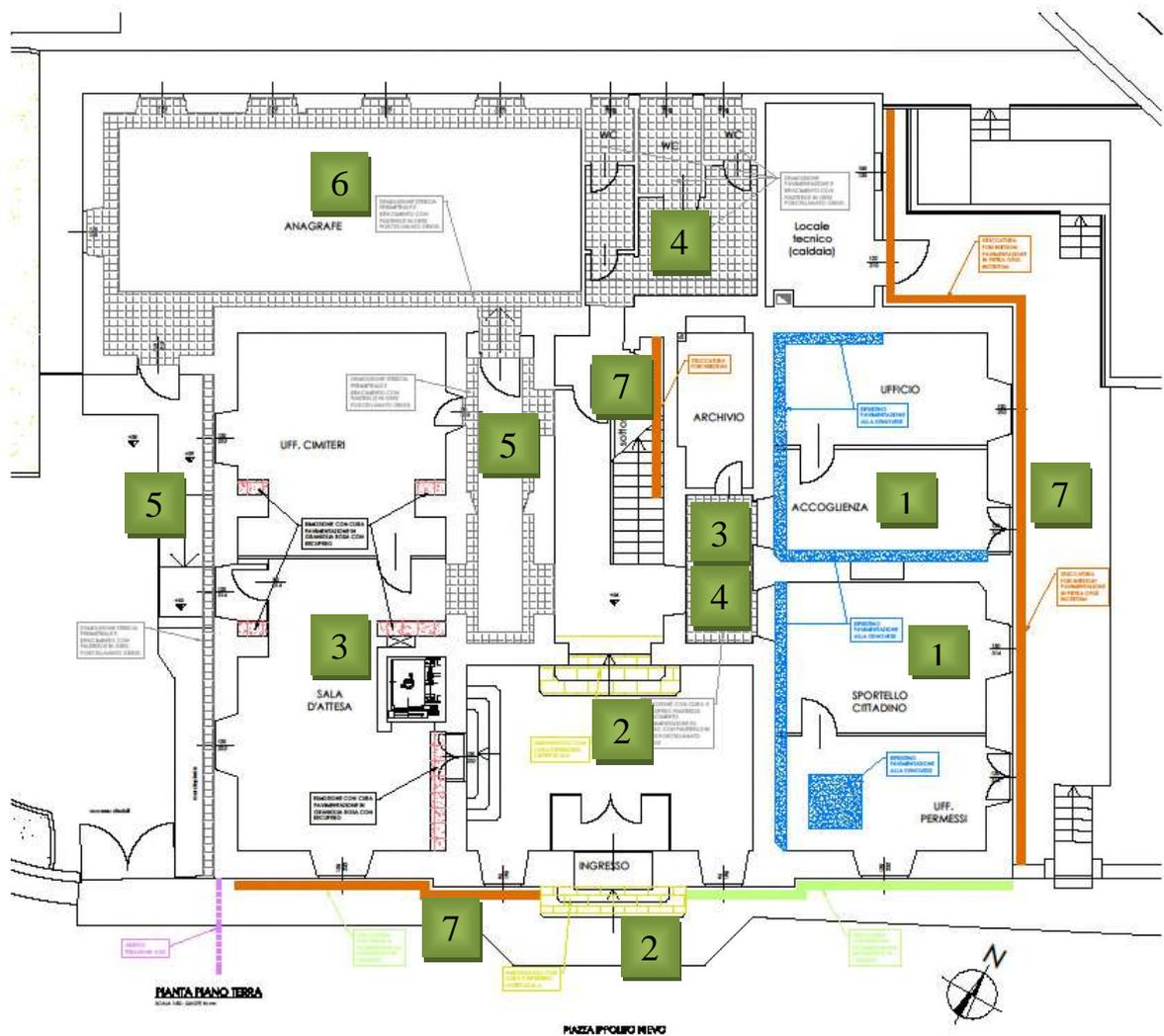
il settore delle piastrelle in ceramica ha visto la nascita e l'affermazione prima della bicottura e poi della monocottura. Fin dagli anni '50 piastrelle non smaltate a ridottissima porosità venivano prodotte usando giacimenti di argille rosse e chiamate gres, ma è dalla fine degli anni '70 che si può parlare di nascita della produzione industriale di grés porcellanato e l'Italia ne è protagonista con il distretto di Sassuolo.

Il gres porcellanato, solitamente disponibile sotto forma di piastrelle, si ottiene da argille ceramiche, sabbia e altri materiali naturali che vengono macinati molto finemente prima di essere pressati e cotti a temperature comprese tra i 1150 ed i 1250 °C. Nella sua progressiva evoluzione soddisfa requisiti sempre maggiori in spessori sempre più contenuti e tipologie cromatiche e tattili di variegata natura.

## INTERVENTI

Le operazioni di consolidamento murario fondazionale e del terreno di sedime in progetto richiedono l'espletamento di una serie di trivellazioni perimetrali ad elevata profondità e di circoscritta area di intervento superficiale che inevitabilmente necessitano di puntuali procedure di smantellamento delle pavimentazioni esistenti.

Previa dettagliata analisi delle tipologie esistenti e individuazione delle scelte progettuali, si sono definite le seguenti operazioni.



#### 1 – RESTAURO INTEGRATIVO PAVIMENTAZIONE in SEMINATO “alla genovese” (P.01)

Demolizione settoriale nei punti di intervento con preparazione di campionario e conservazione degli inerti di maggiore granulometria a cura di restauratore specializzato: 6 mq;

Demolizione settoriale della zona che ha manifestato problemi di rigonfiamento e perdita di materiale: 2 mq;

Reintegro puntuale delle zone demolite ad avvenuto intervento di consolidamento fondazionale con miscela in granulato di marmo mm 6 /12 in legante di calce naturale idraulica: 8 mq;

Levigatura finale dell'intera pavimentazione: 78.2 mq.

L'intervento andrà svolto da personale a dimostrata esperienza nel settore del restauro delle superfici decorate e corredato di analisi dei materiali e schede tecniche dei leganti utilizzati.

#### 2 – SMONTAGGIO e RIMONTAGGIO LASTRE in MARMO (P.02)

Rimozione con recupero per successivo rimontaggio di 4 pedate e 4 alzate di gradini in marmo addossati a muro perimetrale.

L'intervento dovrà evitare rotture e manomissioni delle lastre e risarciture di lesioni esistenti prima della posa finale.

#### 3 – RIMOZIONE con RECUPERO MARMETTE (P.03)

Rimozione attenta con recupero delle marmette posate sul corridoio verso ala est: 7.4 mq;

Rimozione attenta con recupero di alcuni settori delle marmette posate nell'ala ovest: 6.8 mq;

Accatastamento in zona protetta delle piastrelle e dei tagli in buono stato;

Posa in opera dopo l'intervento di consolidamento fondazionale delle sole marmette dell'ala ovest: 6.8 mq.

#### 4 – RIFACIMENTO PAVIMENTAZIONE con nuova FORNITURA (P.04 e parte P.03)

Demolizione totale pavimentazioni locali igienici senza recupero: 22.9 mq;

Rifacimento pavimentazioni locali igienici con fornitura di piastrelle in gres porcellanato antiscivolo colorazione grigio uniforme dimensioni 20x20: 22.9 mq;

Rifacimento pavimentazione corridoio verso ala est in piastrelle di gres porcellanato colorazione grigio uniforme dimensioni 20x20: 7.4 mq.

*Relazione architettonica procedurale*  
**STATO delle OPERE e interventi su PAVIMENTAZIONI INTERNE**

**Edificio Comunale sito in Piazza Ippolito Nievo 1 – GENOVA GE**  
*Progetto esecutivo interventi di consolidamento strutturale*

**5 – RIFACIMENTO solo FASCIA PERIMETRALE con nuova FORNITURA (P.04)**

Demolizione fascia perimetrale corridoio verso ala ovest: 8.4 mq;  
Rifacimento pavimentazione fascia perimetrale corridoio verso ala ovest in piastrelle di gres porcellanato antiscivolo colorazione grigio uniforme dimensioni 20x20: 8.4 mq.

Interventi all'esterno del prospetto ovest, con demolizione e rifacimento fascia perimetrale in piastrelle di gres porcellanato antiscivolo colorazione grigio uniforme dimensioni 20x20: 4.0 mq.

**6 – RIFACIMENTO solo FASCIA PERIMETRALE con nuova FORNITURA (P.05 e P.06)**

Demolizione fascia perimetrale camera su ampliamento del retro: 19.0 mq;  
Rifacimento pavimentazione fascia perimetrale camera ampliamento retro in piastrelle di gres porcellanato colorazione grigio uniforme dimensioni 30x30: 19.0 mq.

**7– STUCCATURE di RIPRISTINO**

Stuccature finali di rimessa in ordine delle pavimentazioni nei seguenti casi:

intervento sottoscala su pavimento in marmo;  
interventi esterni con pavimentazione in opus incertum;  
interventi esterni con pavimentazione marciapiedi in piastrelle di cemento.

Roccapignale 08/06/2019



**arch. Loredana Fracchia**

*progettazione grafica DL sicurezza certificazioni*

studio: frazione Valzemola 114  
17017 ROCCAVIGNALE (SV)  
residenza: via Paolo Moretto 15  
17017 ROCCAVIGNALE (SV)

portatile 3336180592  
lofracc@tin.it lofracc@gmail.com  
loredana.fracchia@archiworldpec.it  
FRCLDN74H61I480G - 01286670094

**Comune di Genova**  
PROVINCIA DI GENOVA

**EDIFICIO SEDE MUNICIPALE SITO IN GENOVA  
PIAZZA IPPOLITO NIEVO N.1**

**INTERVENTO DI RECUPERO E CONSOLIDAMENTO FONDAZIONALE**

**PROGETTO ESECUTIVO**

**OGGETTO:** E3.1\_COROGRAFIA GENERALE

**COMMITTENTE:** Comune di Genova

**PROGETTISTA:** Ing. ZERBINATI Marco  
Iscritta all'Ord. Ingg. di Savona n° 1630

**DATA:** 01.08.2019 REV. 00

**CODICE ELABORATO:** E3.1\_COROGRAFIA GENERALE



**PERSICO e ZERBINATI INGEGNERI**  
studio associato

Via del Collegio 26/7 - 17043 CARCARE (SV)  
Tel. 019 5142225 - Fax: 019 2043957  
e-mail: info@persicozerbinati.it  
p.i.: 01585080094

## 1 INQUADRAMENTO DELL'EDIFICIO

L'immobile in oggetto attualmente è sede degli uffici comunali con la denominazione di Municipio IX-Levante ed è sito in Piazza Ippolito Nievo civ.1, censito nel Comune di Genova al N.C.E.U. al Fg.6 mappale 295.

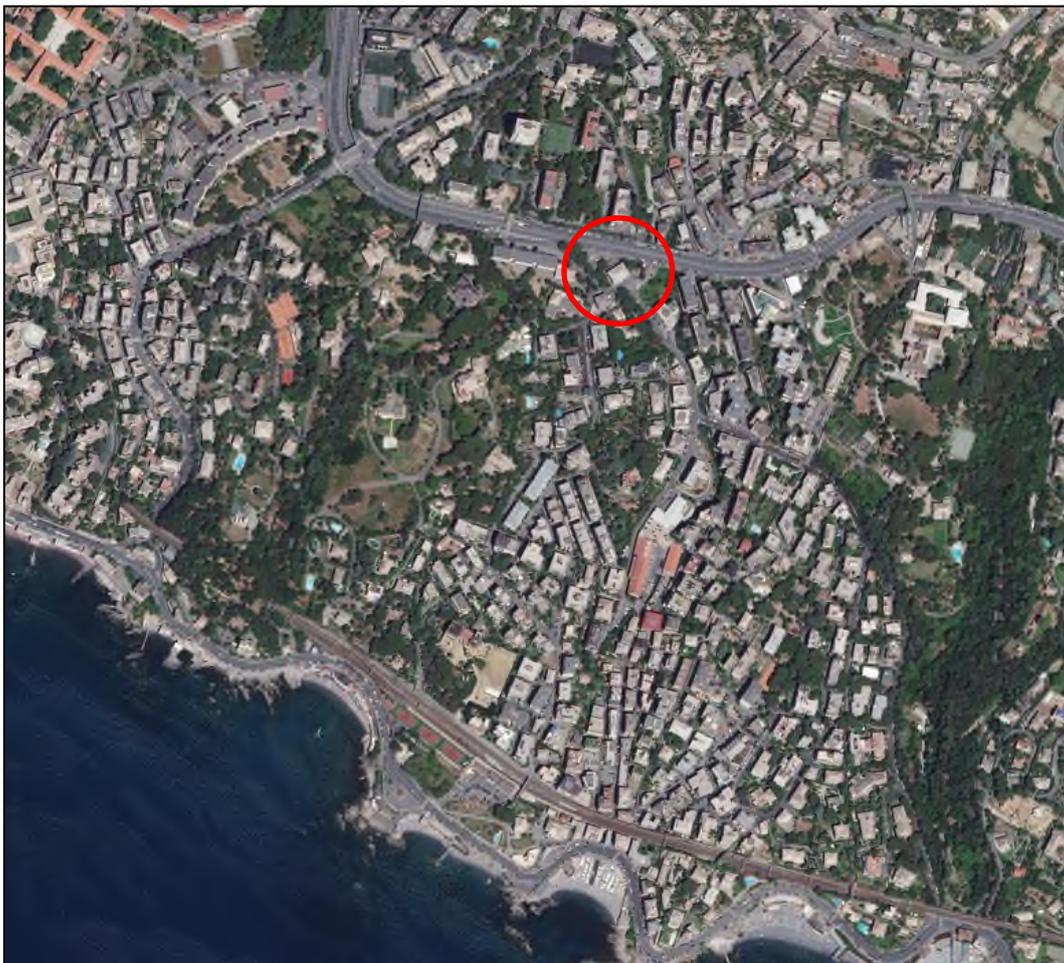


VISTA DA PIAZZA I.NIEVO

2 / 5



VISTA DA CORSO EUROPA



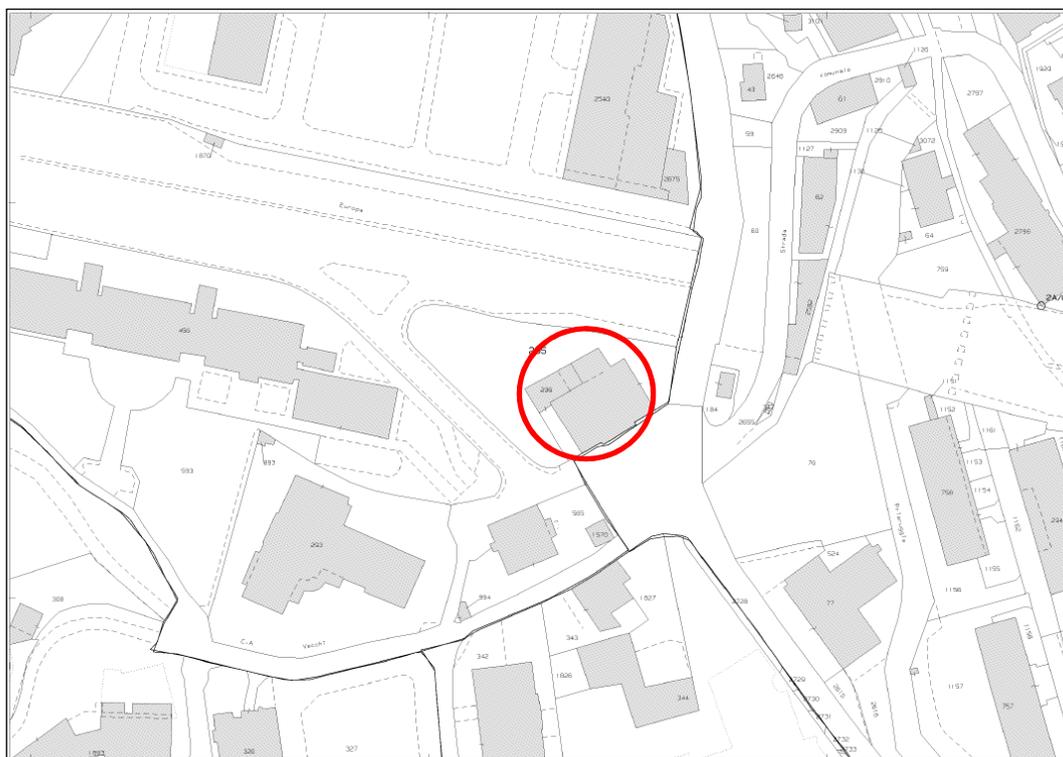
COMUNE DI GENOVA – VISTA AEREA GENERALE



COMUNE DI GENOVA – VISTA AEREA DI DETTAGLIO



COMUNE DI GENOVA – STRALCIO C.T.R.

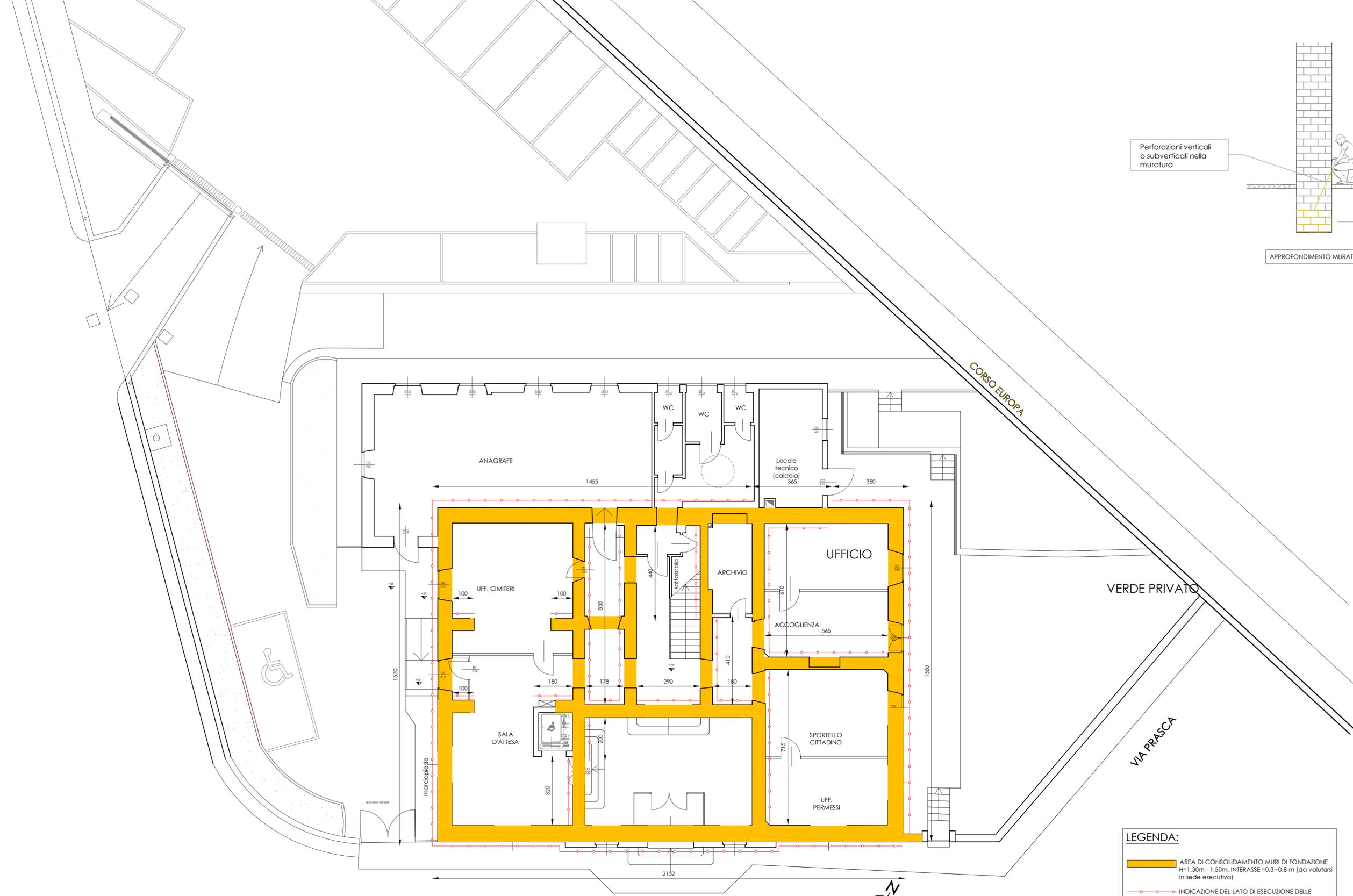


COMUNE DI GENOVA – STRALCIO PLANIMETRIA CATASTALE: FG. 6 - Mapp.295

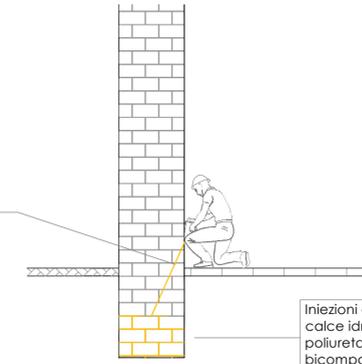
Carcare, 01.08.2019

Ing. Marco Zerbinati

A circular professional stamp for Marco Zerbinati, an engineer in the Province of Savona, registration number 1630. The stamp contains the text: 'ING. Marco ZERBINATI', 'ORD. Ingegneri della Prov. di Savona', and 'N° 1630'. A blue ink signature is written across the stamp.



Perforazioni verticali o subverticali nella muratura



APPROFONDIMENTO MURATURA

Iniezioni di boiaccia a base di calce idraulica o resina poliuretanica espandente bicomponente. Interasse iniezioni circa 0,30+0,80 m. Da valutarsi in sede esecutiva.

Rev.:	Data	Descrizione	Disegnatore:
0	01.08.2019	EMISSIONE	Marco Zerbinati
1	15.10.2019	INSERIMENTO QUOTE DI DETTAGLIO	Marco Zerbinati
2	22.10.2019	INSERIMENTO INTERASSE	Marco Zerbinati

**Comune di Genova**  
PROVINCIA DI GENOVA

**PROGETTO: EDIFICIO SEDE MUNICIPALE SITO IN GENOVA  
PIAZZA IPPOLITO NIEVO N.1**

**INTERVENTO DI RECUPERO E CONSOLIDAMENTO  
FONDAZIONALE - PROGETTO ESECUTIVO**

**OGGETTO: E3.2 - PIANTA PIANO TERRA - CONSOLIDAMENTO MURI DI FONDAZIONE**

**COMMITENTE: COMUNE DI GENOVA**

**PROGETTISTA: Ing. ZERBINATI Marco**  
Iscritto Ord. Ingg. di Savona n°1630



**COD. ELABORATO:**  
GE156 C L 001 E 02

**DATA:**  
22.10.2019

**SCALA:**  
VARIE

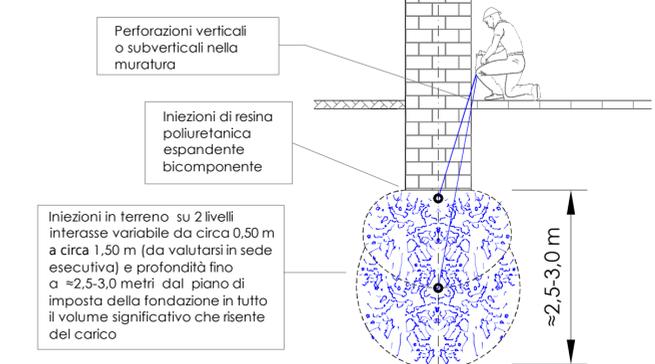
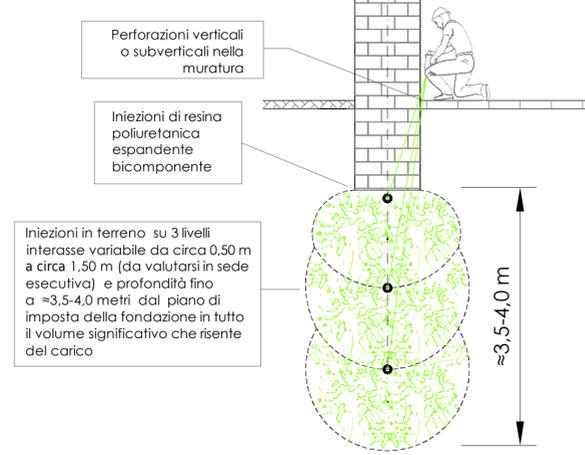
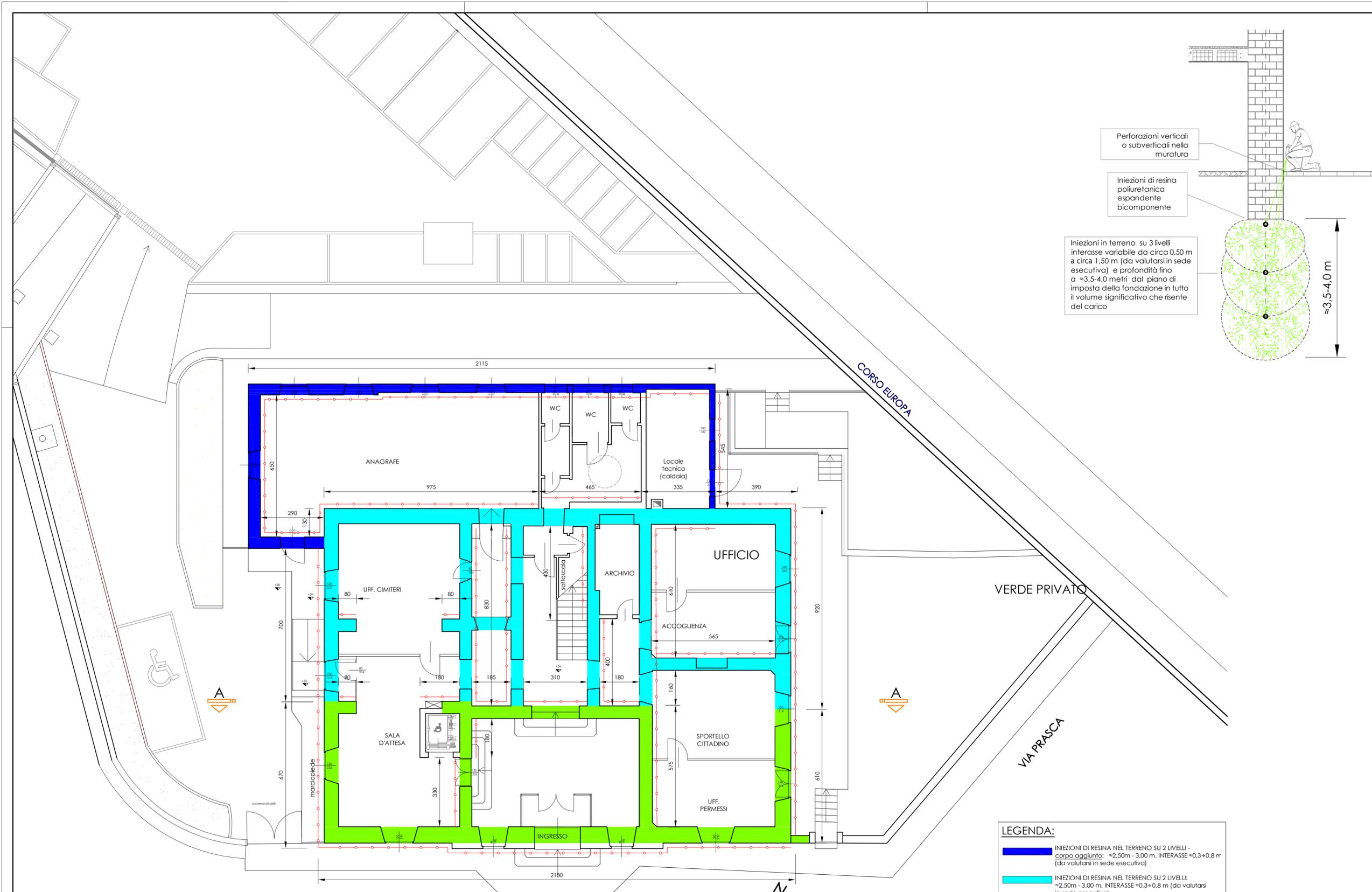
**TAVOLA:**  
**01**

**LEGENDA:**

- AREA DI CONSOLIDAMENTO MURI DI FONDAZIONE  
H=1,30m - 1,50m. INTERASSE=0,3+0,8 m (da valutarsi in sede esecutiva)
- INDICAZIONE DEL LATO DI ESECUZIONE DELLE INIEZIONI

**PIANTA PIANO TERRA - CONSOLIDAMENTO MURI DI FONDAZIONE**  
SCALA 1:100 - QUOTE IN cm

PIAZZA IPPOLITO NIEVO



**LEGENDA:**

- █ INIEZIONI DI RESINA NEL TERRENO SU 2 LIVELLI - corpo aggiunto:  $\approx 2,50\text{m} - 3,00\text{m}$ , INTERASSE  $\approx 0,3+0,8\text{m}$  (da valutarsi in sede esecutiva)
- █ INIEZIONI DI RESINA NEL TERRENO SU 2 LIVELLI:  $\approx 2,50\text{m} - 3,00\text{m}$ , INTERASSE  $\approx 0,3+0,8\text{m}$  (da valutarsi in sede esecutiva)
- █ INIEZIONI DI RESINA NEL TERRENO SU 3 LIVELLI:  $\approx 3,50\text{m} - 4,00\text{m}$ , INTERASSE  $\approx 0,3+0,8\text{m}$  (da valutarsi in sede esecutiva)
- INDICAZIONE DEL LATO DI ESECUZIONE DELLE INIEZIONI

PIANTA PIANO TERRA - CONSOLIDAMENTO TERRENO FONDAZIONALE  
 SCALA 1:100 - QUOTE IN cm

Rev.:	Data	Descrizione	Disegnatore:
0	01.08.2019	EMISIONE	Marco Zerbinati
1	15.10.2019	INSERIMENTO QUOTE DI DETTAGLIO	Marco Zerbinati
2	22.10.2019	INSERIMENTO INTERASSE	Marco Zerbinati

**Comune di Genova**  
 PROVINCIA DI GENOVA

**PROGETTO: EDIFICIO SEDE MUNICIPALE SITO IN GENOVA  
 PIAZZA IPPOLITO NIEVO N.1**

**INTERVENTO DI RECUPERO E CONSOLIDAMENTO FONDAZIONALE - PROGETTO ESECUTIVO**

**OGGETTO: E3.3 - PIANTE PIANO TERRA - CONSOLIDAMENTO SEDIME FONDAZIONALE**

**COMMITENTE: COMUNE DI GENOVA**

**PROGETTISTA: Ing. ZERBINATI Marco**  
 Iscritto Ord. Ingg. di Savona n°1630

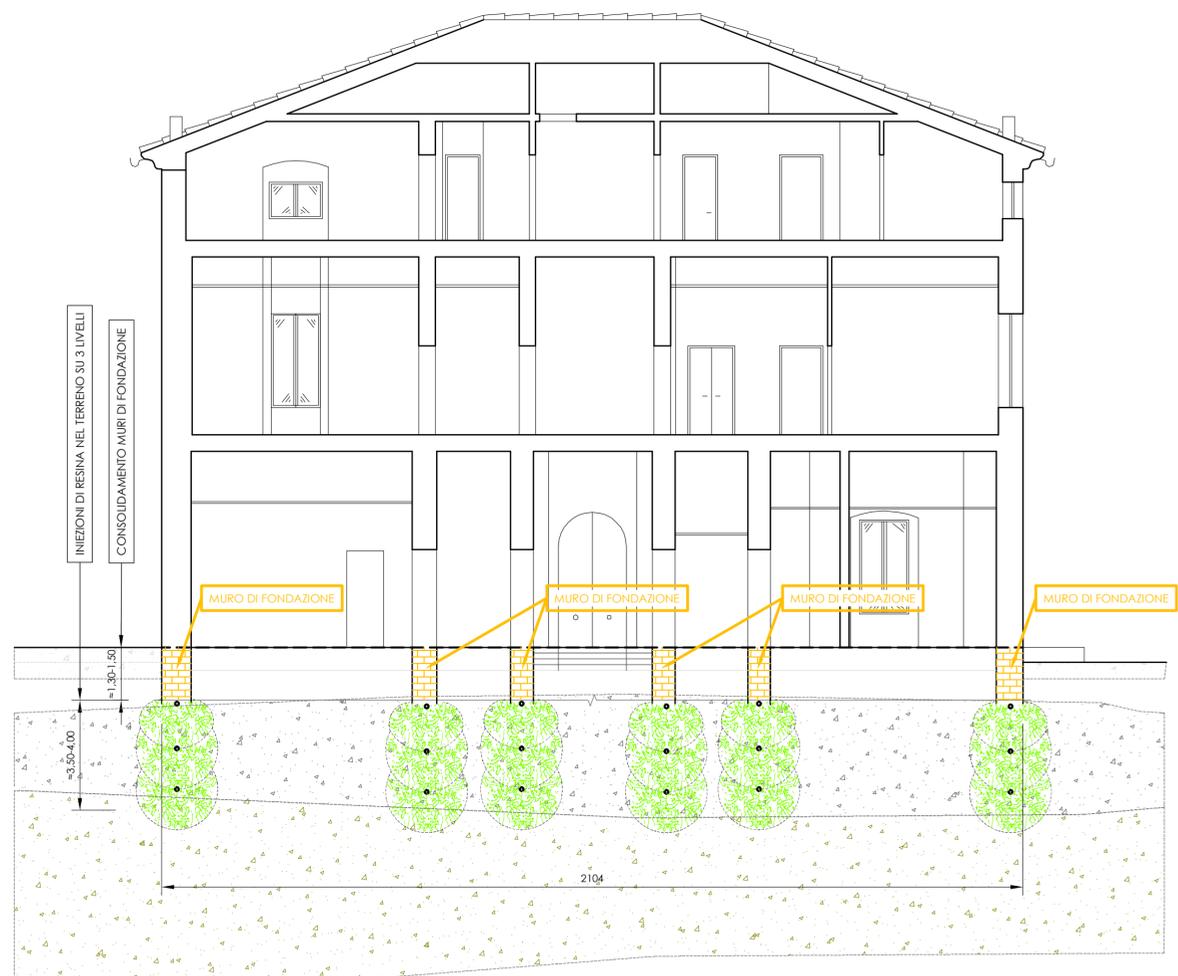
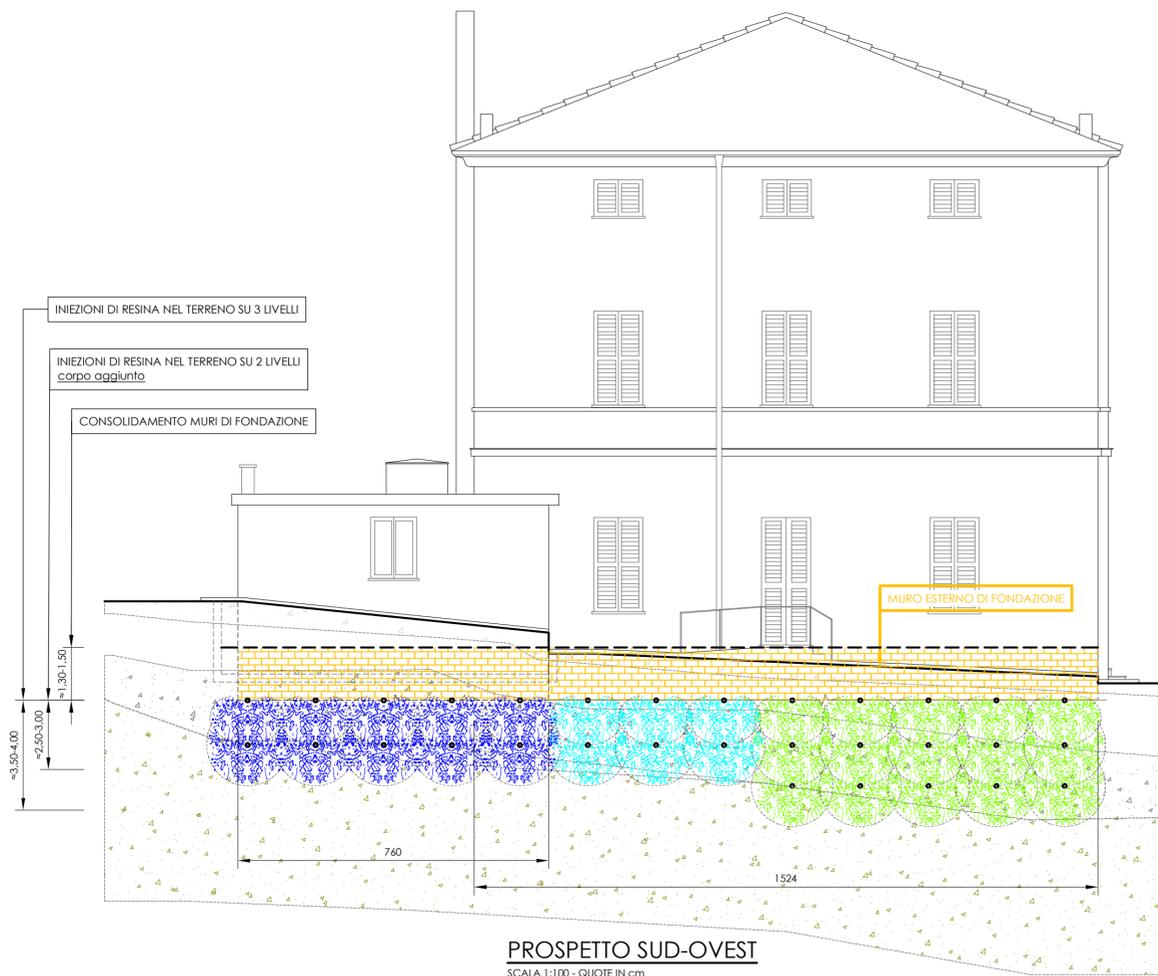
<b>COD. ELABORATO:</b> GE156 C L 002 E 02	<b>DATA:</b> 22.10.2019	<b>TAVOLA:</b> <b>02</b>
	<b>SCALA:</b> VARIE	

**PERSICO e ZERBINATI INGEGNERI**  
 studio associato

Via del Collegio n. 26/7  
 17043 Carcare (SV)  
 tel. 019 5142225  
 fax. 019 2043957  
 e-mail: info@persicozerbinati.it  
 p.i.va. 01585080094

**LEGENDA:**

-  CONSOLIDAMENTO MURI DI FONDAZIONE  
H=1,30m - 1,50m. INTERASSE=0,3+0,8 m (da valutarsi in sede esecutiva).
-  INIEZIONI DI RESINA NEL TERRENO SU 2 LIVELLI -  
corpo aggiunto: =2,50m - 3,00 m. INTERASSE =0,3+0,8 m  
(da valutarsi in sede esecutiva)
-  INIEZIONI DI RESINA NEL TERRENO SU 2 LIVELLI:  
=2,50m - 3,00 m. INTERASSE =0,3+0,8 m (da valutarsi  
in sede esecutiva)
-  INIEZIONI DI RESINA NEL TERRENO SU 3 LIVELLI:  
=3,50m - 4,00 m. INTERASSE =0,3+0,8 m (da valutarsi  
in sede esecutiva)



	ORIZZONTE R
	ORIZZONTE A
	ORIZZONTE B
	SUBSTRATO ROCCIOSO "Argille di Ortovero"

Rev.:	Data	Descrizione	Disegnatore:
0	01.08.2019	EMMISSIONE	Marco Zerbinati
1	15.10.2019	INSERIMENTO QUOTE DI DETTAGLIO	Marco Zerbinati
2	22.10.2019	INSERIMENTO INTERASSE	Marco Zerbinati

**Comune di Genova**  
PROVINCIA DI GENOVA

**PROGETTO:** EDIFICIO SEDE MUNICIPALE SITO IN GENOVA  
PIAZZA IPPOLITO NIEVO N.1

**INTERVENTO DI RECUPERO E CONSOLIDAMENTO  
FONDAZIONALE - PROGETTO ESECUTIVO**

**OGGETTO:** E3.4 - SEZIONI GENERALI CON INTERVENTI DI CONSOLIDAMENTO FONDAZIONALE

**COMMITENTE:** COMUNE DI GENOVA

**PROGETTISTA:** Ing. ZERBINATI Marco  
Iscritto Ord. Ingg. di Savona n°1630

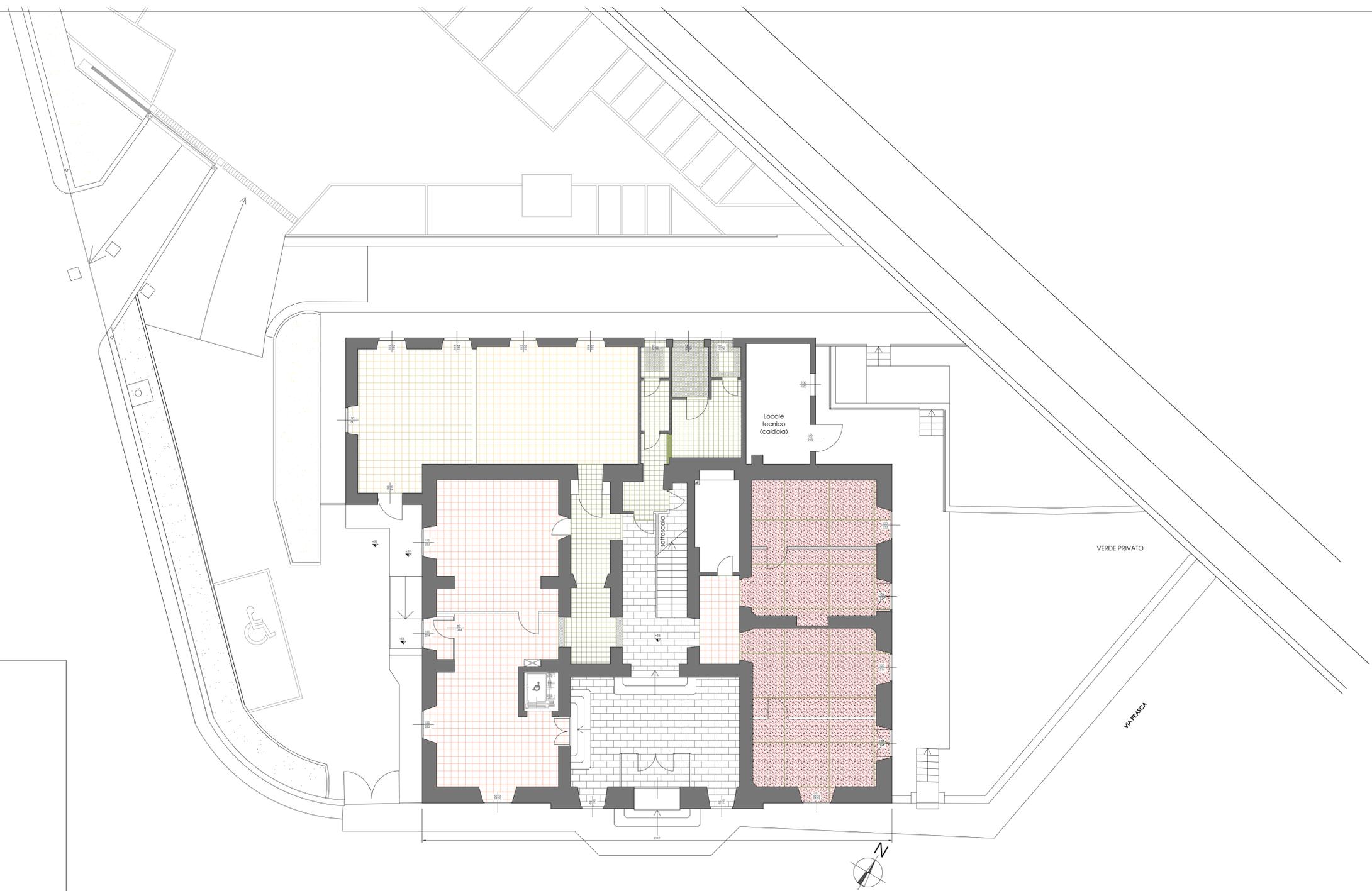


**COD. ELABORATO:**  
GE156 C L 003 E 02

**DATA:**  
22.10.2019

**SCALA:**  
VARIE

**TAVOLA:**  
**03**



COMUNE DI GENOVA - GE

Edificio Comunale sito in Piazza Ippolito Nievo 1

PROGETTO ESECUTIVO  
Interventi di consolidamento strutturale

E3.5 Elaborato grafico  
STATO delle OPERE PAVIMENTAZIONI INTERNE

scala 1:100

Arch. Loredana Fracchia



Roccavignale, 22/10/2019



P.01



P.02



P.03



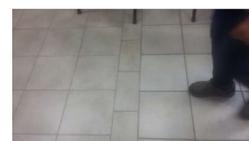
P.04



P.05



P.06





COMUNE DI GENOVA - GE

Edificio Comunale sito in Piazza Ippolito Nievo 1

PROGETTO ESECUTIVO  
Interventi di consolidamento strutturale

E3.6 Elaborato grafico  
INTERVENTI PAVIMENTAZIONI INTERNE

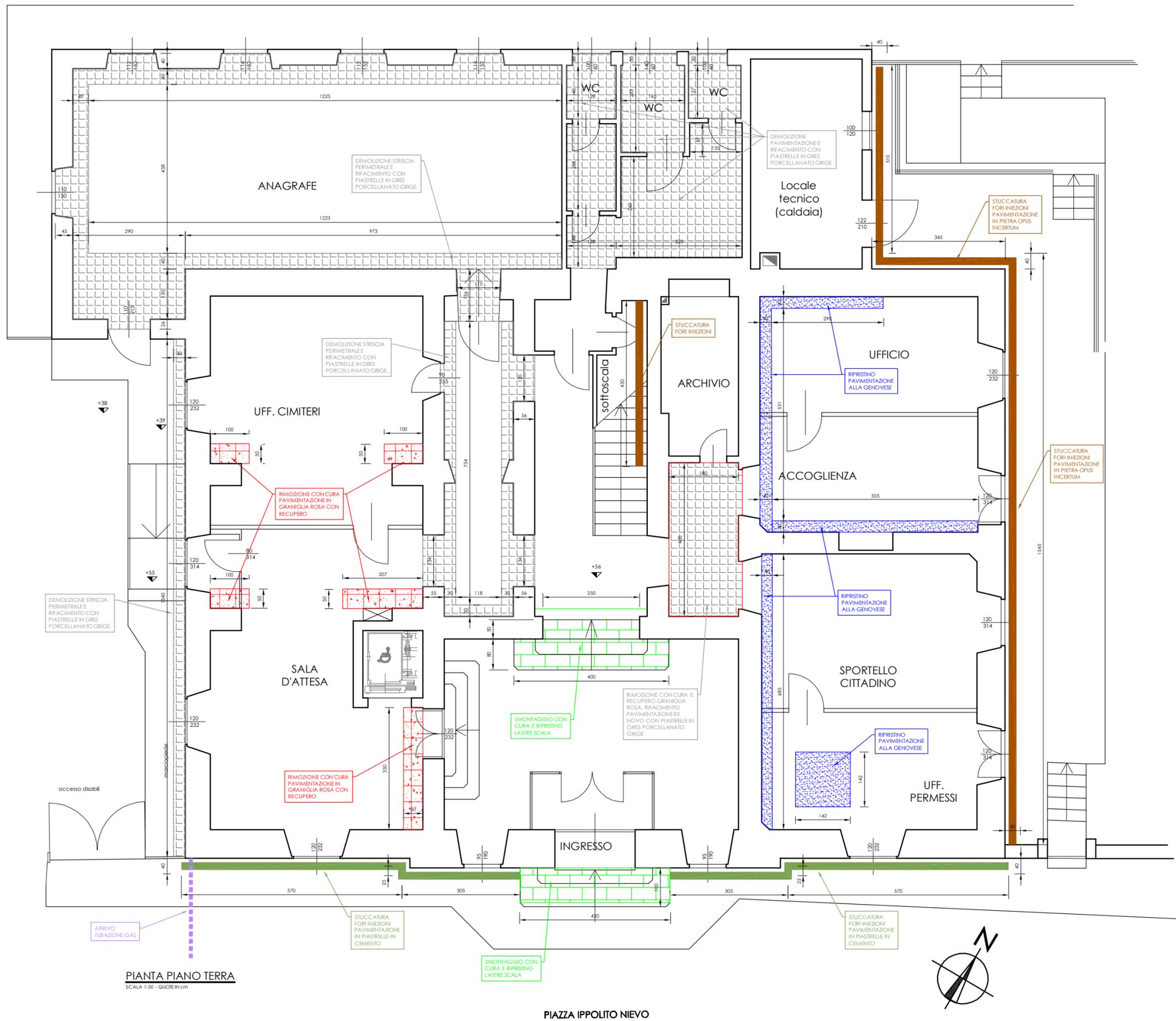
scala 1:50

Rev.02 - 22.10.19

Arch. Loredana Fracchia



Roccavignale, 22/10/2019



PIANTA PIANO TERRA  
SCALA 1:50 - QUOTE IN cm

PIAZZA IPPOLITO NIEVO

**Comune di Genova**  
PROVINCIA DI GENOVA

**EDIFICIO SEDE MUNICIPALE SITO IN GENOVA  
PIAZZA IPPOLITO NIEVO N.1**

**INTERVENTO DI RECUPERO E CONSOLIDAMENTO FONDAZIONALE**

**PROGETTO ESECUTIVO**

**OGGETTO:** E4\_ELENCO PREZZI UNITARI

**COMMITTENTE:** COMUNE DI GENOVA

**PROGETTISTA:** Ing. ZERBINATI Marco  
Iscritto all'Ord. Ingg. di Savona n° 1630



**DATA:** 22.10.2019 REV. 02

**CODICE ELABORATO:** E4\_PU-REV02.docx



Num.Ord. TARIFFA	DESCRIZIONE DELL'ARTICOLO	unità di misura	PREZZO UNITARIO
Nr. 1 20.A07.A01. 010	Analisi chimica dei materiali di risulta da demolizioni o da scavi ai sensi del DM 186/2006 ai fini del corretto smaltimento in appositi siti. costo medio per cadauna analisi relative a: terre da scavo, detriti da demolizioni, da pavimentazioni, da controsoffitti, da materiali isolanti, da impermeabilizzanti, da amianto e quant'altro. <b>euro (trecentocinquanta/00)</b>	cad	350,00
Nr. 2 20.A15.B10. 010	Trasporto a discarica o a centro di riciclaggio di materiali di risulta provenienti da scavi e/o demolizioni, misurato su autocarro in partenza, esclusi gli eventuali oneri di discarica o smaltimento, eseguito con piccolo mezzo di trasporto con capacità di carico fino a 3 t. per ogni chilometro del tratto entro i primi 5 km. <b>euro (sei/88)</b>	m³km	6,88
Nr. 3 20.A15.B10. 015	idem c.s. ...del tratto oltre i primi 5 km e fino al decimo km. <b>euro (cinque/30)</b>	m³km	5,30
Nr. 4 20.A15.B10. 020	idem c.s. ...del tratto oltre i primi 10 km e fino al trentesimo km. <b>euro (quattro/77)</b>	m³km	4,77
Nr. 5 25.A05.B10. 020	Demolizione di pavimenti ad elementi (piastrelle, lastre, ecc) compreso il sottofondo <b>euro (diciotto/74)</b>	m²	18,74
Nr. 6 25.A20.I30.0 10	Malta per intonaci a base calce idraulica aggrappante, sabbie calcaree classificate. <b>euro (cinquecentosette/73)</b>	m³	507,73
Nr. 7 25.A66.C10. 040	Solo posa in opera di pavimento in piastrelle di cotto, grès rosso, grès porcellanato, klinker, con adesivo cementizio classe C2E, tipo di fuga "a giunto unito", inclusa la sigillatura dei giunti con apposito stucco cementizio. <b>euro (venticinque/16)</b>	m²	25,16
Nr. 8 25.A66.d10.0 10	Levigatura e lucidatura pavimenti Levigatura e lucidatura pavimenti graniglia/marmo (tipo a piombo) <b>euro (sessanta/72)</b>	m²	60,72
Nr. 9 90.D40.A05. 020	Restauro di pavimenti in piastrelle, mattoni o lastre di marmo o ardesia: sostituzione delle parti ammalorate (lastre in marmo o ardesia o pietra) compresa la stuccatura ed esclusa la fornitura del materiale <b>euro (novantasei/26)</b>	m²	96,26
Nr. 10 90.D40.A15. 015	Sola posa di pavimentazioni di recupero in elementi precedentemente smontati e ripuliti previa formazione di strato di posa in malta di calce idraulica naturale, questa inclusa, compresa la stuccatura dei giunti con malta fine nonchè la pulitura finale, esclusi i trattamenti protettivi, esclusa la formazione di nuovo sottofondo. Pavimento in ardesia o marmo <b>euro (sessantacinque/32)</b>	m²	65,32
Nr. 11 AT.N12.N10 .010	Compressore elettrico con accessori per puliture meccaniche (ablatore, microscalpello, vibroincisore, microaspiratore) compresa energia elettrica Compressore elettrico con accessori per puliture meccaniche (ablatore, microscalpello, vibroincisore, microaspiratore) <b>euro (due/53)</b>	h	2,53
Nr. 12 AT.P02.X10. 030	Macchinario vario di cantiere Martello scalpello o perforatore con motore elettrico sino a 7 kg <b>euro (millesecentoquarantaquattro/50)</b>	cad	1'644,50
Nr. 13 AT.P02.X10. 210	Macchinario vario di cantiere Carotatrice compreso telaio per perforazioni orizzontali, inclinate, verticali <b>euro (tremlasettecentonovantacinque/00)</b>	cad	3'795,00
Nr. 14 NP 00	Esecuzione di prove propedeutiche mediante rilievo georadar allo scopo di determinare la presenza di sottoservizi interferenti con le attività di perforazione, la voce comprende la successiva restituzione grafica ed interpretazione dei dati ottenuti su supporto informatico e su supporto cartaceo. La voce comprende gli oneri di trasporto della strumentazione, allestimento in cantiere ed esecuzione delle indagini. Compreso ogni onere necessario a dare l'opera finita a perfetta regola dell'arte. Valutata a corpo. <b>euro (milleduecento/67)</b>	a corpo	1'200,67
Nr. 15 NP 01	Iniezione di consolidamento delle murature in pietrame anche a sacco, oppure miste in pietrame e laterizio, effettuata con miscela a base di calce idrauliche e/o resine espandenti e comunque non cementizia, a giudizio della D.L..La voce prevede tutti gli oneri necessari per l'esecuzione di iniezioni di consolidamento nella muratura fondale secondo il seguente procedimento: - preiniezione di acqua a campione su tutto il volume murario da trattare per il lavaggio dello stesso e verifica del grado di assorbimento / porosità del paramento (prove Lugeon); - esecuzione di perforazioni a rotopercolazione del diametro di circa 30-40 mm e interasse da circa 0,30 m a 0,80 m, da definirsi in sede esecutiva in base alle prove preliminari; - fissaggio e sigillatura dei condotti di iniezione di diametro 3-4 cm, inseriti per una profondità adeguata nei fori precedentemente praticati per rotopercolazione, con interasse da definirsi in fase esecutiva a seconda delle caratteristiche del muro definite in sede di esecuzione delle prove preliminari; - iniezione di miscela legante a base di calce idraulica e/o resina espansiva specifiche di tipo approvata dalla D.L., con caratteristiche di resistenza meccanica compatibili con la muratura, da iniettarsi a pressione variabile e controllata secondo l'indicazione della D.L., fino a rigurgito della miscela dai condotti limitrofi; - asportazione delle canule e sigillatura dei fori praticati per iniettare la miscela; - pulizia della parete e suo lavaggio, se necessario, prima della presa sulla superficie esterna di eventuali fuoriuscite di miscela legante; - eventuali ripristini murari delle zone d'intervento e tinteggiatura; - esecuzione di prove di controllo (tipo Lugeon) da eseguirsi al completamento delle iniezioni e maturazione della miscela iniettata. La definizione delle prove preliminari e di riscontro sarà da valutarsi in accordo con la DL e comunque in un numero non inferiore a 6+6 prove. A termine delle iniezioni dovranno altresì essere effettuati 6 carotaggi continui di diametro minimo 90-100 per l'estrazione di una carota significativa (posta circa in mezz'ora della muratura e a metà altezza del paramento fondale) da sottoporre a prova di compressione strumentata per la determinazione della resistenza a compressione, del		

Num.Ord. TARIFFA	DESCRIZIONE DELL'ARTICOLO	unità di misura	PREZZO UNITARIO
Nr. 16 NP 02	<p>modulo elastico e del coefficiente di poisson oltre che ad un indagine visiva circa la bontà dell'intervento. Tutte le prove dovranno essere eseguite da laboratorio qualificato esterno. Le risultanze di tutte le prove diagnostiche sia pre sia post intervento dovranno essere riportate in un report e consegnate ufficialmente alla DL per la valutazione della bontà dell'intervento. Compreso ogni onere per dare l'opera finita a perfetta regola dell'arte. Valutato a metro lineare di fondazione.</p> <p><b>euro (quattrocentosettantanove/48)</b></p> <p>Consolidamento del terreno fondale da realizzarsi su più livelli e comunque fino ad una profondità di circa 2-2,5 mediante iniezioni di materiale polimerico espandente (o resine espandenti) solitamente utilizzate in ambito strutturale per risolvere problematiche che implicano il cedimento del piano di fondazione ed il conseguente danneggiamento di edifici e strutture. Questo metodo di consolidamento consiste nell'iniettare sotto il piano fondale speciali resine che per reazione chimica espandono il proprio volume e consolidano il terreno limitrofo. In base alle risultanze delle prove geologiche svolte, della tipologia e delle dimensioni delle fondazioni e in riferimento al quadro fessurativo delle strutture interessate, si dovrà individuare, in accordo con la DL il tipo di resina da utilizzare, le sue caratteristiche tecnico-fisiche e le modalità esecutive. La resina da impiegare sarà costituita da un formulato poliuretano espandente bicomponente a celle chiuse. A seconda dei parametri geotecnici rilevati nell'area di intervento, i dati di riferimento delle resine da impiegare dovranno essere almeno i seguenti: - Densità di 40 - 60 kg/mc in espansione libera; - Resistenza a compressione minima con espansione laterale libera pari a minimo 0,5 Mpa; - Tempo di reazione 30 secondi circa. L'uso della tecnica di consolidamento con resine espandenti dovrà conseguire almeno i seguenti risultati: - riduzione dell'indice dei vuoti indotto dall'espansione delle resine; - incremento della resistività del terreno (valore minimo atteso di capacità portante: 6 kg/cmq); - riduzione delle acque interstiziali eventualmente presenti. Le resine da impiegarsi dovranno rispettare i requisiti di compatibilità ambientale di cui alla tabella 2 del titolo V, parte IV del D.Lgs. 152/2006 e ss.mm.ii. La tecnica di consolidamento con resine espandenti prevede l'iniezione del materiale polimerico nei volumi di terreno interessati dal cedimento attraverso idonee pompe regolabili collegate a tubi di piccolo diametro inseriti direttamente nei punti di interesse progettualmente individuati. La perforazione di tali punti di intervento avverrà tramite rotopercolazione di piccolo diametro (2-4 cm di diametro) e il loro passo dovrà essere definito in fase esecutiva a seguito delle risultanze ottenute dalle prime iniezioni pilota di calibrazione e potrà variare da un minimo di 0,50 m a un massimo di 1,50 m circa. L'intera strumentazione dovrà permettere, a giudizio esclusivo e contestuale della Direzione Lavori, una dinamica regolazione della quantità, della consistenza e della velocità di espansione della resina impiegata. La geometria e/o la sequenza delle iniezioni potranno essere modificate in corso d'opera secondo le chiare indicazioni della Direzione Lavori, alla risposta del terreno sottostante e le risultanze del monitoraggio strumentale del sito.</p> <p>La voce comprende altresì il monitoraggio in continuo in corso d'opera dell'edificio mediante tomografia di resistività del terreno o monitoraggio radar globale dell'edificio, o comunque secondo una metodologia accurata, definita e approvata in accordo con la DL. Sono comprese altresì l'esecuzione di almeno 4+4 (otto complessivamente) prove penetrometriche dinamiche DPM30 da svolgersi rispettivamente ante e post intervento al fine di monitorare la bontà dell'intervento effettuato. Le prove dovranno essere svolte da laboratorio qualificato terzo. Le risultanze di tutte le prove preliminari e di riscontro svolte dovranno essere riportate in un report e consegnate ufficialmente alla DL per la valutazione della bontà dell'intervento. La voce comprende eventuali opere di ripristino a cui la ditta appaltatrice dovrà far fronte in seguito a danneggiamenti alle pavimentazioni, alle finiture e/o alle strutture presenti in seguito a espansioni troppo repentine della resina espandente. La ditta esecutrice dovrà inoltre fornire garanzia postuma decennale dell'intervento. Compreso ogni onere per dare l'opera finita a perfetta regola dell'arte. Valutato a metro lineare di consolidamento di terreno.</p> <p><b>euro (seicentotrentadue/13)</b></p>	m	479,48
Nr. 17 NP 03	<p>Consolidamento del terreno fondale da realizzarsi su più livelli e comunque fino ad una profondità di circa 3-3.5 mediante iniezioni di materiale polimerico espandente (o resine espandenti) solitamente utilizzate in ambito strutturale per risolvere problematiche che implicano il cedimento del piano di fondazione ed il conseguente danneggiamento di edifici e strutture. Questo metodo di consolidamento consiste nell'iniettare sotto il piano fondale speciali resine che per reazione chimica espandono il proprio volume e consolidano il terreno limitrofo. In base alle risultanze delle prove geologiche svolte, della tipologia e delle dimensioni delle fondazioni e in riferimento al quadro fessurativo delle strutture interessate, si dovrà individuare, in accordo con la DL il tipo di resina da utilizzare, le sue caratteristiche tecnico-fisiche e le modalità esecutive. La resina da impiegare sarà costituita da un formulato poliuretano espandente bicomponente a celle chiuse. A seconda dei parametri geotecnici rilevati nell'area di intervento, i dati di riferimento delle resine da impiegare dovranno essere almeno i seguenti: - Densità di 40 - 60 kg/mc in espansione libera; - Resistenza a compressione minima con espansione laterale libera pari a minimo 0,5 Mpa; - Tempo di reazione 30 secondi circa. L'uso della tecnica di consolidamento con resine espandenti dovrà conseguire almeno i seguenti risultati: - riduzione dell'indice dei vuoti indotto dall'espansione delle resine; - incremento della resistività del terreno (valore minimo atteso di capacità portante: 6 kg/cmq); - riduzione delle acque interstiziali eventualmente presenti. Le resine da impiegarsi dovranno rispettare i requisiti di compatibilità ambientale di cui alla tabella 2 del titolo V, parte IV del D.Lgs. 152/2006 e ss.mm.ii. La tecnica di consolidamento con resine espandenti prevede l'iniezione del materiale polimerico nei volumi di terreno interessati dal cedimento attraverso idonee pompe regolabili collegate a tubi di piccolo diametro inseriti direttamente nei punti di interesse progettualmente individuati. La perforazione di tali punti di intervento avverrà tramite rotopercolazione di piccolo diametro (2-4 cm di diametro) e il loro passo dovrà essere definito in fase esecutiva a seguito delle risultanze ottenute dalle prime iniezioni pilota di calibrazione e potrà variare da un minimo di circa 0,5 m a un massimo di 1,5 m circa. L'intera strumentazione dovrà permettere, a giudizio esclusivo e contestuale della Direzione Lavori, una dinamica regolazione della quantità, della consistenza e della velocità di espansione della resina impiegata. La geometria e/o la sequenza delle iniezioni potranno essere modificate in corso d'opera secondo le chiare indicazioni della Direzione Lavori, alla risposta del terreno sottostante e le risultanze del monitoraggio strumentale del sito.</p> <p>La voce comprende altresì il monitoraggio in continuo in corso d'opera dell'edificio mediante tomografia di resistività del terreno o monitoraggio radar globale dell'edificio, o comunque secondo una metodologia accurata, definita e approvata in accordo con la DL. Sono comprese altresì l'esecuzione di almeno 4+4 (otto complessivamente) prove penetrometriche dinamiche DPM30 da svolgersi rispettivamente ante e post intervento al fine di monitorare la bontà dell'intervento effettuato. Le prove dovranno essere svolte da laboratorio qualificato terzo. Le risultanze di tutte le prove preliminari e di riscontro svolte dovranno essere riportate in un report e consegnate ufficialmente alla DL per la valutazione della bontà dell'intervento. La voce comprende eventuali opere di ripristino a cui la ditta appaltatrice dovrà far fronte in seguito a danneggiamenti alle pavimentazioni, alle finiture e/o alle strutture presenti in seguito a espansioni troppo repentine della resina espandente. La ditta esecutrice dovrà inoltre fornire garanzia postuma decennale dell'intervento. Compreso ogni onere per dare l'opera finita a perfetta regola dell'arte. Valutato a metro lineare di consolidamento di terreno.</p> <p><b>euro (ottocentoquarantasei/00)</b></p>	m	632,13
			846,00

Num.Ord. TARIFFA	DESCRIZIONE DELL'ARTICOLO	unità di misura	P R E Z Z O UNITARIO
Nr. 18 NP 04	Demolizione settoriale nei punti di intervento con preparazione di campionario e conservazione degli inerti di maggiore granulometria a cura del restauratore specializzato. Reintegro puntuale delle zone demolite ad avvenuto intervento di consolidamento fondazionale con miscela in granulato di marmo 6/12 mm in legante di calce idraulica. L'intervento andrà svolto da personale a dimostrata esperienza nel settore del restauro delle superfici decorate e corredato di analisi dei materiali e schede tecniche dei leganti da impiegarsi. Sono compresi gli oneri relativi alla fornitura degli inerti di adeguata fattura, misura e colore, i leganti, la posa e ogni altro onere necessario a dare l'opera finita a perfetta regola dell'arte. Valutato a metro quadrato di superficie da demolire. <b>euro (centocinquantacinque/46)</b>	mq	155,46
Nr. 19 NP 05	Smontaggio parziale, eseguito con cura e completamente a mano di pavimentazione in piastrelle di marmo, compreso il recupero del materiale da riutilizzare e accatastamento dello stesso nell'ambito del cantiere, compresa la pulitura delle piastrelle da conservare da residui di malta. . Valutato a metro quadrato di superficie da rimuovere. <b>euro (centotrenta/76)</b>	mq	130,76
Nr. 20 PR.A02.A10. 050	Cemento pronta presa in sacchi <b>euro (trentasei/69)</b>	q	36,69
Nr. 21 PR.A02.A20. 120	Malta premiscelata aggrappante a base di calce idraulica naturale NHL3,5 (EN459-1) e sabbie calcaree classificate. <b>euro (zero/54)</b>	Kg	0,54
Nr. 22 PR.A02.D10. 020	Stucco per fughe di pavimenti e rivestimenti minerale batteriostatico e fungistatico stabilizzato con pura calce naturale NHL5 per fughe da 2 a 12 mm colorato. <b>euro (due/37)</b>	Kg	2,37
Nr. 23 PR.A02.F10. 010	Resina epossidica bicomponente compreso catalizzatore <b>euro (trentadue/89)</b>	Kg	32,89
Nr. 24 PR.A20.A50. 015	Piastrelle di gres porcellanato, tinta unita, colori chiari o intermedi, spessore 8 mm, finitura antisdrucchiolo dimensioni cm 10x10 20x20 30x30. <b>euro (trentauno/01)</b>	m <sup>2</sup>	31,01
Nr. 25 PR.C08.A05. 010	Tubi in polietilene neri PE 100, alta densità, PN 16, conforme alla norma UNI 10910, del diametro nominale di Ø 20 mm, spessore 2,00 mm <b>euro (zero/58)</b>	m	0,58
Nr. 26 Prezziario R.L.	Oneri di discarica secondo il prezziario Regione Liguria 2019 - Discarica 'Colle ecologico srl' di Uscio (GE) <b>euro (dieci/00)</b>	t	10,00
Nr. 27 RU.M01.A01 .020	Opere edili Operaio Specializzato <b>euro (trentasei/99)</b>	h	36,99
Nr. 28 RU.M01.A01 .030	Opere edili Operaio Qualificato <b>euro (trentaquattro/41)</b>	h	34,41
Nr. 29 RU.M01.A01 .040	Opere edili Operaio Comune <b>euro (trenta/97)</b>	h	30,97

Num.Ord. TARIFFA	DESCRIZIONE DELL'ARTICOLO	unità di misura	PREZZO UNITARIO
	<p style="text-align: center;"><b>NOTE</b></p> <p>I prezzi elencati sono stati desunti dal prezzario Opere Edili ed Impiantistiche Regione Liguria Anno 2019.</p> <p>Data, 22/10/2019</p> <p style="text-align: center;"><b>Il Tecnico</b></p> <div style="text-align: center;"></div>		

**Comune di Genova**  
PROVINCIA DI GENOVA

**EDIFICIO SEDE MUNICIPALE SITO IN GENOVA  
PIAZZA IPPOLITO NIEVO N.1**

**INTERVENTO DI RECUPERO E CONSOLIDAMENTO FONDAZIONALE**

**PROGETTO ESECUTIVO**

**OGGETTO:** E4.1\_ANALISI PREZZI

**COMMITTENTE:** COMUNE DI GENOVA

**PROGETTISTA:** Ing. ZERBINATI Marco  
Iscritto all'Ord. Ingg. di Savona n° 1630



**DATA:** 22.10.2019 REV. 01

**CODICE ELABORATO:** E4.1\_ AP REV02.docx



**PERSICO e ZERBINATI INGEGNERI**  
studio associato

Via del Collegio 26/7 - 17043 CARCARE (SV)  
Tel. 019 5142225 - Fax: 019 2043957  
e-mail: info@persicozerbinati.it  
p.i.: 01585080094

Num.Ord. TARIFFA	DESCRIZIONE DELLE VOCI E DEGLI ELEMENTI	Quantità	IMPORTI		R.
			unitario	TOTALE	
	<b>R I P O R T O</b>				
	<b><u>ANALISI DEI PREZZI</u></b>				
Nr. 1 NP 00	<p>Esecuzione di prove propedeutiche mediante rilievo georadar allo scopo di determinare la presenza di sottoservizi interferenti con le attività di perforazione, la voce comprende la successiva restituzione grafica ed interpretazione dei dati ottenuti su supporto informatico e su supporto cartaceo. La voce comprende gli oneri di trasporto della strumentazione, allestimento in cantiere ed esecuzione delle indagini. Compreso ogni onere necessario a dare l'opera finita a perfetta regola dell'arte. Valutata a corpo.</p> <p><b>E L E M E N T I:</b></p> <p>(L) Ricerca di mercato a corpo</p>	1,000	957,47	957,47	
	Sommano euro			957,47	
	Spese Generali 14.00% * (957.47) euro			134,05	
	Sommano euro			1'091,52	
	Utili Impresa 10% * (1 091.52) euro			109,15	
	<b>T O T A L E euro / a corpo</b>			<b>1'200,67</b>	
Nr. 2 NP 01	<p>Iniezione di consolidamento delle murature in pietrame anche a sacco, oppure miste in pietrame e laterizio, effettuata con miscela a base di calce idrauliche e/o resine espandenti e comunque non cementizia, a giudizio della D.L..La voce prevede tutti gli oneri necessari per l'esecuzione di iniezioni di consolidamento nella muratura fondale secondo il seguente procedimento: - preiniezione di acqua a campione su tutto il volume murario da trattare per il lavaggio dello stesso e verifica del grado di assorbimento / porosità del paramento (prove Lugeon); - esecuzione di perforazioni a rotopercolazione del diametro di circa 30-40 mm e interasse da circa 0,30 m a 0,80 m, da definirsi in sede esecutiva in base alle prove preliminari; - fissaggio e sigillatura dei condotti di iniezione di diametro 3-4 cm, inseriti per una profondità adeguata nei fori precedentemente praticati per rotopercolazione, con interasse da definirsi in fase esecutiva a seconda delle caratteristiche del muro definite in sede di esecuzione delle prove preliminari; - iniezione di miscela legante a base di calce idraulica e/o resina espansiva specifiche di tipo approvata dalla D.L., con caratteristiche di resistenza meccanica compatibili con la muratura, da iniettarsi a pressione variabile e controllata secondo l'indicazione della D.L., fino a rigurgito della miscela dai condotti limitrofi; - asportazione delle canule e sigillatura dei fori praticati per iniettare la miscela; - pulizia della parete e suo lavaggio, se necessario, prima della presa sulla superficie esterna di eventuali fuoriuscite di miscela legante; - eventuali ripristini murari delle zone d'intervento e tinteggiatura; - esecuzione di prove di controllo (tipo Lugeon) da eseguirsi al completamento delle iniezioni e maturazione della miscela iniettata. La definizione delle prove preliminari e di riscontro sarà da valutarsi in accordo con la DL e comunque in un numero non inferiore a 6+6 prove. A termine delle iniezioni dovranno altresì essere effettuati 6 carotaggi continui di diametro minimo 90-100 per l'estrazione di una carota significativa (posta circa in mezz'ora della muratura e a metà altezza del paramento fondale) da sottoporre a prova di compressione strumentata per la determinazione della resistenza a compressione, del modulo elastico e del coefficiente di poisson oltre che ad un'indagine visiva circa la bontà dell'intervento. Tutte le prove dovranno essere eseguite da laboratorio qualificato esterno. Le risultanze di tutte le prove diagnostiche sia pre sia post intervento dovranno essere riportate in un report e consegnate ufficialmente alla DL per la valutazione della bontà dell'intervento. Compreso ogni onere per dare l'opera finita a perfetta regola dell'arte. Valutato a metro lineare di fondazione.</p> <p><b>E L E M E N T I:</b></p> <p>(E) [RU.M01.A01.020] Opere edili Operaio Specializzato h</p> <p>(E) [RU.M01.A01.040] Opere edili Operaio Comune h</p> <p>(E) [AT.P02.X10.030] Macchinario vario di cantiere Martello scalpello o perforato ... cad</p> <p>(E) [25.A20.I30.010] Malta perintonaci a base calce idraulica aggrappante, sabbie ...</p> <p>di cui MDO= 3.560%; MAT= 0.000%; ATT= 0.000%; m<sup>3</sup></p> <p>(E) [PR.C08.A05.010] Tubi in polietilene neri PE 100, alta densità, PN 16, confor ... m</p> <p>(E) [AT.N12.N10.010] Compressore elettrico con accessori per puliture meccaniche ... h</p>	1,500 1,500 0,044 0,400 2,000 1,500	36,99 30,97 1'644,50 507,73 0,58 2,53	55,49 46,46 72,36 203,09 1,16 3,80	MDO MDO --- --- MT ---
	Sommano euro			382,36	
	Spese Generali 14.00% * (382.36) euro			53,53	
	Sommano euro			435,89	
	Utili Impresa 10% * (435.89) euro			43,59	
	<b>T O T A L E euro / m</b>			<b>479,48</b>	
Nr. 3	Consolidamento del terreno fondale da realizzarsi su più livelli e comunque fino ad una profondità di circa 2-				
	<b>A R I P O R T A R E</b>				

Num.Ord. TARIFFA	DESCRIZIONE DELLE VOCI E DEGLI ELEMENTI	Quantità	IMPORTI		R.
			unitario	TOTALE	
	<b>R I P O R T O</b>				
NP 02	<p>2,5 mediante iniezioni di materiale polimerico espandente (o resine espandenti) solitamente utilizzate in ambito strutturale per risolvere problematiche che implicano il cedimento del piano di fondazione ed il conseguente danneggiamento di edifici e strutture. Questo metodo di consolidamento consiste nell'iniettare sotto il piano fondale speciali resine che per reazione chimica espandono il proprio volume e consolidano il terreno limitrofo. In base alle risultanze delle prove geologiche svolte, della tipologia e delle dimensioni delle fondazioni e in riferimento al quadro fessurativo delle strutture interessate, si dovrà individuare, in accordo con la DL il tipo di resina da utilizzare, le sue caratteristiche tecnico-fisiche e le modalità esecutive. La resina da impiegare sarà costituita da un formulato poliuretano espandente bicomponente a celle chiuse. A seconda dei parametri geotecnici rilevati nell'area di intervento, i dati di riferimento delle resine da impiegare dovranno essere almeno i seguenti: - Densità di 40 - 60 kg/mc in espansione libera; - Resistenza a compressione minima con espansione laterale libera pari a minimo 0,5 Mpa; - Tempo di reazione 30 secondi circa. L'uso della tecnica di consolidamento con resine espandenti dovrà conseguire almeno i seguenti risultati: - riduzione dell'indice dei vuoti indotto dall'espansione delle resine; - incremento della resistività del terreno (valore minimo atteso di capacità portante: 6 kg/cmq); - riduzione delle acque interstiziali eventualmente presenti. Le resine da impiegarsi dovranno rispettare i requisiti di compatibilità ambientale di cui alla tabella 2 del titolo V, parte IV del D.Lgs. 152/2006 e ss.mm.ii. La tecnica di consolidamento con resine espandenti prevede l'iniezione del materiale polimerico nei volumi di terreno interessati dal cedimento attraverso idonee pompe regolabili collegate a tubi di piccolo diametro inseriti direttamente nei punti di interesse progettualmente individuati. La perforazione di tali punti di intervento avverrà tramite rotopercolazione di piccolo diametro (2-4 cm di diametro) e il loro passo dovrà essere definito in fase esecutiva a seguito delle risultanze ottenute dalle prime iniezioni pilota di calibrazione e potrà variare da un minimo di 0,50 m a un massimo di 1,50 m circa. L'intera strumentazione dovrà permettere, a giudizio esclusivo e contestuale della Direzione Lavori, una dinamica regolazione della quantità, della consistenza e della velocità di espansione della resina impiegata. La geometria e/o la sequenza delle iniezioni potranno essere modificate in corso d'opera secondo le chiare indicazioni della Direzione Lavori, alla risposta del terreno sottostante e le risultanze del monitoraggio strumentale del sito.</p> <p>La voce comprende altresì il monitoraggio in continuo in corso d'opera dell'edificio mediante tomografia di resistività del terreno o monitoraggio radar globale dell'edificio, o comunque secondo una metodologia accurata, definita e approvata in accordo con la DL. Sono comprese altresì l'esecuzione di almeno 4+4 (otto complessivamente) prove penetrometriche dinamiche DPM30 da svolgersi rispettivamente ante e post intervento al fine di monitorare la bontà dell'intervento effettuato. Le prove dovranno essere svolte da laboratorio qualificato terzo. Le risultanze di tutte le prove preliminari e di riscontro svolte dovranno essere riportate in un report e consegnate ufficialmente alla DL per la valutazione della bontà dell'intervento. La voce comprende eventuali opere di ripristino a cui la ditta appaltatrice dovrà far fronte in seguito a danneggiamenti alle pavimentazioni, alle finiture e/o alle strutture presenti in seguito a espansioni troppo repentine della resina espandente. La ditta esecutrice dovrà inoltre fornire garanzia postuma decennale dell'intervento. Compreso ogni onere per dare l'opera finita a perfetta regola dell'arte. Valutato a metro lineare di consolidamento di terreno.</p> <p><b>E L E M E N T I:</b></p> <p>(E) [RU.M01.A01.020] Opere edili Operaio Specializzato h 1,600 36,99 59,18 MDO</p> <p>(E) [RU.M01.A01.040] Opere edili Operaio Comune h 1,600 30,97 49,55 MDO</p> <p>(E) [AT.P02.X10.030] Macchinario vario di cantiere Martello scalpello o perforato ... cad 0,040 1'644,50 65,78 ---</p> <p>(E) [PR.A02.F10.010] Resina Resina epossidica bicomponente compreso catalizzatore Kg 9,800 32,89 322,32 TR</p> <p>(E) [PR.C08.A05.010] Tubi in polietilene neri PE 100, alta densità, PN 16, confor ... m 3,000 0,58 1,74 MT</p> <p>(E) [AT.N12.N10.010] Compressore elettrico con accessori per puliture meccaniche ... h 1,600 2,53 4,05 ---</p> <p>(E) [PR.A02.A10.050] Cemento pronta presa in sacchi q 0,040 36,69 1,47 MT</p> <p style="text-align: right;">Sommano euro 504,09</p> <p style="text-align: right;">Spese Generali 14.00% * (504.09) euro 70,57</p> <p style="text-align: right;">Sommano euro 574,66</p> <p style="text-align: right;">Utili Impresa 10% * (574.66) euro 57,47</p> <p style="text-align: right;"><b>T O T A L E euro / m 632,13</b></p>				
Nr. 4 NP 03	<p>Consolidamento del terreno fondale da realizzarsi su più livelli e comunque fino ad una profondità di circa 3-3.5 mediante iniezioni di materiale polimerico espandente (o resine espandenti) solitamente utilizzate in ambito strutturale per risolvere problematiche che implicano il cedimento del piano di fondazione ed il conseguente danneggiamento di edifici e strutture. Questo metodo di consolidamento consiste nell'iniettare sotto il piano fondale speciali resine che per reazione chimica espandono il proprio volume e consolidano il terreno limitrofo. In base alle risultanze delle prove geologiche svolte, della tipologia e delle dimensioni delle fondazioni e in riferimento al quadro fessurativo delle strutture interessate, si dovrà individuare, in accordo con la DL il tipo di resina da utilizzare, le sue caratteristiche tecnico-fisiche e le modalità esecutive. La resina da impiegare sarà costituita da un formulato poliuretano espandente bicomponente a celle chiuse. A seconda dei parametri geotecnici rilevati nell'area di intervento, i dati di riferimento delle resine da impiegare dovranno essere almeno i seguenti: - Densità di 40 - 60 kg/mc in espansione libera; - Resistenza a compressione minima con espansione laterale libera pari a minimo 0,5 Mpa; - Tempo di reazione 30 secondi</p>				
	<b>A R I P O R T A R E</b>				

Num.Ord. TARIFFA	DESCRIZIONE DELLE VOCI E DEGLI ELEMENTI	Quantità	IMPORTI		R.
			unitario	TOTALE	
	<b>R I P O R T O</b>				
	<p>circa. L'uso della tecnica di consolidamento con resine espandenti dovrà conseguire almeno i seguenti risultati: - riduzione dell'indice dei vuoti indotto dall'espansione delle resine; - incremento della resistività del terreno (valore minimo atteso di capacità portante: 6 kg/cmq); - riduzione delle acque interstiziali eventualmente presenti. Le resine da impiegarsi dovranno rispettare i requisiti di compatibilità ambientale di cui alla tabella 2 del titolo V, parte IV del D.Lgs. 152/2006 e ss.mm.ii. La tecnica di consolidamento con resine espandenti prevede l'iniezione del materiale polimerico nei volumi di terreno interessati dal cedimento attraverso idonee pompe regolabili collegate a tubi di piccolo diametro inseriti direttamente nei punti di interesse progettualmente individuati. La perforazione di tali punti di intervento avverrà tramite rotoperforazione di piccolo diametro (2-4 cm di diametro) e il loro passo dovrà essere definito in fase esecutiva a seguito delle risultanze ottenute dalle prime iniezioni pilota di calibrazione e potrà variare da un minimo di circa 0,5 m a un massimo di 1,5 m circa. L'intera strumentazione dovrà permettere, a giudizio esclusivo e contestuale della Direzione Lavori, una dinamica regolazione della quantità, della consistenza e della velocità di espansione della resina impiegata. La geometria e/o la sequenza delle iniezioni potranno essere modificate in corso d'opera secondo le chiare indicazioni della Direzione Lavori, alla risposta del terreno sottostante e le risultanze del monitoraggio strumentale del sito.</p> <p>La voce comprende altresì il monitoraggio in continuo in corso d'opera dell'edificio mediante tomografia di resistività del terreno o monitoraggio radar globale dell'edificio, o comunque secondo una metodologia accurata, definita e approvata in accordo con la DL. Sono comprese altresì l'esecuzione di almeno 4+4 (otto complessivamente) prove penetrometriche dinamiche DPM30 da svolgersi rispettivamente ante e post intervento al fine di monitorare la bontà dell'intervento effettuato. Le prove dovranno essere svolte da laboratorio qualificato terzo. Le risultanze di tutte le prove preliminari e di riscontro svolte dovranno essere riportate in un report e consegnate ufficialmente alla DL per la valutazione della bontà dell'intervento. La voce comprende eventuali opere di ripristino a cui la ditta appaltatrice dovrà far fronte in seguito a danneggiamenti alle pavimentazioni, alle finiture e/o alle strutture presenti in seguito a espansioni troppo repentine della resina espandente. La ditta esecutrice dovrà inoltre fornire garanzia postuma decennale dell'intervento. Compreso ogni onere per dare l'opera finita a perfetta regola dell'arte. Valutato a metro lineare di consolidamento di terreno.</p> <p><b>E L E M E N T I:</b></p> <p>(E) [RU.M01.A01.020] Opere edili Operaio Specializzato h 2,000 36,99 73,98 MDO</p> <p>(E) [RU.M01.A01.040] Opere edili Operaio Comune h 2,000 30,97 61,94 MDO</p> <p>(E) [AT.P02.X10.030] Macchinario vario di cantiere Martello scalpello o perforato ... cad 0,060 1'644,50 98,67 ---</p> <p>(E) [PR.A02.F10.010] Resina Resina epossidica bicomponente compreso catalizzatore Kg 13,164 32,89 432,96 TR</p> <p>(E) [PR.C08.A05.010] Tubi in polietilene neri PE 100, alta densità, PN 16, confor ... m 3,500 0,58 2,03 MT</p> <p>(E) [AT.N12.N10.010] Compressore elettrico con accessori per puliture meccaniche ... h 2,000 2,53 5,06 ---</p> <p style="text-align: right;">Sommano euro 674,64</p> <p style="text-align: right;">Spese Generali 14.00% * (674.64) euro 94,45</p> <p style="text-align: right;">Sommano euro 769,09</p> <p style="text-align: right;">Utili Impresa 10% * (769.09) euro 76,91</p> <p style="text-align: right;"><b>T O T A L E euro / m</b> 846,00</p>				
Nr. 5 NP 04	<p>Demolizione settoriale nei punti di intervento con preparazione di campionario e conservazione degli inerti di maggiore granulometria a cura del restauratore specializzato. Reintegro puntuale delle zone demolite ad avvenuto intervento di consolidamento fondazionale con miscela in granulato di marmo 6/12 mm in legante di calce idraulica. L'intervento andrà svolto da personale a dimostrata esperienza nel settore del restauro delle superfici decorate e corredato di analisi dei materiali e schede tecniche dei leganti da impiegarsi. Sono compresi gli oneri relativi alla fornitura degli inerti di adeguata fattura, misura e colore, i leganti, la posa e ogni altro onere necessario a dare l'opera finita a perfetta regola dell'arte. Valutato a metro quadrato di superficie da demolire.</p> <p><b>E L E M E N T I:</b></p> <p>(E) [RU.M01.A01.020] Opere edili Operaio Specializzato h 1,650 36,99 61,03 MDO</p> <p>(E) [RU.M01.A01.030] Opere edili Operaio Qualificato h 1,650 34,41 56,78 MDO</p> <p>(E) [PR.A02.A20.120] Malta premiscelata aggrappante a base di calce idraulica nat ... Kg 2,410 0,54 1,30 MT</p> <p>(E) [PR.A02.D10.020] Stucco per fughe di pavimenti e rivestimenti minerale batter ... Kg 2,050 2,37 4,86 MT</p> <p style="text-align: right;">Sommano euro 123,97</p> <p style="text-align: right;">Spese Generali 14.00% * (123.97) euro 17,36</p> <p style="text-align: right;">Sommano euro 141,33</p> <p style="text-align: right;">Utili Impresa 10% * (141.33) euro 14,13</p> <p style="text-align: right;"><b>T O T A L E euro / mq</b> 155,46</p>				
	<b>A R I P O R T A R E</b>				

Num.Ord. TARIFFA	DESCRIZIONE DELLE VOCI E DEGLI ELEMENTI	Quantità	IMPORTI		R.
			unitario	TOTALE	
	<b>R I P O R T O</b>				
Nr. 6 NP 05	Smontaggio parziale, eseguito con cura e completamente a mano di pavimentazione in piastrelle di marmo, compreso il recupero del materiale da riutilizzaree accatastamento dello stesso nell'ambito del cantiere, compresa al pulitura delle piastrelle da conservare da residui di malta . Valutato a metro quadrato di superficie da rimuovere. <b>E L E M E N T I:</b> (E) [RU.M01.A01.030] Opere edili Operaio Qualificato h (E) [RU.M01.A01.040] Opere edili Operaio Comune h	1,500 1,700	34,41 30,97	51,62 52,65	MDO MDO
	Sommano euro			104,27	
	Spese Generali 14.00% * (104.27) euro			14,60	
	Sommano euro			118,87	
	Utili Impresa 10% * (118.87) euro			11,89	
	<b>T O T A L E euro /mq</b>			<b>130,76</b>	
	<b>A R I P O R T A R E</b>				

Num.Ord. TARIFFA	DESCRIZIONE DELLE VOCI E DEGLI ELEMENTI	Quantità	I M P O R T I		R.
			unitario	TOTALE	
<b>R I P O R T O</b>					
<b><u>COSTI ELEMENTARI</u></b>					
Nr. 7 25.A20.I30.0 10	Malta per intonaci a base calce idraulica aggrappante, sabbie calcaree classificate.	euro / m <sup>3</sup>		507,73	---
Nr. 8 AT.N12.N10 .010	Compressore elettrico con accessori per puliture meccaniche (ablatore, microscalpello, vibroincisore, microaspiratore) compresa energia elettrica Compressore elettrico con accessori per puliture meccaniche (ablatore, microscalpello, vibroincisore, microaspiratore)	euro / h		2,53	---
Nr. 9 AT.P02.X10. 030	Macchinario vario di cantiere Martello scalpello o perforatore con motore elettrico sino a 7 kg	euro / cad		1'644,50	---
Nr. 10 PR.A02.A10. 050	Cemento pronta presa in sacchi	euro / q		36,69	MT
Nr. 11 PR.A02.A20. 120	Malta premiscelata aggrappante a base di calce idraulica naturale NHL3,5 (EN459-1) e sabbie calcaree classificate.	euro / Kg		0,54	MT
Nr. 12 PR.A02.D10. 020	Stucco per fughe di pavimenti e rivestimenti minerale batteriostatico e fungistatico stabilizzato con pura calce naturale NHL5 per fughe da 2 a 12 mm colorato.	euro / Kg		2,37	MT
Nr. 13 PR.A02.F10. 010	Resina Resina epossidica bicomponente compreso catalizzatore	euro / Kg		32,89	TR
Nr. 14 PR.C08.A05. 010	Tubi in polietilene neri PE 100, alta densità, PN 16, conforme alla norma UNI 10910, del diametro nominale di Ø 20 mm, spessore 2,00 mm	euro / m		0,58	MT
Nr. 15 RU.M01.A01 .020	Opere edili Operaio Specializzato	euro / h		36,99	MDO
Nr. 16 RU.M01.A01 .030	Opere edili Operaio Qualificato	euro / h		34,41	MDO
Nr. 17 RU.M01.A01 .040	Opere edili Operaio Comune	euro / h		30,97	MDO
<b>A R I P O R T A R E</b>					

Num.Ord. TARIFFA	DESCRIZIONE DELLE VOCI E DEGLI ELEMENTI	Quantità	IMPORTI		R.
			unitario	TOTALE	
	R I P O R T O				
	<p style="text-align: center;"><b><u>NOTE</u></b></p> <p>I prezzi elencati sono stati desunti dal prezzario Opere Edili ed Impiantistiche Regione Liguria Anno 2019.</p> <p>Data, 22/10/2019</p> <p style="text-align: center;"><b>Il Tecnico</b></p> <div style="text-align: center;">   </div>				
	A R I P O R T A R E				

**Comune di Genova**  
PROVINCIA DI GENOVA

**EDIFICIO SEDE MUNICIPALE SITO IN GENOVA  
PIAZZA IPPOLITO NIEVO N.1**

**INTERVENTO DI RECUPERO E CONSOLIDAMENTO FONDAZIONALE**

**PROGETTO ESECUTIVO**

**OGGETTO:** E5\_COMPUTO METRICO ESTIMATIVO

**COMMITTENTE:** COMUNE DI GENOVA

**PROGETTISTA:** Ing. ZERBINATI Marco  
Iscritto all'Ord. Ingg. di Savona n° 1630



**DATA:** 22.10.2019 REV. 02

**CODICE ELABORATO:** E5\_CME-REV02.docx



**PERSICO e ZERBINATI INGEGNERI**  
studio associato

Via del Collegio 26/7 - 17043 CARCARE (SV)  
Tel. 019 5142225 - Fax: 019 2043957  
e-mail: info@persicozerbinati.it  
p.i.: 01585080094

Num.Ord. TARIFFA	DESIGNAZIONE DEI LAVORI	DIMENSIONI				Quantità	IMPORTI	
		par.ug.	lung.	larg.	H/peso		unitario	TOTALE
	<b>RIPORTO</b>							
	<b>LAVORI A MISURA</b>							
	<b>Consolidamento fondale (SpCat 1)</b>							
1 NP 00	Esecuzione di prove propedeutiche mediante rilievo georadar allo scopo di determinare la presenza di sottoservizi interferenti con le attività di perforazione, la voce comprende la successiva restituzione grafica ed interpretazione dei dati ottenuti su supporto informatico e su supporto cartaceo. La voce comprende gli oneri di trasporto della strumentazione, allestimento in cantiere ed esecuzione delle indagini. Compreso ogni onere necessario a dare l'opera finita a perfetta regola dell'arte. Valutata a corpo. Indagini propedeutiche					1,00		
	SOMMANO a corpo					1,00	1'200,67	1'200,67
2 NP 01	Iniezione di consolidamento delle murature in pietrame anche a sacco, oppure miste in pietrame e laterizio, effettuata con miscela a base di calci idrauliche e/o resine espandenti e comunque non cementizia, a giudizio della D.L..La voce prevede tutti gli oneri necessari per l'esecuzione di iniezioni di consolidamento nella muratura fondale secondo il seguente procedimento: - preiniezione di acqua a campione su tutto il volume murario da trattare per il lavaggio dello stesso e verifica del grado di assorbimento / porosità del paramento (prove Lugeon); - esecuzione di perforazioni a rotopercolazione del diametro di circa 30-40 mm e interasse da circa 0,30 m a 0,80 m, da definirsi in sede esecutiva in base alle prove preliminari; - fissaggio e sigillatura dei condotti di iniezione di diametro 3-4 cm, inseriti per una profondità adeguata nei fori precedentemente praticati per rotopercolazione, con interasse da definirsi in fase esecutiva a seconda delle caratteristiche del muro definite in sede di esecuzione delle prove preliminari; - iniezione di miscela legante a base di calce idraulica e/o resina espansiva specifiche di tipo approvata dalla D.L., con caratteristiche di resistenza meccanica compatibili con la muratura, da iniettarsi a pressione variabile e controllata secondo l'indicazione della D.L., fino a rigurgito della miscela dai condotti limitrofi; - asportazione delle canule e sigillatura dei fori praticati per iniettare la miscela; - pulizia della parete e suo lavaggio, se necessario, prima della presa sulla superficie esterna di eventuali fuoriuscite di miscela legante; - eventuali ripristini murari delle zone d'intervento e tinteggiatura; - esecuzione di prove di controllo (tipo Lugeon) da eseguirsi al completamento delle iniezioni e maturazione della miscela iniettata. La definizione delle prove preliminari e di riscontro sarà da valutarsi in accordo con la DL e comunque in un numero non inferiore a 6+6 prove. A termine delle iniezioni dovranno altresì essere effettuati 6 carotaggi continui di diametro minimo 90-100 per l'estrazione di una carota significativa (posta circa in mezzera della muratura e a metà altezza del paramento fondale) da sottoporre a prova di compressione strumentata per la determinazione della resistenza a compressione, del modulo elastico e del coefficiente di poisson oltre che ad un'indagine visiva circa la bontà dell'intervento. Tutte le prove dovranno essere eseguite da laboratorio qualificato esterno. Le risultanze di tutte le prove diagnostiche sia pre sia post intervento dovranno essere riportate in un report e consegnate ufficialmente alla DL per la valutazione della bontà dell'intervento. Compreso ogni onere per dare l'opera finita a perfetta regola dell'arte. Valutato a metro lineare di fondazione. Muro fondale		14,55 3,65 3,50 2,00 2,80 1,78 2,90 1,80 5,65			14,55 3,65 3,50 2,00 2,80 1,78 2,90 1,80 5,65		
	<b>A RIPORTARE</b>					38,63		1'200,67

Num.Ord. TARIFFA	DESIGNAZIONE DEI LAVORI	DIMENSIONI				Quantità	IMPORTI	
		par.ug.	lung.	larg.	H/peso		unitario	TOTALE
	<b>RIPORTO</b>					38,63		1'200,67
			21,52 15,70 8,30 4,40 4,10 6,10 15,60 7,15 3,20 2,00			21,52 15,70 16,60 4,40 4,10 6,10 15,60 7,15 3,20 2,00		
	<b>SOMMANO m</b>					<b>135,00</b>	479,48	64'729,80
3 NP 02	<p>Consolidamento del terreno fondale da realizzarsi su più livelli e comunque fino ad una profondità di circa 2-2,5 mediante iniezioni di materiale polimerico espandente (o resine espandenti) solitamente utilizzate in ambito strutturale per risolvere problematiche che implicano il cedimento del piano di fondazione ed il conseguente danneggiamento di edifici e strutture. Questo metodo di consolidamento consiste nell'iniettare sotto il piano fondale speciali resine che per reazione chimica espandono il proprio volume e consolidano il terreno limitrofo. In base alle risultanze delle prove geologiche svolte, della tipologia e delle dimensioni delle fondazioni e in riferimento al quadro fessurativo delle strutture interessate, si dovrà individuare, in accordo con la DL il tipo di resina da utilizzare, le sue caratteristiche tecnico-fisiche e le modalità esecutive. La resina da impiegare sarà costituita da un formulato poliuretano espandente bicomponente a celle chiuse. A seconda dei parametri geotecnici rilevati nell'area di intervento, i dati di riferimento delle resine da impiegare dovranno essere almeno i seguenti: - Densità di 40 - 60 kg/mc in espansione libera; - Resistenza a compressione minima con espansione laterale libera pari a minimo 0,5 Mpa; - Tempo di reazione 30 secondi circa. L'uso della tecnica di consolidamento con resine espandenti dovrà conseguire almeno i seguenti risultati: - riduzione dell'indice dei vuoti indotto dall'espansione delle resine; - incremento della resistività del terreno (valore minimo atteso di capacità portante: 6 kg/cmq); - riduzione delle acque interstiziali eventualmente presenti. Le resine da impiegarsi dovranno rispettare i requisiti di compatibilità ambientale di cui alla tabella 2 del titolo V, parte IV del D.Lgs. 152/2006 e ss.mm.ii. La tecnica di consolidamento con resine espandenti prevede l'iniezione del materiale polimerico nei volumi di terreno interessati dal cedimento attraverso idonee pompe regolabili collegate a tubi di piccolo diametro inseriti direttamente nei punti di interesse progettualmente individuati. La perforazione di tali punti di intervento avverrà tramite rotoperussione di piccolo diametro (2-4 cm di diametro) e il loro passo dovrà essere definito in fase esecutiva a seguito delle risultanze ottenute dalle prime iniezioni pilota di calibrazione e potrà variare da un minimo di 0,50 m a un massimo di 1,50 m circa. L'intera strumentazione dovrà permettere, a giudizio esclusivo e contestuale della Direzione Lavori, una dinamica regolazione della quantità, della consistenza e della velocità di espansione della resina impiegata. La geometria e/o la sequenza delle iniezioni potranno essere modificate in corso d'opera secondo le chiare indicazioni della Direzione Lavori, alla risposta del terreno sottostante e le risultanze del monitoraggio strumentale del sito.</p> <p>La voce comprende altresì il monitoraggio in continuo in corso d'opera dell'edificio mediante tomografia di resistività del terreno o monitoraggio radar globale dell'edificio, o comunque secondo una metodologia accurata, definita e approvata in accordo con la DL. Sono comprese altresì l'esecuzione di almeno 4+4 (otto complessivamente) prove penetrometriche dinamiche DPM30 da svolgersi rispettivamente ante e post intervento al fine di monitorare la bontà dell'intervento effettuato. Le prove dovranno essere svolte da laboratorio qualificato terzo. Le risultanze di tutte le prove preliminari e di riscontro svolte dovranno essere riportate in un report e consegnate ufficialmente alla DL per la valutazione della bontà dell'intervento. La voce comprende eventuali opere di ripristino a cui la ditta appaltatrice dovrà far fronte in seguito a danneggiamenti alle</p>							
	<b>A RIPORTARE</b>							65'930,47

Num.Ord. TARIFFA	DESIGNAZIONE DEI LAVORI	DIMENSIONI				Quantità	IMPORTI	
		par.ug.	lung.	larg.	H/peso		unitario	TOTALE
	<b>RIPORTO</b>							65'930,47
	pavimentazioni, alle finiture e/o alle strutture presenti in seguito a espansioni troppo repentine della resina espandente. La ditta esecutrice dovrà inoltre fornire garanzia postuma decennale dell'intervento. Compreso ogni onere per dare l'opera finita a perfetta regola dell'arte. Valutato a metro lineare di consolidamento di terreno. Corpo aggiunto		21,15			21,15		
			6,50			6,50		
			2,90			2,90		
			5,45			5,45		
	Edificio principale		7,00			7,00		
		2,00	8,30			16,60		
			4,30			4,30		
			4,00			4,00		
			6,10			6,10		
			1,60			1,60		
			9,20			9,20		
			9,75			9,75		
			4,65			4,65		
			3,35			3,35		
			3,90			3,90		
			1,60			1,60		
			5,65			5,65		
			1,30			1,30		
	<b>SOMMANO m</b>					115,00	632,13	72'694,95
4 NP 03	Consolidamento del terreno fondale da realizzarsi su più livelli e comunque fino ad una profondità di circa 3-3.5 mediante iniezioni di materiale polimerico espandente (o resine espandenti) solitamente utilizzate in ambito strutturale per risolvere problematiche che implicano il cedimento del piano di fondazione ed il conseguente danneggiamento di edifici e strutture. Questo metodo di consolidamento consiste nell'iniettare sotto il piano fondale speciali resine che per reazione chimica espandono il proprio volume e consolidano il terreno limitrofo. In base alle risultanze delle prove geologiche svolte, della tipologia e delle dimensioni delle fondazioni e in riferimento al quadro fessurativo delle strutture interessate, si dovrà individuare, in accordo con la DL il tipo di resina da utilizzare, le sue caratteristiche tecnico-fisiche e le modalità esecutive. La resina da impiegare sarà costituita da un formulato poliuretano espandente bicomponente a celle chiuse. A seconda dei parametri geotecnici rilevati nell'area di intervento, i dati di riferimento delle resine da impiegare dovranno essere almeno i seguenti: - Densità di 40 - 60 kg/mc in espansione libera; - Resistenza a compressione minima con espansione laterale libera pari a minimo 0,5 Mpa; - Tempo di reazione 30 secondi circa. L'uso della tecnica di consolidamento con resine espandenti dovrà conseguire almeno i seguenti risultati: - riduzione dell'indice dei vuoti indotto dall'espansione delle resine; - incremento della resistività del terreno (valore minimo atteso di capacità portante: 6 kg/cmq); - riduzione delle acque interstiziali eventualmente presenti. Le resine da impiegarsi dovranno rispettare i requisiti di compatibilità ambientale di cui alla tabella 2 del titolo V, parte IV del D.Lgs. 152/2006 e ss.mm.ii. La tecnica di consolidamento con resine espandenti prevede l'iniezione del materiale polimerico nei volumi di terreno interessati dal cedimento attraverso idonee pompe regolabili collegate a tubi di piccolo diametro inseriti direttamente nei punti di interesse progettualmente individuati. La perforazione di tali punti di intervento avverrà tramite rotopercolazione di piccolo diametro (2-4 cm di diametro) e il loro passo dovrà essere definito in fase esecutiva a seguito delle risultanze ottenute dalle prime iniezioni pilota di calibrazione e potrà variare da un minimo di circa 0,5 m a un massimo di 1,5 m circa. L'intera strumentazione dovrà permettere, a giudizio esclusivo e contestuale della Direzione Lavori, una dinamica regolazione della quantità, della consistenza e della velocità di espansione della resina impiegata. La geometria e/o la sequenza delle iniezioni potranno essere modificate in corso d'opera secondo le chiare indicazioni della Direzione Lavori, alla risposta del terreno sottostante e le risultanze del monitoraggio strumentale del sito.							
	<b>A RIPORTARE</b>							138'625,42

Num.Ord. TARIFFA	DESIGNAZIONE DEI LAVORI	DIMENSIONI				Quantità	IMPORTI	
		par.ug.	lung.	larg.	H/peso		unitario	TOTALE
	<b>RIPORTO</b>							138'625,42
	<p>La voce comprende altresì il monitoraggio in continuo in corso d'opera dell'edificio mediante tomografia di resistività del terreno o monitoraggio radar globale dell'edificio, o comunque secondo una metodologia accurata, definita e approvata in accordo con la DL. Sono comprese altresì l'esecuzione di almeno 4+4 (otto complessivamente) prove penetrometriche dinamiche DPM30 da svolgersi rispettivamente ante e post intervento al fine di monitorare la bontà dell'intervento effettuato. Le prove dovranno essere svolte da laboratorio qualificato terzo. Le risultanze di tutte le prove preliminari e di riscontro svolte dovranno essere riportate in un report e consegnate ufficialmente alla DL per la valutazione della bontà dell'intervento. La voce comprende eventuali opere di ripristino a cui la ditta appaltatrice dovrà far fronte in seguito a danneggiamenti alle pavimentazioni, alle finiture e/o alle strutture presenti in seguito a espansioni troppo repentine della resina espandente. La ditta esecutrice dovrà inoltre fornire garanzia postuma decennale dell'intervento. Compreso ogni onere per dare l'opera finita a perfetta regola dell'arte. Valutato a metro lineare di consolidamento di terreno.</p> <p>Iniezione su tre livelli</p>		6,70 3,30 1,80 5,75 6,10 2,80 1,85 3,10 1,80 21,80			6,70 3,30 1,80 5,75 6,10 2,80 1,85 3,10 1,80 21,80		
	SOMMANO m					55,00	846,00	46'530,00
	<b>Demolizioni, smontaggi, trasporti e smaltimenti (SpCat 2)</b>							
5 NP 04	<p>Demolizione settoriale nei punti di intervento con preparazione di campionario e conservazione degli inerti di maggiore granulometria a cura del restauratore specializzato. Reintegro puntuale delle zone demolite ad avvenuto intervento di consolidamento fondazionale con miscela in granulato di marmo 6/12 mm in legante di calce idraulica. L'intervento andrà svolto da personale a dimostrata esperienza nel settore del restauro delle superfici decorate e corredato di analisi dei materiali e schede tecniche dei leganti da impiegarsi. Sono compresi gli oneri relativi alla fornitura degli inerti di adeguata fattura, misura e colore, i leganti, la posa e ogni altro onere necessario a dare l'opera finita a perfetta regola dell'arte. Valutato a metro quadrato di superficie da demolire.</p> <p>Ala est</p>		6,85 5,05 5,31 2,80 1,42	0,400 0,400 0,400 0,400 1,410		2,74 2,02 2,12 1,12 2,00		
	Rigonfiamento							
	SOMMANO mq					10,00	155,46	1'554,60
6 NP 05	<p>Smontaggio parziale, eseguito con cura e completamente a mano di pavimentazione in piastrelle di marmo, compreso il recupero del materiale da riutilizzare e accatastamento dello stesso nell'ambito del cantiere, compresa al pulitura delle piastrelle da conservare da residui di malta</p> <p>. Valutato a metro quadrato di superficie da rimuovere.</p> <p>Soglie in marmo interna</p> <p>Soglie in marmo esterna</p> <p>Graniglia rosa corridoio ala est</p> <p>Graniglia rosa locali ala ovest</p>		4,00 2,50 4,20 4,00 3,30 2,07 3,00	1,000 0,500 1,000 1,800 0,500 0,500 0,500		4,00 1,25 4,20 7,20 1,65 1,04 1,50		
	<b>A RIPORTARE</b>					20,84		186'710,02

Num.Ord. TARIFFA	DESIGNAZIONE DEI LAVORI	DIMENSIONI				Quantità	IMPORTI	
		par.ug.	lung.	larg.	H/peso		unitario	TOTALE
	<b>RIPORTO</b>					20,84		186710,02
	SOMMANO mq					20,84	130,76	2725,04
7 25.A05.B10. 020	Demolizione di pavimenti ad elementi (piastrelle, lastre, ecc) compreso il sottofondo Demolizioni totali pavimentazioni locali igienici senza recupero		1,40	1,280		1,79		
			1,00	0,300		0,30		
			2,33	1,650		3,84		
		4,00	1,40	0,300		1,68		
			1,37	1,350		1,85		
			1,00	0,300		0,30		
			0,87	1,350		1,17		
			3,25	2,620		8,52		
			1,28	1,480		1,89		
			1,28	2,380		3,05		
	Demolizione fascia perimetrale corridio verso ala ovest	2,00	7,34	0,300		4,40		
		2,00	1,34	0,550		1,47		
			1,20	0,560		0,67		
			1,15	1,360		1,56		
	Demolizione fascia perimetrale locale su ampliamento		12,23	0,400		4,89		
		4,00	1,13	0,400		1,81		
			4,38	0,400		1,75		
			1,50	0,450		0,68		
			1,30	2,900		3,77		
			12,23	0,400		4,89		
	Demolizione fascia perimetrale esterna lungo prospetto ovest		13,40	0,300		4,02		
	SOMMANO m²					54,30	18,74	1017,58
8 20.A15.B10. 010	Trasporto a discarica o a centro di riciclaggio di materiali di risulta provenienti da scavi e/o demolizioni, misurato su autocarro in partenza, esclusi gli eventuali oneri di discarica o smaltimento, eseguito con piccolo mezzo di trasporto con capacità di carico fino a 3 t. per ogni chilometro del tratto entro i primi 5 km. Demolizione pavimenti *(par.ug.=54,3*0,1) Perforazioni	5,43			5,000	27,15		
		1,50			5,000	7,50		
	SOMMANO m³km					34,65	6,88	238,39
9 20.A15.B10. 015	Trasporto a discarica o a centro di riciclaggio di materiali di risulta provenienti da scavi e/o demolizioni, misurato su autocarro in partenza, esclusi gli eventuali oneri di discarica o smaltimento, eseguito con piccolo mezzo di trasporto con capacità di carico fino a 3 t. per ogni chilometro del tratto oltre i primi 5 km e fino al decimo km. Demolizione pavimenti *(par.ug.=54,3*0,1) Perforazioni	5,43			5,000	27,15		
		1,50			5,000	7,50		
	SOMMANO m³km					34,65	5,30	183,65
10 20.A15.B10. 020	Trasporto a discarica o a centro di riciclaggio di materiali di risulta provenienti da scavi e/o demolizioni, misurato su autocarro in partenza, esclusi gli eventuali oneri di discarica o smaltimento, eseguito con piccolo mezzo di trasporto con capacità di carico fino a 3 t. per ogni chilometro del tratto oltre i primi 10 km e fino al trentesimo km. Demolizione pavimenti *(par.ug.=54,3*0,1) Perforazioni	5,43			17,000	92,31		
		1,50			17,000	25,50		
	SOMMANO m³km					117,81	4,77	561,95
11 20.A07.A01. 010	Analisi chimica dei materiali di risulta da demolizioni o da scavi ai sensi del DM 186/2006 ai fini del corretto smaltimento in appositi siti. costo medio per cadauna analisi relative a: terre da scavo, detriti							
	<b>A RIPORTARE</b>							191'436,63

Num.Ord. TARIFFA	DESIGNAZIONE DEI LAVORI	DIMENSIONI				Quantità	IMPORTI	
		par.ug.	lung.	larg.	H/peso		unitario	TOTALE
	<b>RIPORTO</b>							191'436,63
	da demolizioni, da pavimentazioni, da controsoffitti, da materiali isolanti, da impermeabilizzanti, da amianto e quant'altro. Analisi chimica					2,00		
	SOMMANO cad					2,00	350,00	700,00
12 Prezziario R.L.	Oneri di discarica secondo il prezziario Regione Liguria 2019 - Discarica 'Colle ecologico srl' di Uscio (GE)	5,43			1,500	8,15		
	Demolizione pavimenti *(par.ug.=54,3*0,1)	1,50			1,700	2,55		
	Perforazioni							
	Deposito in discarica							
	SOMMANO t					10,70	10,00	107,00
	<b>Riprisitini (SpCat 3)</b>							
13 90.D40.A15. 015	Sola posa di pavimentazioni di recupero in elementi precedentemente smontati e ripuliti previa formazione di strato di posa in malta di calce idraulica naturale, questa inclusa, compresa la stuccatura dei giunti con malta fine nonché la pulitura finale, esclusi i trattamenti protettivi, esclusa la formazione di nuovo sottofondo. Pavimento in ardesia o marmo							
	Soglie in marmo interna		4,00	1,000		4,00		
			2,50	0,500		1,25		
	Soglie in marmo esterna		4,20	1,000		4,20		
	Graniglia rosa locali ala ovest		3,30	0,500		1,65		
			2,07	0,500		1,04		
		3,00	1,00	0,500		1,50		
	SOMMANO m²					13,64	65,32	890,96
14 25.A66.d10.0 10	Levigatura e lucidatura pavimenti Levigatura e lucidatura pavimenti graniglia/marmo (tipo a piombo)		6,00	6,100		36,60		
	Levigatura finale dell'intera pavimentazione in marmette e seminato		7,62	5,460		41,61		
			5,43	4,000		21,72		
	SOMMANO m²					99,93	60,72	6'067,75
15 PR.A20.A50. 015	Piastrelle di gres porcellanato, tinta unita, colori chiari o intermedi, spessore 8 mm, finitura antisdrucchiolo dimensioni cm 10x10 20x20 30x30.		1,40	1,280		1,79		
	Pavimentazioni locali igienici		1,00	0,300		0,30		
			2,33	1,650		3,84		
		4,00	1,40	0,300		1,68		
			1,37	1,350		1,85		
			1,00	0,300		0,30		
			0,87	1,350		1,17		
			3,25	2,620		8,52		
			1,28	1,480		1,89		
			1,28	2,380		3,05		
	Fascia perimetrale corrodio verso ala ovest	2,00	7,34	0,300		4,40		
		2,00	1,34	0,550		1,47		
			1,20	0,560		0,67		
			1,15	1,360		1,56		
	Fascia perimetrale locale su ampliamento		12,23	0,400		4,89		
		4,00	1,13	0,400		1,81		
			4,38	0,400		1,75		
			1,50	0,450		0,68		
			1,30	2,900		3,77		
			12,23	0,400		4,89		
	Fascia perimetrale esterna lungo prospetto ovest		13,40	0,300		4,02		
	SOMMANO m²					54,30	31,01	1'683,84
	<b>A RIPORTARE</b>							200'886,18

Num.Ord. TARIFFA	DESIGNAZIONE DEI LAVORI	DIMENSIONI				Quantità	IMPORTI	
		par.ug.	lung.	larg.	H/peso		unitario	TOTALE
	<b>RIPORTO</b>							200'886,18
16 25.A66.C10. 040	Solo posa in opera di pavimento in piastrelle di cotto, grès rosso, grès porcellanato, klinker, con adesivo cementizio classe C2E, tipo di fuga "a giunto unito", inclusa la sigillatura dei giunti con apposito stucco cementizio. Pavimentazioni locali igienici		1,40	1,280		1,79		
			1,00	0,300		0,30		
			2,33	1,650		3,84		
		4,00	1,40	0,300		1,68		
			1,37	1,350		1,85		
			1,00	0,300		0,30		
			0,87	1,350		1,17		
			3,25	2,620		8,52		
			1,28	1,480		1,89		
			1,28	2,380		3,05		
	Fascia perimetrale corridio verso ala ovest	2,00	7,34	0,300		4,40		
		2,00	1,34	0,550		1,47		
			1,20	0,560		0,67		
			1,15	1,360		1,56		
	Fascia perimetrale locale su ampliamento		12,23	0,400		4,89		
		4,00	1,13	0,400		1,81		
			4,38	0,400		1,75		
			1,50	0,450		0,68		
			1,30	2,900		3,77		
			12,23	0,400		4,89		
	Fascia perimetrale esterna lungo prospetto ovest		13,40	0,300		4,02		
	Graniglia rosa corridoio ala est		4,11	1,800		7,40		
	SOMMANO m²					61,70	25,16	1'552,37
17 90.D40.A05. 020	Restauro di pavimenti in piastrelle, mattoni o lastre di marmo o ardesia: sostituzione delle parti ammalorate (lastre in marmo o ardesia o pietra) compresa la stuccatura ed esclusa la fornitura del materiale Risanamento piastrelle cementizie lato piazza Nieve Ripristino pavimentazione in pietra a spacco interno cortile		18,00	0,400		7,20		
			24,00	0,400		9,60		
	SOMMANO m²					16,80	96,26	1'617,17
	<b>Parziale LAVORI A MISURA euro</b>							204'055,72
	<b>TOTALE euro</b>							204'055,72
	<b>A RIPORTARE</b>							



Num.Ord. TARIFFA	DESIGNAZIONE DEI LAVORI	IMPORTI	
		TOTALE	incid. %
	RIPORTO		
	<p><b>NOTE</b></p> <p>Il presente computo metrico estimativo è stato redatto impiegando il prezzario Opere Edili ed impiantistiche Regione Liguria Anno 2019.</p> <p>Data, 22/10/2019</p> <p style="text-align: center;"><b>Il Tecnico</b></p> <div style="text-align: center;">   </div>		
	A RIPORTARE		

**Comune di Genova**  
PROVINCIA DI GENOVA

**EDIFICIO SEDE MUNICIPALE SITO IN GENOVA  
PIAZZA IPPOLITO NIEVO N.1**

**INTERVENTO DI RECUPERO E CONSOLIDAMENTO FONDAZIONALE**

**PROGETTO ESECUTIVO**

**OGGETTO:** E8\_QUADRO INCIDENZA MANO D'OPERA

**COMMITTENTE:** COMUNE DI GENOVA

**PROGETTISTA:** Ing. ZERBINATI Marco  
Iscritto all'Ord. Ingg. di Savona n° 1630



**DATA:** 22.10.2019 REV. 02

**CODICE ELABORATO:** E6\_QIMO-REV02.docx



Num.Ord. TARIFFA	INDICAZIONE DEI LAVORI E DELLE SOMMINISTRAZIONI	Quantità	I M P O R T I		COSTO Manodopera	incid. %
			unitario	TOTALE		
<b>R I P O R T O</b>						
<b><u>LAVORI A MISURA</u></b>						
1 20.A07.A01. 010	Analisi chimica dei materiali di risulta da demolizioni o da scavi ai sensi del DM 186/2006 ai fini del corretto smaltimento in appositi siti. costo medio per cadauna analisi relative a: terre da scavo, detriti da demolizioni, da pavimentazioni, da controsoffitti, da materiali isolanti, da impermeabilizzanti, da amianto e quant'altro.  SOMMANO cad	2,00	350,00	700,00	0,00	
2 20.A15.B10. 010	Trasporto a discarica o a centro di riciclaggio di materiali di risulta provenienti da scavi e/o demolizioni, misurato su autocarro in partenza, esclusi gli eventuali oneri di discarica o smaltimento, eseguito con piccolo mezzo di trasporto con capacità di carico fino a 3 t. per ogni chilometro del tratto entro i primi 5 km.  SOMMANO m³km	34,65	6,88	238,39	168,28	70,590
3 20.A15.B10. 015	Trasporto a discarica o a centro di riciclaggio di materiali di risulta provenienti da scavi e/o demolizioni, misurato su autocarro in partenza, esclusi gli eventuali oneri di discarica o smaltimento, eseguito con piccolo mezzo di trasporto con capacità di carico fino a 3 t. per ogni chilometro del tratto oltre i primi 5 km e fino al decimo km.  SOMMANO m³km	34,65	5,30	183,65	129,64	70,590
4 20.A15.B10. 020	Trasporto a discarica o a centro di riciclaggio di materiali di risulta provenienti da scavi e/o demolizioni, misurato su autocarro in partenza, esclusi gli eventuali oneri di discarica o smaltimento, eseguito con piccolo mezzo di trasporto con capacità di carico fino a 3 t. per ogni chilometro del tratto oltre i primi 10 km e fino al trentesimo km.  SOMMANO m³km	117,81	4,77	561,95	396,68	70,590
5 25.A05.B10. 020	Demolizione di pavimenti ad elementi (piastrelle, lastre, ecc) compreso il sottofondo  SOMMANO m²	54,30	18,74	1'017,58	1'012,90	99,540
6 25.A66.C10. 040	Solo posa in opera di pavimento in piastrelle di cotto, grès rosso, grès porcellanato, klinker, con adesivo cementizio classe C2E, tipo di fuga "a giunto unito", inclusa la sigillatura dei giunti con apposito stucco cementizio.  SOMMANO m²	61,70	25,16	1'552,37	1'439,51	92,730
7 25.A66.d10.0 10	Levigatura e lucidatura pavimenti Levigatura e lucidatura pavimenti graniglia/marmo (tipo a piombo)  SOMMANO m²	99,93	60,72	6'067,75	0,00	
8 90.D40.A05. 020	Restauro di pavimenti in piastrelle, mattoni o lastre di marmo o ardesia: sostituzione delle parti ammalorate (lastre in marmo o ardesia o pietra) compresa la stuccatura ed esclusa la fornitura del materiale  SOMMANO m²	16,80	96,26	1'617,17	1'537,60	95,080
9 90.D40.A15. 015	Sola posa di pavimentazioni di recupero in elementi precedentemente smontati e ripuliti previa formazione di strato di posa in malta di calce idraulica naturale, questa inclusa, compresa la stuccatura dei giunti con malta fine nonchè la pulitura finale, esclusi i trattamenti protettivi, esclusa la formazione di nuovo sottofondo. Pavimento in ardesia o marmo  SOMMANO m²	13,64	65,32	890,96	445,84	50,040
10 NP 00	Esecuzione di prove propedeutiche mediante rilievo georadar allo scopo di determinare la presenza di sottoservizi interferenti con le attività di perforazione, la voce comprende la successiva restituzione grafica ed interpretazione dei dati ottenuti su supporto informatico e su supporto cartaceo. La voce comprende gli oneri di trasporto della strumentazione, allestimento in cantiere ed esecuzione delle indagini. Compreso ogni onere necessario a dare l'opera finita a perfetta regola dell'arte. Valutata a corpo  SOMMANO a corpo	1,00	1'200,67	1'200,67	0,00	
11 NP 01	Iniezione di consolidamento delle murature in pietrame anche a sacco, oppure miste in pietrame e laterizio, effettuata con miscela a base di calci idrauliche e/o resine espandenti e comunque non cementizia, a giudizio della D.L..La voce prevede tutti gli oneri necessari per l'esecuzione di iniezioni di consolidamneot nella muratura fondale secondo il seguente procedimento: - preiniezione di acqua a campione su tutto il volume murario da trattare per il lavaggio dello stesso e verifica del grado di assorbimento / porosità del paramento (prove Lugeon); - esecuzione di perforazioni a rotopercolazione del diametro di circa 30-40 mm e interasse da circa 0,30 m a 0,80 m, da definirsi in sede esecutiva in base alle prove preliminari; - fissaggio e sigillatura dei					
<b>A R I P O R T A R E</b>				14'030,49	5'130,45	

Num.Ord. TARIFFA	INDICAZIONE DEI LAVORI E DELLE SOMMINISTRAZIONI	Quantità	IMPORTI		COSTO Manodopera	incid. %	
			unitario	TOTALE			
	<b>R I P O R T O</b>			14'030,49	5'130,45		
	condotti di iniezione di diametro 3-4 cm, inseriti per una profondità adeguata nei fori precedentemente praticati per rotoperussione, con interasse da definirsi in fase esecutiva a seconda delle caratteristiche del muro definite in sede di esecuzione delle prove preliminari; - iniezione di miscela legante a base di calce idraulica e/o resina espansiva specifiche di tipo approvata dalla D.L., con caratteristiche di resistenza meccanica compatibili con la muratura, da iniettarsi a pressione variabile e controllata secondo l'indicazione della D.L., fino a rigurgito della miscela dai condotti limitrofi; - asportazione delle canule e sigillatura dei fori praticati per iniettare la miscela; - pulizia della parete e suo lavaggio, se necessario, prima della presa sulla superficie esterna di eventuali fuoriuscite di miscela legante; - eventuali ripristini murari delle zone d'intervento e tinteggiatura; - esecuzione di prove di controllo (tipo Lugeon) da eseguirsi al completamento delle iniezioni e maturazione della miscela iniettata. La definizione delle prove preliminari e di riscontro sarà da valutarsi in accordo con la DL e comunque in un numero non inferiore a 6+6 prove. A termine delle iniezioni dovranno altresì essere effettuati 6 carotaggi continui di diametro minimo 90-100 per l'estrazione di una carota significativa (posta circa in mezz'ora della muratura e a metà altezza del paramento fondale) da sottoporre a prova di compressione strumentata per la determinazione della resistenza a compressione, del modulo elastico e del coefficiente di poisson oltre che ad un'indagine visiva circa la bontà dell'intervento. Tutte le prove dovranno essere eseguite da laboratorio qualificato esterno. Le risultanze di tutte le prove diagnostiche sia pre sia post intervento dovranno essere riportate in un report e consegnate ufficialmente alla DL per la valutazione della bontà dell'intervento. Compreso ogni onere per dare l'opera finita a perfetta regola dell'arte. Valutato a metro lineare di fondazione.	SOMMANO m	135,00	479,48	64'729,80	14'739,30	22,771
12 NP 02	<p>Consolidamento del terreno fondale da realizzarsi su più livelli e comunque fino ad una profondità di circa 2-2,5 mediante iniezioni di materiale polimerico espandente (o resine espandenti) solitamente utilizzate in ambito strutturale per risolvere problematiche che implicano il cedimento del piano di fondazione ed il conseguente danneggiamento di edifici e strutture. Questo metodo di consolidamento consiste nell'iniettare sotto il piano fondale speciali resine che per reazione chimica espandono il proprio volume e consolidano il terreno limitrofo. In base alle risultanze delle prove geologiche svolte, della tipologia e delle dimensioni delle fondazioni e in riferimento al quadro fessurativo delle strutture interessate, si dovrà individuare, in accordo con la DL il tipo di resina da utilizzare, le sue caratteristiche tecnico-fisiche e le modalità esecutive. La resina da impiegare sarà costituita da un formulato poliuretano espandente bicomponente a celle chiuse. A seconda dei parametri geotecnici rilevati nell'area di intervento, i dati di riferimento delle resine da impiegare dovranno essere almeno i seguenti: - Densità di 40 - 60 kg/mc in espansione libera; - Resistenza a compressione minima con espansione laterale libera pari a minimo 0,5 Mpa; - Tempo di reazione 30 secondi circa. L'uso della tecnica di consolidamento con resine espandenti dovrà conseguire almeno i seguenti risultati: - riduzione dell'indice dei vuoti indotto dall'espansione delle resine; - incremento della resistività del terreno (valore minimo atteso di capacità portante: 6 kg/cmq); - riduzione delle acque interstiziali eventualmente presenti. Le resine da impiegarsi dovranno rispettare i requisiti di compatibilità ambientale di cui alla tabella 2 del titolo V, parte IV del D.Lgs. 152/2006 e ss.mm.ii. La tecnica di consolidamento con resine espandenti prevede l'iniezione del materiale polimerico nei volumi di terreno interessati dal cedimento attraverso idonee pompe regolabili collegate a tubi di piccolo diametro inseriti direttamente nei punti di interesse progettualmente individuati. La perforazione di tali punti di intervento avverrà tramite rotoperussione di piccolo diametro (2-4 cm di diametro) e il loro passo dovrà essere definito in fase esecutiva a seguito delle risultanze ottenute dalle prime iniezioni pilota di calibrazione e potrà variare da un minimo di 0,50 m a un massimo di 1,50 m circa. L'intera strumentazione dovrà permettere, a giudizio esclusivo e contestuale della Direzione Lavori, una dinamica regolazione della quantità, della consistenza e della velocità di espansione della resina impiegata. La geometria e/o la sequenza delle iniezioni potranno essere modificate in corso d'opera secondo le chiare indicazioni della Direzione Lavori, alla risposta del terreno sottostante e le risultanze del monitoraggio strumentale del sito.</p> <p>La voce comprende altresì il monitoraggio in continuo in corso d'opera dell'edificio mediante tomografia di resistività del terreno o monitoraggio radar globale dell'edificio, o comunque secondo una metodologia accurata, definita e approvata in accordo con la DL. Sono comprese altresì l'esecuzione di almeno 4+4 (otto complessivamente) prove penetrometriche dinamiche DPM30 da svolgersi rispettivamente ante e post intervento al fine di monitorare la bontà dell'intervento effettuato. Le prove dovranno essere svolte da laboratorio qualificato terzo. Le risultanze di tutte le prove preliminari e di riscontro svolte dovranno essere riportate in un report e consegnate ufficialmente alla DL per la valutazione della bontà dell'intervento. La voce comprende eventuali opere di ripristino a cui la ditta appaltatrice dovrà far fronte in seguito a danneggiamenti alle</p>						
	<b>A R I P O R T A R E</b>				78'760,29	19'869,75	

Num.Ord. TARIFFA	INDICAZIONE DEI LAVORI E DELLE SOMMINISTRAZIONI	Quantità	IMPORTI		COSTO Manodopera	incid. %
			unitario	TOTALE		
	<b>R I P O R T O</b>			78'760,29	19'869,75	
13 NP 03	<p>pavimentazioni, alle finiture e/o alle strutture presenti in seguito a espansioni troppo repentine della resina espandente. La ditta esecutrice dovrà inoltre fornire garanzia postuma decennale dell'intervento. Compreso ogni onere per dare l'opera finita a perfetta regola dell'arte. Valutato a metro lineare di consolidamento di terreno.</p> <p style="text-align: right;">SOMMANO m</p> <p>Consolidamento del terreno fondale da realizzarsi su più livelli e comunque fino ad una profondità di circa 3-3.5 mediante iniezioni di materiale polimerico espandente (o resine espandenti) solitamente utilizzate in ambito strutturale per risolvere problematiche che implicano il cedimento del piano di fondazione ed il conseguente danneggiamento di edifici e strutture. Questo metodo di consolidamento consiste nell'iniettare sotto il piano fondale speciali resine che per reazione chimica espandono il proprio volume e consolidano il terreno limitrofo. In base alle risultanze delle prove geologiche svolte, della tipologia e delle dimensioni delle fondazioni e in riferimento al quadro fessurativo delle strutture interessate, si dovrà individuare, in accordo con la DL il tipo di resina da utilizzare, le sue caratteristiche tecnico-fisiche e le modalità esecutive. La resina da impiegare sarà costituita da un formulato poliuretano espandente bicomponente a celle chiuse. A seconda dei parametri geotecnici rilevati nell'area di intervento, i dati di riferimento delle resine da impiegare dovranno essere almeno i seguenti: - Densità di 40 - 60 kg/mc in espansione libera; - Resistenza a compressione minima con espansione laterale libera pari a minimo 0,5 Mpa; - Tempo di reazione 30 secondi circa. L'uso della tecnica di consolidamento con resine espandenti dovrà conseguire almeno i seguenti risultati: - riduzione dell'indice dei vuoti indotto dall'espansione delle resine; - incremento della resistività del terreno (valore minimo atteso di capacità portante: 6 kg/cmq); - riduzione delle acque interstiziali eventualmente presenti. Le resine da impiegarsi dovranno rispettare i requisiti di compatibilità ambientale di cui alla tabella 2 del titolo V, parte IV del D.Lgs. 152/2006 e ss.mm.ii. La tecnica di consolidamento con resine espandenti prevede l'iniezione del materiale polimerico nei volumi di terreno interessati dal cedimento attraverso idonee pompe regolabili collegate a tubi di piccolo diametro inseriti direttamente nei punti di interesse progettualmente individuati. La perforazione di tali punti di intervento avverrà tramite rotopercolazione di piccolo diametro (2-4 cm di diametro) e il loro passo dovrà essere definito in fase esecutiva a seguito delle risultanze ottenute dalle prime iniezioni pilota di calibrazione e potrà variare da un minimo di circa 0,5 m a un massimo di 1,5 m circa. L'intera strumentazione dovrà permettere, a giudizio esclusivo e contestuale della Direzione Lavori, una dinamica regolazione della quantità, della consistenza e della velocità di espansione della resina impiegata. La geometria e/o la sequenza delle iniezioni potranno essere modificate in corso d'opera secondo le chiare indicazioni della Direzione Lavori, alla risposta del terreno sottostante e le risultanze del monitoraggio strumentale del sito.</p> <p>La voce comprende altresì il monitoraggio in continuo in corso d'opera dell'edificio mediante tomografia di resistività del terreno o monitoraggio radar globale dell'edificio, o comunque secondo una metodologia accurata, definita e approvata in accordo con la DL. Sono comprese altresì l'esecuzione di almeno 4+4 (otto complessivamente) prove penetrometriche dinamiche DPM30 da svolgersi rispettivamente ante e post intervento al fine di monitorare la bontà dell'intervento effettuato. Le prove dovranno essere svolte da laboratorio qualificato terzo. Le risultanze di tutte le prove preliminari e di riscontro svolte dovranno essere riportate in un report e consegnate ufficialmente alla DL per la valutazione della bontà dell'intervento. La voce comprende eventuali opere di ripristino a cui la ditta appaltatrice dovrà far fronte in seguito a danneggiamenti alle pavimentazioni, alle finiture e/o alle strutture presenti in seguito a espansioni troppo repentine della resina espandente. La ditta esecutrice dovrà inoltre fornire garanzia postuma decennale dell'intervento. Compreso ogni onere per dare l'opera finita a perfetta regola dell'arte. Valutato a metro lineare di consolidamento di terreno.</p> <p style="text-align: right;">SOMMANO m</p>	115,00	632,13	72'694,95	12'503,95	17,201
14 NP 04	<p>Demolizione settoriale nei punti di intervento con preparazione di campionario e conservazione degli inerti di maggiore granulometria a cura del restauratore specializzato. Reintegro puntuale delle zone demolite ad avvenuto intervento di consolidamento fondazionale con miscela in granulato di marmo 6/12 mm in legante di calce idraulica. L'intervento andrà svolto da personale a dimostrata esperienza nel settore del restauro delle superfici decorate e corredato di analisi dei materiali e schede tecniche dei leganti da impiegarsi. Sono compresi gli oneri relativi alla fornitura degli inerti di adeguata fattura, misura e colore, i leganti, la posa e ogni altro onere necessario a dare l'opera finita a perfetta regola dell'arte. Valutato a metro quadrato di superficie da demolire.</p> <p style="text-align: right;">SOMMANO mq</p>	55,00	846,00	46'530,00	7'475,60	16,066
15 NP 05	<p>Smontaggio parziale, eseguito con cura e completamente a mano di pavimentazione in piastrelle di marmo, compreso il recupero del materiale da riutilizzare e accatastamento</p>	10,00	155,46	1'554,60	1'178,10	75,782
	<b>A R I P O R T A R E</b>			199'539,84	41'027,40	

Num.Ord. TARIFFA	INDICAZIONE DEI LAVORI E DELLE SOMMINISTRAZIONI	Quantità	I M P O R T I		COSTO Manodopera	incid. %	
			unitario	TOTALE			
	<b>R I P O R T O</b>			199'539,84	41'027,40		
	dello stesso nell'ambito del cantiere, compresa al pulitura delle piastrelle da conservare da residui di malta . Valutato a metro quadrato di superficie da rimuovere.	SOMMANO mq	20,84	130,76	2'725,04	2'172,99	79,742
16 PR.A20.A50. 015	Piastrelle di gres porcellanato, tinta unita, colori chiari o intermedi, spessore 8 mm, finitura antidrucciolo dimensioni cm 10x10 20x20 30x30.	SOMMANO m²	54,30	31,01	1'683,84	0,00	
17 Prezziario R.L.	Oneri di discarica secondo il prezziario Regione Liguria 2019 - Discarica 'Colle ecologico srl' di Uscio (GE)	SOMMANO t	10,70	10,00	107,00	0,00	
	<b>Parziale LAVORI A MISURA euro</b>			204'055,72	43'200,39	21,171	
	<b>T O T A L E euro</b>			204'055,72	43'200,39	21,171	
	<b>A R I P O R T A R E</b>						

Num.Ord. TARIFFA	INDICAZIONE DEI LAVORI E DELLE SOMMINISTRAZIONI	IMPOR TI	COSTO Manodopera	incid. %
		TOTALE		
	R I P O R T O			
	<b><u>Riepilogo SUPER CATEGORIE</u></b>			
001	Consolidamento fondale	185'155,42	34'718,85	18,751
002	Demolizioni, smontaggi, trasporti e smaltimenti	7'088,21	5'058,59	71,366
003	Riprisitini	11'812,09	3'422,95	28,978
	<b>Totale SUPER CATEGORIE euro</b>	<b>204'055,72</b>	<b>43'200,39</b>	<b>21,171</b>
	A R I P O R T A R E			

Num.Ord. TARIFFA	INDICAZIONE DEI LAVORI E DELLE SOMMINISTRAZIONI	IMPORTI	COSTO Manodopera	incid. %
		TOTALE		
	RIPORTO			
	<b><u>Riepilogo Strutturale CATEGORIE</u></b>			
M	<b>LAVORI A MISURA euro</b>	204'055,72	43'200,39	21,171
M:001	Consolidamento fondale euro	185'155,42	34'718,85	18,751
M:002	Demolizioni, smontaggi, trasporti e smaltimenti euro	7'088,21	5'058,59	71,366
M:003	Riprisitini euro	11'812,09	3'422,95	28,978
	<b>TOTALE euro</b>	204'055,72	43'200,39	21,171
	A RIPORTARE			

Num.Ord. TARIFFA	INDICAZIONE DEI LAVORI E DELLE SOMMINISTRAZIONI	IMPORTI	COSTO Manodopera	incid. %
		TOTALE		
		RIPORTO		
	<p style="text-align: center;"><b>NOTE</b></p> <p>I prezzi elencati sono stati desunti dal prezzario Opere Edili ed Impiantistiche Regione Liguria Anno 2019.</p> <p>Data, 22/10/2019</p> <p style="text-align: center;"><b>Il Tecnico</b></p> <div style="text-align: center;"></div>			
		A RIPORTARE		

**Comune di Genova**  
PROVINCIA DI GENOVA

**EDIFICIO SEDE MUNICIPALE SITO IN GENOVA  
PIAZZA IPPOLITO NIEVO N.1**

**INTERVENTO DI RECUPERO E CONSOLIDAMENTO FONDAZIONALE**

**PROGETTO ESECUTIVO**

**OGGETTO:** E7\_PIANO DI SICUREZZA E COORDINAMENTO

**COMMITTENTE:** COMUNE DI GENOVA

**PROGETTISTA:** Ing. ZERBINATI Marco  
Iscritto all'Ord. Ingg. di Savona n° 1630

**DATA:** 01.08.2019 REV. 00

**CODICE ELABORATO:** E7\_PSC.docx



**INDICE REVISIONI**

<b>REVISIONE</b>	<b>DATA</b>	<b>DESCRIZIONE</b>
00	01.08.2019	Emissione

## SOMMARIO

<b>INDICE REVISIONI</b> .....	<b>2</b>
<b>1 INTRODUZIONE</b> .....	<b>6</b>
1.1 ABBREVIAZIONI ADOTTATE	6
<b>2 IDENTIFICAZIONE E DESCRIZIONE DELL'OPERA</b> .....	<b>7</b>
2.1 INDIRIZZO DEL CANTIERE	7
2.2 DATI CARATTERISTICI DELL'AREA D'INTERVENTO	7
2.2.1 <i>Inquadramento generale</i> .....	7
2.2.2 <i>Sismicità della zona</i> .....	7
2.2.3 <i>Sottoservizi e reti dei gestori</i> .....	7
2.2.4 <i>Informazioni climatiche</i> .....	8
2.3 DESCRIZIONE DEL CONTESTO	8
2.4 DESCRIZIONE INTERVENTI	13
2.4.1 <i>Consolidamento muratura fondale</i> .....	13
2.4.2 <i>Consolidamento substrato terreno</i> .....	14
2.4.3 <i>Ripristino pavimentazione perimetrale</i> .....	15
<b>3 IDENTIFICAZIONE DEI SOGGETTI COINVOLTI CON COMPITI DI SICUREZZA</b> .....	<b>16</b>
3.1 NUMERI DI TELEFONO UTILI	16
<b>4 RELAZIONE SULL'INDIVIDUAZIONE, L'ANALISI E LA VALUTAZIONE DEI RISCHI CONCRETI</b>	<b>17</b>
4.1 INDIVIDUAZIONE DEI RISCHI RIFERITI AL CONTESTO DEL CANTIERE	17
4.2 INDIVIDUAZIONE DELLE FASI OPERATIVE	17
4.3 INDIVIDUAZIONE DEI RISCHI AGGIUNTIVI RIFERITI ALLE LAVORAZIONI PREVISTE	18
<b>5 SCELTE PROGETTUALI ED ORGANIZZATIVE, PROCEDURE, MISURE PREVENTIVE E PROTETTIVE</b> .....	<b>20</b>
5.1 MISURE GENERALI CONTRO IL RISCHIO D'INTERAZIONE CON LE ATTIVITA' PUBBLICHE DI UFFICIO	20
5.1.1 <i>Procedura di coordinamento specifico</i> .....	20
5.1.2 <i>Coordinamento generale preliminare</i> .....	21
5.2 MISURE GENERALI CONTRO IL RISCHIO D'INTERAZIONE CON ALTRE IMPRESE	21
5.2.1 <i>Procedura di coordinamento specifico</i> .....	21
5.2.2 <i>Coordinamento generale preliminare</i> .....	22
5.3 MISURE GENERALI CONTRO IL RISCHIO D'ESPOSIZIONI ALLA POLVERE	22
5.4 RISCHIO D'ESPOSIZIONE AL RUMORE	23
5.5 MISURE GENERALI CONTRO I RISCHI DERIVANTI DA ELETTROCUZIONE	23
5.6 RISCHI CHE LE LAVORAZIONI DI CANTIERE POSSONO ARRECARRE ALL'AMBIENTE CIRCOSTANTE	24
5.6.1 <i>Emissioni di rumore</i> .....	24
5.6.2 <i>Emissioni di polveri</i> .....	24
5.6.3 <i>Presenza di scuole e/o edifici particolari nelle zone limitrofe</i> .....	24
5.6.4 <i>Interferenze con la viabilità ordinaria</i> .....	25

<b>6</b>	<b>MISURE GENERALI E NORMATIVE DI RIFERIMENTO.....</b>	<b>26</b>
6.1.1	Misure generali e normative sui dispositivi di protezione individuale (DPI).....	26
6.1.2	Misure generali e normative contro scivolamenti, cadute a livello, urti, colpi, impatti	26
6.1.3	Misure generali e normative relative alla movimentazione manuale dei carichi	27
6.1.4	Misure generali e normative contro il rischio elettrico.....	27
<b>7</b>	<b>ORGANIZZAZIONE DEL CANTIERE.....</b>	<b>30</b>
7.1	MODALITÀ DA SEGUIRE PER LA RECINZIONE, GLI ACCESSI, LE SEGNALAZIONI	30
7.1.1	Segnalazione del cantiere.....	30
7.1.2	Recinzioni ed accessi.....	30
7.2	SERVIZI IGIENICO ASSISTENZIALI	30
7.3	VIABILITÀ PRINCIPALE DI CANTIERE	30
7.4	IMPIANTI DI ALIMENTAZIONE E RETI PRINCIPALI	31
7.4.1	Impianti elettrici.....	31
7.4.2	Impianti idrici.....	31
7.4.3	Impianti elettrici di messa a terra e dispositivi di protezione contro le scariche atmosferiche.....	31
7.5	DISPOSIZIONI PER DARE ATTUAZIONE ALLA CONSULTAZIONE DEI RAPPRESENTANTI PER LA SICUREZZA	31
7.6	INSTALLAZIONE ED ESERCIZIO DELLE MACCHINE	32
7.6.1	Mezzi di sollevamento di portata >200 kg non azionati a mano.....	32
7.7	MODALITÀ DI ACCESSO DEI MEZZI DI FORNITURA DEI MATERIALI	32
7.8	DISLOCAZIONE DEGLI IMPIANTI DI CANTIERE	32
7.9	DISLOCAZIONE DELLE AREE DI CARICO E SCARICO	32
7.10	ZONE DI DEPOSITO ATTREZZATURE E DI STOCCAGGIO MATERIALI E RIFIUTI	32
7.11	ZONE DI DEPOSITO DEI MATERIALI CON PERICOLO D'INCENDIO O DI ESPLOSIONE	32
7.12	ORGANIZZAZIONE DELLA FORNITURA DEI MATERIALI, DEGLI STOCCAGGI, DELLO SMALTIMENTO DEI RIFIUTI	32
<b>8</b>	<b>MISURE DI COORDINAMENTO RELATIVE ALL'USO COMUNE DI APPRESTAMENTI, ATTREZZATURE, INFRASTRUTTURE, MEZZI E SERVIZI DI PROTEZIONE COLLETTIVA .....</b>	<b>33</b>
8.1	IMPIANTI DI CANTIERE	33
8.2	OPERE PROVVISORIALI	33
8.3	ORGANIZZAZIONE PREVISTA PER IL SERVIZIO DI PRONTO SOCCORSO, ANTINCENDIO ED EVACUAZIONE DEI LAVORATORI	33
8.3.1	Pronto soccorso.....	33
8.3.2	Antincendio ed evacuazione.....	34
8.4	ENTITA' PRESUNTA DEL CANTIERE	34
8.5	ANALISI DELLE INTERFERENZE	34
8.6	INDICAZIONE DELLE PROCEDURE COMPLEMENTARI E DI DETTAGLIO DA ESPLICITARE NEI POS	34
<b>9</b>	<b>STIMA DEI COSTI DELLA SICUREZZA.....</b>	<b>35</b>



## **1 INTRODUZIONE**

Il presente Piano di Sicurezza e Coordinamento (PSC) viene predisposto dal Coordinatore per la Sicurezza in Progettazione (CSP), ai sensi del D.Lgs 81/2008 ed alle vigenti normative in materia di tutela della sicurezza e della salute nei luoghi di lavoro e di sicurezza in generale, cui si farà nel seguito esplicito richiamo, ed alle quali comunque occorre fare riferimento anche se non espressamente richiamate nel presente documento.

Il PSC si propone di analizzare e valutare i rischi e le conseguenti procedure esecutive, gli apprestamenti e le attrezzature atte a garantire, per tutta la durata dei lavori, il rispetto delle norme per la prevenzione degli infortuni e la tutela della sicurezza e della salute dei lavoratori.

Il piano contiene altresì le misure di prevenzione dai rischi risultanti dalla presenza simultanea o successiva di più imprese.

Il tutto senza entrare nel merito delle lavorazioni specifiche e di quanto attiene alle scelte autonome ed alle relative responsabilità nell'organizzazione del cantiere e nell'esecuzione dei lavori proprie delle imprese esecutrici, per le quali si rimanda ai rispettivi Piani Operativi di Sicurezza (POS) predisposti dalle stesse prima dell'inizio dei lavori.

Durante la realizzazione dell'opera il piano potrà essere soggetto a continuo aggiornamento da parte del Coordinatore per la Sicurezza in Esecuzione (CSE), in base all'evoluzione ed alle effettive condizioni presenti in cantiere, ovvero recependo le proposte o le richieste di adeguamento ed integrazione eventualmente presentate dalle imprese esecutrici.

### **1.1 ABBREVIAZIONI ADOTTATE**

PSC: Piano di Sicurezza e Coordinamento

POS: Piano Operativo di Sicurezza dell'Impresa

PTG: Programma Temporale Generale

CSP: Coordinatore in Fase di Progettazione

CSE: Coordinatore in Fase di Esecuzione

## 2 IDENTIFICAZIONE E DESCRIZIONE DELL'OPERA

### 2.1 INDIRIZZO DEL CANTIERE

L'edificio in oggetto, sito in Piazza Ippolito Nievo n.1, Genova (GE), è di proprietà del Comune di Genova, nonché sede del Municipio IX – Levante (Figura 1 e Figura 2).

Esso è identificato al N.C.E.U. di Genova alla sez. QUA, foglio 6 particelle 295-296.

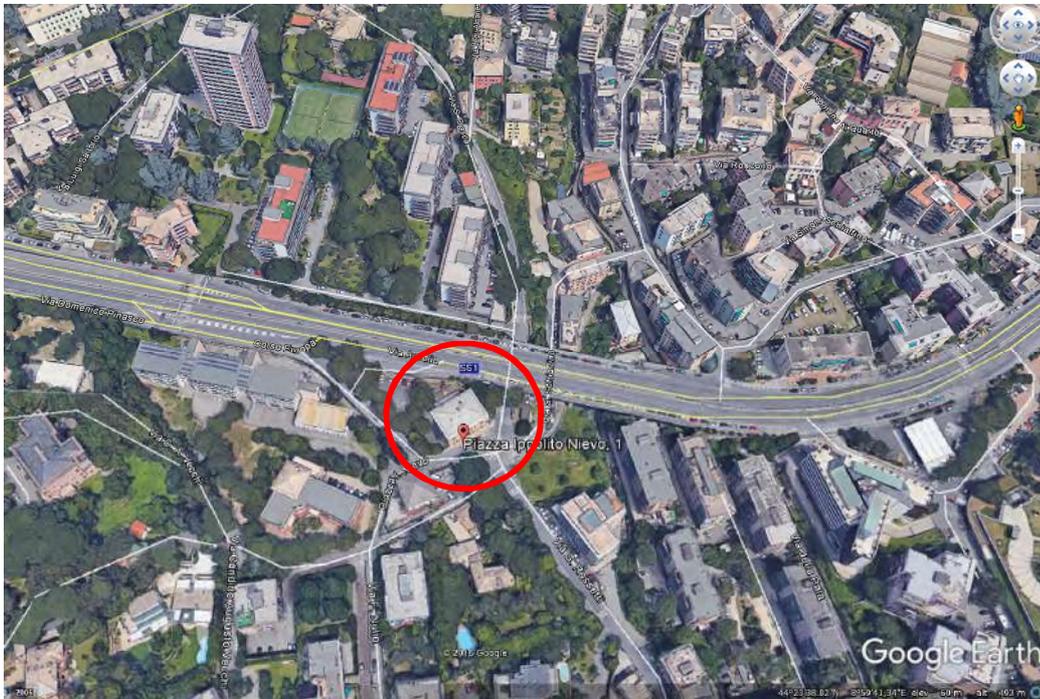


Figura 1. Individuazione dell'immobile

### 2.2 DATI CARATTERISTICI DELL'AREA D'INTERVENTO

#### 2.2.1 Inquadramento generale

Il progetto riguarda le opere per il consolidamento dell'edificio sopra identificato nonché all'espletamento di tutti gli adempimenti e di tutte le procedure ivi contenute connesse alla redazione della pratica edilizia.

#### 2.2.2 Sismicità della zona

Gli interventi previsti saranno svolti in un'area classificata come zona sismica 3b.

#### 2.2.3 Sottoservizi e reti dei gestori

In fase progettuale sono stati evidenziati i seguenti sottoservizi potenzialmente interferenti con le attività:

- Conduzione del gas metano entrante nell'edificio da piazza Nievo. Tale condotta risulta essere interrata e posizionata nello spigolo sud dell'edificio. In corrispondenza dello spigolo è presente lo stacco interrato e successivamente la tubazione risulta essere aerea e ben visibile.

- Rete idrica e fognaria in corrispondenza dei servizi igienici presenti al piano terra dell'edificio.
- Le reti elettriche e dati risultano essere tutte in canalina a muro, pertanto non si raggugliano interferenze.

#### 2.2.4 Informazioni climatiche

Le condizioni ambientali di riferimento per l'area dei cantieri sono le seguenti:

- temperatura ambiente compresa tra il minimo di  $-5^{\circ}\text{C}$  e il massimo di  $+45^{\circ}\text{C}$ ,
- umidità dell'aria variabile dal 50% al 100%,
- qualità dell'aria buona in quanto non presenti nelle immediate vicinanze insediamenti produttivi inquinanti,
- altitudine del sito: circa 40 m.s.l.m.

### 2.3 DESCRIZIONE DEL CONTESTO

Da una ricerca svolta presso l'archivio storico del Comune di Genova, presso Palazzo Ducale, si è appreso da uno stradario storico, che l'edificio municipale su Piazza Nievo, fu costruito nel 1886 dall'Impresa Mortola per 26.871,31 lire.

Esso fu la sede del municipio del Comune di Quarto al Mare (Figura 3), comune autonomo fino al 1926, poi denominato Quarto dei Mille nel 1911 in ricordo della Spedizione dei Mille che ebbe inizio in questa località.



Figura 2. Facciata principale edificio in Piazza Ippolito Nievo n.1

Nella ricerca sono state trovate due fotografie, di cui una risalente al 1904, nelle quali si può vedere come il prospetto principale dell'edificio presentasse già le caratteristiche attuali,

con minima variazioni architettoniche legate all'eliminazione di alcune decorazioni architettoniche ancora peraltro individuabili sui segni presenti in facciata (Figura 4).



Figura 3. Cartolina risalente al 1904



**Figura 4. Cartolina senza datazione**

In particolare, si fa osservare come esistesse già all'epoca un muro di delimitazione del giardino laterale a destra della facciata, ancorché presenti allo stato attuale un aspetto differente dovuto ad una modifica architettonica oppure ad un suo totale rifacimento (Figura 5).



**Figura 5. Particolare muro esistente a destra della facciata principale a delimitazione del giardino privato.**

Successivamente sul lato nord-est dell'edificio, su realizzato l'attuale Corso Europa, negli anni 1950 - 1961 (tratto appartenente al 2 lotto funzionale inaugurato nel 1961) (Figura 6).



**Figura 6. Vista di Corso Europa.**

L'edificio è stato successivamente ampliato nel 1972, con la realizzazione di un volume monopiano sul lato nord-est del volume originario, come risulta da una pratica archiviata con n.120-1972 archiviata presso il Comune di Genova, riportata sulla della cartografia visionabile sul sito dell'Ufficio visure del Comune di Genova, di cui si riporta stralcio (Figura 7 e Figura 8).

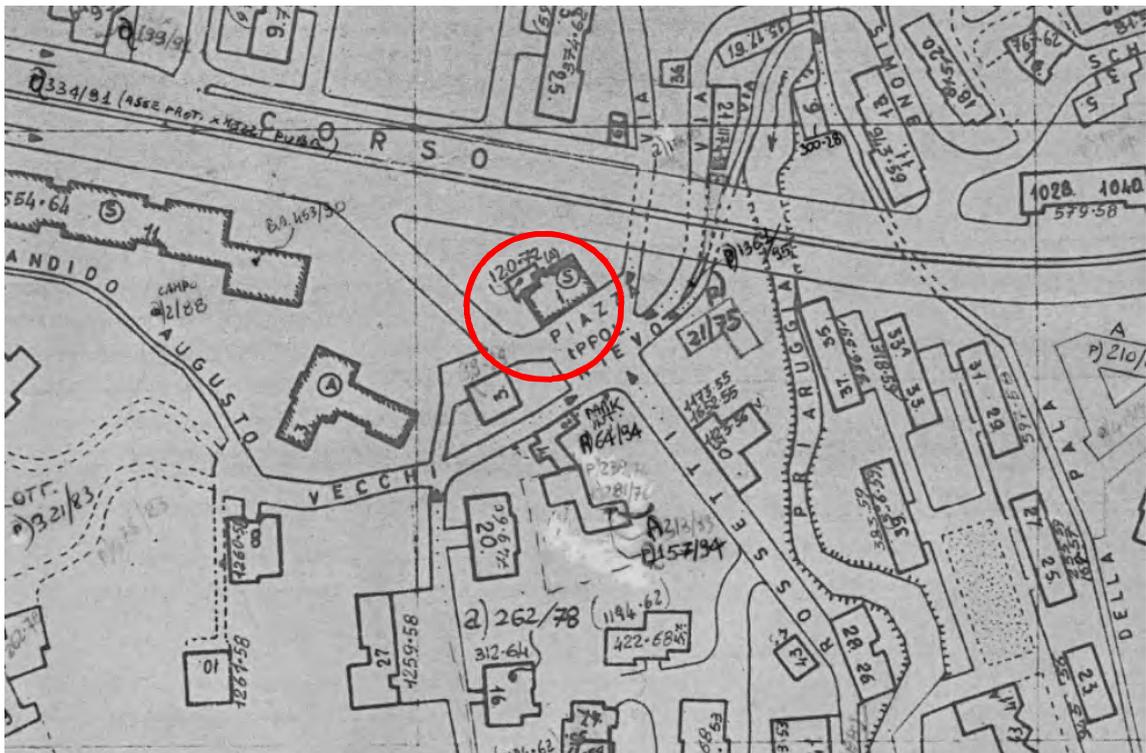


Figura 7. Estratto cartografie ufficio visura Comune di Genova



Figura 8. Ingrandimento cartografia ufficio visura sull'edificio in oggetto

Tale volume (Figura 9) è stato realizzato, probabilmente, a seguito dell'insediamento all'interno dell'edificio di una delle succursali della scuola alberghiera Marco Polo, la quale qui è rimasta presumibilmente fino all'anno 2008-2010.



**Figura 9. Vista del volume in ampliamento all'edificio principale.**

Già nel 2008 la Provincia di Genova aveva fatto eseguire una campagna geognostica a seguito di un dissesto che si era manifestato sul volume di ampliamento, quando ancora l'edificio era sede scolastica, come era riportato nella relazione geologica allora redatta.

13 / 35

Tale relazione geologica riportava una situazione di dissesto che interessava il corpo aggiunto, costituita da crepe e dislocazioni presenti nel paramento murario, e indicava come causa una struttura fondazionale di tipo diretto del corpo aggiunto, inadeguatamente dimensionata rispetto ai carichi e al piano di posa, la quale avrebbe causato un distacco del corpo aggiunto rispetto al principale nonché la registrazione di cedimenti differenziali.

Infine, l'edificio è stato utilizzato come sede del Municipio IX – Levante, sua attuale destinazione dal 2014.

## **2.4 DESCRIZIONE INTERVENTI**

A seguito degli studi effettuati sull'edificio, in relazione all'intervento di recupero e consolidamento fondazionale, si ritiene necessario eseguire le seguenti tipologie di interventi:

- Risanamento delle strutture di fondazione tramite miglioramento del "substrato A" mediante iniezioni di consolidamento.
- Risanamento delle murature fondazionali mediante iniezioni di consolidamento al fine di ripristinare le caratteristiche meccaniche delle strutture.

### **2.4.1 Consolidamento muratura fondale**

Consolidamento della fondazione in muratura mediante iniezioni di resina espandente o boiacca a base di calce idraulica allo scopo di riempire i vuoti presenti eliminando le

discontinuità dovute a difetti costruttivi od all'invecchiamento, che possono rappresentare pericolose debolezze strutturali, e quindi distribuire in modo uniforme le tensioni provenienti dai carichi sovrastanti.

Per l'esecuzione delle iniezioni verranno eseguite delle perforazioni verticali o subverticali nella muratura a partire dal piano di calpestio e fino a raggiungere la quota del piano di imposta della fondazione, allo scopo di intercettare il numero massimo di cavità presenti. Tali perforazioni non dovranno avere diametro superiore a 30 mm. L'interasse delle stesse potrà variare da 0,20 a 2,00 m. In tali fori verranno posizionati dei condotti di iniezione di lunghezza tale da raggiungere le zone interessate.

Le iniezioni di tipo 'colonnare' verranno eseguite senza soluzione di continuità estraendo il tubo di iniezione a velocità controllata dalla quota del piano di imposta della fondazione fino alla quota del piano di calpestio in modo da garantire un trattamento uniforme di tutto il volume del paramento murario. La pressione d'espansione controllata della resina permetterà di raggiungere anche le cavità meno accessibili ed evita rotture e deformazioni rilevanti delle murature.

La lavorazione si intende comprensiva di ogni onere necessario per l'impianto di cantiere, l'installazione delle attrezzature e dei macchinari di perforazione e di iniezione, i noli, la mano d'opera specializzata, la fornitura di resine impiegate nelle quantità richieste dall'intervento e la fornitura di altro materiale necessario per dare il lavoro finito a perfetta regola d'arte.

#### **2.4.2 Consolidamento substrato terreno**

Consolidamento del terreno di fondazione da eseguirsi sino alla profondità di m 2-3 m dal piano di lavoro allo scopo di incrementare la capacità portante di esercizio dello stesso ad un valore maggiore della tensione indotta dalla struttura soprastante mediante iniezione controllata di resina in pressione.

Le iniezioni verranno eseguite sotto le fondazioni, a diversi livelli di profondità a partire dal piano di posa delle stesse in modo da garantire il miglioramento delle caratteristiche meccaniche di tutto il volume di terreno sopraindicato.

Per l'esecuzione delle iniezioni verranno eseguite delle perforazioni ad inclinazione variabile a partire dal piano di lavoro ed eventualmente attraverso le fondazioni. Tali perforazioni non dovranno avere diametro superiore a 30 mm.

Il procedimento dovrà svolgersi in due fasi distinte e consecutive:

- **Consolidamento superficiale.** In questa prima fase verranno eseguite delle iniezioni in prossimità dell'intradosso del piano di posa della fondazione tali da garantire continuità fra struttura e terreno. Scopo di questa fase di lavorazione è il riempimento dei vuoti eventualmente presenti nel terreno e l'incremento di resistenza dello stesso a rottura per sforzi di taglio.
- **Consolidamento in profondità.** Nella seconda fase verranno eseguite delle iniezioni su più livelli di profondità (2-3 livelli). Le iniezioni, in entrambe le fasi, dovranno essere puntuali e verranno regolate attraverso il monitoraggio in continuo del grado di sollevamento della struttura soprastante mediante livello laser. Le iniezioni dovranno proseguire sino alla verifica di un segnale di inizio di sollevamento della struttura soprastante. Tale controllo in corso d'opera è condizione necessaria e sufficiente per la regolare esecuzione della lavorazione. La resina iniettata inizierà ad espandere in un tempo rapido per poter rimanere confinata nel volume di terreno interessato dall'intervento.

Sono comprese le prove geotecniche in sito a verifica della bontà dell'intervento.

Sono compresi ogni onere necessario per l'impianto di cantiere, l'installazione delle attrezzature e dei macchinari di perforazione e di iniezione, i noli, la mano d'opera

specializzata, la fornitura di resine impiegate nelle quantità richieste dall'intervento e la fornitura di altro materiale necessario per dare il lavoro finito a perfetta regola d'arte.

#### **2.4.3 Ripristino pavimentazione perimetrale**

Le opere di consolidamento fondazionale e del terreno di sedime prevedono una serie di trivellazioni perimetrali che necessitano di puntuali procedure di smantellamento, o eventuale rimozione, con successivo ripristino della pavimentazione interessata dalle lavorazioni di trivellazione.

Sono previste pertanto opere puntuali di rimozione del rivestimento lapideo, in piastrelle o in gres, con o senza recupero a seconda della tipologia di intervento, successiva realizzazione della nuova pavimentazione compresa la stuccatura per la finitura dell'opera.

### 3 IDENTIFICAZIONE DEI SOGGETTI COINVOLTI CON COMPITI DI SICUREZZA

**Committente:** Comune di Genova

**Responsabile Unico del Procedimento:** Arch. De Fornari Ferdinando

**Coordinatore per la Sicurezza in Progettazione:** Ing. Marco Zerbinati, Via del Collegio 26/7,  
17043, Carcare (SV)

**Coordinatore per la Sicurezza in Esecuzione:** .....

Imprese attualmente definite per lo svolgimento dei lavori: \_\_\_\_\_

Il nominativo dei referenti per ogni singola impresa verrà riportato sui rispettivi Piani di Sicurezza Operativi (POS).

#### 3.1 NUMERI DI TELEFONO UTILI

**Riferimento committenza:** \_\_\_\_\_

16 / 35

**Responsabile unico del procedimento:** \_\_\_\_\_

**Coordinatore sicurezza in fase progettuale:** Ing. Marco Zerbinati 3495023316

**Coordinatore della sicurezza in fase esecutiva:** .....

**Numero unico di emergenza** **112**

**Numero di pronto soccorso Croce Verde Quarto:** 010.384427

**Numero dei vigili del Fuoco Genova:** 010.545571

**Numero Polizia Municipale Quarto:** 010.5579841

**Numero Carabinieri Quarto:** 010.387507



## **4 RELAZIONE SULL'INDIVIDUAZIONE, L'ANALISI E LA VALUTAZIONE DEI RISCHI CONCRETI**

La presente relazione viene redatta in fase progettuale, sulla base degli elementi conoscitivi a disposizione, ed è pertanto suscettibile di integrazioni e variazioni in fase esecutiva, in seguito agli ulteriori elementi di valutazione eventualmente emersi durante l'esecuzione dei lavori.

Con riferimento all'area ed all'organizzazione del cantiere, alle lavorazioni ed alle loro interferenze, si individuano i seguenti rischi, presenti in cantiere per la natura stessa dell'intervento e del contesto in cui si eseguono i lavori.

Gli ulteriori rischi presenti, legati ad attività specifiche, saranno individuati ed analizzati nel seguito, all'interno delle analisi delle lavorazioni.

### **4.1 INDIVIDUAZIONE DEI RISCHI RIFERITI AL CONTESTO DEL CANTIERE**

In base alle attività previste, si possono individuare i seguenti rischi connessi al contesto in cui saranno svolte le attività.

#### **RISCHIO D'INTERAZIONE VERSO TERZI**

La presenza di persone estranee al cantiere e la permanenza di parte delle attività in essere nell'edificio fa sì che durante le lavorazioni possano aversi delle interazioni di persone estranee al cantiere presso le aree operative.

#### **PRESENZA DI SCUOLE**

Nei pressi dell'edificio oggetto d'intervento sono presenti scuole e altri edifici con particolari caratteristiche.

Preventivamente all'apertura del cantiere sarà effettuato con il C.S.E. un sopralluogo per verificare il contesto del cantiere ed informare il responsabile dell'impresa/e.

### **4.2 INDIVIDUAZIONE DELLE FASI OPERATIVE**

Con riferimento agli interventi previsti dal progetto, si possono indicativamente individuare le seguenti fasi operative suddivise per le varie attività.

#### **A. Cantierizzazione:**

1. Recinzione delle aree di stoccaggio
2. Installazione baracche di cantiere e wc chimico
3. Allestimento segregazioni di cantiere

#### **B. Iniezioni di consolidamento della muratura fondale**

1. esecuzione di perforazioni verticali o subverticali nella muratura a partire dal piano di calpestio e fino a raggiungere la quota del piano di imposta della fondazione

2. esecuzione di iniezioni di tipo 'colonnare' realizzate senza soluzione di continuità estraendo il tubo di iniezione a velocità controllata dalla quota del piano di imposta della fondazione fino alla quota del piano di calpestio in modo da garantire un trattamento uniforme di tutto il volume del paramento murario.

**C. Iniezioni di consolidamento del sedime**

1. esecuzione di perforazioni ad inclinazione variabile a partire dal piano di lavoro
2. esecuzione di iniezioni di consolidamento superficiale. In questa prima fase verranno eseguite delle iniezioni in prossimità dell'intradosso del piano di posa della fondazione tali da garantire continuità fra struttura e terreno.
3. esecuzione di iniezioni di consolidamento su più livelli di profondità (2-3 livelli).

**D. Ripristino pavimentazioni**

1. Demolizioni localizzate delle pavimentazioni ammalorate
2. Ripristino dei piani di posa
3. Posa nuove pavimentazioni
4. Stuccatura e pulizia.

**E. Pulizia e smobilitazione cantiere.**

In questa fase lavorativa ricadono le lavorazioni inerenti a:

1. smontaggio apprestamenti
2. pulizia del sito e ripristino allo stato ante operam

Si individuano di seguito i rischi aggiuntivi generali, connessi alla natura delle lavorazioni e pertanto generalmente presenti in cantiere.

#### **4.3 INDIVIDUAZIONE DEI RISCHI AGGIUNTIVI RIFERITI ALLE LAVORAZIONI PREVISTE**

Si riportano di seguito i rischi legati al particolare contesto in cui si svolgeranno i lavori, e pertanto indipendenti dalle lavorazioni svolte:

##### **ESPOSIZIONE AL RUMORE**

Alcune delle attività previste possono generare livelli di rumore che, in alcuni contesti, possono essere superiori alle soglie di legge. Pertanto, il rischio di esposizione al rumore è da considerarsi generalmente presente durante tutte le fasi operative specifiche.

##### **RISCHI DERIVANTI DA ELETTROCUZIONE**

Trattandosi di lavorazioni in cui si utilizzano apparecchi elettrici, tale rischio è da considerarsi generalmente presente durante le lavorazioni.

##### **RISCHIO D'INTERAZIONE CON ALTRE IMPRESE**

Trattandosi di lavori in cui possono presentarsi contemporaneamente anche più imprese, si rende necessaria un'azione di coordinamento mirata.

##### **RISCHIO DI ESPOSIZIONE A POLVERI**



Per alcune delle attività previste, le maestranze potranno essere soggette a lavorare in presenza di polveri sospese. Il rischio di esposizione alle polveri risulta inoltre essere più marcato per i lavori da svolgersi al "chiuso", quindi in ambienti scarsamente ventilati.

**RISCHI CHE LE LAVORAZIONI DI CANTIERE POSSONO ARRECARE ALL'AMBIENTE CIRCOSTANTE**

Dato il contesto in cui si svolgeranno le lavorazioni si evidenzia che alcune attività potrebbero produrre livelli di polvere e rumore che in alcuni contesti potrebbero arrecare disturbo all'utenza e all'ambiente circostante. Dovranno pertanto essere presi tutti gli accorgimenti necessari al fine di limitare le emissioni di polveri in atmosfera e allo stesso tempo limitare le emissioni sonore.

## **5 SCELTE PROGETTUALI ED ORGANIZZATIVE, PROCEDURE, MISURE PREVENTIVE E PROTETTIVE**

### **5.1 MISURE GENERALI CONTRO IL RISCHIO D'INTERAZIONE CON LE ATTIVITA' PUBBLICHE DI UFFICIO**

Le attività di consolidamento previste per la presente opera saranno eseguite in assenza di attività lavorative e accesso al pubblico al piano terra in quanto gli uffici verranno provvisoriamente spostati in altra sede. Ai piani superiori però mantenute in essere le attività pertanto dovrà essere garantito continuamente il libero accesso ai piani superiori dell'edificio. A tal fine le attività sono state organizzate in modo da garantire costantemente un accesso diretto ed un'ulteriore uscita d'emergenza per le utenze presenti nell'edificio.

Il piano terra dell'edificio, oggetto d'intervento, è suddiviso in due macroaree operative: ala sinistra e ala destra.

Le attività sono state suddivise ulteriormente per fasi:

- Fase 1: interventi di consolidamento muro fondale ala sinistra
- Fase 2: interventi di consolidamento muro fondale ala destra
- Fase 3: interventi di consolidamento sedime ala sinistra
- Fase 4: interventi di consolidamento sedime ala destra

La suddivisione spaziale e temporale delle attività permette il mantenimento dell'accesso alla struttura da parte delle utenze limitandone il rischio interferenziale.

Durante ogni fase i percorsi da seguire per l'accesso saranno segregati mediante apposite pannellature e segnalati mediante apposita cartellonistica.

In aggiunta all'accesso principale, verrà definita un'uscita d'emergenza la cui posizione varierà in funzione della presenza delle attività. I rispettivi percorsi saranno definiti e univoci e gli sbocchi verso l'esterno (cancello lato sud e cancelletto lato est) dovranno permanere aperti durante gli orari di servizio pubblico o presenza di personale all'interno dell'edificio comunale.

Per maggiori dettagli si rimanda comunque agli elaborati grafici allegati.

Il cantiere occuperà inoltre anche parte del piazzale presente sul retro dell'edificio adibito a parcheggio. Dovrà essere realizzata idonea segregazione delle aree e apposta idonea cartellonistica che definisca i percorsi alternativi di accesso alla struttura.

Si evidenzia inoltre che per problemi organizzativi verrà temporaneamente soppresso il parcheggio dei disabili presente sul fronte sud-sud est e definito uno temporaneo sul piazzale. Dovrà inoltre essere affissa idonea cartellonistica che in caso di necessità l'utenza disabile dovrà contattare il personale del comune il quale dovrà coordinarsi con la ditta esecutrice per poter accedere all'ascensore presente nella zona operativa denominata ala sinistra.

Al fine di ridurre la probabilità di pericolose sovrapposizioni tra attività di cantiere e le eventuali attività di gestione, è necessario individuare una procedura di coordinamento, mirata ad individuare preventivamente le situazioni di sovrapposizione, anche solo potenziali, ed a coordinare le varie attività in maniera da impedire il generarsi di situazioni di pericolo da esse derivanti.

#### **5.1.1 Procedura di coordinamento specifico**

Preliminarmente all'avvio del cantiere, dovranno essere individuati i soggetti di riferimento per il coordinamento delle attività, che saranno rispettivamente:

- Coordinatore per la sicurezza in esecuzione;

- Capo Cantiere Impresa esecutrice / Imprese esecutrici;
- Referente Committente.

Tali soggetti dovranno occuparsi del coordinamento generale delle operazioni, e potranno essere all'occorrenza coadiuvati da altri soggetti con compiti più operativi.

Verranno comunque svolte regolarmente riunioni di coordinamento in funzione dello stato avanzamento lavori.

### **5.1.2 Coordinamento generale preliminare**

Preliminarmente all'avvio del cantiere dovranno porsi in atto azioni di coordinamento preliminare tra i soggetti di riferimento sopra individuati, allo scopo di:

- Coordinare i piani antincendio ed evacuazione di emergenza.
- Individuare le aree per lo stoccaggio dei materiali.
- Individuare i percorsi da seguire da parte degli addetti di cantiere per recarsi sul luogo delle lavorazioni.
- Individuare delle linee elettriche e di altri sottoservizi che potrebbero interferire con le lavorazioni creando pericolo.

## **5.2 MISURE GENERALI CONTRO IL RISCHIO D'INTERAZIONE CON ALTRE IMPRESE**

Durante il cantiere potrebbero aversi interazioni con attività di altre imprese, per cui si rende necessaria una specifica procedura di coordinamento.

Al fine di ridurre la probabilità di pericolose sovrapposizioni tra attività di cantiere, e attività di altre imprese, è necessario individuare una procedura di coordinamento, mirata ad individuare preventivamente le situazioni di sovrapposizione, anche solo potenziale, ed a coordinare le varie attività in maniera da impedire il generarsi di situazioni di pericolo da esse derivanti.

### **5.2.1 Procedura di coordinamento specifico**

Preliminarmente all'avvio del cantiere, dovranno essere individuati i soggetti di riferimento per il coordinamento delle attività, che saranno rispettivamente:

- Coordinatore per la sicurezza in esecuzione;
- Capo Cantiere Impresa esecutrice / Imprese esecutrici;

Tali soggetti dovranno occuparsi del coordinamento generale delle operazioni, e potranno essere all'occorrenza coadiuvati da altri soggetti con compiti più operativi.

Qualora in cantiere si abbia la presenza di più Imprese esecutrici, è necessario che:

- Se le Imprese opereranno in maniera tra loro indipendente, sia individuato un referente per ogni Impresa, il quale dovrà partecipare a tutte le azioni di coordinamento che riguardino la sua Impresa.
- Se le Imprese opereranno secondo un'organizzazione di tipo verticale, il referente potrà essere unico, ma dovranno essere formalizzati sia l'organigramma di cantiere (all'interno dei POS), sia i compiti attribuiti (attraverso delega, procura, ecc.).

Verranno comunque svolte regolarmente riunioni di coordinamento in funzione dello stato avanzamento lavori.

### 5.2.2 Coordinamento generale preliminare

Preliminarmente all'avvio del cantiere dovranno porsi in atto azioni di coordinamento preliminare tra i soggetti di riferimento sopra individuati, allo scopo di:

- Coordinare i piani antincendio ed evacuazione di emergenza.
- Individuare le aree per lo stoccaggio dei materiali.
- Individuare i percorsi entro i reparti da seguire da parte degli addetti di cantiere per recarsi sul luogo delle lavorazioni.
- Individuare delle linee elettriche e di altri sottoservizi che potrebbero interferire con le lavorazioni creando pericolo.

### 5.3 MISURE GENERALI CONTRO IL RISCHIO D'ESPOSIZIONI ALLA POLVERE

Per alcune delle attività previste, le maestranze potranno essere soggette a lavorare in presenza di polveri sospese indotte dalla natura delle lavorazioni in corso. Durante queste attività le maestranze dovranno impiegare opportuni DPI in dotazione e al fine di limitare lo spargimento di polveri presso altri locali dovranno essere attuati interventi di sigillatura e compartimentazione delle zone operative.

#### Riferimenti normativi

D.lgs 81/2008, ALLEGATO IV, Parte 2 "PRESENZA NEI LUOGHI DI AGENTI NOCIVI", Punto 2.2

D.lgs 81/2008, ALLEGATO V, Parte I "REQUISITI GENERALI APPLICABILI A TUTTE LE ATTREZZATURE DI LAVORO" Punto 4 e 5.7

D.lgs 81/2008, ALLEGATO VIII, "DISPOSITIVI DI PROTEZIONE INDIVIDUALE"

D.lgs 81/2008, ALLEGATO XLIII "Sostanze Pericolose – Valori limite di esposizione professionale"

22 / 35

---

#### Misure preventive e protettive

Durante gli scavi ed i riporti si provvederà a bagnatura preventiva del terreno da scavare o da riportare; qualora ciò non risultasse sufficiente i lavoratori indosseranno maschere antipolvere ed occhiali protettivi.

Durante le demolizioni si provvederà a bagnatura preventiva del manufatto da demolire; in tali fasi si ritiene comunque opportuno l'utilizzo di maschere antipolvere ed occhiali protettivi.

Durante la preparazione di malte e calcestruzzi gli addetti dovranno indossare mascherina antipolvere ed occhiali protettivi.

Durante le attività individuate a rischio d'esposizione a polvere gli addetti dovranno indossare mascherina antipolvere

Gli addetti esposti a polveri miste sono sottoposti a sorveglianza sanitaria con periodicità a giudizio dell'organo di vigilanza e del Medico Competente

Gli addetti esposti a polveri di silice sono sottoposti a sorveglianza sanitaria con periodicità annuale

#### **5.4 RISCHIO D'ESPOSIZIONE AL RUMORE**

La presenza di lavorazioni presumibilmente rumorose genera un rischio diretto di esposizione al rumore, con conseguenze dirette sull'apparato uditivo degli addetti, ed un rischio indiretto legato alla difficoltà di comunicazione vocale tra gli addetti.

Ogni impresa dovrà fornire la valutazione del rumore durante le lavorazioni previste.

##### **Misure organizzative**

Qualora il rapporto di valutazione lasci fondatamente ritenere che i valori inferiori di azione possano essere superati, le Imprese esecutrici interessate dovranno eseguire misurazioni del livello di rumore al quale i lavoratori saranno esposti (art. 195, D.lgs. 81/2008)

Gli addetti alle lavorazioni rumorose in ambienti confinati dovranno essere idoneamente formati sui sistemi di comunicazione a gesti.

Gli addetti alle lavorazioni rumorose in ambienti confinati dovranno altresì indossare indumenti ad alta visibilità.

Le aree con rischio di esposizione al rumore individuate in questa fase sono già confinate, per cui sarà necessario segnalare la presenza del rumore con appositi segnali.

##### **Misure preventive e protettive**

Il Datore di lavoro deve eseguire il rapporto di valutazione del rumore specifica per il cantiere in atto. Tale valutazione può essere eseguita facendo riferimento a tempi di esposizione e livelli sonori standard ricavati da studi la cui validità sia riconosciuta dalla Commissione Prevenzione Infortuni.

#### **5.5 MISURE GENERALI CONTRO I RISCHI DERIVANTI DA ELETTROCUZIONE**

Sia per le attività propedeutiche che per le attività di messa in sicurezza vera e propria, le maestranze impiegheranno utensili elettrici e pertanto saranno esposti ai rischi di elettrocuzione.

##### **Riferimenti normativi**

D.lgs. 81/2008

D.lgs 81/2008, ALLEGATO VIII, "DISPOSITIVI DI PROTEZIONE INDIVIDUALE"

##### **Misure preventive e protettive**

Gli impianti, le apparecchiature e gli utensili elettrici devono rispondere a tutte le precauzioni dettate dalle norme CEI per gli impianti ed i dispositivi elettrici ad uso in luoghi bagnati.

Ogni impianto elettrico deve riportare sulla dichiarazione di conformità espresso richiamo alla rispondenza alle predette normative.

Il grado minimo di protezione per tutti i componenti non deve essere inferiore a IP 67, secondo la classifica CEI.

Utilizzare idonei sistemi di sostegno e di connessione dei tubi e dei cavi elettrici, fissandoli in modo stabile e sicuro alle pareti delle gallerie o su appositi sostegni.

Non è ammesso il passaggio di cavi elettrici a livello terreno o su piani di calpestio a qualsiasi quota.

I cavi fissi di alimentazione elettrica devono essere posati entro tubi o canalette di protezione, in materiale non igroscopico, ignifugo e di colore rosso.

E' vietato l'uso di utensili elettrici portatili con tensione maggiore a 50 V verso terra.

Le lampade elettriche portatili usate in luoghi bagnati o molto umidi devono essere alimentate a tensione non superiore a 25 V verso terra ed essere provviste di un involucro di vetro.

Non curvare e non sottoporre in modo eccessivo i cavi elettrici a sforzi di trazione.

Ispezionare periodicamente l'impianto elettrico con personale qualificato.

Segnalare immediatamente ogni anomalia, difetto o carenza dell'impianto elettrico in ogni sua parte.

## **5.6 RISCHI CHE LE LAVORAZIONI DI CANTIERE POSSONO ARRECARE ALL'AMBIENTE CIRCOSTANTE**

In particolare, i rischi maggiormente evidenziabili per arrecare fastidio all'ambiente circostante, possono essere:

### **5.6.1 Emissioni di rumore**

Per l'utilizzo di mezzi od attrezzature particolarmente rumorose, si dovranno rispettare gli orari imposti dai regolamenti locali, qualora vi fosse la necessità di impiego delle suddette attrezzature in orari non consentiti, si dovrà fare apposita richiesta al Comune ed avere l'idonea autorizzazione in deroga.

Prima di iniziare delle lavorazioni che presumibilmente possano portare a dei livelli di rumorosità di picco superiori ai 90 dB(A) dovrà essere informato il coordinatore in fase di esecuzione e/o l'ASSISTENTE DI CANTIERE che provvederà a dare precise indicazioni riguardo al rischio menzionato ai dipendenti della ditta committente che possano trovarsi nell'area interessata o nei pressi della stessa o per la gestione delle lavorazioni.

### **5.6.2 Emissioni di polveri**

Durante l'esecuzione di azioni meccaniche quali segatura, impastatura, perforazioni, risulta inevitabile la produzione di polveri che possono determinare, nei casi estremi, l'insorgere di patologie di tipo irritativo a carico delle vie respiratorie e dei polmoni. Tali prodotti possono arrecare danni, oltre che agli operatori presenti in cantiere, anche agli edifici esterni all'area di intervento nonché a pedoni e/o veicoli in transito sulle vie limitrofe: sarà pertanto compito del Capocantierista scongiurare per quanto possibile il sollevamento delle stesse adottando tutti gli accorgimenti del caso. Specificatamente:

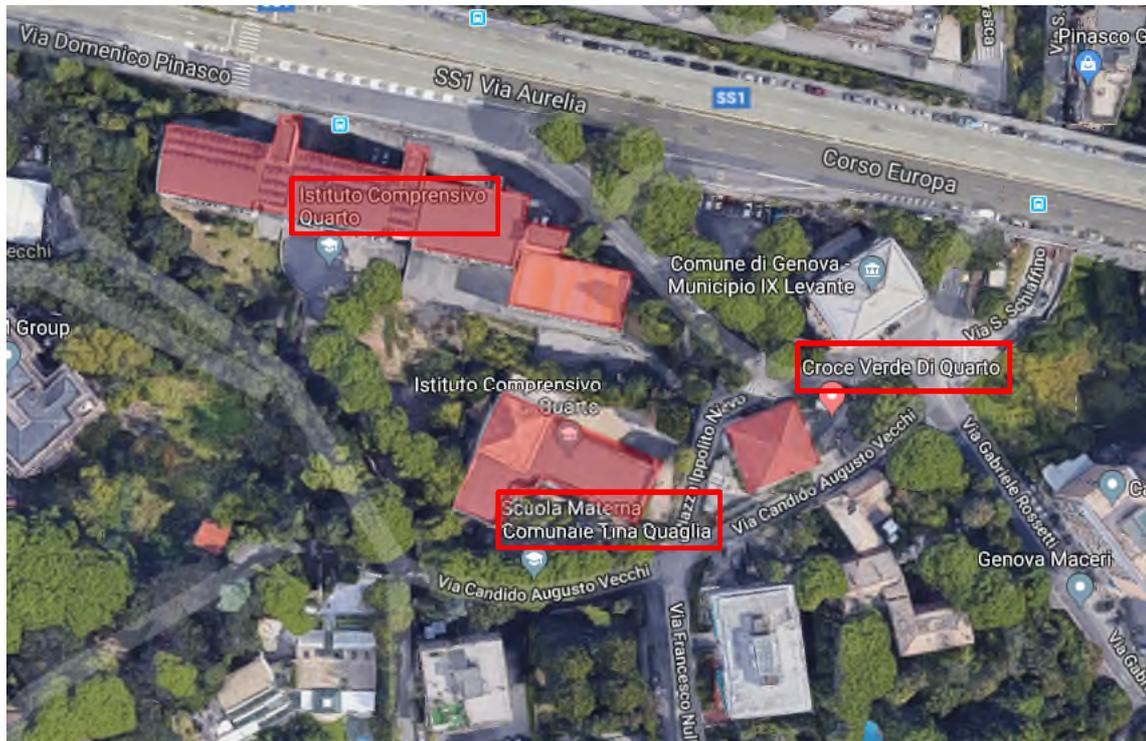
- Effettuare bagnature in corrispondenza delle zone da perforare;
- dovranno essere previsti appositi sistemi di aspirazione per le polveri prodotte durante i tagli di piastrelle o materiali affini;
- dovranno essere utilizzati, per quanto possibile, utensili a bassa velocità di rotazione.

### **5.6.3 Presenza di scuole e/o edifici particolari nelle zone limitrofe**

Nei pressi dell'edificio oggetto d'intervento sono presenti rispettivamente:

- Istituto comprensivo Quarto.

- Scuola materna comunale Tina Quaglia.
- Croce verde quarto.



Dovrà pertanto essere attuata la massima attenzione durante l'uscita dei mezzi dal cantiere ed evitare che le operazioni di ingresso / uscita dal cantiere coincidano con gli orari di ingresso / uscita degli alunni dalle scuole.

#### **5.6.4 Interferenze con la viabilità ordinaria**

Alcune delle attività previste saranno realizzate sul marciapiede prospiciente Piazza Nievo. Dette attività dovranno essere svolte segregando le aree di cantiere operative e allestendo idonea cartellonistica per la deviazione dei pedoni verso altri passaggi.

## 6 MISURE GENERALI E NORMATIVE DI RIFERIMENTO

### 6.1.1 Misure generali e normative sui dispositivi di protezione individuale (DPI)

#### Riferimenti normativi

Titolo III, Capo II, D.lgs. 81/2008 "Uso dei dispositivi di protezione individuali"

All. VIII, D.lgs. 81/2008 "Dispositivi di protezione individuali"

#### Misure generali

- Il datore di lavoro all'atto dell'acquisto di un DPI deve verificare che vi sia la documentazione prevista ovvero la dichiarazione di conformità CE del produttore, la marchiatura CE e la nota informativa rilasciata dal produttore
- I DPI devono essere conformi alle norme di cui al D.lgs. 475/1992
- Nella scelta il datore di lavoro deve effettuare l'analisi e la valutazione dei rischi tenendo conto che i DPI devono essere adeguati ai rischi, alle condizioni esistenti sul posto di lavoro ed adattabili all'utilizzatore
- Il datore di lavoro deve mantenere in efficienza i DPI mediante le riparazioni e le sostituzioni necessarie
- Il datore di lavoro deve fornire istruzioni comprensibili per il lavoratore, assicurare un'adeguata formazione ed uno specifico addestramento all'uso dei DPI
- I lavoratori hanno l'obbligo di utilizzare in modo appropriato i DPI messi a loro disposizione, di averne cura, di non apportarvi modifiche e di segnalare eventuali difetti o guasti
- Dall'analisi del tipo di attività si deduce come, pur attuando tutti gli interventi possibili di minimizzazione dei rischi presenti, gli addetti debbano essere muniti di *calzature di sicurezza, casco protettivo, guanti anti escoriazione*
- Durante le fasi di montaggio degli elementi prefabbricati o delle opere provvisorie le calzature indossate potranno essere di tipo leggero ma dovranno essere di tipo *antiscivolo*.
- Eventuali DPI specifici dovranno essere valutati dal Datore di Lavoro in relazione alle scelte autonome eseguite, e coordinate in fase esecutiva col presente Piano.

26 / 35

---

### 6.1.2 Misure generali e normative contro scivolamenti, cadute a livello, urti, colpi, impatti

Il rischio di scivolamenti, cadute a livello, urti, colpi ed impatti può essere considerato presente, almeno potenzialmente, in ogni processo lavorativo del cantiere.

#### Riferimenti normativi

Titolo II, D.lgs. 81/2008 "Luoghi di lavoro"

Sez. II, III, IV, V, VI e VII, D.lgs. 81/2008

Titolo IV, D.lgs. 81/2008 "Cantieri temporanei o mobili"

#### Misure generali

- Durante i lavori deve essere assicurata in cantiere la viabilità delle persone e dei veicoli
- Predisporre aree di transito per recarsi sui luoghi di lavoro prive di asperità, ingombri, materiali vari



- Transitare sempre con calma e tranquillità, evitando di correre
- Non transitare in condizioni disagiati: evitare il trasporto di colli pesanti o ingombranti
- Non transitare in condizioni disagiati: evitare di eseguire altre operazioni durante il transito (ad es. conversazione, lettura, scrittura, telefonate con apparecchio cellulare, ecc.)
- Se eventuali materiali trasportati rendessero disagiato il transito è necessario avere l'assistenza di un altro operatore
- Prestare attenzione alle indicazioni di scale e scalini
- Prestare attenzione agli ingombri presenti

### **6.1.3 Misure generali e normative relative alla movimentazione manuale dei carichi**

La movimentazione manuale dei carichi può essere considerata una operazione presente, almeno potenzialmente, in ogni processo lavorativo del cantiere.

#### **Riferimenti normativi**

Titolo IV, D.lgs. 81/2008 "Movimentazione manuale dei carichi"

#### **Misure generali**

- I carichi vanno movimentati il più possibile con mezzi meccanici, movimentando manualmente solamente i materiali necessari per il lavoro e le attrezzature.
- Per la movimentazione manuale predisporre colli non troppo pesanti (< 30 kg), nè ingombranti o difficili da afferrare, nè instabili o col contenuto in movimento.
- I percorsi da effettuare devono essere sgombrati e il fondo deve essere livellato e privo di possibili inciampi a livello.
- Qualora il trasportato impedisca la libera vista del percorso da effettuare, si deve procedere in coppia, con almeno un addetto che possa vedere liberamente e possa guidare l'altro.
- I lavoratori devono venire edotti dal datore di lavoro sui rischi conseguenti alla movimentazione manuale dei carichi e sulle misure di prevenzione e protezione da attuare in relazione alle lavorazioni svolte.
- I lavoratori addetti ad attività di questo tipo vanno sottoposti a sorveglianza sanitaria, con visita preventiva per verificare l'idoneità, e visite periodiche a discrezione del Medico Competente o su motivata richiesta dell'addetto.

27 / 35

---

### **6.1.4 Misure generali e normative contro il rischio elettrico**

#### **Riferimenti normativi**

Titolo II, D.lgs. 81/2008 "Luoghi di lavoro"

Titolo III, Capo III, D.lgs. 81/2008 "Impianti e apparecchiature elettriche"

D.M.37/2008 *Norme per la sicurezza degli impianti*

Norme CEI, in particolare 64/8, 23/12, 17/13

#### **Misure generali**

- Non operare su parti in tensione.

- I cavi a posa mobile devono essere possibilmente sollevati da terra e seguire percorsi brevi; possibilmente non devono attraversare vie di transito, nel qual caso devono essere protetti contro i possibili danneggiamenti o posti aerei.
- Prima di utilizzare qualsiasi attrezzatura ad alimentazione elettrica verificare l'efficienza dell'impianto elettrico; qualora si riscontrino anomalie non operare ed avvertire subito il responsabile del cantiere perchè provveda alle manutenzioni necessarie
- *Impianto ed utenze elettriche*
- Gli impianti di cantiere (elettrico, messa a terra, protezione contro le scariche atmosferiche) vanno dimensionati in base alle esigenze ed alle dimensioni del cantiere e dei macchinari utilizzati; vanno installati e mantenuti da ditte qualificate, con rilascio della relativa dichiarazione di conformità alle norme CEI
- Il grado di protezione minimo delle apparecchiature e dei componenti elettrici deve essere IP 44 (CEI 70.1)
- Le prese mobili devono garantire grado di protezione minimo IP 67 (CEE 17, CEI 23-12)
- Gli impianti elettrici, in tutte le loro parti, devono essere installati e mantenuti in modo da prevenire i pericoli derivanti da contatti accidentali con gli elementi sotto tensione
- Nel quadro di zona (quando distante dal quadro principale) deve essere installato un interruttore magnetotermico differenziale
- Il quadro di distribuzione deve essere provvisto di: collegamento elettrico verso terra, interruttore generale onnipolare, separatori per ogni linea in uscita dal quadro per correnti superiori a 16 A (CEI 64-8), protezioni contro i sovraccarichi, interruttore differenziale (CEI 64-8), targa di identificazione riportante l'indicazione di conformità ASC (CEI 17-13/4), chiara indicazione dei circuiti ai quali si riferiscono gli organi di comando, i dispositivi e gli strumenti montati
- I conduttori elettrici flessibili impiegati per derivazioni provvisorie o per l'alimentazione di apparecchi portatili o mobili devono essere in doppio isolamento, non devono intralciare passaggi nel loro impiego, devono essere protetti idoneamente contro usura meccanica, devono essere del tipo H07RN/F o equivalenti (CEI 20-19)
- Gli utensili elettrici portatili alimentati a tensione di 25 V devono essere realizzati di classe 2 (doppio isolamento) Gli utensili elettrici portatili utilizzati in ambienti bagnati o molto umidi o in luoghi conduttori devono essere alimentati a bassa tensione di sicurezza (50 V) fornita mediante trasformatore di sicurezza ovvero mediante separazione elettrica singola
- Le lampade portatili devono essere costruite con doppio isolamento e se usate in luoghi bagnati o molto umidi o in luoghi conduttori ristretti devono essere alimentate mediante bassa tensione di sicurezza (24 V) fornita mediante trasformatore di sicurezza, essere provviste di idoneo involucro trasparente ed avere il portalamпада e l'impugnatura costituiti da materiale isolante non igroscopico

#### *Impianto di messa a terra*

- I conduttori elettrici devono rispettare la codifica dei colori giallo verde per i conduttori di terra, di protezione e di equipotenzialità, blu chiaro per il neutro(CEI 20-20)
- Le masse metalliche (secondo la definizione CEI 64-8) e le attrezzature e macchine ad alimentazione elettrica devono essere collegate a terra
- I conduttori di terra collegati ai picchetti devono avere sezione adeguata e comunque non inferiore a 16 mm se di Cu e 50 mm se di Fe
- Le connessioni tra le varie parti dell'impianto e tra queste ed i dispersori devono essere realizzate in modo idoneo
- L'impianto di terra deve essere unico e con i dispersori interconnessi

*Impianto di protezione dalle scariche atmosferiche*

- Le grandi masse metalliche situate all'aperto e le baracche di cantiere devono essere protette contro le scariche atmosferiche mediante collegamento a terra
- I conduttori devono avere sezione adeguata, se di Cu > 35 mmq (CEI 81-1)
- Le connessioni tra le varie parti dell'impianto e tra queste ed i dispersori devono essere realizzate in modo idoneo
- I ponteggi metallici fissi devono avere una derivazione a terra almeno ogni 25 m di sviluppo perimetrale, e comunque non meno di due derivazioni
- L'impianto deve essere interconnesso con quello generale di terra al fine di garantire un unico sistema equipotenziale

## **7 ORGANIZZAZIONE DEL CANTIERE**

### **7.1 MODALITÀ DA SEGUIRE PER LA RECINZIONE, GLI ACCESSI, LE SEGNALAZIONI**

#### **7.1.1 Segnalazione del cantiere**

La presenza del cantiere andrà segnalata all'ingresso attraverso il cartello informativo che riporti tutte le indicazioni previste sui nominativi dei soggetti responsabili delle attività svolte comprese le misure di prevenzione e protezione da adottare in cantiere e gli estremi della notifica preliminare. Verranno inoltre affissi ad ogni accesso di cantiere cartelli di divieto d'accesso al personale non autorizzato nonché di indicazione delle misure di prevenzione da adottare all'interno.

In corrispondenza dell'accesso principale andrà affissa la copia della notifica preliminare inviata agli organi competenti. Tale documento andrà posto in apposita cartellina sigillata e fissato fermamente.

Copia della notifica sarà in ogni modo custodita nella documentazione di cantiere.

In cantiere verranno inoltre predisposti cartelli informativi relativi a:

- Segnalazione di ingressi e percorsi per il raggiungimento degli uffici operativi
- Deviazione dei percorsi pedonali esterni dovuti alle interferenze del cantiere
- Definizione di parcheggio temporaneo disabili e procedura per accesso cantiere.

#### **7.1.2 Recinzioni ed accessi**

Il cantiere, data la sua natura, dovrà essere segregato. L'accesso dei mezzi e pedonale delle maestranze dovrà avvenire dal parcheggio esistente.

Le zone di stoccaggio andranno delimitate con idonea recinzione e dotate di cancello di accesso da chiudersi alla fine di ogni turno di lavoro.

Tutti gli accessi al cantiere, nelle ore di fermo del cantiere, dovranno rimanere chiusi.

### **7.2 SERVIZI IGIENICO ASSISTENZIALI**

L'Impresa dovrà fornirsi di wc chimici e di locale da adibirsi ad uso spogliatoio.

Tutti gli apprestamenti dovranno essere in numero adeguato alla presenza di uomini in cantiere e saranno mantenuti in stato di scrupolosa pulizia.

In cantiere sarà conservata una cassetta di primo soccorso contenente i presidi sanitari indispensabili per prestare assistenza a lavoratori infortunati o colpiti da malore; l'ubicazione della cassetta sarà indicata da opportuna cartellonistica, integrata da tabelle riportanti i nominativi e gli indirizzi per il pronto intervento.

Per il servizio mensa l'impresa appaltatrice dovrà far riferimento a strutture esterne ovvero predisporre a sua cura idoneo locale refettorio, riscaldato e fornito di acqua potabile e scaldavivande.

### **7.3 VIABILITÀ PRINCIPALE DI CANTIERE**

Per accedere al cantiere in oggetto si dovrà utilizzare la viabilità ordinaria, mentre internamente si dovrà seguire la viabilità in essere.

## **7.4 IMPIANTI DI ALIMENTAZIONE E RETI PRINCIPALI**

### **7.4.1 Impianti elettrici**

L'impresa appaltatrice potrà allacciarsi alla rete di alimentazione dell'edificio mediante proprio quadro elettrico e impianto dedicato. Nel caso in cui la potenza a disposizione non fosse sufficiente dovrà provvedere alla fornitura con mezzi propri.

Con l'eventuale allaccio alla rete pubblica, ogni impresa esecutrice potrà allacciarsi unicamente tramite un proprio quadro di alimentazione dotato di idonee protezioni.

Gli impianti elettrici di cantiere dovranno essere realizzati e mantenuti da ditte qualificate ai sensi del D.M. 37/08, nel rispetto delle normative tecniche CEI vigenti all'atto dell'installazione.

Gli impianti elettrici di cantiere dovranno essere provvisti di dichiarazione di conformità rilasciata dall'installatore ai sensi del D.M. 37/08, completa di tutti gli allegati previsti.

### **7.4.2 Impianti idrici**

L'impresa appaltatrice potrà provvedere alla fornitura di acqua potabile per mezzo di allaccio alla rete pubblica.

### **7.4.3 Impianti elettrici di messa a terra e dispositivi di protezione contro le scariche atmosferiche**

Le baracche, i macchinari elettrici, le grandi masse metalliche poste all'esterno, andranno collegate a terra e protette dalle scariche atmosferiche tramite idoneo impianto, da realizzarsi secondo specifico progetto redatto da tecnico abilitato.

Gli impianti elettrici di messa a terra ed i dispositivi di protezione contro le scariche atmosferiche di cantiere dovranno essere realizzati e mantenuti da ditte qualificate ai sensi del D.M. 37/08, nel rispetto delle normative tecniche CEI vigenti all'atto dell'installazione, e provvisti di dichiarazione di conformità rilasciata dall'installatore ai sensi del D.M. 37/08, completa di tutti gli allegati previsti.

Ai sensi del D.P.R. 462/2001, la messa in esercizio degli impianti elettrici di messa a terra ed i dispositivi di protezione contro le scariche atmosferiche di cantiere non può essere effettuata prima della verifica effettuata dall'installatore, che rilascia la dichiarazione di conformità ai sensi della normativa vigente, completa di tutti gli allegati previsti.

Ai sensi del D.P.R. 462/2001, entro trenta giorni dalla messa in esercizio dell'impianto, il datore di lavoro deve inviare la dichiarazione di conformità di cui sopra all'ISPESL ed all'ASL/ARPA competente.

## **7.5 DISPOSIZIONI PER DARE ATTUAZIONE ALLA CONSULTAZIONE DEI RAPPRESENTANTI PER LA SICUREZZA**

Ogni datore di lavoro delle Imprese esecutrici deve consultare il proprio rappresentante per la sicurezza, ai sensi dell'art. 102 del D.Lgs 81/2008, in merito al contenuto del PSC, preventivamente all'accettazione dello stesso.

## **7.6 INSTALLAZIONE ED ESERCIZIO DELLE MACCHINE**

Le macchine, gli impianti, gli utensili e gli attrezzi per i lavori saranno scelti ed installati in modo da ottenere la sicurezza di impiego

Saranno rispettate le norme di sicurezza vigenti nonché quelle particolari previste nelle specifiche tecniche fornite dal produttore o dall'installatore

Tutte le attrezzature saranno installate e mantenute secondo le istruzioni fornite dal fabbricante e sottoposte a verifiche periodiche al fine di controllarne il mantenimento delle condizioni di sicurezza nel corso del tempo

Conservare in cantiere la documentazione e le istruzioni d'uso di tutte le attrezzature presenti, affinché siano illustrate agli interessati

### **7.6.1 Mezzi di sollevamento di portata >200 kg non azionati a mano**

Preventivamente all'inizio dei lavori, dovranno essere presentati al C.S.E. la seguente documentazione;

- Libretto di collaudo
- Verifica annuale
- Verifiche trimestrali funi e catene
- Comunicazione di trasferimento impianto (eventuale)

## **7.7 MODALITÀ DI ACCESSO DEI MEZZI DI FORNITURA DEI MATERIALI**

Le dislocazioni saranno concordate in fase esecutiva, in accordo con l'Impresa esecutrice ed il CSE.

## **7.8 DISLOCAZIONE DEGLI IMPIANTI DI CANTIERE**

Le dislocazioni saranno concordate in fase esecutiva, in accordo con l'Impresa esecutrice ed il CSE.

## **7.9 DISLOCAZIONE DELLE AREE DI CARICO E SCARICO**

Le dislocazioni saranno concordate in fase esecutiva, in accordo con l'Impresa esecutrice ed il CSE.

## **7.10 ZONE DI DEPOSITO ATTREZZATURE E DI STOCCAGGIO MATERIALI E RIFIUTI**

Le dislocazioni saranno concordate in fase esecutiva, in accordo con l'Impresa esecutrice ed il CSE.

## **7.11 ZONE DI DEPOSITO DEI MATERIALI CON PERICOLO D'INCENDIO O DI ESPLOSIONE**

Le dislocazioni saranno concordate in fase esecutiva, in accordo con l'Impresa esecutrice ed il CSE.

## **7.12 ORGANIZZAZIONE DELLA FORNITURA DEI MATERIALI, DEGLI STOCCAGGI, DELLO SMALTIMENTO DEI RIFIUTI**

In linea generale, le forniture dei materiali necessari per l'esecuzione di una fase di lavoro potranno avvenire solamente al termine della fase di lavoro precedente, previa verifica della disponibilità degli spazi necessari per lo stoccaggio dei materiali.

## **8 MISURE DI COORDINAMENTO RELATIVE ALL'USO COMUNE DI APPRESTAMENTI, ATTREZZATURE, INFRASTRUTTURE, MEZZI E SERVIZI DI PROTEZIONE COLLETTIVA**

In fase progettuale, si può solamente presumere la presenza di diverse Imprese esecutrici, durante le fasi di lavoro specialistiche.

Pertanto, ai fini del presumibile uso comune di apprestamenti, attrezzature, infrastrutture, mezzi e servizi di protezione collettiva, in questa fase vengono individuate alcune indicazioni generali di coordinamento, cui riferirsi in fase esecutiva, in base alle effettive situazioni e condizioni riscontrate in cantiere.

### **8.1 IMPIANTI DI CANTIERE**

Gli impianti dovranno essere realizzati nel rispetto delle vigenti normative in materia, e secondo quanto disposto ai punti precedenti.

- La conformità degli impianti alle normative vigenti dovrà risultare dalle certificazioni di legge e da specifici verbali.
- L'utilizzo di impianti elettrici e di terra da parte di più Imprese potrà avvenire previa verifica della compatibilità degli impianti stessi con le apparecchiature da alimentare.

### **8.2 OPERE PROVVISORIALI**

Le opere provvisorie poste in opera dovranno essere rispondenti a quanto previsto dalle vigenti normative in materia ed alle prescrizioni contenute nel presente PSC.

- Ogni Impresa esecutrice e/o Lavoratore autonomo in sub-appalto dovrà prendere conoscenza delle condizioni di realizzazione predette, e dell'esigenza del loro mantenimento.
- Ogni eventuale modifica da apportare per esigenze di lavoro dovrà essere preventivamente concordata con la DL e con il CSE.
- Ogni eventuale danno dovrà immediatamente essere segnalato al Capo cantiere per il ripristino immediato.

33 / 35

### **8.3 ORGANIZZAZIONE PREVISTA PER IL SERVIZIO DI PRONTO SOCCORSO, ANTINCENDIO ED EVACUAZIONE DEI LAVORATORI**

L'organizzazione del servizio di pronto soccorso, antincendio ed evacuazione dei lavoratori è a carico delle Imprese esecutrici.

Il servizio dovrà essere unico per tutte le Imprese esecutrici e lavoratori autonomi operanti in cantiere.

L'organizzazione del servizio **dovrà essere esplicitata nei POS**, ed integrata opportunamente in fase esecutiva in relazione ai soggetti presenti in cantiere.

#### **8.3.1 Pronto soccorso**

Ai sensi del D.M. 388/2003 (in vigore dal 04-08-2004), visto il tipo e l'entità dei lavori, in via presuntiva le Imprese esecutrici possono essere classificate come aziende del gruppo A (rif. art. 1), per cui in cantiere dovrà essere presente almeno:

- Una cassetta di pronto soccorso, contenente la dotazione minima indicata all'allegato 1 del citato decreto;
- La cassetta dovrà essere individuabile tramite segnaletica appropriata;
- Un mezzo di comunicazione idoneo (telefono) ad attivare rapidamente il sistema di emergenza (112).

Gli addetti al pronto soccorso dovranno possedere requisiti e formazione specifica conforme ai disposti dell'art. 3 del medesimo decreto.

La zona risulta essere facilmente raggiungibile dai mezzi di soccorso e nella zona è presente lo spazio per l'atterraggio di un eventuale elicottero di soccorso.

### **8.3.2 Antincendio ed evacuazione**

Gli addetti all'antincendio ed evacuazione dovranno possedere requisiti e formazione specifica conforme ai disposti del D.M. 10-03-1998.

L'organizzazione antincendio dovrà essere esplicitata nel POS dell'appaltatore, tenendo a riferimento le misure generali disposte ai paragrafi precedenti.

## **8.4 ENTITA' PRESUNTA DEL CANTIERE**

Dall'analisi degli elementi progettuali, in via presuntiva si stima per il cantiere in oggetto un'entità pari a:

Entità = 330 uomini-giorno

34 / 35

---

Con riferimento all'allegato XI del D.lgs. 81/2008, si individuano presenti nel cantiere in oggetto i seguenti rischi particolari:

- Presenza in cantiere, anche non contemporanea, di due o più imprese.

## **8.5 ANALISI DELLE INTERFERENZE**

Il cronoprogramma sarà dettagliato prima dell'inizio dei lavori e con l'andamento degli stessi.

Complessivamente i lavori richiederanno circa tre mesi. I lavori verranno organizzati in modo da evitare sovrapposizioni temporali tra attività tra di esse interferenti.

## **8.6 INDICAZIONE DELLE PROCEDURE COMPLEMENTARI E DI DETTAGLIO DA ESPLICITARE NEI POS**

Oltre ai contenuti minimi di cui al Punto 3 dell'all. XV di cui il D.lgs. 81/2008, i POS dovranno esplicitare le procedure complementari e di dettaglio richiamate nel presente PSC, e nel seguito sinteticamente riportate:

- Il numero e la tipologia dei baraccamenti di cantiere.
- La consistenza dei depositi di materiali infiammabili o pericolosi ai fini antincendio, le modalità per il loro stoccaggio.

- La tipologia e la distribuzione degli estintori e degli altri impianti di spegnimento presenti in cantiere.
- I materiali con rischio di esposizione ad agenti chimici utilizzati in cantiere, con copia delle schede di sicurezza dei materiali medesimi, la valutazione del rischio e l'indicazione delle procedure protettive specifiche da attuare, ai sensi del D.Lgs 81/2008.
- La valutazione dei rischi e le relative procedure da attuare in relazione agli addetti esposti a vibrazioni o polveri.
- Le procedure operative in merito all'uso comune di apprestamenti, attrezzature, infrastrutture, mezzi e servizi di protezione collettiva, come richiamato ai paragrafi precedenti.
- L'organizzazione prevista per il pronto soccorso, antincendio ed evacuazione, come richiamato ai paragrafi precedenti.
- La redazione di un piano di emergenza e evacuazione in caso di eventi di piena improvvisi
- La redazione di un programma di dettaglio circa le modalità operative di esecuzione delle attività.

Qualora tali procedure non siano ancora esplicitabili in fase di predisposizione dei POS, dovranno comunque essere individuate le modalità ed i tempi di formalizzazione delle stesse durante la fase esecutiva, comunque prima dell'inizio delle fasi di lavoro da esse interessate.

## 9 STIMA DEI COSTI DELLA SICUREZZA

35 / 35

---

I costi dei dispositivi di protezione individuale e dell'organizzazione delle attività di prevenzione e protezione (informazione, formazione, controlli, servizi di cantiere, ecc.) vanno considerati come costi d'esercizio d'impresa a carico dell'imprenditore e non come costi trasferibili al committente dell'opera.

Essendo previsti come obblighi dei datori di lavoro delle imprese esecutrici, tali costi non saranno riconosciuti come dei costi aggiuntivi per l'applicazione dei piani di sicurezza.

Sono stati determinati i costi della sicurezza solo relativamente a quelle opere provvisorie e apprestamenti che hanno concorso esclusivamente alla prevenzione della salute e sicurezza dei lavoratori.

Ai sensi del Punto 4 dell'All. XV del D.lgs. 81/2008, "Contenuti minimi dei piani di sicurezza nei cantieri temporanei e mobili" si allega al presente piano il computo estimativo degli Oneri per la Sicurezza.

Tale importo, in ottemperanza al Punto 4 dell'All. XV del D.lgs. 81/2008, "Contenuti minimi dei piani di sicurezza nei cantieri temporanei e mobili", non potrà essere soggetto a ribasso.

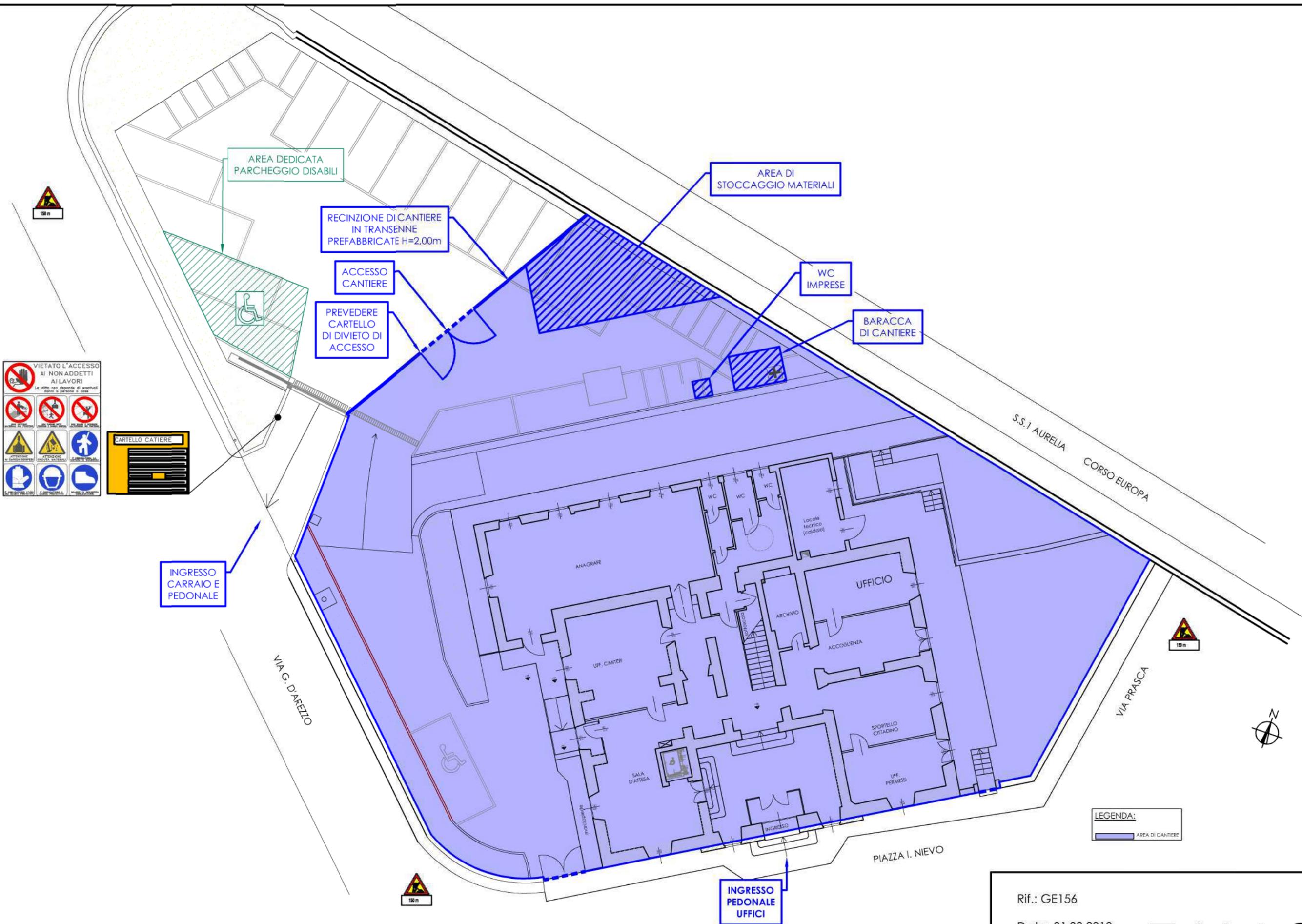


INQUADRAMENTO DEL CANTIERE

Rif.: GE156

Data: 01.08.2019

TAV.1

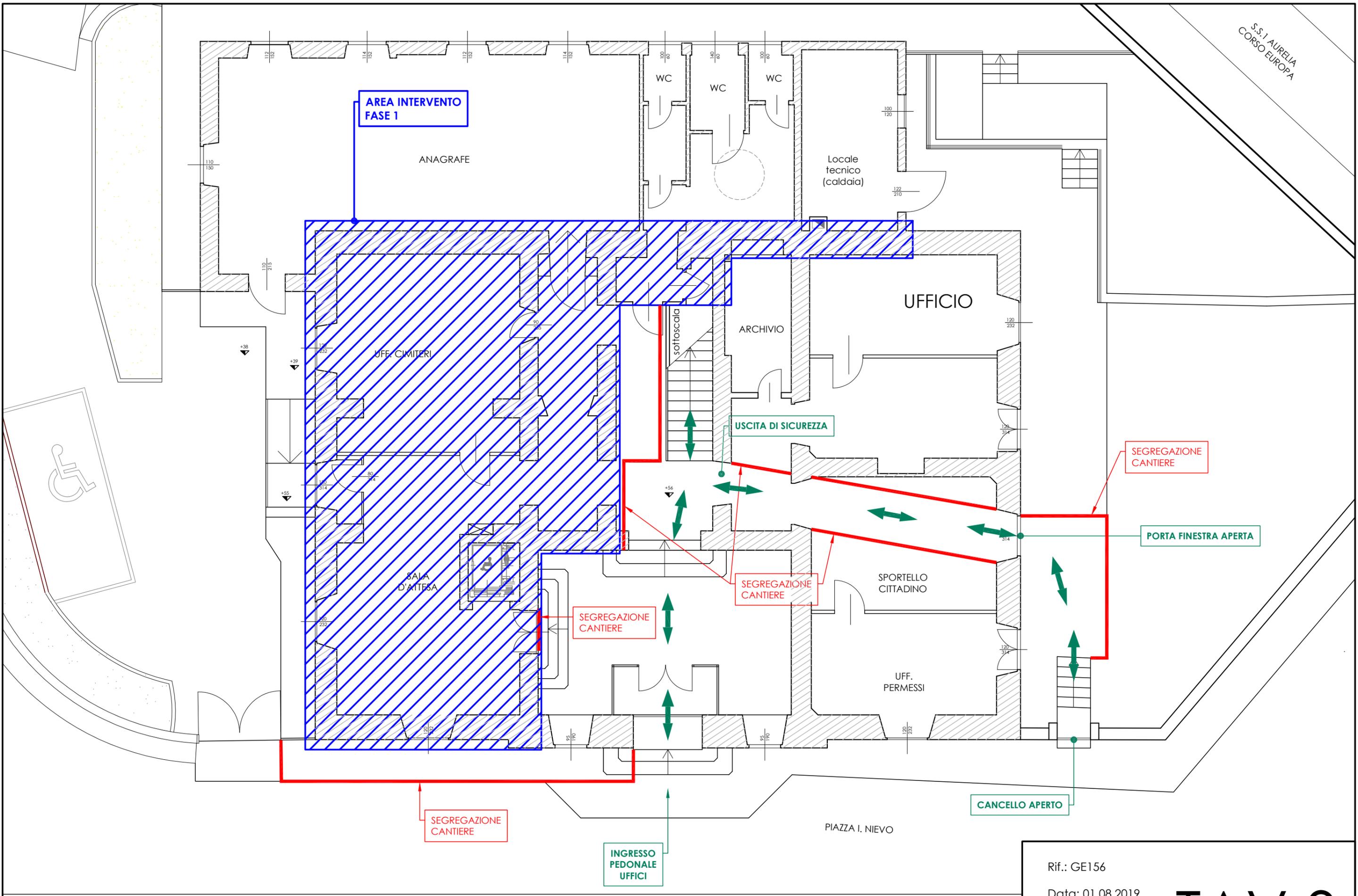


ORGANIZZAZIONE E ALLESTIMENTO CANTIERE

Rif.: GE156

Data: 01.08.2019

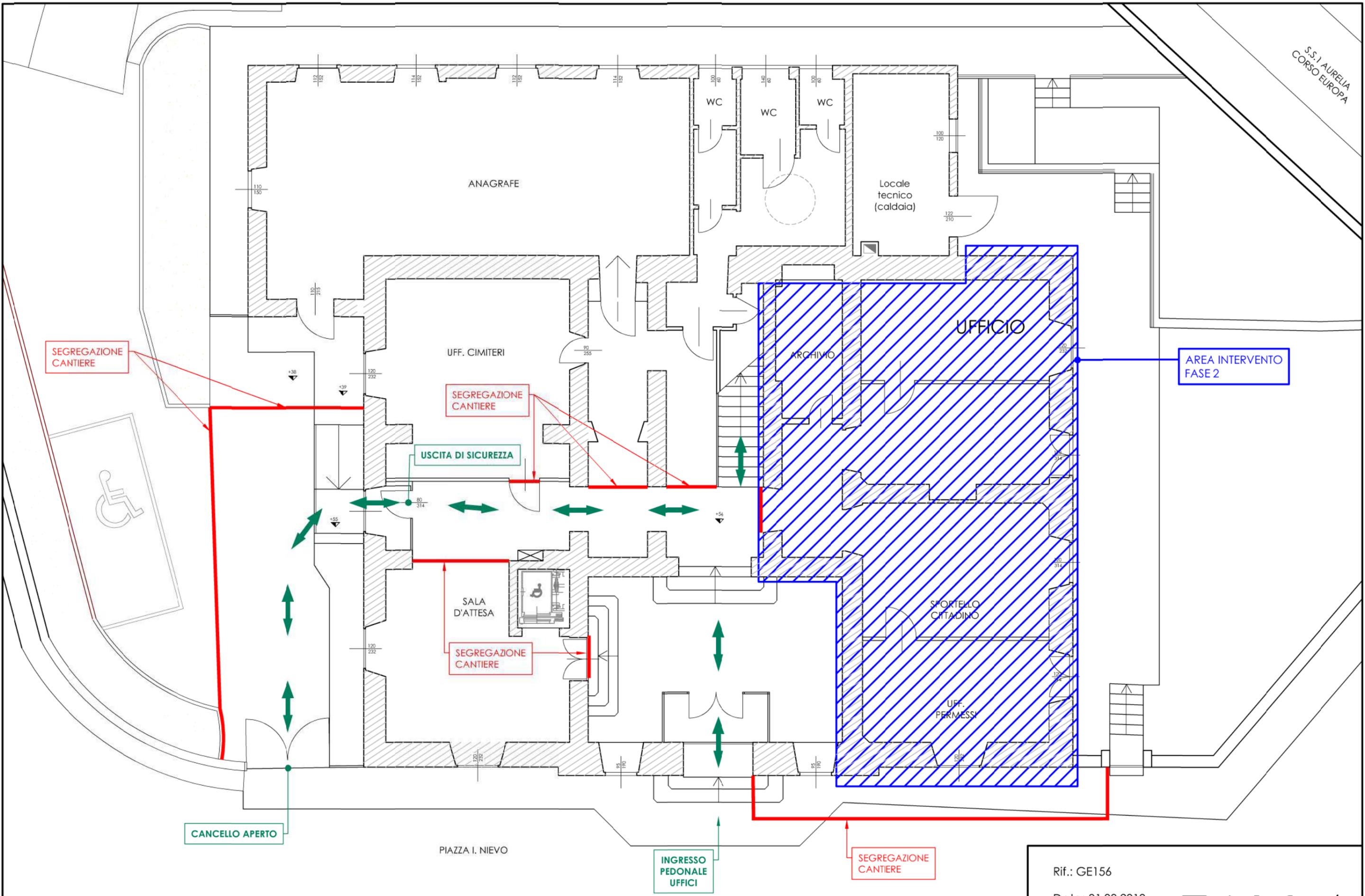
TAV.2



FASE 1: CONSOLIDAMENTO MURI DI FONDAZIONE ALA SINISTRA

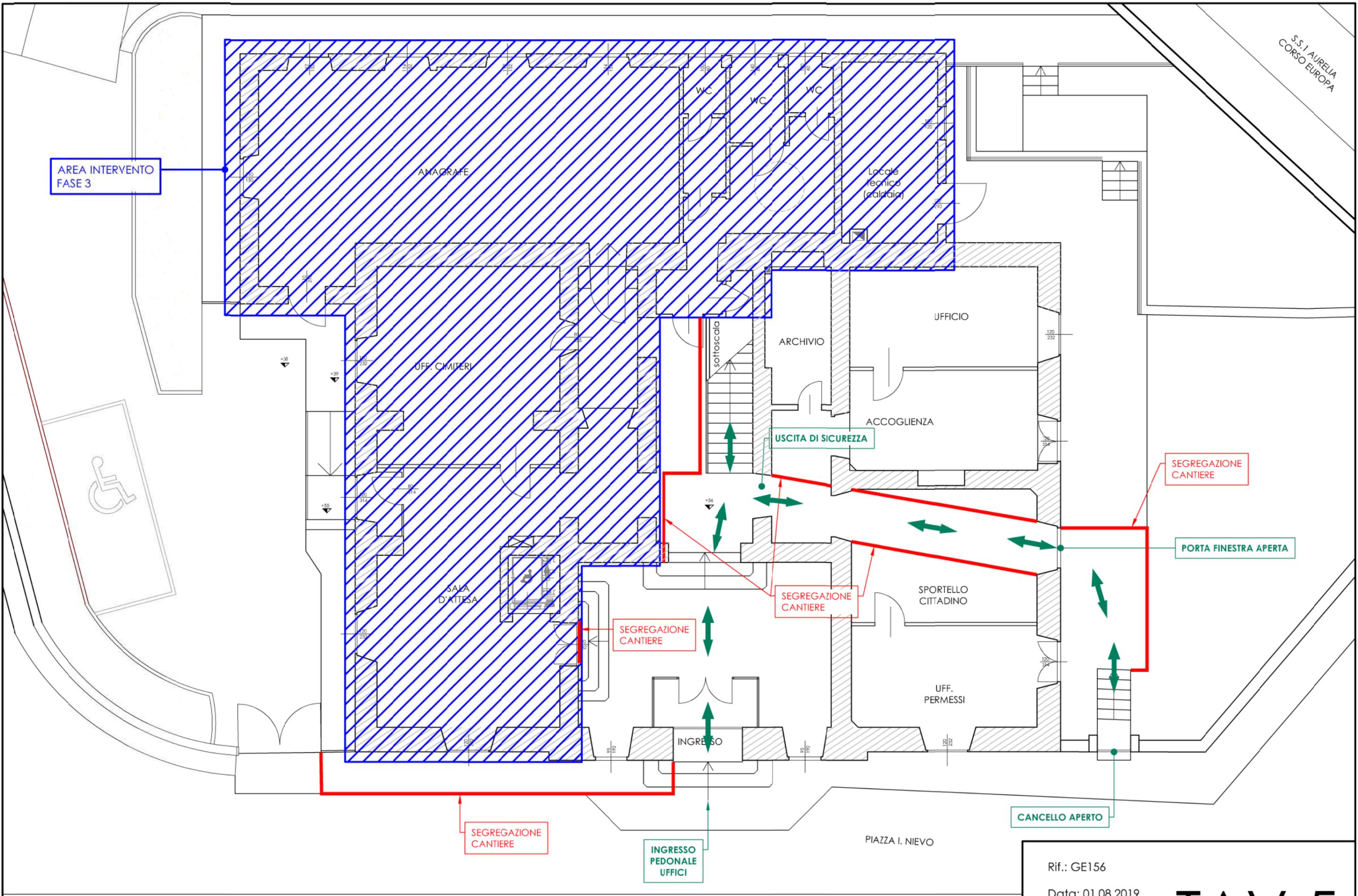
Rif.: GE156  
 Data: 01.08.2019

# TAV.3



FASE 2: CONSOLIDAMENTO MURI DI FONDAZIONE ALA DESTRA

Rif.: GE156  
Data: 01.08.2019



AREA INTERVENTO  
FASE 3

ANAGRAFE

WC

WC

WC

Locale tecnico  
(caldaia)

UFFICIO

ARCHIVIO

UFF. CIMITERI

sottoscala

USCITA DI SICUREZZA

ACCOGLIENZA

SEGREGAZIONE  
CANTIERE

PORTA FINESTRA APERTA

SPORTELLO  
CITTADINO

SEGREGAZIONE  
CANTIERE

SEGREGAZIONE  
CANTIERE

SALA  
D'ATTESA

UFF.  
PERMESSI

INGRESSO

SEGREGAZIONE  
CANTIERE

INGRESSO  
PEDONALE  
UFFICI

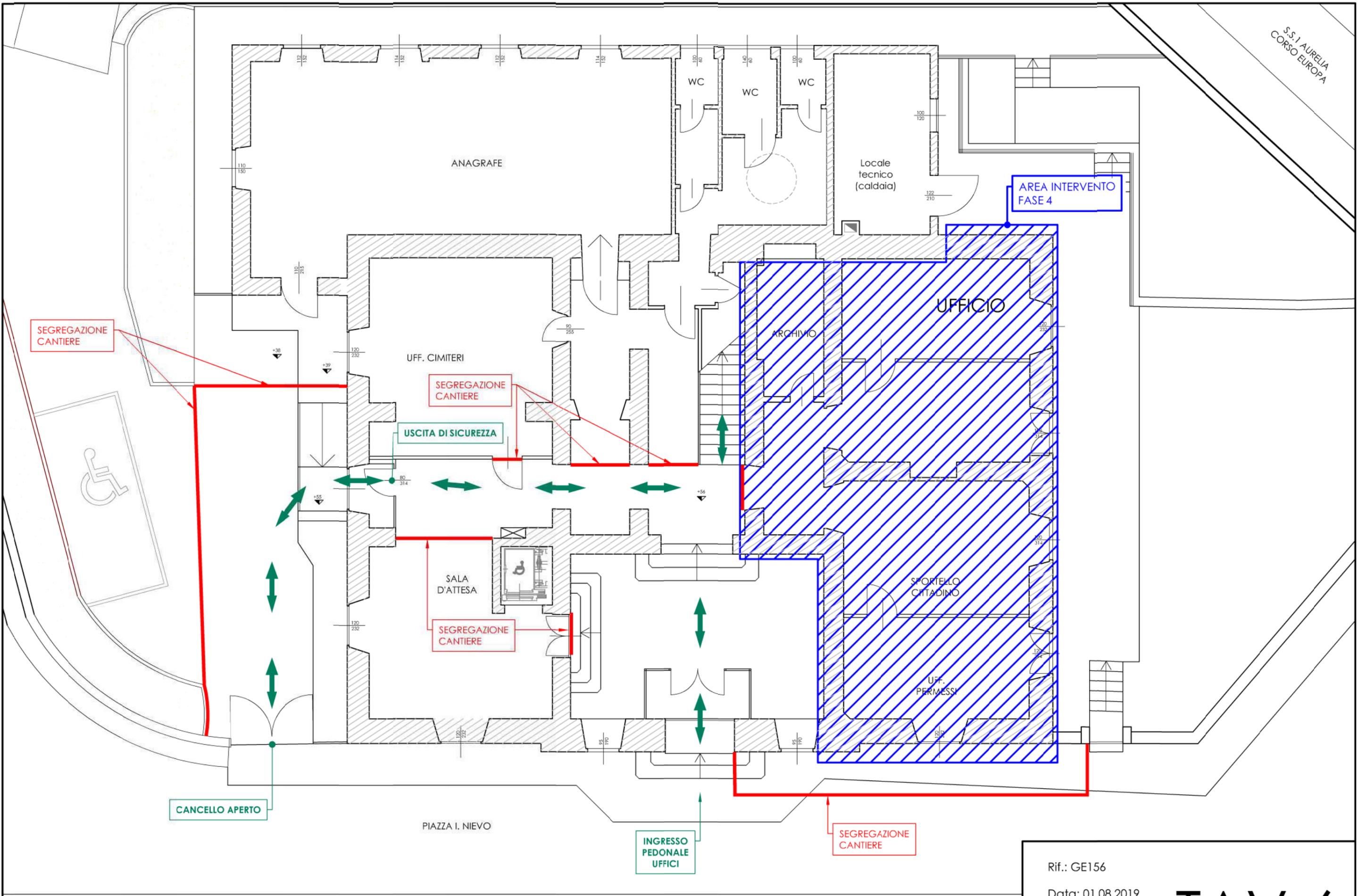
CANCELLO APERTO

PIAZZA I. NIEVO

Rif.: GE156

Data: 01.08.2019

FASE 3: CONSOLIDAMENTO SEDIME ALA SINISTRA

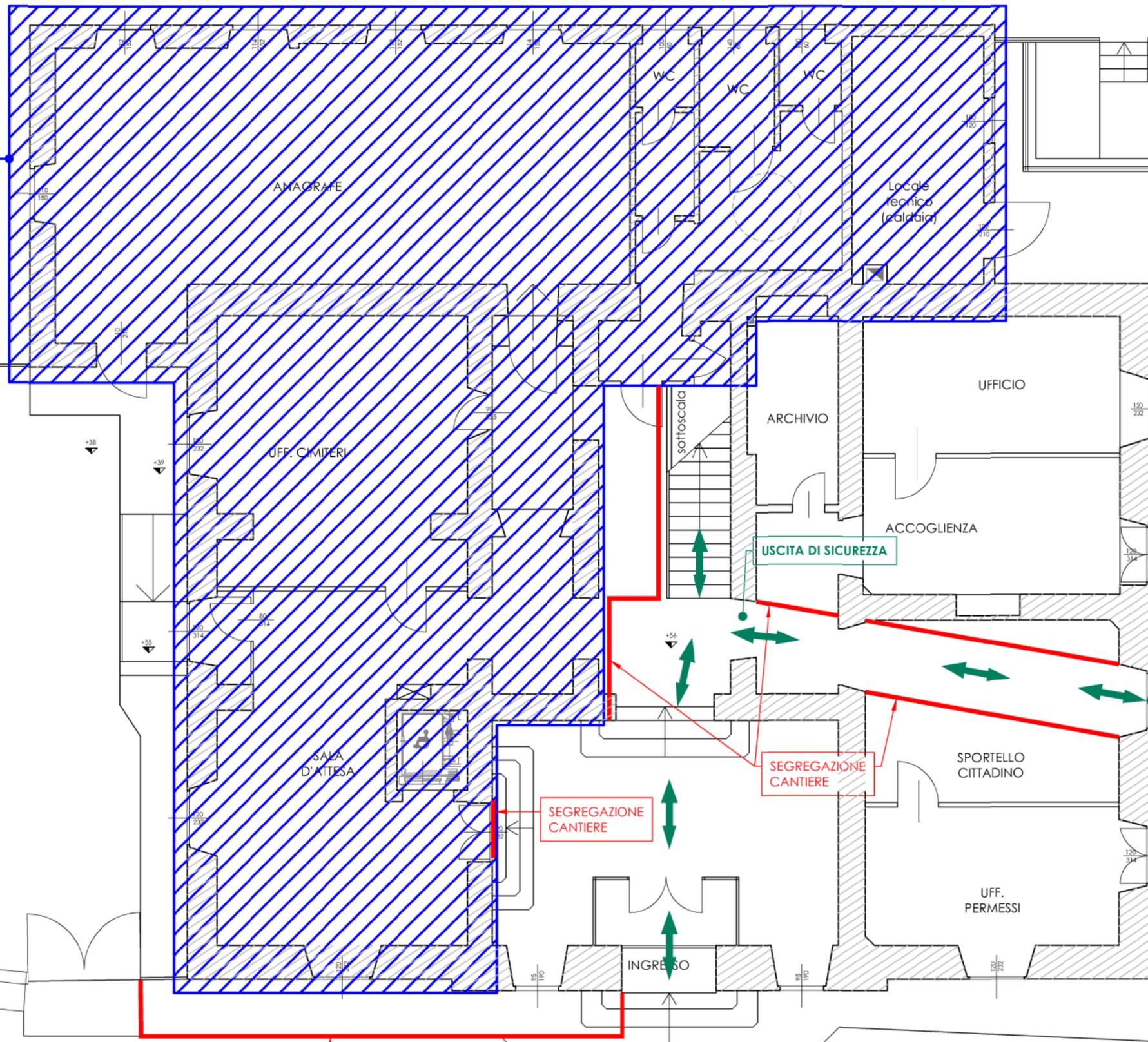


FASE 4: CONSOLIDAMENTO SEDIME ALA DESTRA

Rif.: GE156  
Data: 01.08.2019

# TAV.6

AREA INTERVENTO  
FASE 5



SEGREGAZIONE  
CANTIERE

INGRESSO  
PEDONALE  
UFFICI

SEGREGAZIONE  
CANTIERE

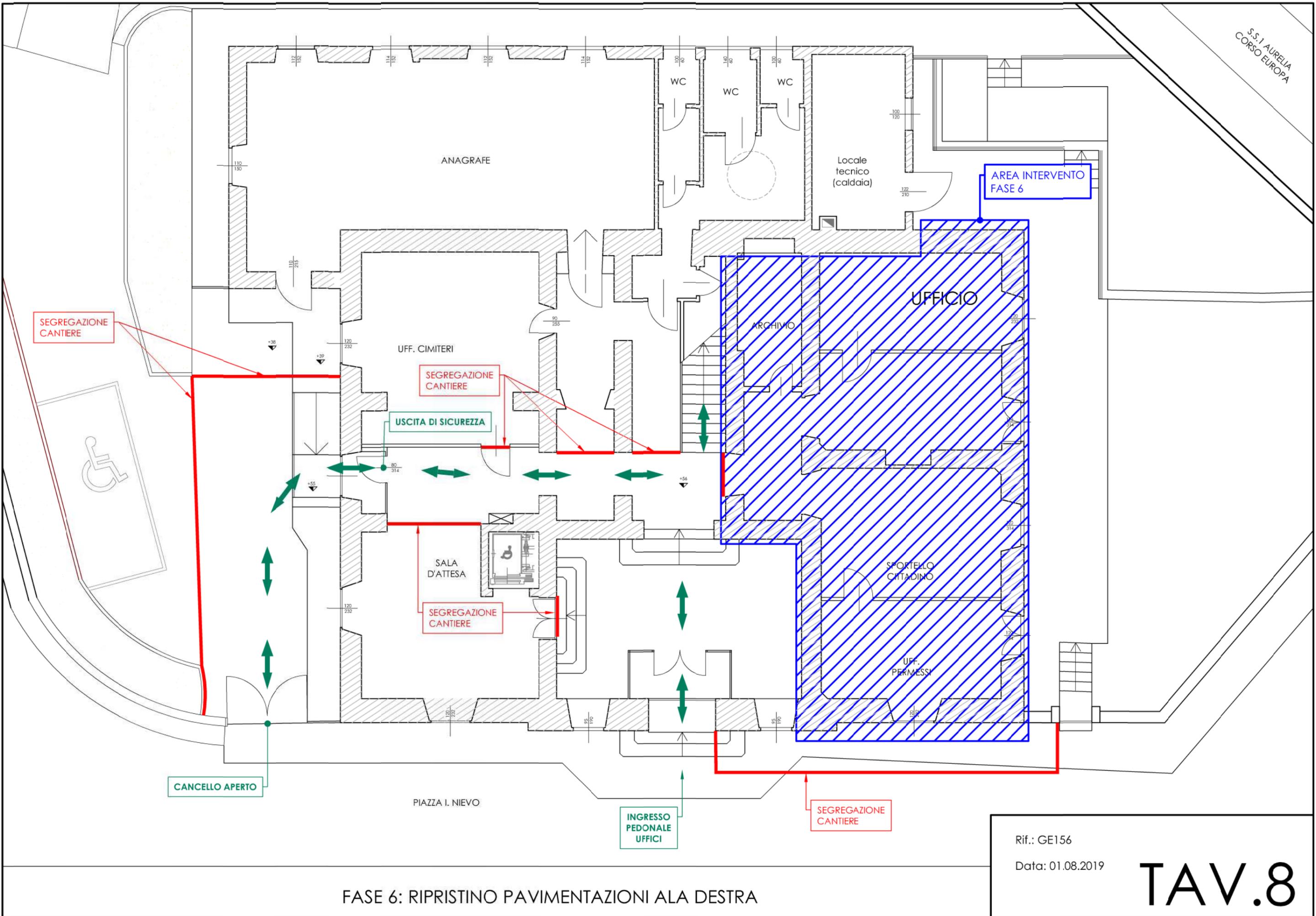
SEGREGAZIONE  
CANTIERE

PORTA FINESTRA APERTA

CANCELLO APERTO

FASE 5: RIPRISTINO PAVIMENTAZIONI ALA SINISTRA

Rif.: GE156  
Data: 01.08.2019



FASE 6: RIPRISTINO PAVIMENTAZIONI ALA DESTRA

Rif.: GE156  
Data: 01.08.2019

**Comune di Genova**  
PROVINCIA DI GENOVA

**EDIFICIO SEDE MUNICIPALE SITO IN GENOVA  
PIAZZA IPPOLITO NIEVO N.1**

**INTERVENTO DI RECUPERO E CONSOLIDAMENTO FONDAZIONALE**

**PROGETTO ESECUTIVO**

**OGGETTO:** E7.1\_ONERI SICUREZZA

**COMMITTENTE:** COMUNE DI GENOVA

**PROGETTISTA:** Ing. ZERBINATI Marco  
Iscritto all'Ord. Ingg. di Savona n° 1630



**DATA:** 22.10.2019 REV. 02

**CODICE ELABORATO:** E7.1\_OS-REV02.docx



Num.Ord. TARIFFA	DESIGNAZIONE DEI LAVORI	DIMENSIONI				Quantità	IMPORTI	
		par.ug.	lung.	larg.	H/peso		unitario	TOTALE
	<b>RIPORTO</b>							
	<b>LAVORI A MISURA</b>							
1 95.A10.A05. 010	Quadro elettrico di cantiere Ammortamento giornaliero quadro elettrico da cantiere 12 prese (durata 2 anni) Quadro di cantiere					90,00		
	SOMMANO gg					90,00	1,30	117,00
2 95.A10.A10. 010	Recinzione di cantiere, avente altezza minima fuori terra di 2,00 m, costituita da pannelli in acciaio elettrosaldato e zincato, del peso di 20 kg circa, montati su basi di calcestruzzo prefabbricate. Montaggio e smontaggio. Segregazione cantiere parcheggio Segregazione marciapiede p.zza Nieve Delimitazione uscita emergenza fase 2		20,00 30,00 14,00			20,00 30,00 14,00		
	SOMMANO m					64,00	7,13	456,32
3 95.A10.A10. 015	Recinzione di cantiere, avente altezza minima fuori terra di 2,00 m, costituita da pannelli in acciaio elettrosaldato e zincato, del peso di 20 kg circa, montati su basi di calcestruzzo prefabbricate. Nolo valutato a metro giorno. (i giorni oltre il 500° non daranno più diritto ad alcuna contabilizzazione) Segregazione cantiere parcheggio Segregazione marciapiede p.zza Nieve Delimitazione uscita emergenza fase 2	90,00 90,00 90,00	20,00 30,00 14,00			1'800,00 2'700,00 1'260,00		
	SOMMANO m					5'760,00	0,10	576,00
4 95.B10.S10.0 10	Ponteggiature "di facciata", in elementi metallici prefabbricati e/o "giunto-tubo", compreso il montaggio e lo smontaggio finale, i piani di lavoro, idonea segnaletica, impianto di messa a terra, compresi gli eventuali oneri di progettazione, escluso: mantovane, illuminazione notturna e reti di protezione - Montaggio, smontaggio e noleggio per il primo mese di utilizzo. Segregazioni fase 1 Segregazioni fase 2		48,00 8,00		2,500 2,500	120,00 20,00		
	SOMMANO m²					140,00	14,28	1'999,20
5 95.B10.S10.0 15	Ponteggiature "di facciata", in elementi metallici prefabbricati e/o "giunto-tubo", compreso il montaggio e lo smontaggio finale, i piani di lavoro, idonea segnaletica, impianto di messa a terra, compresi gli eventuali oneri di progettazione, escluso: mantovane, illuminazione notturna e reti di protezione - Noleggio per ogni mese oltre il primo. Segregazione fase 1 Segregazione fase 2	2,00 2,00	48,00 8,00		2,500 2,500	240,00 40,00		
	SOMMANO m²					280,00	1,32	369,60
6 95.C10.A10. 050	Locale igienico chimico. Compreso il montaggio ed il successivo smontaggio, la preparazione della base di appoggio, gli oneri per la periodica pulizia ed i relativi materiali di consumo. Per ogni mese di impiego. WC chimico	1,00			3,000	3,00		
	SOMMANO cad					3,00	172,50	517,50
7 95.F10.A10. 010	Segnaletica Cartello generale di cantiere conforme alle norme del regolamento edilizio, del D.lgs. 81/2008, del D.lgs. 163/2006 e loro s.m.i., della dimensione minima di 2.00 m². Cartello di cantiere					1,00		
	<b>A RIPORTARE</b>					1,00		4'035,62

Num.Ord. TARIFFA	DESIGNAZIONE DEI LAVORI	DIMENSIONI				Quantità	IMPORTI	
		par.ug.	lung.	larg.	H/peso		unitario	TOTALE
	<b>RIPORTO</b>					1,00		4'035,62
	SOMMANO cad					1,00	345,00	345,00
8 95.F10.A10. 020	Segnaletica Cartello di segnaletica generale, delle dimensioni di 1.00x 1,40, in PVC pesante antiurto, contenente segnali di pericolo, divieto e obbligo, inerenti il cantiere, valutato a cartello per distanza di lettura fino a 23 m, conformi UNI EN ISO 7010:2012. Cartellonistica varia e segnalazioni varie					42,48		
	SOMMANO cad					42,48	14,58	619,36
9	Arrotondamento oneri della Sicurezza					1,00		
	SOMMANO a corpo					1,00	0,02	0,02
	<b>Parziale LAVORI A MISURA euro</b>							5'000,00
	<b>TOTALE euro</b>							5'000,00
	<b>A RIPORTARE</b>							

Num.Ord. TARIFFA	DESIGNAZIONE DEI LAVORI	DIMENSIONI				Quantità	IMPORTI	
		par.ug.	lung.	larg.	H/peso		unitario	TOTALE
	RIPORTO							
	<p style="text-align: center;"><b>NOTE</b></p> <p>I prezzi elencati sono stati desunti dal prezzario Opere Edili ed Impiantistiche Regione Liguria Anno 2019.</p> <p>Data, 22/10/2019</p> <p style="text-align: center;"><b>Il Tecnico</b></p> <div style="text-align: center;">  </div>							
	A RIPORTARE							

**Comune di Genova**  
PROVINCIA DI GENOVA

**EDIFICIO SEDE MUNICIPALE SITO IN GENOVA  
PIAZZA IPPOLITO NIEVO N.1**

**INTERVENTO DI RECUPERO E CONSOLIDAMENTO FONDAZIONALE**

**PROGETTO ESECUTIVO**

**OGGETTO:** E7.2\_CRONOPROGRAMMA

**COMMITTENTE:** COMUNE DI GENOVA

**PROGETTISTA:** Ing. ZERBINATI Marco  
Iscritto all'Ord. Ingg. di Savona n° 1630



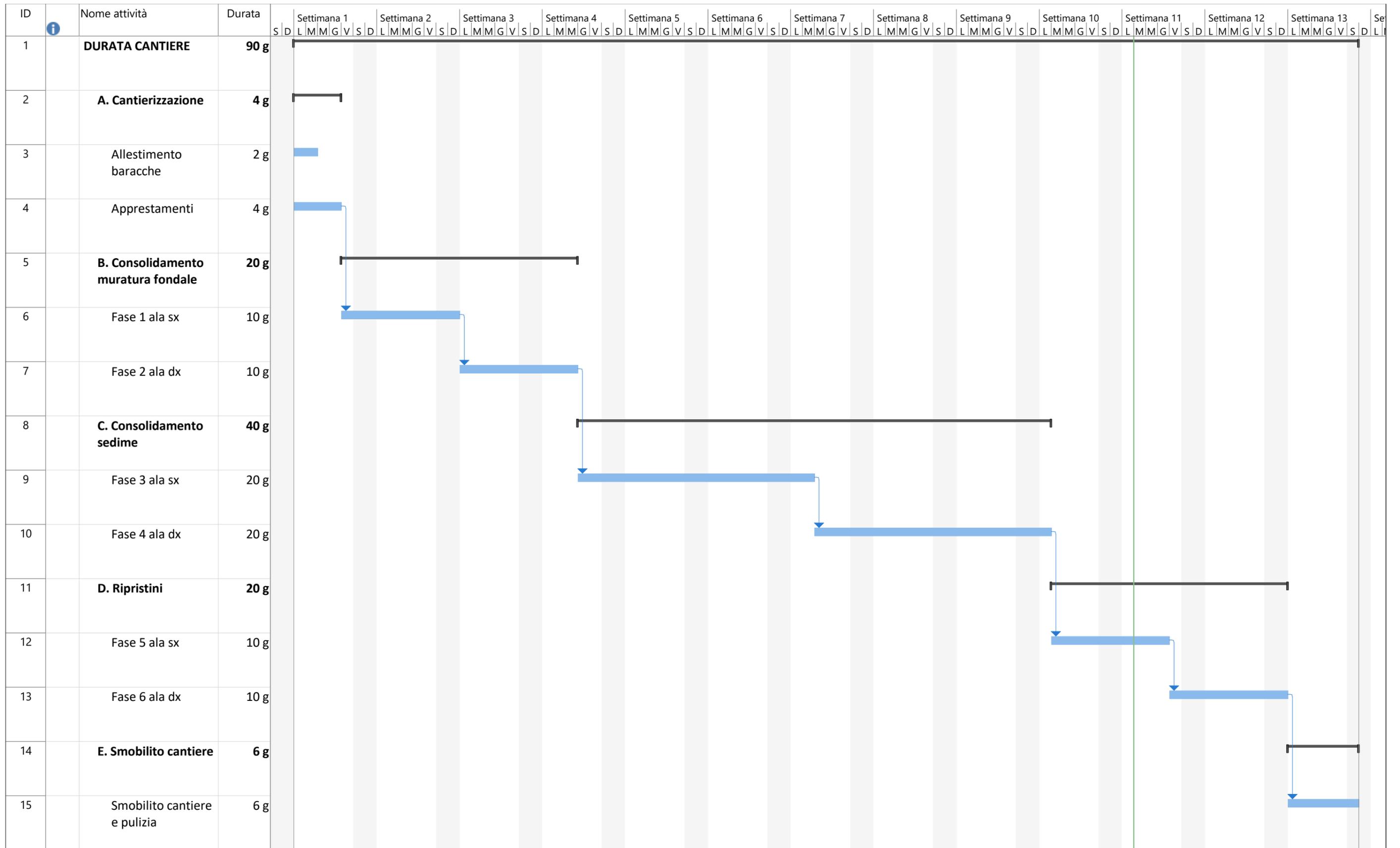
**DATA:** 22.10.2019 REV. 02

**CODICE ELABORATO:** E7.2\_CRONO-REV02.docx



**PERSICO e ZERBINATI INGEGNERI**  
studio associato

Via del Collegio 26/7 - 17043 CARCARE (SV)  
Tel. 019 5142225 - Fax: 019 2043957  
e-mail: info@persicozerbinati.it  
p.i.: 01585080094



Progetto: E7.2_CRONOPROGRAMMA Data: mar 22/10/19	Attività		Riepilogo progetto		Attività manuale		Solo inizio		Scadenza	
	Divisione		Attività inattiva		Solo-durata		Solo-fine		Avanzamento	
	Cardine		Cardine inattiva		Riporto riepilogo manuale		Attività esterne		Avanzamento manuale	
	Riepilogo		Riepilogo inattiva		Riepilogo manuale		Cardine esterno			

**Comune di Genova**  
PROVINCIA DI GENOVA

**EDIFICIO SEDE MUNICIPALE SITO IN GENOVA  
PIAZZA IPPOLITO NIEVO N.1**

**INTERVENTO DI RECUPERO E CONSOLIDAMENTO FONDAZIONALE**

**PROGETTO ESECUTIVO**

**OGGETTO:** E7.3\_ FASCICOLO TECNICO DELL'OPERA

**COMMITTENTE:** COMUNE DI GENOVA

**PROGETTISTA:** Ing. ZERBINATI Marco  
Iscritto all'Ord. Ingg. di Savona n° 1630

**DATA:** 22.10.2019 REV. 02



**CODICE ELABORATO:** E7.3\_FT\_REV 02.docx

## **INDICE**

<b>1</b>	<b>INTRODUZIONE .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>IDENTIFICAZIONE E DESCRIZIONE DELL'OPERA .....</b>	<b>3</b>
2.1	INDIRIZZO DEL CANTIERE.....	3
2.2	DATI CARATTERISTICI DELL'AREA D'INTERVENTO .....	4
2.2.1	<i>Inquadramento generale .....</i>	4
2.2.2	<i>Sismicità della zona .....</i>	4
2.2.3	<i>Sottoservizi e reti dei gestori .....</i>	4
2.2.4	<i>Informazioni climatiche .....</i>	4
2.3	DESCRIZIONE INTERVENTI .....	4
2.3.1	<i>Consolidamento muratura fondale.....</i>	4
2.3.2	<i>Consolidamento substrato terreno.....</i>	5
2.3.3	<i>Ripristino pavimentazione perimetrale.....</i>	5
<b>3</b>	<b>IDENTIFICAZIONE DEI SOGGETTI COINVOLTI CON COMPITI DI SICUREZZA .....</b>	<b>6</b>
<b>4</b>	<b>RELAZIONE SULL'INDIVIDUAZIONE DEI RISCHI, DELLE MISURE PREVENTIVE E PROTETTIVE IN DOTAZIONE ALL'OPERA.....</b>	<b>6</b>
4.1	RISCHI E MISURE PREVENTIVE E PROTETTIVE IN DOTAZIONE ALL'OPERA .....	6
4.2	MODALITA' DI UTILIZZO E CONTROLLO DELL'EFFICIENZA DELLA MISURE PREVENTIVE E PROTETTIVE IN DOTAZIONE ALL'OPERA.....	7
<b>5</b>	<b>ELENCO DOCUMENTAZIONE TECNICA DELL'OPERA.....</b>	<b>7</b>

## 1 **INTRODUZIONE**

Il presente Fascicolo Tecnico (FT) viene predisposto dal Coordinatore per la Sicurezza in Progettazione (CSP), ai sensi del D.Lgs 81/2008 integrato con il D.Lgs. 106/2009 e s.m.i.

Il Fascicolo è un documento che viene redatto in occasione di lavori edili o di ingegneria civile ed ha l'obiettivo di fornire informazioni utili, ai fini della prevenzione e della protezione dai rischi, alle imprese esecutrici ed ai lavoratori autonomi che eseguiranno gli eventuali lavori successivi sull'opera.

Tale documento deve essere predisposto in fase di progettazione da parte del CSP e deve essere aggiornato, in corso d'opera, da parte del Coordinatore per la Sicurezza in Esecuzione (CSE) in relazione all'evoluzione dei lavori.

Per la predisposizione del presente FT si terranno a riferimento le "linee guida" riportate nell'art. 91 e All XVI del D.lgs. 81/2008.

Il FT si dividerà quindi in tre parti:

- Descrizione dell'opera
- Rischi potenziali
- Elenco documentazione tecnica dell'opera

Si specifica che il presente FT riguarderà solamente le parti d'opera oggetto dell'intervento, limitatamente a quanto inquadrabile come parte "civile", senza addentrarsi nelle parti impiantistiche, per le quali occorrerà far riferimento alle procedure di intervento e manutentive specificatamente predisposte dalla Committente.

## 2 **IDENTIFICAZIONE E DESCRIZIONE DELL'OPERA**

### 2.1 **INDIRIZZO DEL CANTIERE**

L'edificio in oggetto, sito in Piazza Ippolito Nievo n.1, Genova (GE), è di proprietà del Comune di Genova, nonché sede del Municipio IX – Levante (Figura 1).

Esso è identificato al N.C.E.U. di Genova alla sez. QUA, foglio 6 particelle 295-296.

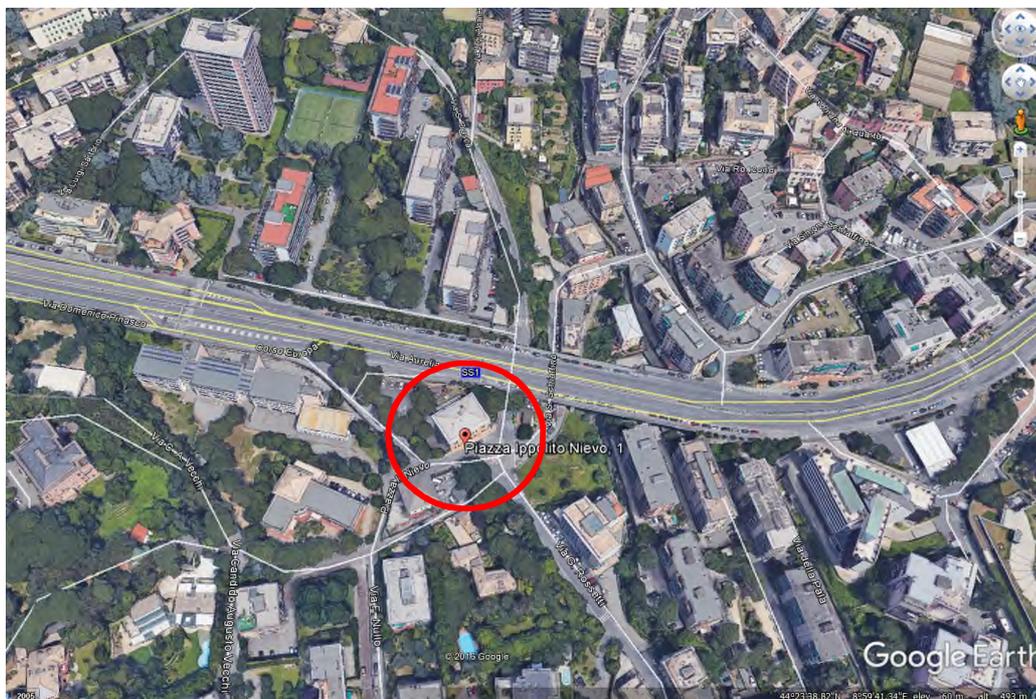


Figura 1. Individuazione dell'immobile

## **2.2 DATI CARATTERISTICI DELL'AREA D'INTERVENTO**

### **2.2.1 Inquadramento generale**

Il progetto riguarda le opere per il consolidamento dell'edificio sopra identificato nonché all'espletamento di tutti gli adempimenti e di tutte le procedure ivi contenute connesse alla redazione della pratica edilizia.

### **2.2.2 Sismicità della zona**

Gli interventi previsti saranno svolti in un'area classificata come zona sismica 3.

### **2.2.3 Sottoservizi e reti dei gestori**

In fase progettuale sono stati evidenziati i seguenti sottoservizi potenzialmente interferenti con le attività:

- Conduzione del gas metano entrante nell'edificio da piazza Nievo. Tale condotta risulta essere interrata e posizionata nello spigolo sud dell'edificio. In corrispondenza dello spigolo è presente lo stacco interrato e successivamente la tubazione risulta essere aerea e ben visibile.
- Rete idrica e fognaria in corrispondenza dei servizi igienici presenti al piano terra dell'edificio.
- Le reti elettriche e dati risultano essere tutte in canalina a muro, pertanto non si ragguagliano interferenze.

### **2.2.4 Informazioni climatiche**

Le condizioni ambientali di riferimento per l'area dei cantieri sono le seguenti:

- temperatura ambiente compresa tra il minimo di -5°C e il massimo di +45°C,
- umidità dell'aria variabile dal 50% al 100%,
- qualità dell'aria buona in quanto non presenti nelle immediate vicinanze insediamenti produttivi inquinanti,
- altitudine del sito: circa 40 m.s.l.m.

## **2.3 DESCRIZIONE INTERVENTI**

A seguito degli studi effettuati sull'edificio, in relazione all'intervento di recupero e consolidamento fondazionale, si ritiene necessario eseguire le seguenti tipologie di interventi:

- Risanamento delle strutture di fondazione tramite miglioramento del "substrato A" mediante iniezioni di consolidamento.
- Risanamento delle murature fondazionali mediante iniezioni di consolidamento al fine di ripristinare le caratteristiche meccaniche delle strutture.

### **2.3.1 Consolidamento muratura fondale**

Consolidamento della fondazione in muratura mediante iniezioni di resina espandente o boiaccia a base di calce idraulica allo scopo di riempire i vuoti presenti eliminando le discontinuità dovute a difetti costruttivi od all'invecchiamento, che possono rappresentare pericolose debolezze strutturali, e quindi distribuire in modo uniforme le tensioni provenienti dai carichi sovrastanti.

Per l'esecuzione delle iniezioni verranno eseguite delle perforazioni verticali o subverticali nella muratura a partire dal piano di calpestio e fino a raggiungere la quota del piano di imposta della fondazione, allo scopo di intercettare il numero massimo di cavità presenti. Tali perforazioni non dovranno avere diametro superiore a 30 mm. L'interasse delle stesse potrà

variare da 0,20 a 2,00 m. In tali fori verranno posizionati dei condotti di iniezione di lunghezza tale da raggiungere le zone interessate.

Le iniezioni di tipo 'colonnare' verranno eseguite senza soluzione di continuità estraendo il tubo di iniezione a velocità controllata dalla quota del piano di imposta della fondazione fino alla quota del piano di calpestio in modo da garantire un trattamento uniforme di tutto il volume del paramento murario. La pressione d'espansione controllata della resina permetterà di raggiungere anche le cavità meno accessibili ed evita rotture e deformazioni rilevanti delle murature.

La lavorazione si intende comprensiva di ogni onere necessario per l'impianto di cantiere, l'installazione delle attrezzature e dei macchinari di perforazione e di iniezione, i noli, la mano d'opera specializzata, la fornitura di resine impiegate nelle quantità richieste dall'intervento e la fornitura di altro materiale necessario per dare il lavoro finito a perfetta regola d'arte.

### **2.3.2 Consolidamento substrato terreno**

Consolidamento del terreno di fondazione da eseguirsi sino alla profondità di m 2-3 m dal piano di lavoro allo scopo di incrementare la capacità portante di esercizio dello stesso ad un valore maggiore della tensione indotta dalla struttura soprastante mediante iniezione controllata di resina in pressione.

Le iniezioni verranno eseguite sotto le fondazioni, a diversi livelli di profondità a partire dal piano di posa delle stesse in modo da garantire il miglioramento delle caratteristiche meccaniche di tutto il volume di terreno sopraindicato.

Per l'esecuzione delle iniezioni verranno eseguite delle perforazioni ad inclinazione variabile a partire dal piano di lavoro ed eventualmente attraverso le fondazioni. Tali perforazioni non dovranno avere diametro superiore a 30 mm.

Il procedimento dovrà svolgersi in due fasi distinte e consecutive:

- **Consolidamento superficiale.** In questa prima fase verranno eseguite delle iniezioni in prossimità dell'intradosso del piano di posa della fondazione tali da garantire continuità fra struttura e terreno. Scopo di questa fase di lavorazione è il riempimento dei vuoti eventualmente presenti nel terreno e l'incremento di resistenza dello stesso a rottura per sforzi di taglio.
- **Consolidamento in profondità.** Nella seconda fase verranno eseguite delle iniezioni su più livelli di profondità (2-3 livelli). Le iniezioni, in entrambe le fasi, dovranno essere puntuali e verranno regolate attraverso il monitoraggio in continuo del grado di sollevamento della struttura soprastante mediante livello laser. Le iniezioni dovranno proseguire sino alla verifica di un segnale di inizio di sollevamento della struttura soprastante. Tale controllo in corso d'opera è condizione necessaria e sufficiente per la regolare esecuzione della lavorazione. La resina iniettata inizierà ad espandere in un tempo rapido per poter rimanere confinata nel volume di terreno interessato dall'intervento.

Sono comprese le prove geotecniche in sito a verifica della bontà dell'intervento.

Sono compresi ogni onere necessario per l'impianto di cantiere, l'installazione delle attrezzature e dei macchinari di perforazione e di iniezione, i noli, la mano d'opera specializzata, la fornitura di resine impiegate nelle quantità richieste dall'intervento e la fornitura di altro materiale necessario per dare il lavoro finito a perfetta regola d'arte.

### **2.3.3 Ripristino pavimentazione perimetrale**

Le opere di consolidamento fondazionale e del terreno di sedime prevedono una serie di trivellazioni perimetrali che necessitano di puntuali procedure di smantellamento, o eventuale rimozione, con successivo ripristino della pavimentazione interessata dalle lavorazioni di trivellazione.

Sono previste pertanto opere puntuali di rimozione del rivestimento lapideo, in piastrelle o in gres, con o senza recupero a seconda della tipologia di intervento, successiva realizzazione della nuova pavimentazione compresa la stuccatura per la finitura dell'opera.

### 3 IDENTIFICAZIONE DEI SOGGETTI COINVOLTI CON COMPITI DI SICUREZZA

**Committente:** Comune di Genova

**Responsabile Unico del Procedimento:** Arch. De Fornari Ferdinando

**Coordinatore per la Sicurezza in Progettazione:** Ing. Marco Zerbinati, Via del Collegio 26/7, 17043, Carcare (SV)

**Coordinatore per la Sicurezza in Esecuzione:** .....

Imprese attualmente definite per lo svolgimento dei lavori: \_\_\_\_\_

Il nominativo dei referenti per ogni singola impresa verrà riportato sui rispettivi Piani di Sicurezza Operativi (POS).

### 4 RELAZIONE SULL'INDIVIDUAZIONE DEI RISCHI, DELLE MISURE PREVENTIVE E PROTETTIVE IN DOTAZIONE ALL'OPERA

La presente relazione viene redatta in fase progettuale, sulla base degli elementi conoscitivi a disposizione, ed è pertanto suscettibile di integrazioni e variazioni in fase esecutiva, in seguito agli ulteriori elementi di valutazione eventualmente emersi durante l'esecuzione dei lavori.

#### 4.1 RISCHI E MISURE PREVENTIVE E PROTETTIVE IN DOTAZIONE ALL'OPERA

Le schede riportate successivamente riportano i lavori prevedibili o programmati dell'opera, descrivendo i luoghi interessati e indicando le misure preventive e protettive in dotazione all'opera (indicazione portata solai, eventuali sottoservizi.

1.		
<b>TIPOLOGIA LAVORI:</b> Manutenzione pavimentazioni:		<b>RISCHI INDIVIDUATI:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Inalazione sostanze nocive</li> <li>• Elettrocuzione</li> <li>• Interferenze verso terzi</li> </ul>
<b>TIPO D'INTERVENTO:</b> Viene effettuata la manutenzione delle pavimentazioni interne ed esterne.		
<b>INFORMAZIONI PER IMPRESE ESECUTRICI SULLE CARATTERISTICHE TECNICHE DELL'OPERA PROGETTATA E DEL LUOGO DI LAVORO:</b> Nessuna informazione particolare. Si evidenzia al presenza di pubblico e dipendenti del comune.		
PUNTI CRITICI	MISURE PREVENTIVE E PROTETTIVE IN DOTAZIONE ALL'OPERA	MISURE PREVENTIVE E PROTETTIVE AUSILIARIE
Accessi ai luoghi di lavoro	/	/
Sicurezza dei luoghi di lavoro	/	Effettuare segregazione delle aree d'intervento
Impianti di alimentazione e scarico	/	Predisporre l'apposito quadro di cantiere
Approvvigionamento e movimentazione materiali	/	Prevedere cartellonistica di segnalazione presenza lavori
Igiene sul lavoro	/	Utilizzare gli opportuni D.P.I.
Interferenze e protezione verso terzi	/	Prevedere cartellonistica di segnalazione lavori
<b>TAVOLE DI RIFERIMENTO:</b> E3. 6 Interventi pavimentazioni interne.		

2.		
<b>TIPOLOGIA LAVORI:</b> Monitoraggio manufatto	<b>RISCHI INDIVIDUATI:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Caduta dall'alto di cose/materiale</li> <li>• Elettrocuzione</li> <li>• Interferenze verso terzi</li> </ul>	
<b>TIPO D'INTERVENTO:</b> Viene effettuata il monitoraggio permanente dell'edificio.		
<b>INFORMAZIONI PER IMPRESE ESECUTRICI SULLE CARATTERISTICHE TECNICHE DELL'OPERA PROGETTATA E DEL LUOGO DI LAVORO:</b> Nulla da rilevare		
PUNTI CRITICI	MISURE PREVENTIVE E PROTETTIVE IN DOTAZIONE ALL'OPERA	MISURE PREVENTIVE E PROTETTIVE AUSILIARIE
Accessi ai luoghi di lavoro	/	/
Sicurezza dei luoghi di lavoro	/	/
Impianti di alimentazione e scarico	/	Predisporre l'apposito quadro di cantiere
Approvvigionamento e movimentazione materiali	/	Prevedere cartellonistica di segnalazione presenza lavori
Igiene sul lavoro	/	Utilizzare gli opportuni D.P.I.
Interferenze e protezione verso terzi	/	Prevedere cartellonistica di segnalazione lavori
<b>TAVOLE DI RIFERIMENTO:</b> E3. 2 Pianta piano terra: progetto di consolidamento muri di fondazione E3. 3 Pianta piano terra: progetto di consolidamento sedime fondazionale E3. 4 Sezioni generali: interventi di consolidamento fondazionale		

Gli ulteriori rischi presenti, legati ad attività specifiche, saranno individuati ed analizzati preventivamente all'esecuzione delle lavorazioni.

#### 4.2 MODALITA' DI UTILIZZO E CONTROLLO DELL'EFFICIENZA DELLA MISURE PREVENTIVE E PROTETTIVE IN DOTAZIONE ALL'OPERA

RIFERIMENTO SCHEDA:						
Misure preventive e protettive in dotazione all'opera	Informazioni necessarie per pianificarne la realizzazione in sicurezza	Modalità di utilizzo in condizioni di sicurezza	Verifiche e controlli da effettuare	Periodicità	Interventi di manutenzione pianificata	Periodicità
/	/	/	/	/	/	/

## 5 ELENCO DOCUMENTAZIONE TECNICA DELL'OPERA

La funzione di questa parte del fascicolo è quella di elencare i documenti tecnici dell'opera e di indicare dove sono custoditi.

Si riporta l'elenco della documentazione in possesso della committenza:

- E1 Relazione generale progetto
- E2 Relazioni tecniche e specialistiche:

- E2.1 Relazione geologica;
- E2.2 Relazione illustrativa e di calcolo delle strutture;
- E2.3 Relazione gestione delle materie;
- E2.4 Relazione sulle interferenze;
- E2.5 Relazione architettonica procedurale;
- E3 Elaborati grafici:
  - E3.1 Corografia generale;
  - E3.2 Pianta piano terra: progetto di consolidamento muri di fondazione;
  - E3.3 Pianta piano terra: progetto di consolidamento sedime fondazionale;
  - E3.4 Sezioni generali: interventi di consolidamento fondazionale;
  - E3.5 Stato delle opere pavimentazioni interne;
  - E3.6 Interventi pavimentazioni interne.
- E4 Elenco dei prezzi unitari;
- E5 Computo metrico estimativo;
- E6 Quadro di incidenza mano d'opera;
- E7 Piano di sicurezza e coordinamento
  - E7.1 Oneri sicurezza;
  - E7.2 Cronoprogramma;
  - E7.3 Fascicolo Tecnico.
- E8 Quadro economico
- E9 Capitolato speciale d'appalto
- E10 Piano di manutenzione dell'opera
- E11 Bozza del contratto d'appalto

**Comune di Genova**  
PROVINCIA DI GENOVA

**EDIFICIO SEDE MUNICIPALE SITO IN GENOVA  
PIAZZA IPPOLITO NIEVO N.1**

**INTERVENTO DI RECUPERO E CONSOLIDAMENTO FONDAZIONALE**

**PROGETTO ESECUTIVO**

**OGGETTO:** E8\_QUADRO ECONOMICO

**COMMITTENTE:** COMUNE DI GENOVA

**PROGETTISTA:** Ing. ZERBINATI Marco  
Iscritto all'Ord. Ingg. di Savona n° 1630

**DATA:** 22.10.2019 REV. 02



**CODICE ELABORATO:** E8\_ QE copertina\_REV 02.docx



**PERSICO e ZERBINATI INGEGNERI**  
studio associato

Via del Collegio 26/7 - 17043 CARCARE (SV)  
Tel. 019 5142225 - Fax: 019 2043957  
e-mail: info@persicozerbinati.it  
p.i.: 01585080094

**OGGETTO: EDIFICIO SEDE MUNICIPALE SITO IN GENOVA  
PIAZZA IPPOLITO NIEVO N.1  
INTERVENTO DI RECUPERO E CONSOLIDAMENTO FONDAZIONALE  
PROGETTO ESECUTIVO**

**QUADRO ECONOMICO DI SPESA**

ai sensi Art. 42 / D.Lgs 207/2010

			€	€
<b>A. IMPORTO PER LAVORI</b>	<b>A.1</b>	<b>Importo dei lavori</b>	<b>€</b>	<b>€</b>
		di cui importo dei lavori a misura	€ 204 055,72	
		di cui importo lavori a corpo	€ 0,00	
		<b>Totale importo lavori</b>		<b>€ 204 055,72</b>
	<b>A.2</b>	<b>Oneri per la sicurezza non soggetti a ribasso</b>		<b>€ 5 000,00</b>
	<b>A.3</b>	<b>Lavori in economia</b>		<b>€ 5 000,00</b>
		<b>Totale (A.1+A.2+A.3)</b>		<b>€ 214 055,72</b>
<b>B. SOMME A DISPOSIZIONE DELL'AMMINISTRAZIONE</b>	<b>B</b>	<b>Somme a disposizione dell'Amministrazione (comprehensive di I.V.A. ed eventuali altre imposte ove dovute per legge)</b>		<b>€</b>
	B.1	Lavori in economia, previsti in progetto ed esclusi dall'appalto		€ 0,00
	B.2	Rilievi, diagnosi iniziali, accertamenti e indagini		€ 0,00
	B.3	Allacciamento ai pubblici servizi		€ 0,00
	B.4	Imprevisti (max. 8%)		€ 0,00
	B.5	Acquisizione aree o immobili, servitù, occupazioni		€ 0,00
	B.6	Accantonamento di cui all'articolo 113 del D.Lgs.50/2016 (incentivo)		€ 3 917,22
	B.7	Spese di cui agli articoli 24, comma 4, del D.Lgs.50/2016, spese per la copertura dei rischi di natura professionale a favore dei dipendenti incaricati della progettazione		€ 0,00
	B.8	Spese per attività tecnico-amministrative connesse alla progettazione, di supporto al responsabile del procedimento, e di verifica e validazione		€ 5 000,00
	B.9	Eventuali spese per commissioni giudicatrici		€ 0,00
	B.10	Spese per pubblicità e, ove previsto, per opere artistiche		€ 1 000,00
	B.11	Spese per accertamenti di laboratorio e verifiche tecniche previste dal capitolato speciale d'appalto, collaudo tecnico amministrativo, collaudo statico ed altri eventuali collaudi specialistici		€ 4 621,49
	B.12	Oneri del concessionario o contraente generale (progettazione e direzione lavori) e oneri diretti e indiretti (min 6% max 8%)		€ 0,00
	B.13	Opere di mitigazione e compensazione ambientale, monitoraggio ambientale		€ 0,00
		<b>Totale Somme a disposizione dell'Amministrazione (B.1+....+B.13)</b>		<b>€ 14 538,71</b>
<b>C. I.V.A.</b>	<b>C</b>	<b>I.V.A.</b>		<b>€</b>
	C.1	I.V.A. su Lavori	10%	€ 21 405,57
			<b>Totale IVA</b>	
		<b>TOTALE COSTO INTERVENTO (A+B+C)</b>		<b>€ 250 000,00</b>

**Comune di Genova**  
PROVINCIA DI GENOVA

**EDIFICIO SEDE MUNICIPALE SITO IN GENOVA  
PIAZZA IPPOLITO NIEVO N.1**

**INTERVENTO DI RECUPERO E CONSOLIDAMENTO FONDAZIONALE**

**PROGETTO ESECUTIVO**

**OGGETTO:** E9\_CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO

**COMMITTENTE:** Comune di Genova

**PROGETTISTA:** Ing. ZERBINATI Marco  
Iscritto all'Ord. Ingg. di Savona n° 1630

**DATA:** 22.10.2019 REV. 02

**CODICE ELABORATO:** E9\_CSA-REV 02.docx



## PARTE PRIMA DESCRIZIONE DELLE LAVORAZIONI

### Art 1 - Oggetto dell'appalto

L'appalto, a misura, consiste nell'esecuzione di tutti i lavori e forniture necessari per i lavori di **INTERVENTO DI RECUPERO E CONSOLIDAMENTO FONDAZIONALE dell' EDIFICIO SEDE MUNICIPALE SITO IN GENOVA PIAZZA IPPOLITO NIEVO N.1.**

1. Sono compresi nell'appalto tutti i lavori, le prestazioni, le forniture e le provviste necessarie per dare il lavoro completamente compiuto e secondo le condizioni stabilite dal presente capitolato speciale d'appalto, con le caratteristiche tecniche, qualitative e quantitative previste dal progetto.

### Art 2 - Definizione economica dell'appalto

1. L'importo complessivo stimato dei lavori e delle forniture compresi nell'appalto ammonta a **EURO 214.055,72** (diconsi **Euro duecentoquattordicimilacinquantacinque/72**), di cui euro 5.000,00 per oneri di sicurezza non soggetti a ribasso, come dal seguente prospetto:

A1	Lavori a Misura		Importo
A1.1	Consolidamento fondale	Euro	185.155,42
A1.2	Demolizioni, smontaggi, trasporti e smaltimenti	Euro	7.088,21
A1.3	Ripristini	Euro	11.812,09
	<b>Totale del punto A1</b>	<b>Euro</b>	<b>204.055,72</b>
<b>B</b>	<b>Oneri per la sicurezza</b>	Euro	<b>5.000,00</b>
<b>C</b>	<b>Opere in economia</b>	Euro	<b>5.000,00</b>
<b>D</b>	<b>Totale complessivo (A+B+C)</b>	<b>Euro</b>	<b>214.055,72</b>

2 / 60

2. Gli oneri di cui al precedente punto B sono stati determinati ai sensi del punto 4, allegato XV del D. Lgs. 9 aprile 2008 n. 81 e individuano la parte del costo dell'opera da non assoggettare a ribasso nelle offerte delle imprese esecutrici.
3. L'ammontare del punto B rappresenta la stima dei costi della sicurezza e sarà liquidato analiticamente a misura sulla base di quanto effettivamente eseguito o sostenuto, rinunciando ad ogni pretesa per quello non attuato.

### Art 3 - Definizione tecnica dell'oggetto dell'appalto

1. Il contratto è stipulato "a misura" ai sensi dell'art. 59, comma 5-bis del Codice.
2. Le opere, oggetto dell'appalto, interessano l'edificio sito in Piazza Ippolito Nievo n.1, Genova (GE), di proprietà del Comune di Genova nonché sede del Municipio IX – Levante, identificato al N.C.E.U. di Genova alla sez. QUA, foglio 6 particelle 295-296, il tutto come meglio descritto nei documenti di cui all'art.6 del presente CSA.  
In particolare l'intervento prevede:

#### INTERVENTI DI RINFORZO E RISANAMENTO DELL'EDIFICIO



A seguito degli studi effettuati sull'edificio, in relazione all'intervento di recupero e consolidamento fondazionale, si ritiene necessario eseguire le seguenti tipologie di interventi:

- Risanamento delle murature fondazionali mediante iniezioni di consolidamento al fine di ripristinare le caratteristiche meccaniche delle strutture.
- Risanamento del terreno di fondazione tramite miglioramento del "substrato A" mediante iniezioni di consolidamento.

L'edificio si trova ad essere fondato su uno strato di terreno avente caratteristiche costituzionali medio basse. Al fine di addensare ed impermeabilizzare detto substrato si propone di procedere come segue:

### **Consolidamento murature in pietrame**

L'iniezione di consolidamento delle murature, in pietrame anche a sacco, oppure miste in pietrame e laterizio, dovrà essere effettuata con miscela a base di calce idrauliche e/o resine espandenti e comunque non cementizia a giudizio della D.L.

La metodologia esecutiva della lavorazione prevede:

- verifica dello stato della muratura mediante preiniezione di acqua su tutto il volume murario da trattare per il lavaggio dello stesso e verifica del grado di assorbimento / porosità del paramento (prove Lugeon).
- Esecuzione di perforazioni sub-verticali a rotoperussione del diametro di 30-40 mm con interasse da circa 0,30 m a circa 0,80 m per una profondità massima di circa 1,5 m.
- Fissaggio e sigillatura dei condotti di iniezione di diametro 3-4 cm, inseriti per una profondità adeguata nei fori precedentemente praticati per rotoperussione, con interasse da definirsi in fase esecutiva a seconda delle caratteristiche del muro definite preliminarmente.
- Iniezione di miscela legante a base di calce idraulica e/o resina espandente di tipo approvata dalla D.L., con caratteristiche di resistenza meccanica compatibili con la muratura, da iniettarsi a pressione variabile e controllata secondo l'indicazione della D.L. e comunque fino a rigurgito della miscela dai condotti limitrofi.
- Asportazione delle cannule e sigillatura dei fori praticati per iniettare la miscela.
- Pulizia della parete e suo lavaggio, se necessario, prima della presa sulla superficie esterna di eventuali fuoriuscite di miscela legante, eventuale ripristino dove necessario e tinteggiatura.
- Esecuzione di prove di controllo (tipo Lugeon) da eseguirsi al completamento delle iniezioni e maturazione della miscela iniettata. La definizione delle prove preliminari e di riscontro sarà da valutarsi in accordo con la DL e comunque in un numero non inferiore a 6+6 prove. A termine delle iniezioni dovranno altresì essere effettuati 6 carotaggi continui di diametro minimo 90-100 per l'estrazione di una carota significativa (posta circa in mezz'aria della muratura e a metà altezza del paramento fondale) da sottoporre a prova di compressione strumentata per la determinazione della resistenza a compressione, del modulo elastico e del coefficiente di poisson oltre che ad un'indagine visiva circa la bontà dell'intervento. Tutte

le prove dovranno essere eseguite da laboratorio qualificato esterno. Le risultanze di tutte le prove diagnostiche sia pre sia post intervento dovranno essere riportate in un report e consegnate ufficialmente alla DL per la valutazione della bontà dell'intervento.

I prodotti da impiegarsi dovranno preventivamente essere presentati alla DL e accettati dallo stesso.

Scopo della lavorazione risulta saturare i vuoti presenti nella muratura fondale e contemporaneamente incrementare la resistenza a compressione della stessa.

Si evidenzia che in fase preliminare non è possibile effettuare carotaggi per l'analisi delle caratteristiche della muratura in quanto l'operazione andrebbe a disturbare il campione e conseguentemente falsare i risultati. I risultati delle carote post intervento saranno confrontati con i risultati ottenuti dalle prove di martinetto piatto effettuate sulla muratura.

La quantificazione della lavorazione è stata effettuato a metro lineare di fondazione.

### **Consolidamento terreno fondale mediante resine espandenti (su due e tre livelli)**

Consolidamento del terreno fondale da realizzarsi su più livelli e comunque fino ad una profondità di circa 2-2,5 m per le iniezioni su due livelli e una profondità di circa 3,5-4 m per le iniezioni su tre livelli mediante iniezioni di materiale polimerico espandente (o resine espandenti) solitamente utilizzate in ambito strutturale per risolvere problematiche che implicano il cedimento del piano di fondazione ed il conseguente danneggiamento di edifici e strutture. Questo metodo di consolidamento consiste nell'iniettare sotto il piano fondale speciali resine che per reazione chimica espandono il proprio volume e consolidano il terreno limitrofo. In base alle risultanze delle prove geologiche svolte, della tipologia e delle dimensioni delle fondazioni e in riferimento al quadro fessurativo delle strutture interessate, si dovrà individuare, in accordo con la DL il tipo di resina da utilizzare, le sue caratteristiche tecnico-fisiche e le modalità esecutive (definizione interassi perforazioni).

La resina da impiegare sarà costituita da un formulato poliuretano espandente bicomponente a celle chiuse. A seconda dei parametri geotecnici rilevati nell'area di intervento, i dati di riferimento delle resine da impiegare dovranno essere almeno i seguenti:

- Densità di 40 - 60 kg/mc in espansione libera.
- Resistenza a compressione minima con espansione laterale libera pari a minimo 0,5 Mpa.
- Tempo di reazione 30 secondi circa.

L'uso della tecnica di consolidamento con resine espandenti dovrà conseguire almeno i seguenti risultati:

- riduzione dell'indice dei vuoti indotto dall'espansione delle resine; - incremento della resistività del terreno (valore minimo atteso di capacità portante: 6 kg/cmq);
- Riduzione delle acque interstiziali eventualmente presenti.

Le resine da impiegarsi dovranno rispettare i requisiti di compatibilità ambientale di cui alla tabella 2 del titolo V, parte IV del D.Lgs. 152/2006 e ss.mm.ii.

La tecnica di consolidamento con resine espandenti prevede l'iniezione del materiale polimerico nei volumi di terreno interessati dal cedimento attraverso idonee pompe regolabili collegate a tubi di piccolo diametro inseriti direttamente nei punti di interesse progettualmente individuati.

La perforazione di tali punti di intervento avverrà tramite rotopercolazione di piccolo diametro (2-4 cm di diametro) e il loro passo dovrà essere definito in fase esecutiva a seguito delle risultanze ottenute dalle prime iniezioni pilota di calibrazione e potrà variare da un minimo di circa 0,50 m ad un massimo di circa 1,5 m. L'intera strumentazione dovrà permettere, a giudizio esclusivo e contestuale della Direzione Lavori, una dinamica regolazione della quantità, della consistenza e della velocità di espansione della resina impiegata. La geometria e/o la sequenza delle iniezioni potranno essere modificate in corso d'opera secondo le chiare indicazioni della Direzione Lavori, alla risposta del terreno sottostante e le risultanze del monitoraggio strumentale del sito.

La voce comprende altresì il monitoraggio in continuo in corso d'opera dell'edificio mediante tomografia di resistività del terreno o monitoraggio radar globale dell'edificio, o comunque secondo una metodologia accurata, definita e approvata in accordo con la DL. Sono comprese altresì l'esecuzione di almeno 4+4 (otto complessivamente) prove penetrometriche dinamiche DPM30 da svolgersi rispettivamente ante e post intervento al fine di monitorare la bontà dell'intervento effettuato. Le prove dovranno essere svolte da laboratorio qualificato terzo.

Le risultanze di tutte le prove preliminari e di riscontro svolte dovranno essere riportate in un report e consegnate ufficialmente alla DL per la valutazione della bontà dell'intervento. La voce comprende eventuali opere di ripristino a cui la ditta appaltatrice dovrà far fronte in seguito a danneggiamenti alle pavimentazioni, alle finiture e/o alle strutture presenti in seguito a espansioni troppo repentine della resina espandente.

La ditta esecutrice dovrà inoltre fornire garanzia postuma decennale dell'intervento. Compreso ogni onere per dare l'opera finita a perfetta regola dell'arte.

La quantificazione della lavorazione è stata effettuato a metro lineare di consolidamento di terreno.

## **INTERVENTI DI CONSERVAZIONE E RECUPERO DELLE PAVIMENTAZIONI INTERNE**

In relazione all'intervento di recupero e consolidamento fondazionale, si ritiene necessario eseguire le seguenti tipologie di interventi relativamente alle pavimentazioni esistenti appartenenti alle aree oggetto dei consolidamenti:

- Demolizione settoriale nei punti di intervento della pavimentazione esistente e successiva realizzazione di nuova pavimentazione
- Rimozione con recupero di lastre e marmette della pavimentazione esistente e successivi ripristini.

### **Art 4 - Qualificazione**

Ai fini della qualificazione dell'impresa, per l'esecuzione dei lavori di cui al presente capitolato, si specifica quanto segue:



<b>CATEGORIA prevalente</b>	<b>IMPORTO</b>	<b>%</b>
<b>OS21 opere strutturali speciali</b>	<b>€ 190.210,00</b>	<b>88,86%</b>
<b>CATEGORIA a qualificazione obbligatoria - scorporabile</b>		
<b>OG2 Restauro e manutenzione dei beni immobili sottoposti a tutela</b>	<b>€ 23.845,72</b>	<b>11,14%</b>
		<b>100,00%</b>

### **Art 5 - Interpretazione del progetto**

In caso di discordanza tra i vari elaborati di progetto vale la soluzione più aderente alle finalità per le quali il lavoro è stato progettato e comunque quella meglio rispondente ai criteri di ragionevolezza e di buona tecnica esecutiva.

### **Art 6 - Documenti che fanno parte del contratto**

- Fanno parte integrante e sostanziale del contratto d'appalto, ancorché non materialmente allegati:
  - E1 Relazione generale progetto
  - E2 Relazioni tecniche e specialistiche:
    - E2.1 Relazione geologica;
    - E2.2 Relazione illustrativa e di calcolo delle strutture;
    - E2.3 Relazione gestione delle materie;
    - E2.4 Relazione sulle interferenze;
    - E2.5 Relazione architettonica procedurale;
  - E3 Elaborati grafici:
    - E3.1 Corografia generale;
    - E3.2 Pianta piano terra: progetto di consolidamento muri di fondazione;
    - E3.3 Pianta piano terra: progetto di consolidamento sedime fondazionale;
    - E3.4 Sezioni generali: interventi di consolidamento fondazionale;
    - E3.5 Stato delle opere pavimentazioni interne;
    - E3.6 Interventi pavimentazioni interne.
  - E4 Elenco dei prezzi unitari;
  - E5 Computo metrico estimativo;
  - E6 Quadro di incidenza mano d'opera;
  - E7 Piano di sicurezza e coordinamento

- E7.1 Oneri sicurezza;
- E7.2 Cronoprogramma;
- E7.3 Fascicolo Tecnico.

- E8 Quadro economico
- E9 Capitolato speciale d'appalto
- E10 Piano di manutenzione dell'opera

Rimangono estranei ai rapporti negoziali le analisi prezzi.

Si richiama il disposto di cui all'art. 99 del R.D. 23 maggio 1924 n. 827 per quanto attiene i documenti summenzionati ma non materialmente allegati al contratto.

### **Art 7 - Disposizioni particolari riguardanti l'appalto**

1. La partecipazione alla gara d'appalto equivale a dichiarazione di perfetta conoscenza e incondizionata accettazione della legge, dei regolamenti e di tutte le norme vigenti in materia di lavori pubblici, nonché alla completa accettazione di tutte le norme che regolano il presente appalto, e del progetto per quanto attiene alla sua perfetta esecuzione.
2. Come disposto all'art. 34 del codice circa i criteri di sostenibilità energetica e ambientale in riferimento ai "materiali" impiegati nella realizzazione delle opere, gli stessi dovranno rispondere ai requisiti di cui al punto 2.4 e relativi sub. (specifiche tecniche dei componenti edilizi), mentre in riferimento al "cantiere", dovranno essere rispettate le specifiche di cui al punto 2.5 e relativi sub. e punto 2.7. e relativi sub riferiti al DECRETO 11 ottobre 2017 "Adozione dei Criteri Ambientali Minimi per l'affidamento di servizi di progettazione e lavori per la nuova costruzione, ristrutturazione e manutenzione di edifici pubblici" - (Allegato Tecnico 1) e pertanto il predetto decreto per le parti riferibili al presente appalto viene integralmente applicato.

7 / 60

### **Art 8 - Consegna dei lavori**

1. La consegna dei lavori è disciplinata dall'art. 5 del Decreto Ministeriale Infrastrutture e Trasporti in data 07/03/2018 n.49 - "Approvazione delle linee guida sulle modalità di svolgimento delle funzioni di direttore dei lavori e di direttore dell'esecuzione" (d'ora innanzi, denominato il Decreto).
2. L'Amministrazione potrà procedere, in caso di urgenza, alla consegna dei lavori sotto le riserve di legge di cui all'art. 32, comma 8, del Codice, restando così inteso che l'Appaltatore si obbliga ad accettare la consegna dei lavori anche nelle more della stipulazione del contratto. Il Direttore dei Lavori indicherà espressamente sul verbale le lavorazioni da iniziare immediatamente, comprese le opere provvisoriale.
3. Ai sensi dell'art 5, comma 12, del Decreto, nel caso di accoglimento dell'istanza di recesso dell'esecutore dal contratto per ritardo nella consegna dei lavori attribuibile a causa imputabile alla Stazione Appaltante, l'esecutore ha diritto al rimborso delle spese contrattuali effettivamente sostenute e documentate, nei

limiti di quanto stabilito dal presente Capitolato Speciale, in misura non superiore alle seguenti percentuali, calcolate sull'importo netto dell'appalto:

- a) 1,00 per cento per la parte dell'importo fino a 258.000 euro;
  - b) 0,50 per cento per l'eccedenza fino a 1.549.000 euro;
  - c) 0,20 per cento per la parte eccedente i 1.549.000 euro.
4. All'atto della consegna dei lavori l'appaltatore dovrà aver già consegnato alla Stazione Appaltante la documentazione relativa ai piani di sicurezza previsti D.Lgs. n. 81 del 2008.

#### **Art 9 - Programma esecutivo dei lavori dell'appaltatore**

1. Entro quindici giorni dalla data del verbale di consegna, e comunque prima dell'inizio effettivo dei lavori, l'Appaltatore predispone e consegna alla Direzione Lavori un proprio programma esecutivo dei lavori, di cui all'art. 1 comma 1 lettera f) del Decreto, elaborato in relazione alle proprie tecnologie, alle proprie scelte imprenditoriali e alla propria organizzazione lavorativa. Tale programma deve riportare, per ogni lavorazione, le previsioni circa il periodo di esecuzione, nonché l'ammontare presunto, parziale e progressivo, dell'avanzamento dei lavori alle date contrattualmente stabilite per la liquidazione dei certificati di pagamento. Detto programma deve essere coerente con il programma predisposto dalla Stazione Appaltante, con l'offerta tecnica presentata in sede di gara e con le obbligazioni contrattuali e deve essere approvato dalla Direzione Lavori, mediante apposizione di un visto, entro cinque giorni dal ricevimento. Trascorso il predetto termine senza che la Direzione Lavori si sia pronunciata, il programma esecutivo dei lavori si intende accettato, fatte salve palesi illogicità o indicazioni erronee palesemente incompatibili con il rispetto dei termini di ultimazione.
2. Il programma esecutivo dei lavori dell'Appaltatore può essere modificato o integrato dalla Stazione Appaltante, mediante ordine di servizio, ogni volta che sia necessario alla miglior esecuzione dei lavori e in particolare:
- A) per il coordinamento con le prestazioni o le forniture di imprese o altre ditte estranee al contratto;
  - B) per l'intervento o il mancato intervento di società concessionarie di pubblici servizi, le cui reti siano coinvolte in qualunque modo con l'andamento dei lavori, purché non imputabile ad inadempimenti o ritardi della Stazione committente;
  - C) per l'intervento o il coordinamento con autorità, enti o altri soggetti diversi dalla Stazione Appaltante, che abbiano giurisdizione, competenze o responsabilità di tutela sugli immobili, i siti e le aree comunque interessate dal cantiere. A tal fine, non sono considerati soggetti diversi le società o aziende controllate o partecipate dalla Stazione Appaltante, o soggetti titolari di diritti reali sui beni in qualunque modo interessati dai lavori, intendendosi, in questi casi, ricondotta la fattispecie alla responsabilità gestionale della Stazione Appaltante;
  - D) per la necessità o l'opportunità di eseguire prove sui campioni, prove di carico e di tenuta e funzionamento degli impianti, nonché collaudi parziali o specifici;
  - E) qualora sia richiesto dal Coordinatore per la sicurezza e la salute nel cantiere, in ottemperanza all'art. 92 del D.Lgs. 9 aprile 2008 n. 81. In ogni caso il programma esecutivo dei lavori deve essere coerente con il Piano di Sicurezza e di Coordinamento del cantiere, eventualmente integrato ed aggiornato.

Qualora l'Appaltatore non abbia ottemperato a quanto sopra entro 10 giorni dalla richiesta scritta della Direzione lavori, sarà applicata la stessa penale giornaliera prevista dallo Schema di Contratto per il ritardo sull'ultimazione dei lavori.

#### Art 10 - **Contabilizzazione dei lavori**

La contabilizzazione dei lavori sarà effettuata ai sensi del Decreto - Titolo II capo IV – Controllo Amministrativo Contabile.

#### Art 11 - **Contabilizzazione dei lavori in economia**

1. Per i lavori in economia verranno applicati i costi della mano d'opera desunti, per gli operai edili, dalla tabella periodica pubblicata dall'Associazione dei Costruttori Edili della Provincia di Genova, aumentati del 15% per spese generali e di un ulteriore 10% per utili dell'impresa, per una percentuale complessiva del 26,50%; per gli operai che operano nei settori: **Opere metalmeccaniche, Impianti Elettrici Idraulici Riscaldamento**, si farà riferimento al Prezzario Opere Edili ed Impiantistiche - Regione Liguria - Anno 2019
2. Tali prezzi comprendono ogni spesa per fornire gli operai delle attrezzature di lavoro e dei dispositivi di protezione individuali di cui all'art. 18, comma 1, lett. d) del D.Lgs. 9 aprile 2008 n. 81, per il loro nolo e manutenzione, per l'assistenza e sorveglianza sul lavoro, per l'illuminazione del cantiere, per assicurazioni e contributi sociali ed assistenziali, per ferie ed assegni familiari e per ogni altro onere stabilito per legge a carico del datore di lavoro.
3. I lavori in economia a termini di contratto, non danno luogo ad una valutazione a misura, ma sono inseriti nella contabilità secondo i prezzi di elenco per l'importo delle somministrazioni al netto del ribasso d'asta, per quanto riguarda i materiali. Per la mano d'opera e noli, sono liquidati con applicazione del ribasso d'asta esclusivamente sulla quota delle spese generali ed utili (26,50%).
4. I prezzi dei materiali e dei noli saranno desunti dal Prezzario Opere Edili ed Impiantistiche - Regione Liguria - Anno 2019 al lordo del ribasso offerto in sede di gara.
5. Dette prestazioni verranno inserite in contabilità nell'acconto immediatamente successivo la loro esecuzione e/o somministrazione.

#### Art 12 - **Variazioni al progetto e al corrispettivo**

Qualora il Comune di Genova, richiedesse e ordinasse modifiche o varianti in corso d'opera, fermo restando il rispetto delle condizioni e della disciplina di cui all'art. 106 del Codice, le stesse saranno concordate e successivamente liquidate ai prezzi di contratto, ma se comportano lavorazioni non previste o si debbono impiegare materiali per i quali non risulta fissato il prezzo contrattuale, si procederà alla formazione di "nuovi prezzi", come disposto dall' art. 8 comma 5 del Decreto.

#### Art 13 - **Contestazioni e riserve**

1. L'esecutore è sempre tenuto ad uniformarsi alle disposizioni del Direttore dei Lavori, senza poter sospendere o ritardare il regolare sviluppo dei lavori, quale che sia la contestazione o la riserva che egli iscriva negli atti contabili.
2. Il registro di contabilità deve essere firmato dall'appaltatore, con o senza riserve, nel giorno che gli vien presentato, in occasione di ogni stato di avanzamento.

3. Nel caso in cui l'appaltatore non firmi il registro è invitato a farlo entro il termine perentorio di 15 giorni e, qualora persista nell'astensione o nel rifiuto, se ne farà espressa menzione nel registro.
4. Se l'appaltatore ha firmato con riserva, qualora l'esplicazione e la quantificazione non sia possibile al momento della formulazione della stessa, egli deve, a pena di decadenza, nel termine di quindici giorni, esplicitare la riserva, scrivendo e firmando nel registro le corrispondenti domande di indennità.
5. Le riserve devono essere formulate in modo specifico ed indicare con precisione le ragioni sulle quali esse si fondano. In particolare, le riserve devono contenere, a pena di inammissibilità, la precisa quantificazione delle somme che l'esecutore ritiene gli siano dovute. La quantificazione della riserva è effettuata in via definitiva, senza possibilità di successive integrazioni o incrementi rispetto all'importo iscritto.
6. Le riserve devono essere iscritte, a pena di decadenza sul primo atto di appalto idoneo a riceverle, successivo all'insorgenza o alla cessazione del fatto che ha determinato il pregiudizio dell'esecutore. In ogni caso, sempre a pena di decadenza, le riserve sono iscritte anche nel registro di contabilità all'atto della firma immediatamente successiva al verificarsi o al cessare del fatto pregiudizievole. Le riserve non riconfermate sul conto finale si intendono abbandonate. Nel caso che l'appaltatore non abbia firmato il registro, nel termine come sopra prefissogli, oppure, avendolo firmato con riserva, non abbia poi esplicitato le sue riserve nel modo e nel termine sopraindicati, si avranno come accertati i fatti registrati, e l'appaltatore decadrà dal diritto di far valere in qualunque tempo e modo, riserve o domande che ad essi si riferiscano.
7. Il Direttore dei Lavori dovrà, entro i successivi quindici giorni, scrivere nel registro le proprie controdeduzioni motivando.

#### Art 14 - **Norme di sicurezza**

1. I lavori appaltati devono svolgersi nel pieno rispetto di tutte le norme vigenti in materia di prevenzione degli infortuni e igiene del lavoro e in ogni caso in condizione di permanente sicurezza e igiene.
2. E' obbligo dell'Impresa esecutrice trasmettere alla Stazione Appaltante, entro trenta giorni dall'aggiudicazione e comunque prima dell'inizio dei lavori, una dichiarazione dell'organico medio annuo, distinto per qualifica, corredata dagli estremi delle denunce dei lavori effettuate all'Inps, all'Inail e alla Cassa edile, nonché una dichiarazione relativa al contratto collettivo stipulato dalle organizzazioni sindacali comparativamente più rappresentative, applicato ai lavoratori dipendenti. E' fatto obbligo all'Impresa, altresì, di trasmettere quant'altro richiesto dalla Direzione dei Lavori o dal RUP ai fini del rispetto degli obblighi previsti dalla normativa vigente o dal presente Capitolato Speciale.
3. L'appaltatore è obbligato ad osservare le misure generali di tutela di cui all'art. 15 del D.Lgs. 9 aprile 2008 n. 81, nonché le disposizioni dello stesso decreto applicabili alle lavorazioni previste nel cantiere.
4. L'Amministrazione appaltante fornirà, ai sensi dell'art. 90 del D.Lgs. 9 aprile 2008 n. 81, il Piano di Sicurezza e di Coordinamento, nonché il fascicolo informativo.
5. E' obbligo dell'impresa appaltatrice attenersi alle disposizioni del D.Lgs. 9 aprile 2008 n. 81 nonché a quelle impartite dal Coordinatore in materia di Sicurezza e di Salute durante la realizzazione dell'opera designato ai sensi del terzo comma dell'art. 90 del medesimo D.Lgs.; nel rispetto di tali norme i suddetti obblighi valgono anche per le eventuali imprese subappaltatrici.

6. In conformità all'art. 100, comma 5, del D.Lgs. 9 aprile 2008 n. 81, l'impresa appaltatrice può presentare, entro trenta giorni dall'aggiudicazione e comunque prima dell'inizio dei lavori, proposte di integrazione al Piano di Sicurezza e di Coordinamento, ove ritenga di poter meglio garantire la sicurezza nel cantiere sulla base della propria esperienza. In nessun caso le eventuali integrazioni possono giustificare modifiche o adeguamento dei prezzi pattuiti.
7. Entro il medesimo termine di cui sopra, l'appaltatore deve redigere e consegnare alla Civica Amministrazione, il Piano Operativo di Sicurezza (POS) per quanto attiene alle proprie scelte autonome e relative responsabilità nell'organizzazione del cantiere e nell'esecuzione dei lavori. Detto piano farà parte integrante del contratto di appalto.
8. Il direttore tecnico del cantiere (che dovrà risultare indicato anche sui cartelli di cantiere) è responsabile del rispetto dei piani da parte di tutte imprese impegnate nell'esecuzione dei lavori.
9. Le imprese esecutrici devono comunque, nell'esecuzione dei lavori di qualsiasi genere, adottare tutti gli accorgimenti più idonei per garantire la tutela della salute e la sicurezza degli operai, delle persone addette ai lavori e dei terzi, nonché evitare danni ai beni pubblici e privati, secondo quanto disposto dalla vigente normativa.
10. Resta inteso che ogni più ampia responsabilità ricadrà sull'appaltatore, il quale dovrà pertanto provvedere ai risarcimenti del caso, manlevando la Civica Amministrazione, nonché il personale preposto alla direzione e sorveglianza dei lavori, da ogni responsabilità.
11. E' fatto obbligo all'impresa di lasciare il libero accesso al cantiere ed il passaggio nello stesso per l'attività di vigilanza ed il controllo dell'applicazione delle norme di legge e contrattuali sulla prevenzione degli infortuni e l'igiene del lavoro ai componenti del comitato paritetico territoriale costituito a norma del contratto nazionale del lavoro e del contratto integrativo per la circoscrizione territoriale della Provincia di Genova.
12. L'Appaltatore medesimo deve fornire tempestivamente al Coordinatore per la Sicurezza nella fase esecutiva gli aggiornamenti alla documentazione di cui al comma 7, ogni volta che mutino le condizioni del cantiere, ovvero i processi lavorativi utilizzati.

### **Art 15 - Subappalti**

1. Onde consentire una corretta e tempestiva esecuzione dei lavori possibilmente senza interruzioni o sospensione degli stessi, ai fini del rilascio dell'autorizzazione entro i termini previsti dall'art. 105 comma 18, del Codice, l'Impresa, all'atto della presentazione dell'istanza di subappalto, è tenuta a presentare la seguente documentazione:
  - A) Copia del contratto di subappalto dal quale emerge, tra l'altro, che il prezzo praticato dall'Impresa esecutrice di tali lavori non superi il limite indicato dall'art. 105 comma 14, del Codice. A tal fine, per ogni singola attività affidata in subappalto, dovrà essere precisato il prezzo pattuito nel contratto d'appalto, comprensivo del costo per gli oneri della sicurezza espressamente evidenziati, rispetto ai quali il subappaltatore non dovrà praticare alcun ribasso. La Stazione Appaltante, ai sensi dell'art. 3 della Legge n. 136/2010 e s.m.i., verifica che nei contratti sottoscritti con i subappaltatori e i subcontraenti della filiera delle Imprese, a qualsiasi titolo interessate ai lavori, sia inserita, a pena di nullità

- assoluta, un'apposita clausola con la quale ciascuno di essi assume gli obblighi di tracciabilità dei flussi
- B) Attestazione S.O.A. dell'Impresa subappaltatrice, oppure, per i lavori di importo pari o inferiore a 150.000,00 Euro, documentazione a comprova dei requisiti di cui all'art. 90 del Regolamento.
  - C) Dichiarazione sostitutiva resa dal rappresentante dell'Impresa subappaltatrice secondo l'apposito modulo predisposto dal Comune di Genova, ritirabile presso l'ufficio del RUP.
2. Dalla data di presentazione dell'istanza di autorizzazione al subappalto decorrono trenta giorni, oppure quindici, nel caso di subappalti di importo inferiore al 2% (duepercento) dell'importo del contratto d'appalto, oppure inferiori a 100.000,00 Euro, perché la Stazione Appaltante autorizzi o meno il subappalto. Tale termine può essere prorogato una volta sola se ricorrono giustificati motivi; tra i giustificati motivi potrebbe essere compresa l'incompletezza della documentazione presentata a corredo della domanda di autorizzazione al subappalto. I lavori oggetto di subappalto non potranno avere inizio prima dell'autorizzazione da parte del Comune di Genova, ovvero della scadenza del termine previsto al riguardo dall'articolo 105, comma 18, del Codice, senza che l'Amministrazione abbia chiesto integrazioni alla documentazione presentata o ne abbia contestato la regolarità.
3. Qualora l'istanza di subappalto pervenga priva di tutta o di parte della documentazione richiesta, il Comune non procederà al rilascio dell'autorizzazione e provvederà a contestare la carenza documentale all'Impresa appaltatrice. Si evidenzia che, in tale circostanza, eventuali conseguenti sospensioni dei lavori saranno attribuite a negligenza dell'Impresa appaltatrice medesima e pertanto non potranno giustificare proroghe al termine finale di esecuzione dei lavori, giustificando invece l'applicazione, in tal caso, delle penali contrattuali.

**Art 16 - Adempimenti in materia di lavoro dipendente, previdenza e assistenza.**

1. L'Appaltatore è obbligato ad applicare integralmente tutte le norme contenute nel contratto nazionale di lavoro e negli accordi integrativi, territoriali ed aziendali, per il settore di attività e per la località dove sono eseguiti i lavori; esso è altresì responsabile in solido dell'osservanza delle norme anzidette da parte degli eventuali subappaltatori nei confronti dei loro dipendenti per le prestazioni rese nell'ambito del subappalto.
2. L'Appaltatore è altresì obbligato a rispettare tutte le norme in materia retributiva, contributiva, previdenziale, assistenziale, inclusa la Cassa Edile, ove richiesta, assicurativa, sanitaria, di solidarietà paritetica, previste per i dipendenti dalla vigente normativa, con particolare riguardo a quanto previsto dall'art. 105 del Codice

**Art 17 - Sinistri**

1. L'Appaltatore non può pretendere indennizzi per danni alle opere o provviste se non in caso fortuito o di forza maggiore. Sono considerati danni causati da forza maggiore quelli provocati alle opere da eventi imprevedibili o eccezionali e per i quali l'Appaltatore non abbia trascurato le ordinarie precauzioni.

2. L'Appaltatore è tenuto a prendere tempestivamente tutte le misure preventive atte ad evitare tali danni o provvedere alla loro immediata eliminazione. Nessun indennizzo sarà dovuto quando a determinare il danno abbia concorso la colpa o la negligenza dell'appaltatore o delle persone delle quali esso è tenuto a rispondere. Resteranno inoltre a totale carico dell'Appaltatore i danni subiti dalle opere provvisorie, dalle opere non ancora misurate o ufficialmente riconosciute, nonché i danni o perdite di materiali non ancora posti in opera, di utensili o di ponti di servizio e, in generale, di quanto altro occorra all'esecuzione piena e perfetta dei lavori. Questi danni dovranno essere denunciati immediatamente ed in nessun caso, sotto pena di decadenza, oltre i cinque giorni da quello dell'evento. L'Appaltatore non potrà, sotto nessun pretesto, sospendere o rallentare l'esecuzione dei lavori, tranne in quelle parti per le quali lo stato delle cose debba rimanere inalterato fino all'esecuzione dell'accertamento dei fatti.
3. L'indennizzo per quanto riguarda i danni alle opere è limitato all'importo dei lavori necessari per le occorrenti riparazioni, valutati ai prezzi ed alle condizioni di contratto.

#### **Art 18 - Oneri e obblighi a carico dell'appaltatore**

1. Per la partecipazione alla gara d'appalto di cui al presente Capitolato Speciale, non è riconosciuto alcun compenso, né rimborso spese.
2. L'Appaltatore dovrà provvedere a quanto segue, restando inteso che gli oneri conseguenti si intendono compensati e quindi ricompresi nel corrispettivo contrattuale, fatto salvo quanto già valutato in materia di sicurezza:
  - a) alla esecuzione di rilievi, indagini, saggi e quanto altro occorrente e propedeutico alla formulazione dell'offerta;
  - b) alla formazione del cantiere adeguatamente attrezzato e recintato in relazione alla natura dell'opera e in conformità alle vigenti disposizioni in materia;
  - c) a mantenere nel territorio comunale un adeguato magazzino, che potrà essere ubicato anche all'interno del cantiere, ed essere reperibile direttamente, ovvero a mezzo del Direttore Tecnico del cantiere, al fine di consentire la tempestiva predisposizione, d'intesa con la Direzione Lavori, degli eventuali provvedimenti che si rendessero necessari per cause di forza maggiore interessanti il cantiere in oggetto;
  - d) ad ottenere la concessione dei permessi per occupazione temporanea di suolo pubblico, rottura suolo e per passi carrabili, concessioni e autorizzazioni che saranno rilasciate a titolo gratuito;
  - e) ad ottenere autorizzazione anche in deroga ai limiti massimi di esposizione al rumore di cui al DPCM 1 marzo 1991 e s.m.e i., nonché ogni altra autorizzazione o concessione necessaria per la realizzazione dell'opera ed a corrispondere le tasse ed i diritti relativi;
  - f) alla conservazione del traffico nelle zone interessate dai lavori secondo le disposizioni della Direzione Lavori e del Comando della Polizia Municipale;
  - g) alle opere provvisorie ordinate dalla Direzione Lavori per garantire la continuità dei pubblici servizi, inclusi quelli d'emergenza, e del transito dei veicoli e dei pedoni.
  - h) ai rilievi, tracciati, verifiche, esplorazioni, capisaldi e simili che possono occorrere, anche su motivata richiesta del Direttore dei Lavori o dal RUP o dall'organo di collaudo, dal giorno in cui comincia la consegna fino al

- compimento del collaudo provvisorio, di tutte le utenze pubbliche e private in sottosuolo e/o soprassuolo interessanti le opere in oggetto, intendendosi a completo carico dell'Appaltatore medesimo gli eventuali spostamenti, ricollocazioni, opere provvisorie e/o definitive, comunque strutturate ed eseguite, necessari per l'eliminazione delle interferenze determinate dall'esecuzione dei lavori oggetto d'appalto, nonché ogni onere e danno dipendenti dalle utenze o a queste provocati;
- i) alla segnalazione e delimitazione diurna e notturna dei lavori e degli ingombri sulle sedi stradali nel rispetto del D.Lgs. 30 aprile 1992 n. 285 "Nuovo codice della Strada" e dal D.P.R. 16 dicembre 1992 n. 495 "Regolamento per l'esecuzione del Nuovo Codice della Strada" e loro successive modificazioni ed integrazioni;
  - j) ad operare e predisporre armature di sostegno e di contenimento in maniera e quantità tale da garantire la sicurezza delle opere, in quanto l'Appaltatore è responsabile della stabilità delle superfici degli scavi e delle strutture e fabbricati esistenti in prossimità degli stessi;
  - k) alla fornitura di tutto il personale idoneo, nonché degli attrezzi e strumenti necessari per rilievi, tracciamenti e misurazioni relativi alle operazioni di consegna, verifica, contabilità e collaudo dei lavori;
  - l) alla fornitura di fotografie delle opere in corso nei vari periodi dell'appalto, nonché delle opere ultimate nel numero che di volta in volta sarà indicato dalla Direzione Lavori;
  - m) alla pulizia giornaliera del cantiere anche ai fini antinfortunistici, compreso lo smaltimento di imballaggi e simili;
  - n) al lavaggio accurato giornaliero delle aree pubbliche in qualsiasi modo lordate durante l'esecuzione dei lavori;
  - o) al mantenimento dell'accesso al cantiere, al libero passaggio nello stesso e nelle opere costruite od in costruzione per le persone addette a qualunque altra impresa alla quale siano stati affidati lavori non compresi nel presente appalto, nonché per le persone che eseguono lavori per conto diretto dell'Amministrazione appaltante;
  - p) ad assicurare, su richiesta della Direzione Lavori, l'uso parziale o totale, da parte delle imprese o persone di cui al precedente comma, dei ponti di servizio, impalcature, costruzioni provvisorie e degli apparecchi di sollevamento, per tutto il tempo occorrente all'esecuzione dei lavori che l'Amministrazione appaltante intenderà eseguire direttamente ovvero a mezzo di ditte, senza che l'appaltatore possa pretendere compenso alcuno. L'eventuale mano d'opera richiesta dalla Direzione Lavori, in aiuto alle imprese che eseguono lavori per conto diretto dell'Amministrazione, verrà contabilizzata in economia. L'Amministrazione appaltante si riserva altresì di affidare a soggetti terzi la realizzazione, manutenzione e sfruttamento pubblicitario dei teli di copertura dei ponteggi.
  - q) al ricevimento in cantiere, scarico e trasporto nei luoghi di deposito, situati nell'interno del cantiere, od a piè d'opera, secondo le disposizioni della Direzione Lavori. L'eventuale mano d'opera richiesta dalla Direzione Lavori, in aiuto alle imprese che eseguono lavori per conto diretto dell'Amministrazione, verrà contabilizzata in economia.
  - r) alla buona conservazione ed alla perfetta custodia dei materiali, forniture ed opere escluse dal presente appalto, ma provviste od eseguite da altre ditte per conto dell'Amministrazione appaltante. I danni, che per cause dipendenti o per sua negligenza fossero apportati ai materiali forniti ed ai

- lavori compiuti da altre ditte, dovranno essere riparati a carico esclusivo dell'appaltatore;
- s) all'uso anticipato delle opere su richiesta della Direzione Lavori, senza che l'appaltatore abbia per ciò diritto a speciali compensi. Esso potrà però richiedere che sia constatato lo stato delle opere stesse per essere garantito dagli eventuali danni che potessero derivargli.
  - t) alla completa e generale pulizia dei locali e/o dei siti oggetto di intervento, durante il corso dei lavori, in corrispondenza di eventuali consegne anticipate e comunque a lavori ultimati;
  - u) a dare la possibilità ai vari Enti gestori delle utenze presenti in sottosuolo (fognarie, acquedottistiche, gas, Enel, telecomunicazioni) di eseguire lavorazioni sulle proprie reti nell'ambito del cantiere;
  - v) a tenere conto delle posizioni in sottosuolo dei sottoservizi indicati nelle planimetrie di massima fornite dagli Enti e dovrà quindi eseguire gli scavi con cautela considerando possibili difformità da quanto rappresentato sugli elaborati grafici; pertanto nel caso di danni causati alle condotte e relative interruzioni non potrà esimersi dal risponderne;
  - w) a garantire sempre la sicurezza dei percorsi pedonali e di quelli carrabili per l'approvvigionamento delle attività produttive e commerciali;
  - x) a fare campionature di tutte le lavorazioni che verranno eseguite;
  - y) a mantenere ed adeguare anche momentaneamente le condotte degli impianti comunali o dichiarati tali dalla Direzione Lavori;
  - z) a sgomberare completamente il cantiere da materiali, mezzi d'opera e impianti di sua proprietà o di altri, non oltre 15 gg dal verbale di ultimazione dei lavori;
  - aa) al risarcimento dei danni di ogni genere ai proprietari i cui immobili fossero in qualche modo danneggiati durante l'esecuzione dei lavori;
  - bb) al risarcimento di eventuali danni a cose e/o persone causati durante i lavori considerato quanto già espresso al precedente art. 16;
  - cc) al rifacimento/ripristino/sostituzione, a sua cura e spese, di tutto ciò non dichiarato idoneo da parte della D.L. (danni dovuti a negligenze e/o inadempienze, causati a materiali forniti e a lavori compiuti da altre ditte).

## **PARTE SECONDA DEFINIZIONE TECNICA DEI LAVORI**

### **CAPO II DESCRIZIONE E PRESCRIZIONI OPERE**

#### **1 INTERVENTI DI RINFORZO E RISANAMENTO DELL'EDIFICIO**

A seguito degli studi effettuati sull'edificio, in relazione all'intervento di recupero e consolidamento fondazionale, si ritiene necessario eseguire le seguenti tipologie di interventi:

- Risanamento delle strutture di fondazione tramite miglioramento del "substrato A" mediante iniezioni di consolidamento.
- Risanamento delle murature fondazionali mediante iniezioni di consolidamento al fine di ripristinare le caratteristiche meccaniche delle strutture.

##### **1.1 RISANAMENTO FONDAZIONI E SUBSTRATI DI TERRENO**

L'edificio si trova ad essere fondato su uno strato di terreno avente caratteristiche costituzionali medio basse. Al fine di addensare ed impermeabilizzare detto substrato si propone di procedere come segue:

###### **1.1.1 Consolidamento muratura fondale**

###### **Consolidamento murature in pietrame**

L'iniezione di consolidamento delle murature, in pietrame anche a sacco, oppure miste in pietrame e laterizio, dovrà essere effettuata con miscela a base di calci idrauliche e/o resine espandenti e comunque non cementizia a giudizio della D.L.

La metodologia esecutiva della lavorazione prevede:

- verifica dello stato della muratura mediante preiniezione di acqua su tutto il volume murario da trattare per il lavaggio dello stesso e verifica del grado di assorbimento / porosità del paramento (prove Lugeon).
- Esecuzione di perforazioni sub-verticali a rotopercolazione del diametro di 30-40 mm con interasse da circa 0,30 m a circa 0,80 m per una profondità massima di circa 1,5 m.
- Fissaggio e sigillatura dei condotti di iniezione di diametro 3-4 cm, inseriti per una profondità adeguata nei fori precedentemente praticati per rotopercolazione, con interasse da definirsi in fase esecutiva a seconda delle caratteristiche del muro definite preliminarmente.
- Iniezione di miscela legante a base di calce idraulica e/o resina espandente di tipo approvata dalla D.L., con caratteristiche di resistenza meccanica compatibili con la muratura, da iniettarsi a pressione variabile e controllata secondo l'indicazione della D.L. e comunque fino a rigurgito della miscela dai condotti limitrofi.

- Asportazione delle cannule e sigillatura dei fori praticati per iniettare la miscela.
- Pulizia della parete e suo lavaggio, se necessario, prima della presa sulla superficie esterna di eventuali fuoriuscite di miscela legante, eventuale ripristino dove necessario e tinteggiatura.
- Esecuzione di prove di controllo (tipo Lugeon) da eseguirsi al completamento delle iniezioni e maturazione della miscela iniettata. La definizione delle prove preliminari e di riscontro sarà da valutarsi in accordo con la DL e comunque in un numero non inferiore a 6+6 prove. A termine delle iniezioni dovranno altresì essere effettuati 6 carotaggi continui di diametro minimo 90-100 per l'estrazione di una carota significativa (posta circa in mezz'ora della muratura e a metà altezza del paramento fondale) da sottoporre a prova di compressione strumentata per la determinazione della resistenza a compressione, del modulo elastico e del coefficiente di poisson oltre che ad un'indagine visiva circa la bontà dell'intervento. Tutte le prove dovranno essere eseguite da laboratorio qualificato esterno. Le risultanze di tutte le prove diagnostiche sia pre sia post intervento dovranno essere riportate in un report e consegnate ufficialmente alla DL per la valutazione della bontà dell'intervento.

I prodotti da impiegarsi dovranno preventivamente essere presentati alla DL e accettati dallo stesso.

Scopo della lavorazione risulta saturare i vuoti presenti nella muratura fondale e contemporaneamente incrementare la resistenza a compressione della stessa.

Si evidenzia che in fase preliminare non è possibile effettuare carotaggi per l'analisi delle caratteristiche della muratura in quanto l'operazione andrebbe a disturbare il campione e conseguentemente falsare i risultati. I risultati delle carote post intervento saranno confrontati con i risultati ottenuti dalle prove di martinetto piatto effettuate sulla muratura.

La quantificazione della lavorazione è stata effettuato a metro lineare di fondazione.

### **1.1.2 Consolidamento substrato terreno mediante resine espandenti (su due e tre livelli)**

Consolidamento del terreno fondale da realizzarsi su più livelli e comunque fino ad una profondità di circa 2-2,5 m per le iniezioni su due livelli e una profondità di circa 3,5-4 m per le iniezioni su tre livelli mediante iniezioni di materiale polimerico espandente (o resine espandenti) solitamente utilizzate in ambito strutturale per risolvere problematiche che implicano il cedimento del piano di fondazione ed il conseguente danneggiamento di edifici e strutture. Questo metodo di consolidamento consiste nell'iniettare sotto il piano fondale speciali resine che per reazione chimica espandono il proprio volume e consolidano il terreno limitrofo. In base alle risultanze delle prove geologiche svolte, della tipologia e delle dimensioni delle fondazioni e in riferimento al quadro fessurativo delle strutture interessate, si dovrà individuare, in accordo con la DL il tipo di resina da utilizzare, le sue caratteristiche tecnico-fisiche e le modalità esecutive (definizione interassi perforazioni).

La resina da impiegare sarà costituita da un formulato poliuretano espandente bicomponente a celle chiuse. A seconda dei parametri geotecnici rilevati nell'area di

intervento, i dati di riferimento delle resine da impiegare dovranno essere almeno i seguenti:

- Densità di 40 - 60 kg/mc in espansione libera.
- Resistenza a compressione minima con espansione laterale libera pari a minimo 0,5 Mpa.
- Tempo di reazione 30 secondi circa.

L'uso della tecnica di consolidamento con resine espandenti dovrà conseguire almeno i seguenti risultati:

- riduzione dell'indice dei vuoti indotto dall'espansione delle resine; - incremento della resistività del terreno (valore minimo atteso di capacità portante: 6 kg/cmq);
- Riduzione delle acque interstiziali eventualmente presenti.

Le resine da impiegarsi dovranno rispettare i requisiti di compatibilità ambientale di cui alla tabella 2 del titolo V, parte IV del D.Lgs. 152/2006 e ss.mm.ii.

La tecnica di consolidamento con resine espandenti prevede l'iniezione del materiale polimerico nei volumi di terreno interessati dal cedimento attraverso idonee pompe regolabili collegate a tubi di piccolo diametro inseriti direttamente nei punti di interesse progettualmente individuati.

La perforazione di tali punti di intervento avverrà tramite rotopercolazione di piccolo diametro (2-4 cm di diametro) e il loro passo dovrà essere definito in fase esecutiva a seguito delle risultanze ottenute dalle prime iniezioni pilota di calibrazione e potrà variare da un minimo di circa 0,50 m ad un massimo di circa 1,5 m. L'intera strumentazione dovrà permettere, a giudizio esclusivo e contestuale della Direzione Lavori, una dinamica regolazione della quantità, della consistenza e della velocità di espansione della resina impiegata. La geometria e/o la sequenza delle iniezioni potranno essere modificate in corso d'opera secondo le chiare indicazioni della Direzione Lavori, alla risposta del terreno sottostante e le risultanze del monitoraggio strumentale del sito.

La voce comprende altresì il monitoraggio in continuo in corso d'opera dell'edificio mediante tomografia di resistività del terreno o monitoraggio radar globale dell'edificio, o comunque secondo una metodologia accurata, definita e approvata in accordo con la DL. Sono comprese altresì l'esecuzione di almeno 4+4 (otto complessivamente) prove penetrometriche dinamiche DPM30 da svolgersi rispettivamente ante e post intervento al fine di monitorare la bontà dell'intervento effettuato. Le prove dovranno essere svolte da laboratorio qualificato terzo.

Le risultanze di tutte le prove preliminari e di riscontro svolte dovranno essere riportate in un report e consegnate ufficialmente alla DL per la valutazione della bontà dell'intervento. La voce comprende eventuali opere di ripristino a cui la ditta appaltatrice dovrà far fronte in seguito a danneggiamenti alle pavimentazioni, alle finiture e/o alle strutture presenti in seguito a espansioni troppo repentine della resina espandente.

La ditta esecutrice dovrà inoltre fornire garanzia postuma decennale dell'intervento. Compreso ogni onere per dare l'opera finita a perfetta regola dell'arte.

La quantificazione della lavorazione è stata effettuato a metro lineare di consolidamento di terreno.

## **2 INTERVENTI DI CONSERVAZIONE E RECUPERO DELLE PAVIMENTAZIONI INTERNE**

In relazione all'intervento di recupero e consolidamento fondazionale, si ritiene necessario eseguire le seguenti tipologie di interventi relativamente alle pavimentazioni esistenti appartenenti alle aree oggetto dei consolidamenti:

- Demolizione settoriale nei punti di intervento della pavimentazione esistente e successiva realizzazione di nuova pavimentazione
- Rimozione con recupero di lastre e marmette della pavimentazione esistente e successivi ripristini.

## **PARTE TERZA SPECIFICHE TECNICHE DELLE LAVORAZIONI**



# CAPITOLO 1

## **NORME GENERALI PER IL COLLOCAMENTO IN OPERA**

### **Art. 1.1**

#### **NORME GENERALI PER IL COLLOCAMENTO IN OPERA**

La posa in opera di qualsiasi materiale, apparecchio o manufatto, consisterà in genere nel suo prelevamento dal luogo di deposito, nel suo trasporto in sito (intendendosi con ciò tanto il trasporto in piano o in pendenza, che il sollevamento in alto o la discesa in basso, il tutto eseguito con qualsiasi sussidio o mezzo meccanico, opera provvisoria, ecc.), nonché nel collocamento nel luogo esatto di destinazione, a qualunque altezza o profondità ed in qualsiasi posizione, ed in tutte le opere conseguenti (tagli di strutture, fissaggio, adattamenti, stuccature e riduzioni in pristino).

L'Appaltatore ha l'obbligo di eseguire il collocamento di qualsiasi opera od apparecchio che gli venga ordinato dalla Direzione dei Lavori, anche se forniti da altre Ditte.

Il collocamento in opera dovrà eseguirsi con tutte le cure e cautele del caso; il materiale o manufatto dovrà essere convenientemente protetto, se necessario, anche dopo collocato, essendo l'Appaltatore unico responsabile dei danni di qualsiasi genere che potessero essere arrecati alle cose poste in opera, anche dal solo traffico degli operai durante e dopo l'esecuzione dei lavori, sino al loro termine e consegna, anche se il particolare collocamento in opera si svolge sotto la sorveglianza e assistenza del personale di altre Ditte, fornitrici del materiale o del manufatto.

## CAPITOLO 2

### NORME PER LA MISURAZIONE E VALUTAZIONE DEI LAVORI

#### Art. 2.1

#### NORME GENERALI

##### Generalità

La quantità dei lavori e delle provviste sarà determinata a misura, a peso, a corpo, in relazione a quanto previsto nell'elenco dei prezzi allegato.

Le misure verranno rilevate in contraddittorio in base all'effettiva esecuzione. Qualora esse risultino maggiori di quelle indicate nei grafici di progetto o di quelle ordinate dalla Direzione, le eccedenze non verranno contabilizzate. Soltanto nel caso che la Direzione dei Lavori abbia ordinato per iscritto maggiori dimensioni se ne terrà conto nella contabilizzazione.

In nessun caso saranno tollerate dimensioni minori di quelle ordinate, le quali potranno essere motivo di rifacimento a carico dell'Appaltatore. Resta sempre salva in ogni caso la possibilità di verifica e rettifica in occasione delle operazioni di collaudo.

##### Contabilizzazione dei lavori a corpo e/o a misura

La contabilizzazione dei lavori a misura sarà realizzata secondo le specificazioni date nelle norme del presente Capitolato speciale e nella descrizione delle singole voci di elenco prezzi; in caso diverso verranno utilizzate per la valutazione dei lavori le dimensioni nette delle opere eseguite rilevate in sito, senza che l'appaltatore possa far valere criteri di misurazione o coefficienti moltiplicatori che modifichino le quantità realmente poste in opera.

La contabilizzazione delle opere sarà effettuata applicando alle quantità eseguite i prezzi unitari di contratto. Nel caso di appalti aggiudicati col criterio dell'OEPV (Offerta Economicamente Più Vantaggiosa) si terrà conto di eventuali lavorazioni diverse o aggiuntive derivanti dall'offerta tecnica dell'appaltatore, contabilizzandole utilizzando i prezzi unitari relativi alle lavorazioni sostituite, come desunti dall'offerta stessa.

La contabilizzazione dei lavori a corpo sarà effettuata applicando all'importo delle opere a corpo, al netto del ribasso contrattuale, le percentuali convenzionali relative alle singole categorie di lavoro indicate in perizia, di ciascuna delle quali andrà contabilizzata la quota parte in proporzione al lavoro eseguito.

##### Lavori in economia

Nell'eventualità siano contemplate delle somme a disposizione per lavori in economia tali lavori non daranno luogo ad una valutazione a misura, ma saranno inseriti nella contabilità secondo i prezzi di elenco per l'importo delle somministrazioni al netto del ribasso d'asta, per quanto riguarda i materiali. Per la mano d'opera, trasporti e noli, saranno liquidati secondo le tariffe locali vigenti al momento dell'esecuzione dei lavori incrementati di spese generali ed utili e con applicazione del ribasso d'asta esclusivamente su questi ultimi due addendi.

##### Contabilizzazione delle varianti



Nel caso di variante in corso d'opera gli importi in più ed in meno sono valutati con i prezzi di progetto e soggetti al ribasso d'asta che ha determinato l'aggiudicazione della gara ovvero con i prezzi offerti dall'appaltatore nella lista in sede di gara.

Le norme di misurazione per la contabilizzazione saranno le seguenti:

### **2.1.1) Demolizioni e rimozioni**

I prezzi per la demolizione si applicheranno al volume effettivo delle strutture da demolire.

I materiali utilizzabili che, dovessero essere reimpiegati dall'Appaltatore, a semplice richiesta della Direzione dei Lavori, verranno addebitati all'Appaltatore stesso, considerandoli come nuovi, in sostituzione dei materiali che egli avrebbe dovuto provvedere e allo stesso prezzo fissato per questi nell'elenco.

La misurazione vuoto per pieno di edifici sarà fatta computando le superfici esterne dei vari piani con l'esclusione di aggetti, cornici e balconi e moltiplicando queste superfici per le altezze dei vari piani misurate da solaio a solaio; per l'ultimo piano demolito sarà preso come limite superiore di altezza il piano di calpestio del solaio di copertura o dell'imposta del piano di copertura del tetto.

#### a) Demolizione di murature:

verrà, in genere, pagata a volume di muratura concretamente demolita, comprensiva di intonaci e rivestimenti a qualsiasi altezza; tutti i fori, pari o superiori a 2 m<sup>2</sup>, verranno sottratti. Potrà essere accreditata come demolizione in breccia quando il vano utile da ricavare non supererà la superficie di 2 m<sup>2</sup>, ovvero, in caso di demolizione a grande sviluppo longitudinale, quando la larghezza non supererà i 50 cm.

#### b) Demolizione di tramezzi:

dovrà essere valutata secondo l'effettiva superficie (m<sup>2</sup>) dei tramezzi, o delle porzioni realmente demolite, comprensive degli intonaci o rivestimenti, detraendo eventuali aperture dimensionalmente pari o superiori a 2 m<sup>2</sup>.

#### c) Demolizione di intonaci e rivestimenti:

la demolizione, a qualsiasi altezza, degli intonaci dovrà essere computata secondo l'effettiva superficie (m<sup>2</sup>) asportata detraendo, eventuali aperture dimensionalmente pari o superiori a 2 m<sup>2</sup>, misurata la luce netta, valutando a parte la riquadratura solo nel caso in cui si tratti di murature caratterizzate da uno spessore maggiore di 15 cm.

#### d) Demolizione di pavimenti:

dovrà essere calcolata, indipendentemente dal genere e dal materiale del pavimento per la superficie compresa tra le pareti intonacate dell'ambiente; la misurazione comprenderà l'incassatura dei pavimenti nell'intonaco. Il prezzo sarà comprensivo dell'onere della, eventuale, demolizione dello zoccolino battiscopa.

#### e) Rimozione e/o demolizione dei solai:

questa operazione dovrà essere valutata a superficie (m<sup>2</sup>) in base alle luci nette delle strutture. Nel prezzo delle rimozioni e/o demolizioni dei solai saranno comprese:

– la demolizione del tavolato con sovrastante cretonato o sottofondo e dell'eventuale soffitto su arellato o rete se si tratta di struttura portante in legno;

– la demolizione completa del soffitto e del pavimento, salvo che non risulti prescritta e compensata a parte la rimozione accurata del pavimento, se si tratta di struttura portante in ferro;

– la demolizione del pavimento e del soffitto, salvo che non risulti prescritta la rimozione accurata del pavimento se si tratta del tipo misto in c.a. e laterizio.

f) Rimozione della grossa orditura del tetto:

dovrà essere computata al metro quadrato misurando geometricamente la superficie delle falde del tetto senza detrarre eventuali fori. Nel caso la rimozione interessi singoli elementi o parti della grossa orditura, verrà computata solamente la parte interessata; nel prezzo dovrà essere compensato anche l'onere della rimozione di eventuali dormienti.

### **2.1.2) Trasporti**

I trasporti di terre o altro materiale sciolto verranno valutati in base al volume prima dello scavo, per le materie in cumulo prima del carico su mezzo, senza tener conto dell'aumento di volume all'atto dello scavo o del carico, oppure a peso con riferimento alla distanza. Qualora non sia diversamente precisato in contratto, sarà compreso il carico e lo scarico dei materiali ed ogni spesa per dare il mezzo di trasporto in piena efficienza. Con i prezzi dei trasporti si intende compensata anche la spesa per materiali di consumo, il servizio del conducente, e ogni altra spesa occorrente.

I mezzi di trasporto per i lavori in economia debbono essere forniti in pieno stato di efficienza e corrispondere alle prescritte caratteristiche.

### **2.1.3) Noleggi**

Le macchine e gli attrezzi dati a noleggio devono essere in perfetto stato di esercizio ed essere provvisti di tutti gli accessori necessari per il loro regolare funzionamento.

Sono a carico esclusivo dell'Appaltatore la manutenzione degli attrezzi e prezzi di noleggio di meccanismi in genere, si intendono corrisposti per tutto il tempo durante il quale i meccanismi rimangono a piè d'opera a disposizione dell'Amministrazione, e cioè anche per le ore in cui i meccanismi stessi non funzionano, applicandosi il prezzo prestabilito.

Nel prezzo di noleggio sono compresi gli oneri e tutte le spese per il trasporto a piè d'opera, montaggio, smontaggio ed allontanamento di detti meccanismi.

Per il noleggio di carri ed autocarri il prezzo verrà corrisposto soltanto per le ore di effettivo lavoro, rimanendo escluso ogni compenso per qualsiasi altra causa o perdita di tempo.

### **2.1.4) Ponteggi**

L'onere relativo alla realizzazione dei ponteggi orizzontali e verticali è sempre compreso nei prezzi di elenco dei lavori.

Per lavorazioni o altezze eccedenti quelle contemplate in elenco prezzi ovvero da realizzare in economia, il noleggio e l'installazione dei ponteggi verrà valutata a m<sup>2</sup> di effettivo sviluppo orizzontale o verticale secondo quanto previsto nelle voci di elenco.

### **2.1.5) Massetti**

L'esecuzione di massetti di cemento a vista o massetti di sottofondo normali o speciali verrà computata secondo i metri cubi effettivamente realizzati e misurati a lavoro eseguito.

La superficie sarà quella riferita all'effettivo perimetro delimitato da murature al rustico o parapetti. In ogni caso la misurazione della cubatura o degli spessori previsti saranno riferiti al materiale già posto in opera assestato e costipato, senza considerare quindi alcun calo naturale di volume.

#### **2.1.6) Pavimenti**

I pavimenti, di qualunque genere, saranno valutati in base alla superficie vista tra le pareti dell'ambiente, senza tener conto delle parti comunque incassate o sotto intonaco nonché degli sfridi per tagli od altro.

I prezzi di elenco per ciascun genere di pavimento comprendono l'onere per la fornitura dei materiali e per ogni lavorazione intesa a dare i pavimenti stessi completi e rifiniti con l'esclusione della preparazione del massetto in lisciato e rasato per i pavimenti resilienti, tessili ed in legno.

In ciascuno dei prezzi concernenti i pavimenti, anche nel caso di sola posa in opera, si intendono compresi gli oneri, le opere di ripristino e di raccordo con gli intonaci, qualunque possa essere l'entità delle opere stesse.

#### **2.1.7) Operazioni di integrazioni di parti mancanti**

L'integrazione delle lacune sarà differenziata secondo le tipologie di intervento e la valutazione di queste sarà al decimetro quadrato (dm<sup>2</sup>) per superfici comprese entro i 50 dm<sup>2</sup> e al metro quadrato per superfici superiori al metro quadrato.

### **Art. 2.2**

#### **MATERIALI A PIE' D'OPERA**

25 / 60

---

Per determinati manufatti il cui valore é superiore alla spesa per la messa in opera, il prezzo a piè d'opera ed il suo accredito in contabilità prima della messa in opera è stabilito in misura non superiore alla metà del prezzo stesso da valutarsi a prezzo di contratto o, in difetto, al prezzo di progetto.

I prezzi per i materiali a piè d'opera si determineranno nei seguenti casi:

- a) alle provviste dei materiali a piè d'opera che l'Appaltatore è tenuto a fare a richiesta della Direzione dei Lavori, comprese le somministrazioni per lavori in economia, alla cui esecuzione provvede direttamente la Stazione Appaltante;
- b) alla valutazione dei materiali accettabili nel caso di esecuzione di ufficio e nel caso di rescissione coattiva oppure di scioglimento di contratto;
- c) alla valutazione del materiale per l'accredito del loro importo nei pagamenti in acconto;
- d) alla valutazione delle provviste a piè d'opera che si dovessero rilevare dalla Stazione Appaltante quando per variazioni da essa introdotte non potessero più trovare impiego nei lavori.

In detti prezzi dei materiali è compresa ogni spesa accessoria per dare i materiali a piè d'opera sul luogo di impiego, le spese generali ed il beneficio dell'Appaltatore.

## CAPITOLO 3

### QUALITA' DEI MATERIALI E DEI COMPONENTI

#### Art. 3.1

#### NORME GENERALI - IMPIEGO ED ACCETTAZIONE DEI MATERIALI

Quale regola generale si intende che i materiali, i prodotti ed i componenti occorrenti per la costruzione delle opere, proverranno da ditte fornitrici o da cave e località che l'Appaltatore riterrà di sua convenienza, purché, ad insindacabile giudizio della Direzione dei Lavori, rispondano alle caratteristiche/prestazioni di cui ai seguenti articoli.

I materiali e i componenti devono corrispondere alle prescrizioni di legge e del presente Capitolato Speciale; essi dovranno essere della migliore qualità e perfettamente lavorati, e possono essere messi in opera solamente dopo l'accettazione della Direzione dei Lavori.

Resta sempre all'Impresa la piena responsabilità circa i materiali adoperati o forniti durante l'esecuzione dei lavori, essendo essa tenuta a controllare che tutti i materiali corrispondano alle caratteristiche prescritte e a quelle dei campioni esaminati, o fatti esaminare, dalla Direzione dei Lavori.

I materiali dovranno trovarsi, al momento dell'uso in perfetto stato di conservazione.

Anche dopo l'accettazione e la posa in opera dei materiali e dei componenti da parte dell'Appaltatore, restano fermi i diritti e i poteri della Stazione Appaltante in sede di collaudo.

L'esecutore che, di sua iniziativa, abbia impiegato materiali o componenti di caratteristiche superiori a quelle prescritte nei documenti contrattuali, o eseguito una lavorazione più accurata, non ha diritto ad aumento dei prezzi e la contabilità è redatta come se i materiali avessero le caratteristiche stabilite.

Gli accertamenti di laboratorio e le verifiche tecniche obbligatorie, ovvero specificamente previsti dal capitolato speciale d'appalto, sono disposti dalla Direzione dei Lavori o dall'organo di collaudo, imputando la spesa a carico delle somme a disposizione accantonate a tale titolo nel quadro economico. Per le stesse prove la Direzione dei Lavori provvede al prelievo del relativo campione ed alla redazione di apposito verbale di prelievo; la certificazione effettuata dal laboratorio prove materiali riporta espresso riferimento a tale verbale.

La Direzione dei Lavori o l'organo di collaudo possono disporre ulteriori prove ed analisi ancorché non prescritte nel presente Capitolato ma ritenute necessarie per stabilire l'idoneità dei materiali o dei componenti. Le relative spese sono poste a carico dell'Appaltatore.

Per quanto non espresso nel presente Capitolato Speciale, relativamente all'accettazione, qualità e impiego dei materiali, alla loro provvista, il luogo della loro provenienza e l'eventuale sostituzione di quest'ultimo, si applicano le disposizioni dell'art. 101 comma 3 del d.lgs. n. 50/2016 e s.m.i. e gli articoli 16, 17, 18 e 19 del Capitolato Generale d'Appalto D.M. 145/2000 e s.m.i.

L'appalto non prevede categorie di prodotti ottenibili con materiale riciclato, tra quelle elencate nell'apposito decreto ministeriale emanato ai sensi dell'art. 2, comma 1 lettera d) del D.M. dell'ambiente n. 203/2003.

### Art. 3.2

#### MATERIALI IN GENERE

**Acqua** – Oltre ad essere dolce e limpida, dovrà, anche avere, un pH neutro ed una durezza non superiore al 2%. In ogni caso non dovrà presentare tracce di sali (in particolare solfati di magnesio o di calcio, cloruri, nitrati in concentrazione superiore allo 0,5%), di sostanze chimiche attive o di inquinanti organici o inorganici.

Tutte le acque naturali limpide (con la sola esclusione dell'acqua di mare) potranno essere usate per le lavorazioni. Le acque, invece, che provengono dagli scarichi industriali o civili, in quanto contengono sostanze (zuccheri, oli grassi, acidi, basi) capaci d'influenzare negativamente la durabilità dei lavori, dovranno essere vietate per qualsiasi tipo di utilizzo.

Per quanto riguarda le acque torbide, le sostanze in sospensione non dovranno superare il limite di 2 gr/lit.

**Acqua per lavori di pulitura** – Oltre ad essere dolce e limpida ed avere, un pH neutro e la durezza non superiore al 2%, dovrà essere preventivamente trattata con appositi apparecchi deionizzatori dotati di filtri a base di resine scambiatrici di ioni aventi le specifiche richieste dalle Raccomandazioni Normal relativamente allo specifico utilizzo.

**Calci** - Le calci aeree ed idrauliche, dovranno rispondere ai requisiti di accettazione delle norme tecniche vigenti; le calci idrauliche dovranno altresì corrispondere alle prescrizioni contenute nella legge 595/65 (Caratteristiche tecniche e requisiti dei leganti idraulici), ai requisiti di accettazione contenuti nelle norme tecniche vigenti, nonché alle norme UNI EN 459-1 e 459-2.

**Cementi e agglomerati cementizi** - Devono impiegarsi esclusivamente i cementi previsti dalle disposizioni vigenti in materia, dotati di attestato di conformità ai sensi delle norme UNI EN 197-1, UNI EN 197-2 e UNI EN 197-4.

A norma di quanto previsto dal Decreto 12 luglio 1999, n. 314 (Regolamento recante norme per il rilascio dell'attestato di conformità per i cementi), i cementi di cui all'art. 1 lettera A) della legge 595/65 (cioè cementi normali e ad alta resistenza portland, pozzolanico e d'altoforno), se utilizzati per confezionare il conglomerato cementizio normale, armato e precompresso, devono essere certificati presso i laboratori di cui all'art. 6 della legge 595/65 e all'art. 59 del D.P.R. 380/2001 e s.m.i. Per i cementi di importazione, la procedura di controllo e di certificazione potrà essere svolta nei luoghi di produzione da analoghi laboratori esteri di analisi.

I cementi e gli agglomerati cementizi dovranno essere conservati in magazzini coperti, ben riparati dall'umidità e da altri agenti capaci di degradarli prima dell'impiego.

**Pozzolane** - Le pozzolane saranno ricavate da strati mondi da cappellaccio ed esenti da sostanze eterogenee o di parti inerti; qualunque sia la provenienza dovranno rispondere a tutti i requisiti prescritti dalle norme tecniche vigenti.

**Gesso** - Il gesso dovrà essere di recente cottura, perfettamente asciutto, di fine macinazione in modo da non lasciare residui sullo staccio di 56 maglie a centimetro quadrato, scevro da materie eterogenee e senza parti alterate per estinzione spontanea. Il gesso dovrà essere conservato in locali coperti, ben riparati dall'umidità e da agenti degradanti, approvvigionati in sacchi sigillati con stampigliato il nominativo del produttore e la qualità del materiale contenuto. Non dovranno essere comunque mai usati in ambienti umidi né impiegati a contatto di leghe di ferro o di altro metallo.

**Sabbia** – La sabbia naturale o artificiale da miscelare alle malte (minerali o sintetiche) sia essa silicea, quarzosa, granitica o calcarea, dovrà essere priva non solo delle sostanze inquinanti ma dovrà possedere anche una granulometria omogenea e provenire da rocce con resistenze meccaniche adeguate allo specifico uso. La sabbia, all'occorrenza, dovrà essere lavata al fine di eliminare qualsiasi sostanza inquinante e nociva.

**Sabbia per murature ed intonaci** - Dovrà essere costituita da grani di dimensioni tali da passare attraverso un setaccio con maglie circolari dal diametro di mm 2 per murature in genere e dal diametro di mm 1 per intonaci e murature di paramento o in pietra da taglio.

**Sabbie per conglomerati** - I grani dovranno avere uno spessore compreso tra 0, 1 e 5 mm.

Per il confezionamento di calcestruzzi e di malte potranno essere usati sia materiali lapidei con massa volumica compresa fra i valori di 2.100 e 2.990 kg/mc sia aggregati leggeri aventi massa volumica inferiore a 1.700 kg/mc. Sarà assolutamente vietato l'uso di sabbie marine.

**Sabbie, inerti e cariche per resine** – Dovranno possedere i requisiti richiesti dai produttori di resine o dalla Direzione dei Lavori; la granulometria dovrà essere adeguata alla destinazione e al tipo di lavorazione. Sarà assolutamente vietato l'utilizzo di sabbie marine o di cava che presentino apprezzabili tracce di sostanze chimiche attive. I rinforzanti da impiegare per la formazione di betoncini di resina dovranno avere un tasso di umidità in peso non superiore allo 0,09% ed un contenuto nullo d'impurità o di sostanze inquinanti; in particolare, salvo diverse istruzioni impartite dalla Direzione dei Lavori, le miscele secche di sabbie silicee o di quarzo dovranno essere costituite da granuli puri del diametro di circa 0,10-0,30 mm per un 25%, di 0,50-1,00 mm per un 30% e di 1,00-2,00 mm per il restante 45%.

**Polveri** – (silice ventilata, silice micronizzata) dovranno possedere grani del diametro di circa 50-80 micron e saranno aggiunte, ove prescritto alla miscela secca di sabbie, in un quantitativo di circa il 10- 15% in peso. In alcune applicazioni potranno essere usate fibre di vetro sia del tipo tessuto che non tessuto e fibre di nylon. In particolare la Direzione dei Lavori e gli organi preposti dovranno stabilire le caratteristiche tecniche dei rinforzanti, dei riempitivi, degli addensanti e di tutti gli altri agenti modificatori per resine in base all'impiego ed alla destinazione.

**Ghiaia e pietrisco** - Le prime dovranno essere costituite da elementi omogenei pulitissimi ed esenti da materie terrose, argillose e limacciose e dovranno provenire da rocce compatte, non gessose e marnose ad alta resistenza a compressione.

I pietrischi dovranno provenire dalla spezzettatura di rocce durissime, preferibilmente silicee, a struttura microcristallina, o a calcari puri durissimi e di alta resistenza alla compressione, all'urto e all'abrasione, al gelo ed avranno spigolo vivo; dovranno essere scevri da materie terrose, sabbia e materie eterogenee. Sono assolutamente escluse le rocce marnose.

Gli elementi di ghiaie e pietrischi dovranno essere tali da passare attraverso un vaglio a fori circolari del diametro:

- di cm 5 se si tratta di lavori correnti di fondazione o di elevazione, muri di sostegno, piedritti, rivestimenti di scarpe e simili;

- di cm 4 se si tratta di volti di getto;

- di cm 1 a 3 se si tratta di cappe di volti o di lavori in cemento armato od a pareti sottili. Gli elementi più piccoli di ghiaie e pietrischi non devono passare in un vaglio a maglie rotonde di 1 cm di diametro, salvo quando vanno impiegati in cappe di volti od in lavori in cemento armato od a pareti sottili, nei quali casi sono ammessi anche elementi più piccoli.

**Pomice** - La pomice dovrà presentare struttura granulare a cavità chiuse, con superfici scabre, dovrà essere asciutta, scevra da sostanze organiche, da polvere o da altri elementi estranei.

Il peso specifico apparente medio della pomice non dovrà essere superiore a 660 kg/m<sup>3</sup>.

**Perlite espansa** - Si presenta sotto forma di granulato, con grani di dimensioni variabile da 0 a 5 mm di diametro, completamente esente da polvere o da altre sostanze estranee e dovrà essere incombustibile ed imputrescibile. Il peso specifico apparente della perlite espansa è compreso tra i 60 ed i 120 kg/m<sup>3</sup>.

**Vermiculite espansa** - Si presenta sotto forma di granulato, con grani di dimensioni variabile da 0 a 12 mm di diametro, completamente esente da ogni tipo d'impurità e dovrà essere incombustibile ed imputrescibile.

Il peso specifico apparente della vermiculite espansa è compreso tra i 70 ed i 110 kg/m<sup>3</sup> a seconda della granulometria.

**Polistirene espanso** - Si presenta sotto forma di granulato, con grani di dimensioni variabile da 2 a 6 mm di diametro, completamente esente da ogni sostanza estranea e dovrà essere inattaccabile da muffe, batteri, insetti e resistere all'invecchiamento. Il peso specifico apparente del polistirene espanso è compreso tra i 10 ed i 12 kg/m<sup>3</sup> a seconda della granulometria.

**Argilla espansa** - Si presenta sotto forma di granulato, con grani a struttura interna cellulare chiusa e vetrificata, con una dura e resistente scorza esterna.

Per granuli di argilla espansa si richiede: superficie a struttura prevalentemente chiusa, con esclusione di frazioni granulometriche ottenute per frantumazione successiva alla cottura;

Per granuli di scisti espansi si richiede: struttura non sfaldabile con esclusione di elementi frantumati come sopra indicato.

Ogni granulo, di colore bruno, deve avere forma rotondeggiante ed essere privo di materiali attivi, organici o combustibili; deve essere inattaccabile da acidi ed alcali concentrati, e deve conservare le sue qualità in un largo intervallo di temperatura. I granuli devono galleggiare sull'acqua senza assorbirla.

Il peso specifico dell'argilla espansa è compreso tra i 350 ed i 530 kg/m<sup>3</sup> a seconda della granulometria.

Per l'accettazione dei materiali valgono i criteri generali dell'articolo "Norme Generali - Accettazione Qualità ed Impiego dei Materiali" e le condizioni di accettazione stabilite dalle norme vigenti.

Per quanto non espressamente contemplato si rinvia alla seguente normativa tecnica: UNI EN 459, UNI EN 197, UNI EN 13055-1, UNI 11013, UNI 8520-1, UNI 8520-2, UNI 8520-21, UNI 8520-22, UNI EN 932-1, UNI EN 932-3, UNI EN 933-1, UNI EN 933-3, UNI EN 933-8, UNI EN 1097-2, UNI EN 1097-3, UNI EN 1097-6, UNI EN 1367-1, UNI EN 1367-2, UNI EN 1744-1.

### Art. 3.3

#### MATERIALI E PRODOTTI PER USO STRUTTURALE

##### Generalità

I materiali ed i prodotti per uso strutturale, utilizzati nelle opere soggette al D.M. 17 gennaio 2018 devono rispondere ai requisiti indicati nel seguito.

I materiali e prodotti per uso strutturale devono essere:

- *identificati* univocamente a cura del fabbricante, secondo le procedure applicabili;
- *qualificati* sotto la responsabilità del fabbricante, secondo le procedure di seguito richiamate;
- *accettati* dal Direttore dei lavori mediante acquisizione e verifica della documentazione di identificazione e qualificazione, nonché mediante eventuali prove di accettazione.

Per ogni materiale o prodotto identificato e qualificato mediante Marcatura CE è onere del Direttore dei Lavori, in fase di accettazione, accertarsi del possesso della marcatura stessa e richiedere copia della documentazione di marcatura CE e della Dichiarazione di Prestazione di cui al Capo II del Regolamento UE 305/2011, nonché – qualora ritenuto necessario, ai fini della verifica di quanto sopra - copia del certificato di costanza della prestazione del prodotto o di conformità del controllo della produzione in fabbrica, di cui al Capo IV ed Allegato V del

Regolamento UE 305/2011, rilasciato da idoneo organismo notificato ai sensi del Capo VII dello stesso Regolamento (UE) 305/2011.

Per i prodotti non qualificati mediante la Marcatura CE, il Direttore dei Lavori dovrà accertarsi del possesso e del regime di validità della documentazione di qualificazione o del Certificato di Valutazione Tecnica. I fabbricanti possono usare come Certificati di Valutazione Tecnica i Certificati di Idoneità tecnica all'impiego, già rilasciati dal Servizio Tecnico Centrale prima dell'entrata in vigore delle presenti norme tecniche, fino al termine della loro validità.

Sarà inoltre onere del Direttore dei Lavori, nell'ambito dell'accettazione dei materiali prima della loro installazione, verificare che tali prodotti corrispondano a quanto indicato nella documentazione di identificazione e qualificazione, nonché accertare l'idoneità all'uso specifico del prodotto mediante verifica delle prestazioni dichiarate per il prodotto stesso nel rispetto dei requisiti stabiliti dalla normativa tecnica applicabile per l'uso specifico e dai documenti progettuali.

Le prove su materiali e prodotti, a seconda delle specifiche procedure applicabili, devono generalmente essere effettuate da:

- a) laboratori di prova notificati ai sensi del Capo VII del Regolamento UE 305/2011;
- b) laboratori di cui all'art. 59 del d.P.R. n. 380/2001 e s.m.i.;
- c) altri laboratori, dotati di adeguata competenza ed idonee attrezzature, previo nulla osta del Servizio Tecnico Centrale.

#### **Art. 3.4**

#### **PRODOTTI PER PAVIMENTAZIONE**

30 / 60

---

1 - Si definiscono prodotti per pavimentazione quelli utilizzati per realizzare lo strato di rivestimento dell'intero sistema di pavimentazione.

I prodotti vengono di seguito considerati al momento della fornitura; la Direzione dei Lavori, ai fini della loro accettazione, può procedere ai controlli (anche parziali) su campioni della fornitura oppure richiedere un attestato di conformità della fornitura alle prescrizioni di seguito indicate.

2 - I prodotti di legno per pavimentazione: tavolette, listoni, mosaico di lamelle, blocchetti, ecc. si intendono denominati nelle loro parti costituenti come indicato nella letteratura tecnica.

I prodotti di cui sopra devono rispondere a quanto segue:

- a) essere della essenza legnosa adatta all'uso e prescritta nel progetto;
- b) sono ammessi i seguenti difetti visibili sulle facce in vista:

b1) qualità I:

- piccoli nodi sani con diametro minore di 2 mm se del colore della specie (minore di 1 mm se di colore diverso) purché presenti su meno del 10% degli elementi del lotto;
- imperfezioni di lavorazione con profondità minore di 1 mm e purché presenti su meno del 10% degli elementi;

b2) qualità II:

- piccoli nodi sani con diametro minore di 5 mm se del colore della specie (minore di 2 mm se di colore diverso) purché presenti su meno del 20% degli elementi del lotto;



- piccole fenditure;
  - imperfezioni di lavorazione come per la classe I;
  - alborno senza limitazioni ma immune da qualsiasi manifesto attacco di insetti.
- b3) qualità III: esenti da difetti che possano compromettere l'impiego (in caso di dubbio valgono le prove di resistenza meccanica); alborno senza limitazioni ma immune da qualsiasi manifesto attacco di insetti;
- c) avere contenuto di umidità tra il 10 e il 15%;
- d) tolleranze sulle dimensioni e finitura:
- d1) listoni: 1 mm sullo spessore; 2 mm sulla larghezza; 5 mm sulla lunghezza;
  - d2) tavolette: 0,5 mm sullo spessore; 1,5% sulla larghezza e lunghezza;
  - d3) mosaico, quadrotti, ecc.: 0,5 mm sullo spessore; 1,5% sulla larghezza e lunghezza;
  - d4) le facce a vista ed i fianchi da accertare saranno lisci;
- e) la resistenza meccanica a flessione, la resistenza all'impronta ed altre caratteristiche saranno nei limiti solitamente riscontrati sulla specie legnosa e saranno comunque dichiarati nell'attestato che accompagna la fornitura; per i metodi di misura valgono le prescrizioni delle norme vigenti;
- f) i prodotti devono essere contenuti in appositi imballi che li proteggono da azioni meccaniche, umidità nelle fasi di trasporto, deposito e manipolazione prima della posa.
- Nell'imballo un foglio informativo indicherà, oltre al nome del fornitore e contenuto, almeno le caratteristiche di cui ai commi da a) ad e).

Nel caso si utilizzino piastrelle di sughero agglomerato le norme di riferimento sono la UNI ISO 3810;

3 - Le piastrelle di ceramica per pavimentazioni dovranno essere del materiale indicato nel progetto tenendo conto che le dizioni commerciali e/o tradizionali (cotto, cotto forte, gres, ecc.) devono essere associate alla classificazione di cui alla norma 14411 basata sul metodo di formatura e sull'assorbimento d'acqua secondo le norme UNI EN ISO 10545-2 e 10545-3.

- a) Le piastrelle di ceramica estruse o pressate di prima scelta devono rispondere alla norma UNI EN 14411.
- I prodotti di seconda scelta, cioè quelli che rispondono parzialmente alle norme predette, saranno accettati in base alla rispondenza ai valori previsti dal progetto, ed, in mancanza, in base ad accordi tra Direzione dei Lavori e fornitore.
- b) Per i prodotti definiti "pianelle comuni di argilla", "pianelle pressate ed arrotate di argilla" e "mattonelle greificate" dal Regio Decreto 2234/39, devono inoltre essere rispettate le prescrizioni seguenti:
- resistenza all'urto 2 Nm (0,20 kgm) minimo;
  - resistenza alla flessione 2,5 N/mm<sup>2</sup> (25 kg/cm)<sup>2</sup> minimo;
  - coefficiente di usura al tribometro 15 mm massimo per 1 km di percorso.
- c) Per le piastrelle colate (ivi comprese tutte le produzioni artigianali) le caratteristiche rilevanti da misurare ai fini di una qualificazione del materiale sono le stesse indicate per le piastrelle pressate a secco ed estruse, per cui:
- per quanto attiene ai metodi di prova si rimanda alle norme UNI vigenti;
  - per quanto attiene i limiti di accettazione, tenendo in dovuto conto il parametro relativo all'assorbimento d'acqua, i valori di accettazione per le piastrelle ottenute mediante colatura saranno concordati fra produttore ed acquirente, sulla base dei

dati tecnici previsti dal progetto o dichiarati dai produttori ed accettate dalla Direzione dei Lavori nel rispetto della norma UNI EN ISO 10545-1.

- d) I prodotti devono essere contenuti in appositi imballi che li proteggano da azioni meccaniche, sporatura, ecc. nelle fasi di trasporto, deposito e manipolazione prima della posa ed essere accompagnati da fogli informativi riportanti il nome del fornitore e la rispondenza alle prescrizioni predette.

4 - I prodotti di gomma per pavimentazioni sotto forma di piastrelle e rotoli devono rispondere alle prescrizioni date dal progetto ed in mancanza e/o a complemento devono rispondere alle prescrizioni seguenti:

- a) essere esenti da difetti visibili (bolle, graffi, macchie, aloni, ecc.) sulle superfici destinate a restare in vista (norma UNI 8272-1);
- b) avere costanza di colore tra i prodotti della stessa fornitura; in caso di contestazione deve risultare entro il contrasto dell'elemento n. 4 della scala dei grigi di cui alla norma UNI 8272-2.

Per piastrelle di forniture diverse ed in caso di contestazione vale il contrasto dell'elenco n. 3 della scala dei grigi;

- c) sulle dimensioni nominali ed ortogonalità dei bordi sono ammesse le tolleranze seguenti:
- rotoli: lunghezza +1%, larghezza +0,3%, spessore +0,2 mm;
  - piastrelle: lunghezza e larghezza +0,3%, spessore +0,2 mm;
  - piastrelle: scostamento dal lato teorico (in millimetri) non maggiore del prodotto tra dimensione del lato (in millimetri) e 0,0012;
  - rotoli: scostamento dal lato teorico non maggiore di 1,5 mm;
- d) la durezza deve essere tra 75 e 85 punti di durezza Shore A (norma UNI EN ISO 868);
- e) la resistenza all'abrasione deve essere non maggiore di 300 mm<sup>3</sup>;
- f) la stabilità dimensionale a caldo deve essere non maggiore dello 0,3% per le piastrelle e dello 0,4% per i rotoli;
- g) la classe di reazione al fuoco deve essere la prima secondo il D.M. 26 giugno 1984 e s.m.i.;
- h) la resistenza alla bruciatura da sigaretta, inteso come alterazioni di colore prodotte dalla combustione, non deve originare contrasto di colore uguale o minore al n. 2 della scala dei grigi di cui alla norma UNI 8272-2. Non sono inoltre ammessi affioramenti o rigonfiamenti;
- i) il potere macchiante, inteso come cessione di sostanze che sporcano gli oggetti che vengono a contatto con il rivestimento, per i prodotti colorati non deve dare origine ad un contrasto di colore maggiore di quello dell'elemento N3 della scala dei grigi di cui alla UNI 8272-2. Per i prodotti neri il contrasto di colore non deve essere maggiore dell'elemento N2;
- l) il controllo delle caratteristiche di cui ai commi precedenti si intende effettuato secondo le modalità indicate nel presente articolo in conformità alla norma UNI 8272 (varie parti);
- m) i prodotti devono essere contenuti in appositi imballi che li proteggano da azioni meccaniche ed agenti atmosferici nelle fasi di trasporto, deposito e manipolazione prima della posa.

Il foglio di accompagnamento indicherà oltre al nome del fornitore almeno le indicazioni di cui ai commi da a) ad i).

5 - I prodotti di vinile, omogenei e non ed i tipi eventualmente caricati devono rispondere alle prescrizioni di cui alla norma UNI EN 10581.

I criteri di accettazione sono quelli del punto 1 del presente articolo.

I prodotti devono essere contenuti in appositi imballi che li proteggano da azioni meccaniche ed agenti atmosferici nelle fasi di trasporto, deposito e manipolazione prima della posa.

Il foglio di accompagnamento indicherà le caratteristiche di cui alle norme precitate.

6 - I prodotti di resina (applicati fluidi od in pasta) per rivestimenti di pavimenti saranno del tipo realizzato:

- mediante impregnazione semplice (I1);
- a saturazione (I2);
- mediante film con spessori fino a 200 mm (F1) o con spessore superiore (F2);
- con prodotti fluidi cosiddetti autolivellanti (A);
- con prodotti spatolati (S).

Le caratteristiche segnate come significative nel prospetto seguente devono rispondere alle prescrizioni del progetto.

I valori di accettazione sono quelli dichiarati dal fabbricante ed accettati dalla Direzione dei Lavori.

I metodi di accettazione sono quelli indicati nel presente articolo in conformità alla norma UNI 8298 (varie parti) e UNI 8297.

CARATTERISTICHE	Grado di significatività rispetto ai vari tipi					
	I1	I2	F1	F2	A	S
Colore	-	-	+	+	+	-
Identificazione chimico-fisica	+	+	+	+	+	+
Spessore	-	-	+	+	+	+
Resistenza all'abrasione	+	+	+	+	+	+
Resistenza al punzonamento dinamico (urto)	-	+	+	+	+	+
Resistenza al punzonamento statico	+	+	+	+	+	+
Comportamento all'acqua	+	+	+	+	+	+
Resistenza alla pressione idrostatica inversa	-	+	+	+	+	+
	+	+	+	+	+	+

Resistenza al fuoco	-	+	+	+	+	+
Resistenza alla bruciatura della sigaretta	-	+	+	+	+	+
Resistenza termico in aria all'invecchiamento	-	-	+	+	+	+
Resistenza meccanica dei ripristini						
+ Significativa - Non significativa						

I prodotti devono essere contenuti in appositi imballi che li proteggano da azioni meccaniche e da agenti atmosferici nelle fasi di trasporto, deposito e manipolazione prima della posa.

Il foglio informativo indicherà, oltre al nome del fornitore, le caratteristiche, le avvertenze per l'uso e per la sicurezza durante l'applicazione.

7 - I prodotti di calcestruzzo per pavimentazioni a seconda del tipo di prodotto devono rispondere alle prescrizioni del progetto ed in mancanza e/o completamento alle seguenti prescrizioni.

- a. Mattonelle di cemento con o senza colorazione e superficie levigata; mattonelle di cemento con o senza colorazione con superficie striata o con impronta; marmette e mattonelle a mosaico di cemento e di detriti di pietra con superficie levigata. I prodotti sopracitati devono rispondere al Regio Decreto 2234/39 per quanto riguarda le caratteristiche di resistenza all'urto, resistenza alla flessione e coefficiente di usura al tribometro ed alle prescrizioni del progetto. L'accettazione deve avvenire secondo il punto 1 del presente articolo avendo il Regio Decreto sopracitato quale riferimento.
- b. Masselli di calcestruzzo per pavimentazioni saranno definiti e classificati in base alla loro forma, dimensioni, colore e resistenza caratteristica; per la terminologia delle parti componenti il massello e delle geometrie di posa ottenibili si rinvia alla norma UNI EN 1338. Essi devono rispondere alle prescrizioni del progetto ed in mancanza od a loro completamento devono rispondere a quanto segue:
  - essere esenti da difetti visibili e di forma quali protuberanze, bave, incavi che superino le tolleranze dimensionali ammesse.  
Sulle dimensioni nominali è ammessa la tolleranza di 3 mm per un singolo elemento e 2 mm quale media delle misure sul campione prelevato;
  - le facce di usura e di appoggio devono essere parallele tra loro con tolleranza  $\pm 15\%$  per il singolo massello e  $\pm 10\%$  sulle medie;
  - la massa volumica deve scostarsi da quella nominale (dichiarata dal fabbricante) non più del 15% per il singolo massello e non più del 10% per le medie;
  - il coefficiente di trasmissione meccanica non deve essere minore di quello dichiarato dal fabbricante;

- il coefficiente di aderenza delle facce laterali deve essere il valore nominale con tolleranza  $\pm 5\%$  per un singolo elemento e  $\pm 3\%$  per la media;
- la resistenza convenzionale alla compressione deve essere maggiore di 50 N/mm<sup>2</sup> per il singolo elemento e maggiore di 60 N/mm<sup>2</sup> per la media;

I criteri di accettazione sono quelli riportati nel punto 1 con riferimento alla norma UNI EN 1338.

I prodotti saranno forniti su appositi pallets opportunamente legati ed eventualmente protetti dall'azione di sostanze sporcanti. Il foglio informativo indicherà, oltre al nome del fornitore, almeno le caratteristiche di cui sopra e le istruzioni per la movimentazione, sicurezza e posa.

8 - I prodotti di pietre naturali o ricostruite per pavimentazioni si intendono definiti come segue:

- elemento lapideo naturale: elemento costituito integralmente da materiale lapideo (senza aggiunta di leganti);
- elemento lapideo ricostituito (conglomerato): elemento costituito da frammenti lapidei naturali legati con cemento o con resine;
- lastra rifilata: elemento con le dimensioni fissate in funzione del luogo d'impiego, solitamente con una dimensione maggiore di 60 cm e spessore di regola non minore di 2 cm;
- marmetta: elemento con le dimensioni fissate dal produttore ed indipendenti dal luogo di posa, solitamente con dimensioni minori di 60 cm e con spessore di regola minore di 2 cm;
- marmetta calibrata: elemento lavorato meccanicamente per mantenere lo spessore entro le tolleranze dichiarate;
- marmetta rettificata: elemento lavorato meccanicamente per mantenere la lunghezza e/o larghezza entro le tolleranze dichiarate.

Per le istruzioni relative alla progettazione, posa in opera e manutenzione di rivestimenti lapidei di superfici orizzontali, verticali e soffitti si seguiranno le indicazioni della norma UNI 11714 - 1. Per gli altri termini specifici dovuti alle lavorazioni, finiture, ecc., fare riferimento alla norma UNI EN 14618.

I prodotti di cui sopra devono rispondere alle prescrizioni del progetto (dimensioni, tolleranze, aspetto, ecc.) ed a quanto prescritto nell'articolo prodotti di pietre naturali o ricostruite. In mancanza di tolleranze su disegni di progetto si intende che le lastre grezze contengono la dimensione nominale; le lastre finite, marmette, ecc. hanno tolleranza 1 mm sulla larghezza e lunghezza e 2 mm sullo spessore (per prodotti da incollare le tolleranze predette saranno ridotte); le lastre ed i quadrelli di marmo o di altre pietre dovranno inoltre rispondere al Regio Decreto 2234/39 per quanto attiene il coefficiente di usura al tribometro in mm;

l'accettazione avverrà secondo il punto 1 del presente articolo. Le forniture avverranno su pallets ed i prodotti saranno opportunamente legati ed eventualmente protetti dall'azione di sostanze sporcanti.

Il foglio informativo indicherà almeno le caratteristiche di cui sopra e le istruzioni per la movimentazione, sicurezza e posa.

9 - I prodotti tessili per pavimenti (moquettes).

a) Si intendono tutti i rivestimenti nelle loro diverse soluzioni costruttive e cioè:

- rivestimenti tessili a velluto (nei loro sottocasi velluto tagliato, velluto riccio, velluto unilivello, velluto plurilivello, ecc.);
- rivestimenti tessili piatti (tessuto, nontessuto).

In caso di dubbio e contestazione si farà riferimento alla classificazione e terminologia della norma UNI 8013-1;

b) i prodotti devono rispondere alle prescrizioni del progetto ed in mancanza o completamento a quanto segue:

- massa areica totale e dello strato di utilizzazione;
- spessore totale e spessore della parte utile dello strato di utilizzazione;
- perdita di spessore dopo applicazione (per breve e lunga durata) di carico statico moderato;
- perdita di spessore dopo applicazione di carico dinamico.

In relazione all'ambiente di destinazione saranno richieste le seguenti caratteristiche di comportamento:

- tendenza all'accumulo di cariche elettrostatiche generate dal calpestio;
- numero di fiocchetti per unità di lunghezza e per unità di area;
- forza di strappo dei fiocchetti;
- comportamento al fuoco;

c) i criteri di accettazione sono quelli precisati nel presente articolo; i valori saranno quelli dichiarati dal fabbricante ed accettati dalla Direzione dei Lavori. Le modalità di prova da seguire in caso di contestazione sono quelle indicate nella norma UNI 8014 (varie parti);

d) i prodotti saranno forniti protetti da appositi imballi che li proteggano da azioni meccaniche, da agenti atmosferici ed altri agenti degradanti nelle fasi di trasporto, deposito e manipolazione prima della posa. Il foglio informativo indicherà il nome del produttore, le caratteristiche elencate in b) e le istruzioni per la posa.

10 - Le mattonelle di asfalto:

- dovranno rispondere alle prescrizioni del Regio Decreto 2234/39 per quanto riguarda le caratteristiche di resistenza all'urto: 4 Nm (0,40 kgm minimo; resistenza alla flessione: 3 N/mm<sup>2</sup> (30 kg/cm<sup>2</sup>) minimo; coefficiente di usura al tribometro: 15 mm massimo per 1 km di percorso;

- per i criteri di accettazione si fa riferimento a quanto precisato nel presente articolo; in caso di contestazione si fa riferimento alle norme CNR e UNI applicabili.

I prodotti saranno forniti su appositi pallets ed eventualmente protetti da azioni degradanti dovute ad agenti meccanici, chimici ed altri nelle fasi di trasporto, deposito e manipolazione in genere prima della posa. Il foglio informativo indicherà almeno le caratteristiche di cui sopra oltre alle istruzioni per la posa.

11 - I prodotti di metallo per pavimentazioni dovranno rispondere alle prescrizioni date dalle norme vigenti. Le lamiere saranno inoltre esenti da difetti visibili (quali scagliature, bave, crepe, crateri, ecc.) e da difetti di forma (svergolamento, ondulazione, ecc.) che ne pregiudichino l'impiego e/o la messa in opera e dovranno avere l'eventuale rivestimento superficiale prescritto nel progetto.

12 - I conglomerati bituminosi per pavimentazioni esterne dovranno rispondere alle caratteristiche seguenti:

- contenuto di legante misurato secondo la norma UNI EN 12697-1;
- granulometria misurata secondo la norma UNI EN 12697-2;
- massa volumica massima misurata secondo UNI EN 12697-5;
- compattabilità misurata secondo la norma UNI EN 12697-10;

Per quanto non espressamente contemplato, si rinvia alla seguente normativa tecnica:, UNI EN 1816, UNI EN 1817, UNI 8297, UNI EN 12199, UNI EN 14342, UNI EN ISO 23999, UNI ISO 4649.

Tutti i prodotti e/o materiali di cui al presente articolo, qualora possano essere dotati di marcatura CE secondo la normativa tecnica vigente, dovranno essere muniti di tale marchio.

### Art. 3.5

#### PRODOTTI DI PIETRE NATURALI O RICOSTRUITE

1) La terminologia utilizzata (come da norma UNI EN 12670) ha il significato di seguito riportato, le denominazioni commerciali devono essere riferite a campioni, atlanti, ecc.

**Pietre naturali e marmi** - Le pietre naturali da impiegare per la muratura o per qualsiasi altro lavoro dovranno essere di grana compatta ed esenti da piani di sfaldamento, screpolature, venature ed inclusioni di sostanze estranee; inoltre, dovranno avere dimensioni adatte al particolare tipo di impiego, offrire una resistenza proporzionata all'entità delle sollecitazioni cui dovranno essere sottoposte e possedere un'efficace capacità di adesione alle malte. Il carico di sicurezza a compressione non dovrà mai superare il 20% del rispettivo carico di rottura. Saranno escluse, salvo specifiche prescrizioni, le pietre gessose ed in generale tutte quelle che potrebbero subire alterazioni per l'azione degli agenti atmosferici o dell'acqua corrente.

**Marmo** (termine commerciale) - Roccia cristallina, compatta, lucidabile, da decorazione e da costruzione, prevalentemente costituita da minerali di durezza Mohs da 3 a 4 (quali calcite, dolomite, serpentino).

A questa categoria appartengono:

- i marmi propriamente detti (calcari metamorfici ricristallizzati), i calcefiri ed i cipollini;
- i calcari, le dolomie e le brecce calcaree lucidabili;
- gli alabastri calcarei;
- le serpentiniti;
- oficalciti.

Dovranno essere della migliore qualità, privi di scaglie, brecce, vene, spaccature, nodi o altri difetti che li renderebbero fragili e poco omogenei. Non saranno tollerate stuccature, tasselli, rotture e scheggiature.

**Granito** (termine commerciale) - Roccia fanero-cristallina, compatta, lucidabile, da decorazione e da costruzione, prevalentemente costituita da minerali di durezza Mohs da 6 a 7 (quali quarzo, feldspati, felspatoidi)

A questa categoria appartengono:

- i graniti propriamente detti (rocce magmatiche intrusive acide fanerocristalline, costituite da quarzo, feldspati sodico

- potassici e miche);
- altre rocce magmatiche intrusive (dioriti, granodioriti, sieniti, gabbri, ecc.);
- le corrispettive rocce magmatiche effusive, a struttura porfirica;
- alcune rocce metamorfiche di analoga composizione come gneiss e serizzi.

**Travertino** - Roccia calcarea sedimentaria di deposito chimico con caratteristica strutturale vacuolare, da decorazione e da costruzione; alcune varietà sono lucidabili.

**Pietra** (termine commerciale) - Roccia da costruzione e/o da decorazione, di norma non lucidabile.

A questa categoria appartengono rocce di composizione mineralogica svariatissima, non inseribili in alcuna classificazione. Esse sono riconducibili ad uno dei due gruppi seguenti:

- rocce tenere e/o poco compatte;
- rocce dure e/o compatte.

Esempi di pietre del primo gruppo sono: varie rocce sedimentarie (calcareniti, arenarie a cemento calcareo, ecc.), varie rocce piroclastiche, (peperini, tufi, ecc.); al secondo gruppo appartengono le pietre a spacco naturale (quarziti, micascisti, gneiss lastroidi, ardesie, ecc.), e talune vulcaniti (basalti, trachiti, leucititi, ecc.).

Per gli altri termini usati per definire il prodotto in base alle forme, dimensioni, tecniche di lavorazione ed alla conformazione geometrica, vale quanto riportato nella norma UNI EN 12670 e UNI EN 14618.

**2) I prodotti di cui sopra devono rispondere a quanto segue:**

- a) appartenere alla denominazione commerciale e/o petrografica indicata nel progetto, come da norma UNI EN 12407 oppure avere origine del bacino di estrazione o zona geografica richiesta nonché essere conformi ad eventuali campioni di riferimento ed essere esenti da crepe, discontinuità, ecc. che riducano la resistenza o la funzione;
- b) avere lavorazione superficiale e/o finiture indicate nel progetto e/o rispondere ai campioni di riferimento; avere le dimensioni nominali concordate e le relative tolleranze;
- c) delle seguenti caratteristiche il fornitore dichiarerà i valori medi (ed i valori minimi e/o la dispersione percentuale):
  - massa volumica reale ed apparente, misurata secondo la norma UNI EN 13755 e UNI EN 14617-1;
  - coefficiente di imbibizione della massa secca iniziale, misurato secondo la norma UNI EN 13755 e UNI EN 14617;
  - resistenza a compressione, misurata secondo la norma UNI EN 1926 e UNI EN 14617;
  - resistenza a flessione, misurata secondo la norma UNI EN 12372 e UNI EN 14617;
  - modulo di elasticità, misurato secondo la norma e UNI EN 14146;
  - resistenza all'abrasione, misurata secondo le disposizioni del Regio Decreto 2234/39 e UNI EN 14617;
- d) per le prescrizioni complementari da considerare in relazione alla destinazione d'uso (strutturale per murature, pavimentazioni, coperture, ecc.) si rinvia agli appositi articoli del presente capitolato ed alle prescrizioni di progetto.

**Pietre da taglio** - Oltre a possedere i requisiti delle pietre naturali, dovranno essere sonore alla percussione, prive di fenditure e litoclasti e possedere una perfetta lavorabilità.

Per le opere a "faccia a vista" sarà vietato l'impiego di materiali con venature disomogenee o, in genere, di brecce. Inoltre dovranno avere buona resistenza a compressione, resistenza a flessione, tenacità (resistenza agli urti), capacità di resistenza agli agenti atmosferici e alle

sostanze inquinanti, lavorabilità (attitudine ad essere trasformate in blocchi squadrati, in lastre, colonne, capitelli, cornici) e lucidabilità.

**Lastre per tetti, per cornicioni e simili** – Saranno preferibilmente costituite da rocce impermeabili (poco

porose), durevoli ed inattaccabili al gelo, che si possano facilmente trasformare in lastre sottili (scisti,

lavagne).

**Lastre per interni** – Dovranno essere costituite preferibilmente da pietre perfette, lavorabili, trasformabili in lastre lucidabili, tenaci e resistenti all'usura.

I valori dichiarati saranno accettati dalla Direzione dei Lavori anche in base ai criteri generali dell'articolo relativo ai materiali in genere ed in riferimento alle norme UNI EN 12057 e UNI EN 12058.

Per quanto non espressamente contemplato, si rinvia alla seguente normativa tecnica: UNI EN 14617 UNI EN 12407 - UNI EN 13755 - UNI EN 1926 - UNI EN 12372 - UNI EN 14146.

Tutti i prodotti e/o materiali di cui al presente articolo, qualora possano essere dotati di marcatura CE secondo la normativa tecnica vigente, dovranno essere muniti di tale marchio.

### Art. 3.6

#### PRODOTTI IMPREGNANTI PER LA PROTEZIONE, L'IMPERMEABILIZZAZIONE E CONSOLIDAMENTO

##### Generalità

L'impregnazione dei materiali costituenti gli edifici è un'operazione tesa a salvaguardare il manufatto aggredito da agenti patogeni siano essi di natura fisica, chimica e/o meccanica. Le sostanze da impiegarsi per l'impregnazione dei manufatti potranno essere utilizzate in varie fasi del progetto di conservazione quali preconsolidanti, consolidanti e protettivi. Dovranno in ogni caso essere sempre utilizzate con estrema cautela, mai generalizzandone l'applicazione, finalizzandone l'uso oltre che alla conservazione del manufatto oggetto di intervento, anche alla prevenzione del degrado che comunque potrebbe continuare a sussistere anche ad intervento conservativo ultimato.

Degrado essenzialmente dovuto:

- ad un'azione fisica indotta dagli agenti atmosferici quali azioni meccaniche erosive dell'acqua piovana (dilavamento, crioclastismo), azioni meccaniche di cristallizzazione dei sali solubili (umidità da risalita), azioni eoliche (fortemente abrasive per il continuo trasporto del particolato atmosferico), fessurazioni, rotture, cedimenti di tipo strutturale: l'impregnante dovrà evitare una rapida disgregazione delle superfici, l'adescamento delle acque ed il loro ristagno all'interno dei materiali;

- ad un'azione chimica, che agisce mediante un contatto, saltuario o continuato, con sostanze attive quali piogge acide ed inquinanti atmosferici (condensazione del particolato atmosferico, croste nere, ecc.): in questo caso l'impregnante dovrà fornire alle superfici un'appropriata inerzia chimica.

La scelta della sostanza impregnante dipenderà dalla natura e dalla consistenza delle superfici che potranno presentarsi:

- prive di rivestimento con pietra a vista compatta e tenace;
- prive di rivestimento con pietra a vista tenera e porosa;

- prive di rivestimento in cotti a vista mezzanelli e forti;
- prive di rivestimento in cotti a vista albasì e porosi;
- prive di rivestimento in cls;
- rivestite con intonaci e coloriture realizzati durante i lavori;
- rivestite con intonaco e coloriture preesistenti.

In presenza di una complessità materico patologico così varia ed eterogenea si dovrà intervenire con grande attenzione e puntualità effettuando preventivamente tutte quelle analisi e diagnosi in grado di fornire indicazioni sulla natura della materia oggetto di intervento e sulle fenomenologie di degrado.

I prodotti da usare dovranno possedere caratteristiche specifiche eventualmente confortate da prove ed analisi da effettuarsi in laboratorio o direttamente in cantiere.

Tali prodotti andranno applicati solo in caso di effettivo bisogno, su murature e manufatti eccessivamente porosi esposti agli agenti atmosferici, all'aggressione di umidità da condensa, di microrganismi animali e vegetali. Le operazioni andranno svolte su superfici perfettamente asciutte con una temperatura intorno ai 20 °C.

Le sostanze da utilizzarsi dovranno pertanto svolgere le seguenti funzioni:

- svolgere un'azione consolidante al fine di accrescere o fornire quelle caratteristiche meccaniche di resistenza al degrado (fisico, chimico, materico, strutturale) che si sono indebolite col trascorrere del tempo, o che non hanno mai posseduto;

- svolgere un'azione protettiva, mediante l'idrofobizzazione dei supporti in modo da renderli adatti a limitare l'assorbimento delle acque meteoriche, l'adescamento dell'umidità per risalita o da condensa, la proliferazione da macro e microflora.

In ogni caso la scelta delle sostanze impregnanti sarà effettuata in funzione dei risultati emersi a seguito delle analisi di cui sopra, di prove e campionature condotte secondo quanto prescritto dalle raccomandazioni NORMAL e da quanto indicato dalla Direzione dei Lavori. Ogni prodotto dovrà comunque essere sempre preventivamente accompagnato da una scheda tecnica esplicativa fornita dalla casa produttrice, quale utile riferimento per le analisi che si andranno ad effettuare.

In particolare, le caratteristiche richieste ai prodotti da utilizzare in base al loro impiego, saranno:

basso peso molecolare ed un elevato potere di penetrazione; buona resistenza all'attacco fisico-chimico degli agenti atmosferici; buona resistenza chimica in ambiente alcalino; assenza di effetti collaterali e la formazione di sottoprodotti di reazione dannosi (produzione di sali); perfetta trasparenza ed inalterabilità dei colori; traspirazione tale da non ridurre, nel materiale trattato, la preesistente permeabilità ai vapori oltre il valore limite del 10%; atossicità; assenza di impatto ambientale; sicurezza ecologica; facilità di applicazione; solubilizzazione dei leganti.

Sarà sempre opportuno ad applicazione avvenuta provvedere ad un controllo (cadenzato nel tempo) sulla riuscita dell'intervento onde verificarne l'effettiva efficacia.

### **Composti organici**

Possiedono una dilatazione termica diversa da quella dei materiali oggetto di intervento. Sono tutti dei polimeri sintetici ed esplicano la loro azione grazie ad un'elevata adesività. Possono essere termoplastici o termoindurenti:

- i prodotti termoplastici assorbono bene urti e vibrazioni e soprattutto, non polimerizzando una volta penetrati nel materiale, mantengono una certa solubilità che ne consente la reversibilità;

- i prodotti termoindurenti hanno invece solubilità pressoché nulla, sono irreversibili, piuttosto fragili e sensibili all'azione dei raggi ultravioletti.

Hanno un vasto spettro di impiego: i termoplastici sono impiegati per materiali lapidei, per le malte, per la muratura e per i legnami (nonché per la protezione degli stessi materiali e dei metalli), mentre i termoindurenti vengono impiegati soprattutto come adesivi strutturali.

Alcune resine organiche, diluite con solventi, possiedono la capacità di diffondersi in profondità all'interno dei materiali. L'utilizzo delle resine organiche sarà sempre condizionato dalle indicazioni fornite dal progetto di conservazione e alla specifica autorizzazione della Direzione dei Lavori e degli organi preposti alla tutela del bene oggetto di intervento.

**Resine epossidiche** - Prodotti termoindurenti, con buona resistenza chimica, ottime proprietà meccaniche, eccellente adesività, ma con difficoltà di penetrazione e tendenza ad ingiallire e a sfarinare alla luce solare. Sono impiegate soprattutto per la protezione di edifici industriali, di superfici in calcestruzzo e di manufatti sottoposti ad una forte aggressione chimica, per incollaggi e per consolidamenti strutturali di materiali lapidei, legname, murature.

Sono prodotti bicomponenti (un complesso propriamente epossidico ed una frazione amminica o acida), da preparare a piè d'opera e da applicare a pennello, a tampone, con iniettori o comunque sotto scrupoloso controllo dal momento che hanno un limitato tempo di applicazione.

Il loro impiego dovrà essere attentamente vagliato dall'Appaltatore, dietro espressa richiesta della Direzione dei Lavori.

**Resine acriliche** - Sono composti termoplastici ottenuti polimerizzando gli acidi acrilico, metacrilico e loro derivati. Le caratteristiche dei singoli prodotti variano entro limiti piuttosto ampi in funzione dei tipi di monomero e del peso molecolare del polimero. Per la maggior parte le resine acriliche sono solubili in opportuni solventi organici e hanno una buona resistenza all'invecchiamento, alla luce, agli agenti chimici. Hanno scarsa capacità di penetrazione e non possono essere impiegate come adesivi strutturali. Possiedono in genere buona idrorepellenza che tende a decadere se il contatto con l'acqua si protrae per tempi superiori alle 100 ore. Inoltre, sempre in presenza di acqua tendono a dilatarsi. Il prodotto si applica a spruzzo, a pennello o per impregnazione.

Le resine acriliche oltre che come consolidanti si possono impiegare come protettivi e impermeabilizzanti.

**Resine acril-siliconiche** - Uniscono la resistenza e la capacità protettiva delle resine acriliche con l'adesività, l'elasticità, la capacità di penetrazione e la idrorepellenza delle resine siliconiche. Disciolte in particolari solventi, risultano indicate per interventi di consolidamento di materiali lapidei specie quando si verifica un processo di degrado provocato dall'azione combinata di aggressivi chimici ed agenti atmosferici.

Sono particolarmente adatte per opere in pietra calcarea o arenaria. Le resine acriliche e acril-siliconiche si dovranno impiegare con solvente aromatico, in modo da garantire una viscosità della soluzione non superiore a 10 cPs, il residuo secco garantito deve essere di almeno il 10%. L'essiccamento del solvente dovrà avvenire in maniera estremamente graduale in modo da consentire la diffusione del prodotto per capillarità anche dopo le 24 ore dalla sua applicazione. Non dovranno presentare in fase di applicazione (durante la polimerizzazione e/o essiccamento del solvente), capacità reattiva con acqua, che può portare alla formazione di prodotti secondari dannosi; devono disporre di una elevata idrofilia in fase di impregnazione; essere in grado di aumentare la resistenza agli sbalzi termici eliminando i fenomeni di decoesione; non devono inoltre presentare ingiallimento nel tempo, ed essere in grado di resistere agli agenti atmosferici e ai raggi UV. Deve sempre essere possibile intervenire con adatto solvente per eliminare gli eccessi di resina.

**Resine poliuretaniche** - Prodotti termoplastici o termoindurenti a seconda dei monomeri che si impiegano in partenza, hanno buone proprietà meccaniche, buona adesività, ma bassa penetrabilità.

Mescolate con isocianati alifatici hanno migliore capacità di penetrazione nei materiali porosi (hanno bassa viscosità), sono resistenti ai raggi ultravioletti e agli inquinanti atmosferici e garantiscono un'ottima permeabilità al vapore. Oltre che come consolidanti possono essere impiegate come protettivi e impermeabilizzanti. Infatti utilizzando l'acqua come reagente

risultano particolarmente adatte per sbarramenti verticali extramurari contro infiltrazioni dando luogo alla formazione di schiume rigide. Si possono impiegare unitamente a resine acriliche per il completamento della tenuta contro infiltrazioni d'acqua. Il prodotto dovrà possedere accentuata idrofilia per permettere la penetrazione per capillarità anche operando su murature umide.

**Metacrilati da iniezione** - Sono monomeri liquidi a base di esteri metacrilici che opportunamente catalizzati ed iniettati con pompe per iniezione di bicomponenti si trasformano in gel polimerici elastici in grado di bloccare venute d'acqua dolce o, salmastra. Sono infatti in grado di conferire la tenuta all'acqua di murature interrato o a contatto con terreni di varia natura. Si presentano come soluzioni acquose di monomeri la cui gelificazione viene ottenuta con l'aggiunta di un sistema catalitico in grado di modulare il tempo di polimerizzazione. I gel che si formano a processo avvenuto rigonfiano a contatto con l'acqua garantendo tenuta permanente. Il prodotto impiegato deve possedere bassissima viscosità (simile a quella dell'acqua) non superiore a 10 mPa, essere assolutamente atossico, traspirante al vapore acqueo, non biodegradabile. Il pH della soluzione, da iniettare e del polimero finale ottenuto deve essere maggiore o uguale a 7 onde evitare l'innesto di corrosione alle armature metalliche eventualmente presenti.

A complemento dell'operazione impermeabilizzante possono essere utilizzati poliuretani acquareattivi.

**Perfluoropolietere ed elastomeri fluororati** - Anch'essi prodotti a doppia funzionalità, adatti per la protezione i primi, per il consolidamento e alla protezione di materiali lapidei e porosi i secondi. Sono prodotti che non polimerizzano dopo la loro messa in opera in quanto già prepolimerizzati, non subiscono alterazioni nel corso dell'invecchiamento e di conseguenza non variano le loro proprietà. Non contengono catalizzatori o stabilizzanti, sono stabili ai raggi UV, hanno buone doti aggreganti, ma anche protettive, risultano permeabili al vapore d'acqua, sono completamente reversibili (anche quelli dotati di gruppi funzionali deboli di tipo ammidico) possiedono però scarsa penetrazione all'interno della struttura porosa, se non opportunamente funzionalizzati con gruppi polari (ammidi ed esteri) risultano eccessivamente mobili all'interno del manufatto. Vengono normalmente disciolti in solventi organici (acetone) al 2-3% in peso ed applicati a pennello o a spray in quantità variabili a seconda del tipo di materiale da trattare e della sua porosità.

**Polimeri acrilici e vinilici** - Sono prodotti solidi ottenuti per polimerizzazione di un monomero liquido. Il monomero liquido può essere applicato ad una superficie per creare (a polimerizzazione completata) un film solido più o meno impermeabile ed aderente al supporto. I polimeri con scarso grado di polimerizzazione dispersi in acqua o in solventi organici danno luogo a lattici o emulsioni. Polimeri con basso peso molecolare sempre disciolti in acqua o in solvente organico formano soluzioni trasparenti. Entrambi questi prodotti se applicati come rivestimento in strato sottile permangono come film superficiali dopo l'evaporazione del solvente dal lattice o dalla soluzione. Lattici e soluzioni polimeriche sono spesso combinati con altri componenti quali cariche, pigmenti, opacizzanti, addensanti, plastificanti.

I principali polimeri impiegati per questo tipo di applicazione sono i *poliacrilati* e le *resine viniliche*.

- I *poliacrilati* possono essere utilizzati come impregnanti di materiali porosi riducendone consistentemente la permeabilità; sono pertanto impiegabili per situazioni limite quando si richiede l'impermeabilizzazione del materiale da forti infiltrazioni. Sotto forma di lattici vengono utilizzati per creare barriere protettive contro l'umidità oppure applicati come mani di fondo (primer) per migliorare l'adesione di pitturazioni e intonaci.

- Le *resine viniliche* sono solitamente copolimeri di cloruro di acetato di vinile sciolti in solventi. Presentano ottima adesione al supporto, stabilità sino a 60 °C, flessibilità, atossicità, buona resistenza agli agenti atmosferici. Sono però da impiegarsi con estrema cautela e solo in casi particolari in quanto riducono fortemente la permeabilità al vapor d'acqua, posseggono un bassissimo potere di penetrazione, risultano eccessivamente brillanti una volta applicati. In ogni caso, avendo caratteristiche particolari ricche di controindicazioni (scarsa capacità di penetrazione, all'interno del manufatto, probabile alterazione

cromatica dello stesso ad applicazione avvenuta, effetto traslucido), l'utilizzo dei polimeri organici sarà da limitarsi a casi particolari. La loro applicazione si potrà effettuare dietro esplicita richiesta della Direzione dei Lavori e/o degli organi preposti alla tutela del bene oggetto di intervento.

**Polietilenglicoli o poliessietilene** - Sono prodotti termoplastici, molto solubili, usati soprattutto per piccole superfici e su legnami, in ambiente chiuso.

**Oli e cere naturali e sintetiche** - Quali prodotti naturali sono stati usati molto spesso anche anticamente a volte in maniera impropria, ma in determinate condizioni e su specifici materiali ancora danno ottimi risultati per la loro protezione e conservazione con il grosso limite di una scarsa resistenza all'invecchiamento.

Inoltre l'iniziale idrorepellenza acquisita dall'oggetto trattato, sparisce col tempo.

- *L'olio di lino* è un prodotto essiccativo formato da gliceridi di acidi grassi insaturi. Viene principalmente usato per l'impregnazione del legno, così pure di pavimenti e materiali in cotto. Gli olii essiccativi si usano normalmente dopo essere stati sottoposti a una particolare cottura, per esaltarne il potere essiccativo. L'olio di lino dopo la cottura (250-300 °C) si presenta molto denso e vischioso, con colore giallo o tendente al bruno.

- *Le cere naturali*, microcristalline o paraffiniche, vengono usate quali validi protettivi per legno e manufatti in cotto (molto usate sui cotti le cere steariche bollite in ragia vegetale in soluzione al 20%; sui legni la cera d'api in soluzione al 40% in toluene).

Questi tipi di prodotti prevedono comunque sempre l'applicazione in assenza di umidità, che andrà pertanto preventivamente eliminata. Per le strutture lignee si potrà ricorrere al glicol polietilenico (PEG) in grado di sostituirsi alle molecole d'acqua che vengono allontanate.

- *Le cere sintetiche*, costituite da idrocarburi polimerizzati ed esteri idrocarburi ossidati, hanno composizione chimica, apparenza e caratteristiche fisiche ben diverse da quelle delle cere naturali. Le cere polietilene e polietilenglicoliche sono solubili in acqua e solventi organici, ma non si mischiano bene alle cere naturali ed alla paraffina. Sono comunque più stabili al calore, hanno maggior resistenza all'idrolisi ed alle reazioni chimiche. Le cere possono essere usate in forma di soluzione o dispersione, ad esempio in trementina, toluolo, cicloesano o etere idrocarburo, oppure sotto forma di miscele a base di cera d'api, paraffina colofonia.

Tutte le cere trovano comunque impiego ristretto nel trattamento dei materiali lapidei e porosi in generale a causa dell'ingiallimento e dell'opacizzazione delle superfici trattate, danno inoltre luogo alla formazione di saponi che scoloriscono l'oggetto trattato se in presenza di umidità e carbonato di calcio, hanno scarsa capacità di penetrazione. Esse non vanno usate su manufatti in esterno, esposti alle intemperie ed all'atmosfera, possibili terreni di coltura per batteri ed altri parassiti. Oli e cere vengono normalmente applicati a pennello.

### **Composti a base di silicio**

**Idrorepellenti protettivi siliconici** - Costituiscono una numerosa ed importante famiglia di idrorepellenti derivati dalla chimica del silicio generalmente conosciuti come siliconi.

I protettivi siliconici sono caratterizzati da comportamenti e performance tipici delle sostanze organiche come l'idrorepellenza, e nel contempo la resistenza chimico-fisica delle sostanze inorganiche apportate dal gruppo siliconico presente.

I composti organici del silicio (impropriamente chiamati siliconi) agiscono annullando le polarità latenti sulle superfici macrocristalline dei pori senza occluderli, permettendo quindi il passaggio dei vapori, ma evitando migrazioni idriche; la loro azione consiste quindi nel variare la disponibilità delle superfici minerali ad attrarre l'acqua in un comportamento spiccatamente idrorepellente, ciò avviene depositando sulle pareti dei pori composti organici non polari.

**Idrorepellenti** - La pluralità del potere idrorepellente è direttamente proporzionale alla profondità di penetrazione all'interno dei materiali. Penetrazione e diffusione del fluido

dipendono quindi dalla porosità del materiale, dalle dimensioni e dalla struttura molecolare della sostanza impregnante in relazione al corpo poroso (pesanti macromolecole ricche di legami incrociati non attraversano corpi molto compatti e si depositano in superficie), la velocità e catalisi della reazione di condensazione (prodotti fortemente catalizzati possono reagire in superficie senza penetrare nel supporto), dell'alcalinità del corpo poroso, delle modalità di applicazione.

In questo grande gruppo di protettivi esistono prodotti più o meno indicati per l'impiego nel settore edile. Le cattive informazioni e l'inopportuna applicazione dei protettivi ha causato notevoli danni al patrimonio monumentale ed è pertanto fondamentale la conoscenza delle caratteristiche dei prodotti da utilizzare. Essi dovranno comunque sempre garantire elevato potere penetrante, resistenza ai raggi ultravioletti ed infrarossi, resistenza agli agenti chimici alcalini assenza di effetti fumanti che causino una riduzione della permeabilità al vapore d'acqua superiore al 10% determinata secondo la norma UNI EN ISO 12572, assenza di variazioni cromatiche superficiali, assenza di effetto perlante (fenomeno prettamente superficiale ottenuto velocizzando la polimerizzazione del prodotto, che non rappresenta indizio di qualità e funzionalità dell'impregnazione).

Il loro utilizzo sarà sempre subordinato a specifica autorizzazione della Direzione dei Lavori, degli organi preposti alla tutela del bene in oggetto, e comunque ad appropriata campagna diagnostica preventiva effettuata sul materiale da trattare.

**Siliconati alcalini** - Di potassio o di sodio, meglio conosciuti come metil-siliconati di potassio o di sodio ottenuti dalla neutralizzazione con soda potassica caustica dell'acido silicico. Sono solitamente commercializzati in soluzioni acquose al 20-30% di attivo siliconico. Sono prodotti sconsigliati per l'idrofobizzazione ed il restauro di materiali lapidei a causa della formazione di sottoprodotti di reazione quali carbonati di sodio e di potassio: sali solubili.

La scarsa resistenza chimica agli alcali della resina metil-siliconica formatasi durante la reazione di polimerizzazione non offre sufficienti garanzie di durata nel tempo e rende i metil-siliconati non adatti alla protezione di materiali alcalini.

I siliconati di potassio possono trovare applicazione nella idrofobizzazione del gesso.

**Resine siliconiche** - Generalmente vengono utilizzati silossani o polisilossani, resine metilsiliconiche diluite con solventi organici quali idrocarburi, xilolo, ragie minerali. La concentrazione da utilizzare non deve essere inferiore al 5% in peso. Si possono impiegare prodotti già parzialmente polimerizzati che subiscono ulteriore polimerizzazione tramite idrolisi una volta penetrati come i metileossi-polisilossani. Oppure impiegare sostanze già polimerizzate non più suscettibili di formare ulteriori legami chimici quali i metil-fenil-polisilossani. I polimeri siliconici hanno una buona stabilità agli agenti chimici, bassa tensione superficiale (in grado quindi di bagnare la maggior parte delle superfici con le quali vengono a contatto), stabilità alla temperatura e resistenza agli stress termici, buona elasticità ed alta idrorepellenza.

Si prestano molto bene per l'impregnazione di manufatti ad alta porosità, mentre si incontrano difficoltà su substrati compatti e poco assorbenti a causa dell'elevato peso molecolare, comunque abbassabile. Inoltre le resine metil-siliconiche a causa della bassa resistenza agli alcali sono da consigliarsi su materiali scarsamente alcalini.

In altri casi è possibile utilizzare le resine siliconiche come leganti per malte da ripristino per giunti.

**Silani** - Più esattamente alchil-alcossi-silani, pur avendo struttura chimica simile alle resine siliconiche differenziano da queste ultime per le ridotte dimensioni delle molecole del monomero (5-10 Å. uguali a quelle dell'acqua), la possibilità di solubilizzazione in solventi polari quali alcoli o acqua (con la possibilità quindi di trattare superfici umide), la capacità di reagire con i gruppi idrossilici presenti nei materiali contenenti silicati (calce) che porta alla formazione di un film ancorato chimicamente al supporto in grado di rendere il materiale altamente idrofobo.

Sono pertanto monomeri reattivi polimerizzati in situ ad elevatissima penetrazione (dovuta al basso peso molecolare), capaci quindi di idrofobizzare i capillari più piccoli e di combattere la penetrazione dei cloruri e dei sali solubili. Sempre grazie al basso peso molecolare gli alchil-

alcossi-silani sono utilizzati concentrati normalmente dal 20 al 40% in peso, in casi particolari si possono utilizzare anche al 10%; ciò permette di ottenere ottime impregnazioni su supporti particolarmente compatti e scarsamente assorbenti. Gli alchil-silani devono comunque essere impiegati su supporti alcalini e silicei, risultano pertanto adatti per laterizi in cotto, materiali lapidei e in tufo, intonaci con malta bastarda. Da non impiegarsi invece su marmi carbonatici e intonaci di calce. Danno inoltre ottimi risultati: alchil-silani modificati sul travertino Romano e Trachite; alchil-silani idrosolubili nelle barriere chimiche contro la risalita capillare.

Non sono mai da impiegarsi su manufatti interessati da pressioni idrostatiche.

**Oligo silossani** - Polimeri reattivi a basso peso molecolare ottenuti dalla parziale condensazione di più molecole di silani. Sono generalmente alchil-silossani costituiti da 4 a 10 atomi di monomeri silanici condensati, prepolimeri reattivi che reagendo all'interno del materiale con l'umidità presente polimerizzano in situ, formando resine siliconiche. Ne risulta un silano parzialmente condensato, solubile in solventi polari che si differenzia dal silano esclusivamente per le dimensioni molecolari da 2 a 6 volte superiori. Migliora così il potere di penetrazione rispetto alle resine siliconiche, restando comunque inferiore nei confronti dei silani. I silossani oligomeri pertanto sono d'impiego generalmente universale e, a differenza delle resine siliconiche, manifestando più alta penetrazione garantiscono una migliore protezione nel tempo di supporti compatti e scarsamente assorbenti. Gli alchil-silossani oligomeri grazie al gruppo alchilico, generalmente con medio o alto peso molecolare, offrono sufficienti garanzie contro l'aggressione delle soluzioni alcaline.

**Organo-siliconi** - Gli idrorepellenti organosiliconici appartengono ad una categoria di protettivi idrorepellenti per l'edilizia costituiti da molecole di alchil-silani condensate con gruppi organici idrofili.

Questo permette di ottenere sostanze idrorepellenti solubili in acqua, con soluzioni stabili per 3-6 mesi, facilmente applicabili e trasportabili. Vista la completa assenza di solventi organici non comportano alcun rischio tossicologico per gli applicatori e per l'ambiente. Inoltre l'utilizzo di protettivi diluibili in acqua permette di trattare supporti leggermente umidi.

**Etere etilico dell'acido silicico (silicati di etile)** - Monocomponente fluido, incolore, si applica in solvente, in percentuali (in peso) comprese fra 60 e 80%. Precipita per idrolisi, dando alcool etilico come sottoprodotto. E' una sostanza basso-molecolare a base inorganica in solvente organico.

Viene impiegato soprattutto per arenarie e per pietre silicatiche, ma fornisce ottimi risultati anche su mattoni ed intonaci.

Ha una bassissima viscosità, per cui penetra profondamente anche in materiali poco porosi, va applicato preferibilmente con il sistema a compresse o per immersione; è tuttavia applicabile anche a pennello, a spruzzo con irroratori a bassa pressione, a percolazione. Il materiale da trattare va completamente saturato sino a rifiuto; si potrà ripetere il trattamento dopo 2 o 3 settimane. Il supporto dovrà essere perfettamente asciutto, pulito e con una temperatura tra i 15 e i 20 °C. Il consolidante completa la sua reazione a seconda del supporto dopo circa 4 settimane con temperatura ambiente di circa 20 °C e UR del 40-50%.

In caso di sovradosaggio sarà possibile asportare l'eccesso di materiale, prima dell'indurimento, con tamponi imbevuti di solventi organici minerali (benzine).

Alcuni esteri silicici, miscelati con silossani, conferiscono una buona idrorepellenza al materiale trattato; costituiscono anche un prodotto di base per realizzare sbarramenti chimici contro l'umidità di risalita.

È molto resistente agli agenti atmosferici e alle sostanze inquinanti, non viene alterato dai raggi ultravioletti.

Dovrà possedere i seguenti requisiti:

- prodotto monocomponente non tossico;
- penetrazione ottimale;
- essiccamento completo senza formazione di sostanze appiccicose;

- formazione di sottoprodotti di reazione non dannosi per il materiale trattato;
- formazione di un legante stabile ai raggi UV, non attaccabile dagli agenti atmosferici corrosivi;
- impregnazione completa con assenza di effetti filmogeni e con una buona permeabilità al vapor d'acqua;
- assenza di variazioni cromatiche del materiale trattato.

**Composti inorganici** - Sono certamente duraturi, compatibili con il materiale al quale si applicano, ma irreversibili e poco elastici. Possono inoltre generare prodotti di reazione quali sali solubili. Per questi motivi il loro utilizzo andrà sempre attentamente vagliato e finalizzato, fatte salve tutte le prove diagnostiche e di laboratorio da effettuarsi preventivamente.

**Calce** - Applicata alle malte aeree e alle pietre calcaree come latte di calce precipita entro i pori e ne riduce il volume. Non ha però le proprietà cementanti del  $\text{CaCO}_3$  che si forma nel lento processo di carbonatazione della calce, per cui l'analogia tra il processo naturale ed il trattamento di consolidamento con calce o bicarbonato di calcio è limitata ad una analogia chimica, poiché tutte le condizioni di carbonatazione (temperatura, pressione, forza ionica, potenziale elettrico) sono molto diverse. Ne consegue che il carbonato di calcio che precipita nei pori di un intonaco o di una pietra durante un trattamento di consolidamento non necessariamente eserciterà la stessa azione cementante di quello formatosi durante un lento processo di carbonatazione. Il trattamento con prodotti a base di calce può lasciare depositi biancastri di carbonato di calce sulla superficie dei manufatti trattati, che vanno rimossi, a meno che non si preveda un successivo trattamento protettivo con prodotti a base di calce (grassello, scialbature).

**Idrossido di bario,  $\text{Ba(OH)}_2$**  - Si impiega su pietre calcaree e per gli interventi su porzioni di intonaco affrescato di dimensioni ridotte laddove vi sia la necessità di neutralizzare prodotti gessosi di alterazione. L'idrossido di bario è molto affine al  $\text{CaCO}_3$ , essendo, in partenza, carbonato di bario  $\text{BaCO}_3$  reagisce con il gesso per dare  $\text{BaSO}_4$  (solfato di bario), che è insolubile. Può dar luogo a patine biancastre superficiali, ha un potere consolidante piuttosto basso e richiede l'eliminazione preventiva degli eventuali sali presenti in soluzione nel materiale. Non porta alla formazione di barriera al vapore, in quanto non satura completamente i pori del materiale; per lo stesso motivo non esplica un'efficace azione nei confronti della penetrazione di acqua dall'esterno.

Come nel caso del trattamento a base di calce, la composizione chimica del materiale trattato cambia solo minimamente; il prodotto consolidante (carbonato di bario,  $\text{BaCO}_3$ ) ha un coefficiente di dilatazione tecnica simile a quello della calcite, è molto stabile ed è praticamente insolubile; se esposto ad ambiente inquinato da anidride solforosa, può dare solfato di bario ( $\text{BaSO}_4$ ), che è comunque un prodotto insolubile. Viceversa non deve essere applicato su materiali ricchi, oltre al gesso, di altri sali solubili, con i quali può combinarsi, dando prodotti patogeni.

**Alluminato di potassio,  $\text{KAIO}_2$**  - Può dare sottoprodotti dannosi. Fra questi si può infatti ottenere idrossido di potassio, che, se non viene eliminato in fase di trattamento, può trasformarsi in carbonato e solfato di potassio, sali solubili e quindi potenzialmente dannosi.

## CAPITOLO 4

### MODO DI ESECUZIONE DI OGNI CATEGORIA DI LAVORO

#### Art. 4.1

#### DEMOLIZIONI EDILI e RIMOZIONI

##### Generalità

La demolizione dovrà essere eseguita con oculata e prudente opera di scomposizione, con rimozione delle parti elementari di cui ciascuna struttura è costituita procedendo nell'ordine inverso a quello seguito nella costruzione, sempre presidiando le masse con opportuni mezzi capaci di fronteggiare i mutamenti successivi subiti dall'equilibrio statico delle varie membrature, durante la demolizione.

La demolizione di opere in muratura, in calcestruzzo, ecc., sia parziale che completa, deve essere eseguita con ordine e con le necessarie precauzioni, in modo da non danneggiare le residue strutture, da prevenire qualsiasi infortunio agli addetti al lavoro e da evitare incomodi o danni collaterali.

Nelle demolizioni e rimozioni l'Appaltatore deve provvedere alle eventuali necessarie puntellature per sostenere le parti che devono restare e disporre in modo da non deteriorare i materiali risultanti, i quali devono ancora potersi impiegare nei limiti concordati con la Direzione dei lavori, sotto pena di rivalsa di danni a favore della Stazione Appaltante.

Le demolizioni dovranno limitarsi alle parti ed alle dimensioni prescritte. Quando, anche per mancanza di puntellamenti o di altre precauzioni, venissero demolite altre parti od oltrepassati i limiti fissati, saranno ricostruite e rimesse in ripristino le parti indebitamente demolite, a cura e spese dell'Appaltatore.

Tutti i materiali riutilizzabili, a giudizio insindacabile della Direzione dei Lavori, dovranno essere opportunamente scalcinati, puliti, custoditi, trasportati ed ordinati nei luoghi di deposito che verranno indicati dalla Direzione stessa, usando cautele per non danneggiarli sia nello scalcinamento, sia nel trasporto che nel loro assestamento e per evitarne la dispersione.

Detti materiali restano tutti di proprietà della Stazione Appaltante, la quale potrà ordinare all'Appaltatore di impiegarli in tutto od in parte nei lavori appaltati, ai sensi dell'articolo 36 del D.M. 145/2000 Capitolato Generale d'Appalto con i prezzi indicati nell'elenco approvato.

I materiali di scarto provenienti dalle demolizioni e rimozioni dovranno essere trasportati dall'Appaltatore fuori dal cantiere nei punti indicati o alle pubbliche discariche.

E' obbligo dell'Appaltatore accertare con ogni mezzo e con la massima cura, nel suo complesso e nei particolari, la struttura di ogni elemento da demolire, disfare o rimuovere, onde conoscerne, con ogni completezza, la natura, lo stato di conservazione, le diverse tecniche costruttive, ecc., ed essere così in grado di affrontare, in ogni stadio dei lavori, tutte quelle evenienze che possano presentarsi nelle demolizioni, disfacimenti e rimozioni, anche se queste evenienze dipendano, ad esempio, da particolarità di costruzione, da modifiche apportate successivamente alla costruzione originaria, dallo stato di conservazione delle murature, conglomerati e malte, dallo stato di conservazione delle armature metalliche e loro collegamenti, dallo stato di conservazione dei legnami, da fatiscenza, da difetti costruttivi e statici, da contingenti condizioni di equilibrio, da possibilità di spinta dei terreni sulle strutture

quando queste vengono scaricate, da cedimenti nei terreni di fondazione, da azioni reciproche tra le opere da demolire e quelle adiacenti, da danni causati da sisma, ecc., adottando di conseguenza e tempestivamente tutti i provvedimenti occorrenti per non alterare all'atto delle demolizioni, disfacimenti o rimozioni quelle particolari condizioni di equilibrio che le strutture presentassero sia nel loro complesso che nei loro vari elementi.

La zona interessata dai lavori dovrà essere delimitata con particolare cura, sia per quanto riguarda il pubblico transito che per quello degli addetti ai lavori.

In corrispondenza dei passaggi dovranno essere collocate opportune ed idonee opere per proteggere i passaggi stessi da eventuale caduta di materiali dall'alto; le predette protezioni dovranno essere adeguate alle necessità e conformi alle prescrizioni dei regolamenti comunali locali.

Qualora il materiale venga convogliato in basso per mezzo di canali, dovrà essere vietato l'accesso alla zona di sbocco quando sia in corso lo scarico: tale divieto dovrà risultare da appositi evidenti cartelli.

Prima di dare inizio alle demolizioni dovranno essere interrotte le erogazioni agli impianti di elettricità, gas, acqua, ecc. esistenti nell'area dei lavori; a tal fine l'Appaltatore dovrà prendere direttamente accordi con le rispettive Società od Enti erogatori. Se necessario, i serbatoi e le tubazioni dovranno essere vuotati e dovrà essere effettuata la chiusura dell'attacco delle fognature.

Dovranno essere interrotte le erogazioni agli impianti suddetti anche nelle demolizioni parziali o di limitata estensione; ciò data la possibile presenza di conduttori e canalizzazioni incassati od interrati.

Le reti elettriche disposte per la esecuzione dei lavori dovranno essere bene individuabili ed idoneamente protette.

Tutti i vani di balconi, finestre, scale, ascensori, ecc., dovranno essere sbarrati al momento stesso in cui vengono tolti i parapetti o gli infissi.

Sulle zone di solai parzialmente demoliti dovranno essere disposte delle passerelle di tavole.

Tra i materiali di risulta dovranno sempre essere lasciati passaggi sufficientemente ampi, avendo cura che non vi sporgano parti pericolose di legno, ferro, ecc.; i chiodi lungo questi passaggi dovranno essere eliminati. I predetti passaggi dovranno essere tali che in ogni posizione di lavoro la via di fuga sia sempre facile ed evidente.

#### **4.1.1 Premessa progettuale**

Prima dell'inizio dei lavori di demolizione si procederà all'analisi ed alla verifica della struttura da demolire verificando in particolare:

- la localizzazione; la destinazione funzionale; l'epoca a cui risale l'opera; i materiali costruttivi dell'opera; la presenza di impianti tecnologici; la tipologia costruttiva dell'opera.

Analizzate le opere del manufatto sarà necessario definirne l'entità della demolizione e le condizioni ambientali in cui si andrà ad operare, in base a:

- dimensione dell'intervento; altezza e dimensione in pianta dei manufatti da demolire; ambiente operativo; accessibilità del cantiere; spazio di manovra; presenza di altri fabbricati.

#### **4.1.2 Demolizione manuale e meccanica**

La demolizione dovrà avvenire con l'utilizzo di attrezzature e macchine specializzate:

- attrezzi manuali,
- macchine di piccole dimensioni adatte ad esempio per ambienti interni (demolizione manuale),
- macchine radiocomandate se in ambienti ostili (demolizione meccanica),

- macchine munite di appositi strumenti di frantumazione o taglio.

Tutti gli attrezzi e le macchine, a prescindere dal tipo di controllo (manuale o meccanizzato), dovranno essere in ottimo stato di efficienza e manutenzione e rispettare i requisiti di sicurezza richiesti dalle norme UNI di riferimento (UNI EN ISO 11148).

Qualora sia salvaguardata l'osservanza di Leggi e Regolamenti speciali e locali, la tenuta strutturale dell'edificio previa autorizzazione della Direzione Lavori, la demolizione di parti di strutture aventi altezza contenuta potrà essere effettuata mediante rovesciamento per trazione o per spinta. La trazione o la spinta deve essere esercitata in modo graduale e senza strappi e deve essere eseguita soltanto su elementi di struttura opportunamente isolati dal resto del fabbricato in demolizione in modo da non determinare crolli intempestivi o non previsti di altre parti. Devono inoltre essere adottate le precauzioni necessarie per la sicurezza del lavoro quali: trazione da distanza non minore di una volta e mezzo l'altezza del muro o della struttura da abbattere e allontanamento degli operai dalla zona interessata.

Il rovesciamento per spinta può essere effettuato con martinetti con l'ausilio di puntelli sussidiari contro il ritorno degli elementi smossi. Deve essere evitato in ogni caso che per lo scuotimento del terreno in seguito alla caduta delle strutture o di grossi blocchi possano derivare danni o lesioni agli edifici vicini o ad opere adiacenti pericolose per i lavoratori addetti.

**Beni culturali** - Nel caso di appalti relativi al settore dei beni culturali, tutti gli interventi di demolizione dovranno essere preventivamente concordati mediante sopralluogo con la Direzione lavori e la competente Soprintendenza, essendo sempre inseriti in contesto storico tutelato e di complessa stratificazione.

Qualora la Direzione lavori lo ritenga opportuno, saranno eseguiti ulteriori saggi stratigrafici e chimico-fisici sugli intonaci, sulle murature da demolire e sulle murature adiacenti, per orientare la correttezza operativa dell'intervento.

Ogni intervento sarà inoltre verificato preventivamente dalla Direzione lavori e si darà inizio alle opere solo dopo specifica autorizzazione.

Si concorderanno con la Direzione lavori le aree dove le demolizioni dovranno essere realizzate esclusivamente a mano e, se necessario, con la sorveglianza di un restauratore. Sarà pertanto cura dell'impresa verificare i tracciati e segnalarli preventivamente. In prossimità di eventuali ancoraggi da preservare si raccomanda particolare attenzione affinché non ne siano alterate le caratteristiche prestazionali.

#### 4.1.3 Demolizione progressiva selettiva

La demolizione selettiva non sarà intesa come una unica fase di lavoro che porterà sostanzialmente all'abbattimento di un manufatto, edificio, impianto, ecc. e alla sua alienazione, ma dovrà essere pensata come un processo articolato che porti alla scomposizione del manufatto nelle sue componenti originarie.

Le fasi del processo di demolizione selettiva si articoleranno almeno come di seguito:

##### - Pianificazione

- Effettuare tutti i rilievi e le indagini necessarie a caratterizzare qualitativamente e quantitativamente i materiali presenti nel manufatto da demolire;
- individuare i materiali potenzialmente pericolosi presenti e predisporre le fasi di lavoro per la rimozione sicura;
- individuare le componenti o gli elementi reimpiegabili con funzioni uguali o differenti da quelle di origine;
- individuare e quantificare le materie prime secondarie reimpiegabili come materiale uguale a quelli di origine dopo processi di trattamento ma con diversa funzione e forma;
- individuare e quantificare le materie prime secondarie diverse dal materiale

di origine per forma e funzione, reimpiegabili dopo processi di trattamento come materiale diverso da quello di origine;

- organizzare il cantiere in funzione degli stoccaggi temporanei dei materiali separati per tipologia;
- pianificare le operazioni di trasporto dei materiali separati.

- *Bonifica*

- Rimozione MCA friabile o compatto;
- rimozione coibenti a base di fibre minerali e ceramiche;
- bonifica serbatoi;
- bonifica circuiti di alimentazione macchine termiche (caldaia, condizionatori, ecc.);

- *Strip out (smontaggio selettivo)*

- Smontaggio elementi decorativi e impiantistici riutilizzabili;
- Smontaggio di pareti continue;
- Smontaggio di coperture e orditure in legno (se riutilizzabili);
- Eliminazione di arredi vari;
- Smontaggio e separazione di vetri e serramenti;
- Smontaggio e separazione impianti elettrici;
- Eliminazione di pavimentazioni in materiali non inerti (es. linoleum, resine, moquette), controsoffitti, pavimenti galleggianti e rivestimenti vari;

- *Demolizione primaria*

- Eliminazione di tavolati interni in laterizio (se la struttura principale e le tamponature esterne realizzate in c.a.);
- eliminazione eventuali tamponature esterne se realizzate in laterizio su struttura portante in c.a.;
- eliminazione selettiva delle orditure di sostegno (legno, carpenteria, latero-cemento, ecc.);

- *Demolizione secondaria*

- Deferrizzazione;
- riduzione volumetrica;
- caratterizzazione;
- stoccaggio e trasporto.

Si procederà con la rimozione controllata di parti di struttura, mantenendo staticamente efficienti le parti rimanenti.

#### **4.1.4 Rimozione di elementi**

Laddove sia necessario si procederà alla rimozione o asportazione di materiali e/o corpi d'opera insiti nell'edificio oggetto di intervento. La rimozione di tali parti di struttura potrà essere effettuata per de-costruzione e smontaggio.

Alcuni materiali potranno essere reimpiegati nell'ambito dello stesso cantiere, se espressamente richiesto o autorizzato dalla Direzione Lavori, ovvero, previo nulla osta della Stazione appaltante, potranno essere messi a disposizione dell'appaltatore per altri siti.

#### **Art. 4.1.5**

#### **REALIZZAZIONE DI PAVIMENTI E RIVESTIMENTI**

**Pavimenti** - Nell'esecuzione dei pavimenti si dovrà curare la disposizione a perfetto piano, completamente liscio e regolare, con giunti bene chiusi e sigillati osservando disposizioni che,

di volta in volta, saranno impartite dalla Direzione dei Lavori. Ultimata la posa, i pavimenti saranno puliti in modo che non resti la minima traccia di sbavature, macchie ed altro. I pavimenti si addenteranno per mm 15 entro l'intonaco delle pareti, che sarà tirato verticalmente sino al pavimento, evitando quindi ogni raccordo o guscio. Nel caso in cui venga prescritto il raccordo, debbono sovrapporsi al pavimento non solo il raccordo stesso, ma anche l'intonaco per almeno 15 mm. I pavimenti dovranno essere consegnati diligentemente finiti, lavorati e senza macchie di sorta. Resta comunque contrattualmente stabilito che per un congruo periodo dopo l'ultimazione di ciascun pavimento, l'Appaltatore avrà l'obbligo di impedire l'accesso, a mezzo di chiusura provvisoria, di qualunque persona nei locali, e ciò anche per pavimenti costruiti da altre ditte.

Qualora i pavimenti risultassero in tutto od in parte danneggiati per il passaggio abusivo di persone o per altre cause, l'Appaltatore dovrà a sua cura e spese ricostruire le parti danneggiate.

L'Appaltatore, inoltre, ha l'obbligo di presentare alla Direzione Lavori i campioni dei pavimenti che saranno prescritti. Tuttavia la Direzione Lavori ha piena facoltà, a suo insindacabile giudizio, di provvedere al materiale di pavimentazione.

**Sottofondi** - Il piano destinato alla posa di un qualsiasi tipo di pavimento dovrà essere opportunamente spianata mediante un sottofondo, in modo che la superficie di posa risulti regolarmente parallela a quella del pavimento da sovrapporre. Il sottofondo potrà essere costituito, secondo quanto verrà ordinato dalla Direzione dei Lavori, da un massello di calcestruzzo idraulico o cementizio o da un gretonato, di spessore non minore a 4 cm, che dovrà essere gettato in opera a tempo debito, per essere lasciato stagionare.

La Direzione Lavori ha inoltre la facoltà, nei casi in cui se ne renda necessaria, di richiedere tipi di sottofondi alleggeriti, che dovranno essere eseguiti con le tecniche di uso comune ed a perfetta regola d'arte. Quando i pavimenti dovessero appoggiare sopra materiali compressibili, il massello dovrà essere costituito da uno strato di conglomerato di congruo spessore ed armato con rete metallica, da gettare sopra un piano ben costipato e fortemente battuto, in modo da evitare qualsiasi successivo assestamento.

**Pavimenti di laterizio** - Il pavimento in laterizi sia con mattoni di piatto che di costa sia con piastrelle, sarà formato distendendo sopra il massetto uno strato di malta grassa crivellata sulla quale i laterizi si disporranno a filari paralleli, a spina di pesce, in diagonale, ecc., comprimendoli affinché la malta rifluisca nei giunti. Le connessioni devono essere allineate e stuccate con cemento.

**Pavimenti in mattonelle di cemento con o senza graniglia** - Tali pavimenti saranno posati sopra letto di malta cementizia e boiaccia di puro cemento, comprimendoli finché la boiaccia fluisca dalle connessioni. Le connessioni dovranno essere stuccate con cemento e la loro larghezza non dovrà superare 1 mm.

**Pavimento di piastrelle greificate** - Quando il sottofondo, appositamente eseguito, avrà preso consistenza, si poseranno su di esso le piastrelle con boiaccia di puro cemento e premute in modo che la stessa riempia e sbocchi dalle connessioni che verranno stuccate di nuovo con puro cemento disteso sopra, quindi la superficie sarà pulita con segatura bagnata. Le piastrelle greificate prima del loro impiego, dovranno essere bagnate a rifiuto per immersione.

**Piastrelle in clinker** - Le piastrelle in clinker ceramico dovranno essere poste in opera, non accostate, su di un letto di malta cementizia con un giunto variabile (fuga) tra loro in base al formato che dovrà essere riempito con boiaccia liquida, per una profondità pari alla sua larghezza.

A completamento della posa in opera fugata si dovrà eseguire una stuccatura finale con sabbia quarzifera fine, in modo da garantire una certa elasticità alla fuga stessa e renderla nel contempo inalterabile agli agenti atmosferici.

**Pavimenti in mattonelle di ceramica** - Sul massetto in calcestruzzo di cemento, si distenderà uno strato di malta cementizia magra dello spessore di cm 2, che dovrà essere ben battuto e costipato. Quando il sottofondo avrà preso consistenza, si poseranno su di esso a secco le mattonelle a seconda del disegno o delle istruzioni che verranno impartite dalla Direzione dei Lavori. Le mattonelle saranno quindi rimosse e ricollocate in opera con malta liquida di puro cemento, saranno premute in modo che la malta riempia e sbocchi dalle connessioni e verranno stuccate di nuovo con malta liquida di puro cemento distesa sopra. Infine la superficie sarà pulita e tirata a lucido con segatura bagnata e quindi con cera.

Le mattonelle, prima del loro impiego, dovranno essere bagnate a rifiuto per immersione.

**Pavimenti in getto di cemento** - Sul massetto in conglomerato cementizio verrà disteso uno strato di malta cementizia dello spessore di 2 cm ed un secondo strato di cemento assoluto liscio, rigato o rullato secondo quanto prescriverà la Direzione Lavori.

**Pavimenti a bollettinato ed alla Palladiana** - Sul sottofondo si distenderà uno strato di malta cementizia normale, per lo spessore minimo di cm 1,5, sul quale verranno posti a mano pezzami di marmo colorato di varie qualità, di dimensioni e forme allo scopo e precedentemente approvati dalla Direzione dei Lavori. Essi saranno disposti in modo da ridurre al minimo gli interspazi di cemento. Su tale strato di pezzame di marmo, verrà gettata una boiaccia di cemento colorato, distribuita bene ed abbondantemente sino a rigurgito, in modo che ciascun pezzo di marmo venga circondato da tutti i lati dalla malta stessa, il pavimento sarà poi rullato. Verrà eseguita una duplice arrotatura a macchina con mole di carborundum di grana grossa e fina ed eventualmente la lucidatura a piombo.

**Pavimenti a mosaico** - Su dei cartoni sezionati in pezzi da circa 60 cm per lato (casellati e numerati) riproducenti il disegno (rovescio) si faranno aderire, con il collante prescritto (in genere farina di grano), le tessere di mosaico ottenute da lastre di marmo (da 8 a 200 mm per lato); in seguito si disporranno i cartoni sul sottofondo (preparato con le modalità dei pavimenti a getto) con della carta in vista, accostandoli secondo la casellatura, in modo tale che, asportata la carta, si presenti il disegno al dritto. La posa verrà conclusa con la sigillatura, la pulizia e la lucidatura.

**Pavimenti in lastre di marmo o granito** - Per la posa dei pavimenti in lastre di marmo o granito si useranno le stesse norme prescritte per i pavimenti di piastrelle di cemento. Salvo indicazione contraria della Direzione dei Lavori, le lastre di marmo, granito, ecc. dovranno essere poste in opera con piano di calpestio greggio o tagliato a sega. Avvenuta la presa della malta si procederà alla levigatura e lucidatura a piombo.

**Pavimenti in legno** - Tali pavimenti dovranno essere eseguiti con legno, dell'essenza richiesta dagli elaborati di progetto, ben stagionato e profilato di tinta e grana uniforme. Le doganelle delle dimensioni prescritte, unite a maschio e femmina, potranno essere, conformemente a quanto previsto negli elaborati di progetto:

- chiodate su una orditura di listelli (megatelli) della sezione prescritta con interasse non superiore a cm 35; l'orditura dei listelli sarà a sua volta affogata nel sottofondo in modo che la loro faccia superiore risulti complanare con l'estradosso; la chiodatura fisserà la scanalatura delle tavolette ove esse vengono a sovrapporsi ai megatelli;
- chiodate su travetti di abete ancorati al sottofondo con i sistemi prescritti e distanziati fra

- di essi con l'interasse più idoneo alla dimensione del pavimento ligneo;
- chiodate su tavolato chiodato su una sottostante orditura e costituito da tavole di abete di almeno 25 mm di spessore; incollate su caldana di almeno cm 3 costituita da malta cementizia tirata a frattazzo fine e perfettamente asciutta;
- incollate su di uno strato isolante a base di teli o di pannelli a loro volta fissati al sottofondo con i sistemi prescritti; incollate su pavimento esistente previa perfetto sgrassaggio, pulizia ed irruvidimento dello stesso;
- sovrapposto su strato di sabbia perfettamente asciutta e livellata su cui andranno disposti dei fogli di cartonfeltro o di altro materiale;
- sovrapposto su pavimento esistente previa disposizione di uno strato di carta.

La scelta del collante sarà orientata verso i prodotti di nota elasticità e durata. Lungo il perimetro degli ambienti dovrà collocarsi un copri filo in legno alla unione tra pavimento e pareti. La posa in opera si effettuerà solo dopo il completo prosciugamento del sottofondo quando l'umidità relativa ambientale sarà inferiore al valore del 70% e dovrà essere eseguita a perfetta regola d'arte, senza discontinuità, gibbosità od altro. I pavimenti a parquet dovranno essere lavati e lucidati con doppia spalmatura di olio di lino cotto, cera o con gli altri sistemi prescritti dal progetto, da eseguirsi l'una a lavoro ultimato, l'altra all'epoca che sarà fissata dalla Direzione dei Lavori.

**Pavimenti in linoleum, gomma e similari** - I sottofondi dovranno essere preparati con cura con impasto di cemento e sabbia. La superficie superiore del sottofondo dovrà essere perfettamente piana e lisciata a frattazzo fine, successivamente la superficie dovrà essere ulteriormente lisciata con livellina. L'applicazione del linoleum, della gomma e similari dovrà essere fatta su sottofondo perfettamente asciutto; nel caso in cui per ragioni di urgenza non si possa ottenere il perfetto prosciugamento del sottofondo, esso sarà protetto con vernice speciale antiumido; però l'applicazione del linoleum in queste condizioni sarà, per quanto è possibile, da evitarsi.

L'applicazione dei materiali dovrà essere eseguita con colle speciali idonee, spalmate su tutta la superficie del pavimento. A posa ultimata non si dovranno presentare rigonfiamenti od altri difetti di sorta. La pulitura dei pavimenti dovrà essere fatta con segatura di abete (esclusa quella di legnami forti) inumidita con acqua dolce leggermente insaponata, che verrà passata sul pavimento fino ad ottenere la pulitura.

**Pavimento in battuto di terrazzo alla veneziana** - Sul sottofondo preparato con calce spenta e rottami di laterizi scelti nel rapporto di 1 ÷ 4 ben battuto, livellato e rullato, verrà steso un coprifondo (coperta) dello spessore di 2 ÷ 4 cm di polvere grossa di laterizi e calce in ciottolo, su detto coprifondo verrà stesa la stabilitura marmorea idonea e semina di marmi vari di opportuna granulometria.

A stagionatura avvenuta il pavimento dovrà essere levigato a mano in più riprese (orsatura), ultimato con due passate di lino crudo da eseguirsi a distanza di giorni e lucidato mediante strofinatura con sacchi di juta.

Il battuto di terrazzo potrà anche essere costituito da coperta (coprifondo dello spessore da 2÷4 cm di polvere grossa di mattone e cemento, in ragione di 300 kg di cemento per m<sup>3</sup> di polvere) e stabilitura marmorea di almeno 1 cm di spessore (cemento e graniglia sottile in ragione volumetrica di due parti di graniglia e tre parti di cemento). Seguiranno le operazioni di semina del granulato, battitura, rullatura e successiva levigatura a macchina con abrasivi grassi, medi, fini e finissimi.

**Rivestimenti di pareti** - I rivestimenti di qualsiasi genere dovranno essere eseguiti a perfetta regola d'arte tenendo presente le seguenti prescrizioni e norme:

1. Il materiale da impiegarsi dovrà risultare uguale a quello dei campioni visionati e scelti dalla Direzione dei Lavori.

2. La posa in opera dei rivestimenti dovrà essere eseguita in modo che, a lavoro ultimato, le superfici finite risultino perfettamente piane, rispondenti con gli elementi assolutamente aderenti alle murature.

3. I materiali porosi prima del loro impiego dovranno essere immersi nell'acqua sino a saturazione e dopo aver abbondantemente innaffiato l'intonaco delle pareti, alle quali deve applicarsi il rivestimento, saranno allestiti con malta cementizia normale, nella quantità necessaria e sufficiente.

4. Gli elementi del rivestimento dovranno perfettamente combaciare tra loro e le linee dei giunti, debitamente stuccate con cemento bianco o diversamente colorato, dovranno risultare allineate e debitamente "infilate" nelle due direzioni.

I rivestimenti dovranno essere completati con tutti gli eventuali gusci di raccordo ai pavimenti ed agli spigoli, con eventuali listelli, cornici, ecc. e a lavoro ultimato dovranno essere convenientemente lavati e puliti.

**Rivestimenti esterni in materiale lapideo** - Il sistema nel suo insieme deve avere comportamento termico accettabile ed assolvere le altre funzioni loro affidate quali tenuta all'acqua, ecc. Durante la posa del rivestimento si cureranno gli effetti estetici previsti, l'allineamento, la corretta esecuzione di giunti, la corretta forma della superficie risultante, ecc.

L'Appaltatore ha l'obbligo di controllare il fabbisogno, la dimensione e la forma degli elementi rilevando sul posto le misure esatte.

Prima di iniziare i lavori relativi alle opere in pietra, l'Appaltatore ha l'obbligo di predisporre campionature dei vari elementi e sottoporli alla preventiva approvazione della Direzione dei Lavori.

I materiali in pietra, prelaborati e stuccati nella faccia a vista, saranno posti in opera con malta cementizia o collante e, quando risulta necessario, a parere della Direzione dei Lavori, si procederà alla posa mediante fissaggi meccanici (elementi ad espansione, elementi a fissaggio chimico, ganci, zanche e similari) a loro volta ancorati direttamente nella parte muraria.

Comunque i sistemi di fissaggio devono garantire una adeguata resistenza meccanica per sopportare il peso proprio e del rivestimento, resistere alle corrosioni, permettere piccole regolazioni dei singoli pezzi durante il fissaggio ed il loro movimento in opera dovuto a variazioni termiche.

#### Art. 4.1.6

### RESTAURO DI PAVIMENTI E RIVESTIMENTI

#### Generalità

Per la realizzazione di interventi di (consolidamento, risanamento e) restauro di pavimenti e rivestimenti, dovrà essere impiegato personale altamente specializzato e ricorrere, se richiesto, a consulenti tecnici. La Direzione dei Lavori potrà richiedere l'elenco del personale tecnico impiegato per sottoporlo all'approvazione degli organi proposti alla tutela del bene in oggetto. Inoltre andranno fatti attenti e precisi rilievi dello stato di fatto (geometrico e materico), nonché acquisire sufficiente conoscenza sul quadro patologico generale, tramite analisi fisico-chimiche-mineralogiche e/o analisi in situ di tipo non distruttivo (termovisione, ultrasuoni ecc.). I lavori di consolidamento di qualsiasi tipo di rivestimento dovranno essere preceduti dalla rimozione delle sostanze inquinanti (efflorescenze saline, concrezioni, crescite microrganiche, erbe, arbusti, terriccio, ecc.) Si dovranno utilizzare materiali, modalità, attrezzi e tempi d'applicazione che, su specifica indicazione della Direzione dei Lavori e secondo quanto prescritto dall'articolo "Pulizia dei materiali lapidei" del presente capitolato, si diversificheranno

in relazione al tipo di manufatto, al suo stato di conservazione, alla natura della sostanza inquinante ed ai risultati delle analisi di laboratorio.

Il fissaggio ed il consolidamento degli strati superficiali che hanno subito una perdita di coesione dovranno essere eseguiti applicando sostanze adesive aventi le caratteristiche richieste nell'articolo "Prodotti Impregnanti per la Protezione, Impermeabilizzazione e Consolidamento" del presente capitolato, mediante pennelli, nebulizzatori, airless, iniettori, sistemi a vuoto o altre moderne tecnologie purché esse siano previste dagli elaborati di progetto ed approvate dagli organi preposti alla tutela del bene in oggetto. Le lesioni profonde, salvo diverse disposizioni, andranno stuccate preferibilmente con malte a base di calce.

L'Appaltatore farà aderire alle parti di rivestimento da risanare uno strato in velatino di cotone mediante un adesivo di tipo reversibile diluito con l'apposito solvente.

La velatura di superfici di particolare pregio, modanate o figurate, sarà eseguita con carta giapponese. La velatura potrà essere rimossa con i prescritti solventi solo quando la Direzione dei Lavori lo riterrà opportuno. Durante e dopo l'intervento, l'Appaltatore dovrà adottare particolari precauzioni al fine di evitare eventuali azioni corrosive e disgregatrici esercitate da agenti biodeteriogeni.

Rimosse le protezioni le superfici dei rivestimenti andranno opportunamente disinfestate.

Se le superfici, oggetto dell'intervento di conservazione, dovessero venire protette con l'uso di supporti rigidi, l'Appaltatore dovrà applicarvi sopra, in base alle modalità di progetto e alle direttive della Direzione dei Lavori, un antiadesivo, uno strato ammortizzante o un pannello in legno eventualmente armato e sagomato.

### **Pavimenti in cotto**

L'intervento di conservazione di pavimentazioni in cotto verrà eseguito solo dopo la completa verifica del loro stato di degrado, l'individuazione dei sistemi di posa e di ancoraggio al supporto, l'eventuale identificazione di precedenti trattamenti, l'eliminazione di eventuali cause generanti le patologie in aggressione (perdite d'acqua, forte umidità ambientale, umidità da risalita e da condensa, cause meccaniche).

Come per ogni operazione di conservazione si prevedrà un ciclo di pulitura seguito da eventuale consolidamento e protezione.

*Pulitura* - Si effettuerà progressivamente in base alla consistenza fisico-materica del materiale e dei depositi patogeni presenti. Si utilizzeranno inizialmente mezzi meccanici di pulitura generale a secco quali spazzole di saggina, scopinetti, piccole spatole, microtrapani e vibroincisori, onde eliminare polverulenze e depositi macroscopici. Previa verifica del grado di ancoraggio dei manufatti al sottofondo, lo smontaggio e la ricollocazione di quelli in fase di distacco, si potrà procedere al lavaggio della pavimentazione. Si impiegheranno acqua deionizzata e spazzole morbide, prodotti sgrassanti, deceranti e sfilanti per togliere sostanze di vario tipo o precedenti trattamenti. Si potranno impiegare prodotti blandamente acidi, solventi o tensioattivi da applicare con straccio o monospazzola; seguirà abbondante risciacquo con acqua deionizzata. I liquidi residui andranno asportati con macchine aspiraliquidi o stracci.

*Consolidamento* - Eventuale rimozione di stuccature effettuate con materiale incompatibile (malte di cemento) andrà fatta utilizzando piccoli attrezzi meccanici avendo cura di non incidere e scalfire i manufatti in cotto. L'esecuzione di nuove stuccature e/o ristilature avverrà utilizzando malta di calce idraulica caricata con cocci pesto o polvere di marmo. Prima del trattamento finale di protezione potrebbe essere utile effettuare un'impregnazione consolidante dei manufatti mediante applicazione a pennello di estere etilico dell'acido silicico.

*Protezione* - L'applicazione di protettivi dovrà sempre avvenire su pavimento perfettamente pulito ed asciutto; i prodotti si potranno stendere con stracci, a pennello o a rullo.

Su pavimenti interni a forte porosità, a 30 giorni dall'avvenuto eventuale consolidamento con estere etilico, si potrà applicare una prima mano di olio di lino crudo in soluzione al 10% con acquaragia; una seconda mano al 20% e la stesura finale di cera naturale o sintetica. Su pavimenti esposti all'esterno, a 30 giorni dall'applicazione del consolidante, si potranno applicare a pennello sostanze idrorepellenti a base siliconica avendo l'accortezza di ben saturare anche le fughe. La stesura del prodotto dovrà avvenire su pavimento asciutto e pulito, non esposto ai raggi solari, a temperature adeguate e basso tasso di umidità.

Le manutenzioni dei pavimenti in cotto andranno ripetute periodicamente. Previo lavaggio con blando detergente liquido non schiumogeno, sui pavimenti interni si effettuerà la stesura di cera liquida emulsionata, alla quale seguirà lucidatura con feltro o panno di lana. Sugli esterni andrà ripetuto il trattamento con idrorepellente almeno ogni 10 anni.

### **Pavimenti in legno**

L'intervento conservativo di pavimentazioni lignee avverrà solo dopo la completa verifica del loro stato di degrado, l'individuazione dei sistemi di posa e di ancoraggio al supporto, l'eventuale identificazione di precedenti trattamenti, l'eliminazione di eventuali cause generanti le patologie in aggressione (perdite d'acqua, forte umidità ambientale, umidità da risalita e da condensa, cause meccaniche, attacchi biologici).

Andranno rimossi con molta cautela tutti i depositi e le polverulenze presenti utilizzando sistemi a secco, stracci, scopinetti ed eventuali macchine aspirapolvere. Andrà in seguito verificato lo stato dei singoli listoni, ricollocando tramite chiodatura o incollaggio quelli non più ancorati al supporto, stuccando eventuali fessure con appositi prodotti a stucco da mescolare con polvere di legno. Le pavimentazioni subiranno quindi intervento di lamatura e raschiatura superficiale con spazzole a smeriglio. La protezione finale potrà essere garantita tramite applicazione di olio di lino e, a pavimento completamente asciutto, di doppia mano di cera da lucidare con feltri o panni di lana. In alternativa potranno applicarsi a pennello, a rullo, a spatola piatta d'acciaio tre mani di vernice semilucida in solvente o vernici polimeriche ecologiche all'acqua. La temperatura di applicazione del legno deve essere tra i 15 e i 25 °C, mentre l'umidità del materiale non deve superare la soglia massima del 15% e la minima del 5%. Durante la verniciatura il pavimento deve essere protetto dall'irraggiamento solare diretto e dalla ventilazione eccessiva.

### **Pavimenti in marmette e in seminato alla veneziana**

Prima di effettuare qualsiasi tipo di trattamento si avrà l'obbligo di verificare lo stato di degrado e di consistenza materica dei pavimenti e del loro sottofondo. Effettuata una prima pulitura superficiale utilizzando acqua, detersivi non schiumogeni, spazzole e scopinetti, andrà controllato l'eventuale quadro fessurativo. Ristilature e stuccature potranno effettuarsi utilizzando malta idraulica additivata con cocchio pesto o polvere di marmo. Il trattamento, finale prevede la lucidatura a piombo delle pavimentazioni utilizzando macchine di tipo leggero e l'applicazione di doppia mano di cere neutre da lucidare con feltri e panni.

### **Mosaici parietali**

Per i lavori di conservazione in situ su mosaici parietali, l'Appaltatore dovrà provvedere all'esportazione delle sostanze estranee presenti sulle superfici. In relazione al tipo di degrado, ai risultati delle diagnosi ed alle prescrizioni di progetto si dovranno proteggere tutte le parti ancora conservate con i sistemi ed i materiali prescritti. Andranno corretti, dove possibile, i difetti di adesione fra gli strati utilizzando opportuni adesivi o altri sistemi di fissaggio autorizzati (tasselli e perni in fibra di vetro).

Solo nel caso in cui fossero presenti sulla superficie del mosaico profonde fessurazioni, il manto potrà essere distaccato; previa idonea velatura si asporteranno solo piccole sezioni in base all'andamento degli elementi figurativi. Il manto potrà essere ricollocato utilizzando malte di calce caricate con sabbia o pozzolana ed additivate con sostanze minerali, procedendo

parallelamente alla eventuale stuccatura dei vuoti sempre utilizzando malta a base di calce. A lavori ultimati, l'Appaltatore dovrà rimuovere i materiali e le strutture di protezione.

### **Mosaici pavimentali**

Per i lavori di conservazione dei mosaici pavimentali, l'Appaltatore dovrà, anzitutto, provvedere all'esportazione delle sostanze estranee presenti sulle superfici e immediatamente dopo perimetrare la zona di intervento con picchetti di altezza minima cm 30.

Andranno realizzate, in seguito, apposite stuccature parabordi con malta di calce e sabbia miscelata con alghicidi; dopodiché andrà collocato uno strato d'isolante inorganico del tipo stabilito dalla Direzione dei Lavori.

Si procederà, quindi, a fissare e a consolidare tutte le parti in fase di distacco (stuccare le lesioni profonde, eseguire le velature, fornire e collocare i supporti rigidi di sostegno, rimuovere, a lavori ultimati, i materiali e le strutture di protezione). Nel caso in cui gli elaborati di progetto o i risultati delle diagnosi effettuate preventivamente dovessero richiedere il distacco per sezioni del rivestimento ed il successivo riposizionamento, l'Appaltatore, attenendosi alle modalità descritte nei vari articoli del presente Capitolato, alle prescrizioni di progetto e alle indicazioni della Direzione dei Lavori, dovrà eseguire un preciso e dettagliato rilievo dell'esistente, pulire e rimuovere le concrezioni, eseguire le velature; in seguito dovrà tracciare la griglia di taglio e fissare i segni di riferimento. Fatto ciò, l'Appaltatore potrà eseguire il distacco ed il taglio delle sezioni, collocare le parti distaccate su predisposti supporti avendo la cura di conservare i rivestimenti in luoghi asciutti, protetti e ventilati. Le operazioni puntuali di pulitura consisteranno nella rimozione dalle tessere e dalle mattonelle di ogni residuo di malta e/o ogni altro materiale e sostanza presente. I supporti andranno allo stesso tempo consolidati e preparati per il riposizionamento dei manufatti previo eventuale montaggio del pavimento su pannelli in resina sintetica.

La ricollocazione dei pannelli o dei pavimenti si effettuerà utilizzando la malta prescritta.

Qualora i mosaici fossero di piccole dimensioni ed a superficie piana il distacco potrà essere eseguito a blocco unico.

### **Materiali lapidei di rivestimento**

I lavori di restauro di elementi lapidei dovranno essere eseguiti con le metodologie ed i materiali prescritti negli elaborati di progetto, dalla Direzione dei Lavori e nel presente Capitolato, attenendosi, inoltre, alle Note sui Trattamenti Conservativi dei Manufatti Lapidari elaborate dal Laboratorio Prove sui Materiali ICR Roma 1977.

L'appaltatore dovrà eseguire, su indicazione della Direzione dei Lavori, saggi diagnostici al fine di conoscere in maniera esaustiva lo stato di conservazione del manufatto, la natura dei materiali che lo costituiscono, la loro consistenza fisico-materica e le tecniche di posa e di ancoraggio, le patologie in atto, le lesioni esistenti, le eventuali cause indirette di degrado. Se il materiale lapideo dovesse presentare superfici microfessurate e a scaglie, queste ultime, prima dell'esecuzione della pulizia, dovranno essere fissate con i prescritti adesivi. L'Appaltatore, inoltre, dovrà eseguire le velature facendo aderire la carta giapponese alle scaglie mediante resine reversibili diluite in tricloroetano. Infine, consoliderà l'intera struttura dell'elemento lapideo iniettando le stesse resine meno diluite.

Se il materiale lapideo dovesse presentare superfici fessurate in profondità e ricoperte da ampie scaglie, l'Appaltatore dovrà fissare le parti instabili con adeguati sistemi di ancoraggio (vincoli meccanici di facile montaggio e rimozione, strutture lignee ecc.).

Quindi, completate le lavorazioni, dovrà consolidare l'elemento lapideo con i sistemi ed i materiali prescritti e provvedere alla rimozione delle strutture di protezione.

## Art. 4.2

### CONSOLIDAMENTO DELLE STRUTTURE DI FONDAZIONE

#### 4.2.1) Consolidamento fondazioni con boiaccia a base di calce idraulica e/o resine espandenti

I trattamenti di iniezione con miscele di boiaccia a base di calce idraulica o materiale polimerico espandente (o resine espandenti) sono di solito utilizzati in ambito strutturale per risolvere problematiche che implicano il cedimento del piano di fondazione ed il conseguente danneggiamento di edifici e strutture. Le cause di cedimento differenziale delle strutture di fondazione potrebbero essere collegate ad alterazioni naturali e/o antropiche del terreno di fondazione, a significative concentrazioni di acqua e/o ad una non corretta progettazione/esecuzione dell'opera esistente.

Questo metodo di consolidamento consisterà nell'iniettare sotto il piano fondale boiaccia a base di calce idraulica o speciali resine che per reazione chimica espandono il proprio volume e consolidano la matrice muraria.

Talvolta, tali trattamenti potranno essere autorizzati anche per piani di pavimentazione che necessitano di un incremento di portanza della fondazione per supportare un carico aggiuntivo originariamente non calcolato (es. macchinari industriali, depositi, ecc.).

Le tecniche di consolidamento saranno del tipo "a diffusione libera" della resina.

In base alle risultanze delle prove geologiche, della tipologia e delle dimensioni delle fondazioni e in riferimento al quadro fessurativo delle strutture interessate, si individuerà il tipo di resina da utilizzare e le sue caratteristiche tecnico-fisiche. La resina da impiegare sarà costituita da un formulato poliuretano espandente bicomponente a celle chiuse o boiaccia a base di calce idraulica.

L'uso della tecnica di consolidamento con resine espandenti o iniezioni di boiaccia dovrà conseguire almeno i seguenti risultati:

- riduzione dell'indice dei vuoti indotto dall'espansione delle resine
- incremento della resistività del terreno
- riduzione delle acque interstiziali eventualmente presenti.

La tecnica di consolidamento con resine espandenti prevedrà l'iniezione del materiale polimerico o boiaccia a base di calce idraulica nel paramento fondale e nei volumi di terreno interessati dal cedimento attraverso idonee pompe regolabili collegate a tubi di piccolo diametro inseriti direttamente nei punti di interesse progettualmente individuati. La perforazione di tali punti di intervento avverrà tramite punte elicoidali di piccolo diametro e la loro collocazione sarà chiaramente indicata in progetto ovvero dalla Direzione Lavori. L'intera strumentazione dovrà permettere, a giudizio esclusivo e contestuale della Direzione Lavori, una dinamica regolazione della quantità, della consistenza e della velocità di espansione della resina impiegata. La geometria e/o la sequenza delle iniezioni potranno essere modificate in corso d'opera secondo le chiare indicazioni della Direzione Lavori e le risultanze del monitoraggio strumentale del sito.

#### 4.2.2) Consolidamento murature in pietrame

L'iniezione di consolidamento delle murature, in pietrame anche a sacco, oppure miste in pietrame e laterizio, dovrà essere effettuata con miscela a base di calce idrauliche e/o resine espandenti e comunque non cementizia a giudizio della D.L.

La metodologia esecutiva della lavorazione prevede:

- verifica dello stato della muratura mediante preiniezione di acqua su tutto il volume murario da trattare per il lavaggio dello stesso e verifica del grado di assorbimento / porosità del paramento (prove Lugeon).
- Esecuzione di perforazioni sub-verticali a rotopercolazione del diametro di 30-40 mm con interasse da circa 0,30 m a circa 0,80 m per una profondità massima di circa 1,5 m.
- Fissaggio e sigillatura dei condotti di iniezione di diametro 3-4 cm, inseriti per una profondità adeguata nei fori precedentemente praticati per rotopercolazione, con interasse da definirsi in fase esecutiva a seconda delle caratteristiche del muro definite preliminarmente.
- Iniezione di miscela legante a base di calce idraulica e/o resina espandente di tipo approvata dalla D.L., con caratteristiche di resistenza meccanica compatibili con la muratura, da iniettarsi a pressione variabile e controllata secondo l'indicazione della D.L. e comunque fino a rigurgito della miscela dai condotti limitrofi.
- Asportazione delle cannule e sigillatura dei fori praticati per iniettare la miscela.
- Pulizia della parete e suo lavaggio, se necessario, prima della presa sulla superficie esterna di eventuali fuoriuscite di miscela legante, eventuale ripristino dove necessario e tinteggiatura.
- Esecuzione di prove di controllo (tipo Lugeon) da eseguirsi al completamento delle iniezioni e maturazione della miscela iniettata. La definizione delle prove preliminari e di riscontro sarà da valutarsi in accordo con la DL e comunque in un numero non inferiore a 6+6 prove. A termine delle iniezioni dovranno altresì essere effettuati 6 carotaggi continui di diametro minimo 90-100 per l'estrazione di una carota significativa (posta circa in mezz'ora della muratura e a metà altezza del paramento fondale) da sottoporre a prova di compressione strumentata per la determinazione della resistenza a compressione, del modulo elastico e del coefficiente di poisson oltre che ad un'indagine visiva circa la bontà dell'intervento. Tutte le prove dovranno essere eseguite da laboratorio qualificato esterno. Le risultanze di tutte le prove diagnostiche sia pre sia post intervento dovranno essere riportate in un report e consegnate ufficialmente alla DL per la valutazione della bontà dell'intervento.

I prodotti da impiegarsi dovranno preventivamente essere presentati alla DL e accettati dallo stesso.

Scopo della lavorazione risulta saturare i vuoti presenti nella muratura fondale e contemporaneamente incrementare la resistenza a compressione della stessa.

Si evidenzia che in fase preliminare non è possibile effettuare carotaggi per l'analisi delle caratteristiche della muratura in quanto l'operazione andrebbe a disturbare il campione e conseguentemente falsare i risultati. I risultati delle carote post intervento saranno confrontati con i risultati ottenuti dalle prove di martinetto piatto effettuate sulla muratura.

La quantificazione della lavorazione è stata effettuato a metro lineare di fondazione.

#### **4.2.3) Consolidamento terreno fondale mediante resine espandenti (su due e tre livelli)**

Consolidamento del terreno fondale da realizzarsi su più livelli e comunque fino ad una profondità di circa 2-2,5 m per le iniezioni su due livelli e una profondità di circa 3,5-4 m per le iniezioni su tre livelli mediante iniezioni di materiale polimerico espandente (o resine espandenti) solitamente utilizzate in ambito strutturale per risolvere problematiche che implicano il cedimento del piano di fondazione ed il conseguente danneggiamento di edifici e strutture. Questo metodo di consolidamento consiste nell'iniettare sotto il piano fondale speciali resine che per reazione chimica espandono il proprio volume e consolidano il terreno limitrofo. In base alle risultanze delle prove geologiche svolte, della tipologia e delle dimensioni delle fondazioni e in riferimento al quadro fessurativo delle strutture interessate, si dovrà individuare, in accordo con la DL il tipo di resina da utilizzare, le sue caratteristiche tecnico-fisiche e le modalità esecutive (definizione interassi perforazioni).

La resina da impiegare sarà costituita da un formulato poliuretano espandente bicomponente a celle chiuse. A seconda dei parametri geotecnici rilevati nell'area di intervento, i dati di riferimento delle resine da impiegare dovranno essere almeno i seguenti:

- Densità di 40 - 60 kg/mc in espansione libera.
- Resistenza a compressione minima con espansione laterale libera pari a minimo 0,5 Mpa.
- Tempo di reazione 30 secondi circa.

L'uso della tecnica di consolidamento con resine espandenti dovrà conseguire almeno i seguenti risultati:

- riduzione dell'indice dei vuoti indotto dall'espansione delle resine; - incremento della resistività del terreno (valore minimo atteso di capacità portante: 6 kg/cmq);
- Riduzione delle acque interstiziali eventualmente presenti.

Le resine da impiegarsi dovranno rispettare i requisiti di compatibilità ambientale di cui alla tabella 2 del titolo V, parte IV del D.Lgs. 152/2006 e ss.mm.ii.

La tecnica di consolidamento con resine espandenti prevede l'iniezione del materiale polimerico nei volumi di terreno interessati dal cedimento attraverso idonee pompe regolabili collegate a tubi di piccolo diametro inseriti direttamente nei punti di interesse progettualmente individuati.

La perforazione di tali punti di intervento avverrà tramite rotopercolazione di piccolo diametro (2-4 cm di diametro) e il loro passo dovrà essere definito in fase esecutiva a seguito delle risultanze ottenute dalle prime iniezioni pilota di calibrazione e potrà variare da un minimo di circa 0,50 m ad un massimo di circa 1,5 m. L'intera strumentazione dovrà permettere, a giudizio esclusivo e contestuale della Direzione Lavori, una dinamica regolazione della quantità, della consistenza e della velocità di espansione della resina impiegata. La geometria e/o la sequenza delle iniezioni potranno essere modificate in corso d'opera secondo le chiare indicazioni della Direzione Lavori, alla risposta del terreno sottostante e le risultanze del monitoraggio strumentale del sito.

La voce comprende altresì il monitoraggio in continuo in corso d'opera dell'edificio mediante tomografia di resistività del terreno o monitoraggio radar globale dell'edificio, o comunque secondo una metodologia accurata, definita e approvata in accordo con la DL. Sono comprese altresì l'esecuzione di almeno 4+4 (otto complessivamente) prove penetrometriche dinamiche DPM30 da svolgersi rispettivamente ante e post intervento al fine di monitorare la bontà dell'intervento effettuato. Le prove dovranno essere svolte da laboratorio qualificato terzo.

Le risultanze di tutte le prove preliminari e di riscontro svolte dovranno essere riportate in un report e consegnate ufficialmente alla DL per la valutazione della bontà dell'intervento. La voce comprende eventuali opere di ripristino a cui la ditta appaltatrice dovrà far fronte in seguito a danneggiamenti alle pavimentazioni, alle finiture e/o alle strutture presenti in seguito a espansioni troppo repentine della resina espandente.

La ditta esecutrice dovrà inoltre fornire garanzia postuma decennale dell'intervento. Compreso ogni onere per dare l'opera finita a perfetta regola dell'arte.

La quantificazione della lavorazione è stata effettuato a metro lineare di consolidamento di terreno.

**Comune di Genova**  
PROVINCIA DI GENOVA

**EDIFICIO SEDE MUNICIPALE SITO IN GENOVA**  
**PIAZZA IPPOLITO NIEVO N.1**

**INTERVENTO DI RECUPERO E CONSOLIDAMENTO FONDAZIONALE**

**PROGETTO ESECUTIVO**

**OGGETTO:** E.10\_ PIANO DI MANUTENZIONE DELLA PARTE STRUTTURALE DELL'OPERA  
(art.10.1 D.M. 14 gennaio 2008)

**COMMITTENTE:** COMUNE DI GENOVA

**PROGETTISTA:** Ing. ZERBINATI Marco  
Iscritto all'Ord. Ingg. di Savona n° 1630



**DATA:** 01.08.2019 REV. 00

**CODICE ELABORATO:** BOZZA E10\_PIANO MANUTENZIONE OPERA



**PERSICO e ZERBINATI INGEGNERI**  
studio associato

Via del Collegio 26/7 - 17043 CARCARE (SV)  
Tel. 019 5142225 - Fax: 019 2043957  
e-mail: info@persicozerbinati.it  
p.i.: 01585080094

## INDICE

<b>1</b>	<b>INTRODUZIONE</b> .....	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>INQUADRAMENTO TERRITORIALE</b> .....	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>DESCRIZIONE DELLO STABILE</b> .....	<b>4</b>
<b>4</b>	<b>MANUALE D'USO</b> .....	<b>11</b>
4.1	CONSOLIDAMENTO MURATURA FONDALE.....	11
4.2	CONSOLIDAMENTO SUBSTRATO TERRENO .....	11
<b>5</b>	<b>MANUALE DI MANUTENZIONE</b> .....	<b>12</b>
<b>6</b>	<b>PROGRAMMA DI MANUTENZIONE</b> .....	<b>13</b>
6.1	SOTTOPROGRAMMA DELLE PRESTAZIONI.....	14
6.2	SOTTOPROGRAMMA DEI CONTROLLI .....	14
6.3	SOTTOPROGRAMMA DEGLI INTERVENTI DI MANUTENZIONE .....	14

## **1 INTRODUZIONE**

Il presente piano di manutenzione ha lo scopo di prevedere, pianificare e programmare, tenendo conto degli elaborati progettuali esecutivi dell'opera, l'attività di manutenzione relativa alle opere strutturali necessarie relative dell'intervento di recupero e consolidamento fondazione dell'edificio sito in Piazza Ippolito Nievo n.1, Genova (GE), di proprietà del Comune di Genova, nonché sede del Municipio IX – Levante.

Lo scopo del presente piano è quello di mantenere nel tempo la funzionalità, le caratteristiche di qualità, l'efficienza ed il valore economico.

Il programma di manutenzione è organizzato nei tre strumenti individuati dall'art.40 del D.P.R. 554/99:

1. Il manuale d'uso;
2. Il manuale di manutenzione;
3. Il programma di manutenzione.

Il presente "Piano di manutenzione della parte strutturale dell'opera" è redatto ai sensi del D.M.14 gennaio 2008 art.10.1.

## 2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

L'edificio in oggetto, sito in Piazza Ippolito Nievo n.1, Genova (GE), è di proprietà del Comune di Genova, nonché sede del Municipio IX – Levante (figura 1 e figura 2).

Esso è identificato al N.C.E.U. di Genova alla sez. QUA, foglio 6 particelle 295-296.



Figura 1. Individuazione dell'immobile

## 3 DESCRIZIONE DELLO STABILE

Da una ricerca svolta presso l'archivio storico del Comune di Genova, presso Palazzo Ducale, si è appreso da uno stradario storico, che l'edificio municipale su Piazza Nievo, fu costruito nel 1886 dall'Impresa Mortola per 26.871,31 lire.

Esso fu la sede del municipio del Comune di Quarto al Mare (Figura 3), comune autonomo fino al 1926, poi denominato Quarto dei Mille nel 1911 in ricordo della Spedizione dei Mille che ebbe inizio in questa località.



**Figura 2. Facciata principale edificio in Piazza Ippolito Nievo n.1**

Nella ricerca sono state trovate due fotografie, di cui una risalente al 1904, nelle quali si può vedere come il prospetto principale dell'edificio presentasse già le caratteristiche attuali, con minima variazioni architettoniche legate all'eliminazione di alcune decorazioni architettoniche ancora peraltro individuabili sui segni presenti in facciata (Figura 4).



Figura 3. Cartolina risalente al 1904



Figura 4. Cartolina senza datazione

In particolare, si fa osservare come esistesse già all'epoca un muro di delimitazione del giardino laterale a destra della facciata, ancorché presenti allo stato attuale un aspetto differente dovuto ad una modifica architettonica oppure ad un suo totale rifacimento (Figura 5).



**Figura 5. Particolare muro esistente a destra della facciata principale a delimitazione del giardino privato.**

Successivamente sul lato nord-est dell'edificio, su realizzato l'attuale Corso Europa, negli anni 1950 - 1961 (tratto appartenente al 2 lotto funzionale inaugurato nel 1961) (Figura 6).

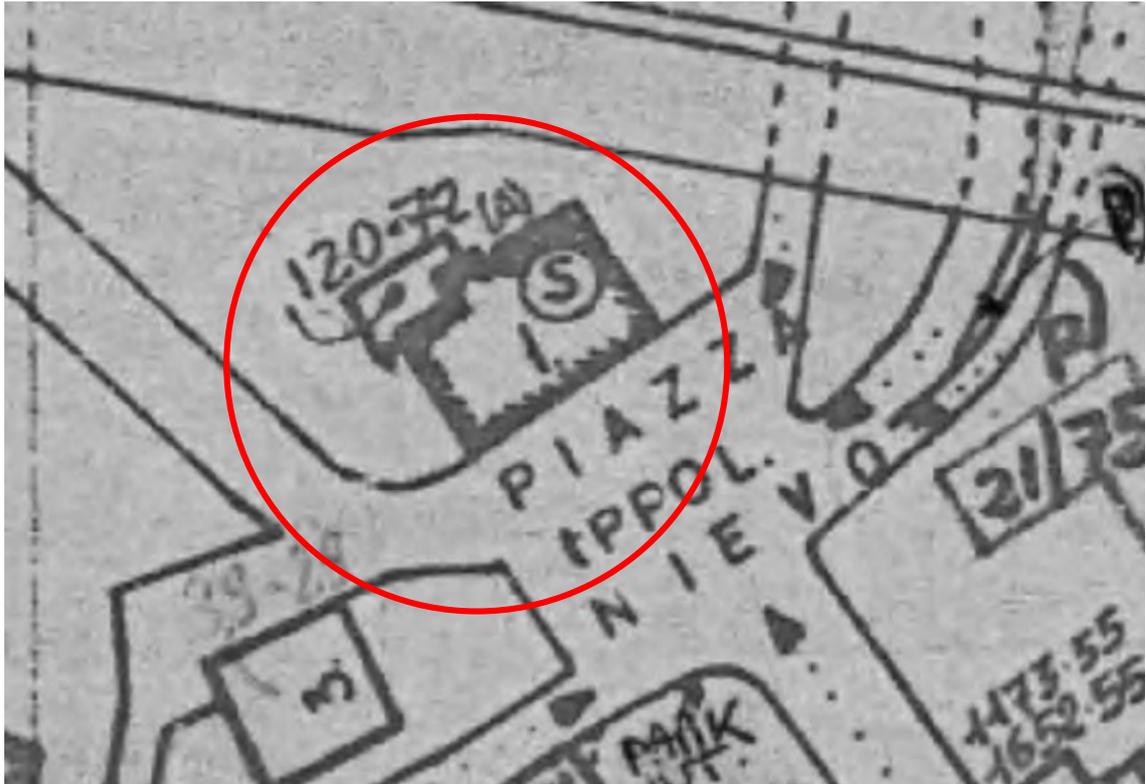


Figura 6. Vista di Corso Europa.

L'edificio è stato successivamente ampliato nel 1972, con la realizzazione di un volume monopiano sul lato nord-est del volume originario, come risulta da una pratica archiviata con n.120-1972 archiviata presso il Comune di Genova, riportata sulla della cartografia visionabile sul sito dell'Ufficio visure del Comune di Genova, di cui si riporta stralcio (Figura 7 e Figura 8).



Figura 7. Estratto cartografie ufficio visura Comune di Genova



**Figura 8. Ingrandimento cartografia ufficio visura sull'edificio in oggetto**

Tale volume (Figura 9) è stato realizzato, probabilmente, a seguito dell'insediamento all'interno dell'edificio di una delle succursali della scuola alberghiera Marco Polo, la quale qui è rimasta presumibilmente fino all'anno 2008-2010.



**Figura 9. Vista del volume in ampliamento all'edificio principale.**

Già nel 2008 la Provincia di Genova aveva fatto eseguire una campagna geognostica a seguito di un dissesto che si era manifestato sul volume di ampliamento, quando ancora l'edificio era sede scolastica, come era riportato nella relazione geologica allora redatta.

10 / 14

Tale relazione geologica riportava una situazione di dissesto che interessava il corpo aggiunto, costituita da crepe e dislocazioni presenti nel paramento murario, e indicava come causa una struttura fondazionale di tipo diretto del corpo aggiunto, inadeguatamente dimensionata rispetto ai carichi e al piano di posa, la quale avrebbe causato un distacco del corpo aggiunto rispetto al principale nonché la registrazione di cedimenti differenziali.

Infine, l'edificio è stato utilizzato come sede del Municipio IX – Levante, sua attuale destinazione dal 2014.

## 4 MANUALE D'USO

La struttura oggetto del presente documento può essere suddivisa in parti principali:

- Consolidamento muratura fondale
- Consolidamento substrato terreno

Le principali prescrizioni d'uso delle opere sono riportate di seguito.

### 4.1 CONSOLIDAMENTO MURATURA FONDALE.

**DESCRIZIONE:** Il consolidamento realizzato tramite l'esecuzione di iniezioni che sono state eseguite previa perforazione verticali o subverticali nella muratura a partire dal piano di calpestio e fino a raggiungere la quota del piano di imposta della fondazione, allo scopo di intercettare il numero massimo di cavità presenti.

**FUNZIONE:** consolidamento muratura fondale.

**MODALITA' D'USO CORRETTA:** Le murature di fondazione sono concepite per resistere ai carichi di progetto della struttura in elevazione.

Si fa osservare che deve essere posta attenzione all'eventuale insorgenza di anomalie geometriche, cedimenti, lesioni, fratturazioni o fessurazioni della struttura, in modo tale da sollecitare tempestivamente interventi tecnici specialistici.

In merito all'accadimento di eventi sismici di particolare entità, si richiama l'attenzione verso una particolare cura nell'osservazione dei danni che possono essere occorsi alla struttura, al fine di ripristinare tempestivamente l'integrità dell'opera.

Non devono essere apportate su tali elementi, manomissioni che possono comprometterne la funzione strutturale ed il grado di sicurezza alle sollecitazioni statiche e sismiche a cui devono assolvere, nel rispetto del progetto allo scopo redatto.

### 4.2 CONSOLIDAMENTO SUBSTRATO TERRENO

**DESCRIZIONE:** Consolidamento del terreno di fondazione da eseguirsi sino alla profondità di m 2-3 m dal piano di lavoro allo scopo di incrementare la capacità portante di esercizio dello stesso ad un valore maggiore della tensione indotta dalla struttura soprastante mediante iniezione controllata di resina in pressione.

**FUNZIONE:** Sostegno delle fondazioni e trasmissione omogenea dei carichi.

**MODALITA' D'USO CORRETTA:** Le fondazioni sono concepite per resistere ai carichi di progetto trasmessi dalle strutture del corpo di fabbrica, senza compromissione dell'integrità e della funzionalità.

In merito all'accadimento di eventi sismici di particolare entità, si richiama l'attenzione verso una particolare cura nell'osservazione dei danni che possono essere occorsi alla struttura, al fine di ripristinare tempestivamente l'integrità dell'opera.

Non devono essere apportate su tali elementi, manomissioni che possono comprometterne la funzione strutturale ed il grado di sicurezza alle sollecitazioni statiche e sismiche a cui devono assolvere, nel rispetto del progetto allo scopo redatto.

## 5 MANUALE DI MANUTENZIONE

In funzione delle caratteristiche gestionali dell'edificio in corso di ristrutturazione/consolidamento ed oggetto di questo Piano di manutenzione, si intende di seguito per "Utente" i singoli conduttori (personale della struttura) dell'unità immobiliare assegnata e per "Manutentore" la funzione specializzata in capo alla proprietà – mediante il responsabile della conduzione e gestione delle strutture e a sua volta tramite il gestore del servizio di manutenzione. L'Utente non ha quindi accesso diretto alle strutture in generale, ma è unicamente responsabile della conduzione di quanto a lui affidato in via esclusiva con diligenza.

Per le parti costituenti l'opera, si riportano di seguito le relative operazioni di manutenzione:

1. Consolidamento muratura fondale	
<b>Verifica dell'accadimento di dissesti, cedimenti, inclinazioni anomale potenzialmente pericolose per la stabilità della struttura o lesioni in elementi direttamente connessi, previsione di interventi da valutarsi caso per caso.</b>	
<b>Manutenzione ordinaria:</b>	Prevedere ispezioni annuali per verificare lo stato di fatto, tramite monitoraggio strumentale dell'edificio, integrato se necessario, da eventuali prove non distruttive, eseguite da personale tecnico specializzato.  Prevedere monitoraggio dell'edificio ogni due mesi.
<b>Manutenzione straordinaria:</b>	Non chiaramente prevedibile, in linea generale, in funzione dell'ordinario deperimento.
<b>Risorse necessarie:</b>	Operai specializzati, attrezzatura specifica manuale; dispositivi di protezione individuale ai sensi del D.Lgs. 81/2008 e s.m.i.; adeguata cartellonistica di sicurezza; transenne e materiale idoneo per delimitazione e protezione area di lavoro.
<b>Anomalie riscontrabili:</b>	Cedimenti differenziali, rotazioni o abbassamenti del piano di imposta, fratturazioni, lesioni e fessurazioni degli elementi direttamente connessi che possono generare situazioni di pericolo; comparsa di risalite di umidità con eventuale corrosione delle armature degli elementi spiccanti.
<b>Manutenzione eseguibile direttamente dalla committenza con personale specializzato:</b>	<b>Manutenzione Ordinaria:</b> Non applicabile.  <b>Manutenzione Straordinaria:</b> Delimitazione area d'intervento; messa in atto di interventi tecnici specializzati, da valutarsi caso per caso, per il ripristino della stabilità della struttura, nel caso di accadimenti di dissesti o cedimenti anomali.  Prevedere, qualora necessario, strutture di sostegno provvisorie per la messa in sicurezza dell'opera all'accadimento di movimenti anomali delle strutture,

	nonché durante lo svolgimento delle operazioni di ripristino della stabilità.
--	---

2. Consolidamento substrato terreno	
<b>Verifica dell'accadimento di dissesti, fessurazioni o inclinazioni anomale potenzialmente pericolose per la stabilità della struttura, previsione di interventi da valutarsi caso per caso.</b>	
<b>Manutenzione ordinaria:</b>	Prevedere monitoraggio dell'edificio ogni due mesi.
<b>Manutenzione straordinaria:</b>	Non chiaramente prevedibile, in linea generale.
<b>Risorse necessarie:</b>	Operai specializzati, attrezzatura specifica manuale; dispositivi di protezione individuale ai sensi del D.Lgs. 81/2008 e s.m.i.; adeguata cartellonistica di sicurezza; transenne e materiale idoneo per delimitazione e protezione area di lavoro.
<b>Anomalie riscontrabili:</b>	Cedimenti differenziali, rotazioni o abbassamenti del piano di imposta, fratturazioni, lesioni e fessurazioni degli elementi direttamente connessi che possono generare situazioni di pericolo; comparsa di risalite di umidità con eventuale corrosione delle armature degli elementi spiccanti.
<b>Manutenzione eseguibile direttamente dalla committenza con personale specializzato:</b>	<p><b>Manutenzione Ordinaria:</b> Non applicabile.</p> <p><b>Manutenzione Straordinaria:</b> Delimitazione area d'intervento; messa in atto di interventi tecnici specializzati, da valutarsi caso per caso, per il ripristino della stabilità della struttura, nel caso di accadimenti di dissesti o cedimenti anomali.</p> <p>Prevedere, qualora necessario, strutture di sostegno provvisorie per la messa in sicurezza dell'opera all'accadimento di movimenti anomali delle strutture, nonché durante lo svolgimento delle operazioni di ripristino della stabilità.</p>

## 6 PROGRAMMA DI MANUTENZIONE

Il seguente programma di manutenzione si suddivide, ai sensi dell'art. 40 del D.P.R. 554/99 in tre sottoprogrammi:

- Sottoprogramma delle prestazioni;
- Sottoprogramma dei controlli;
- Sottoprogramma degli interventi di manutenzione.

Di seguito si riportano in dettaglio l'analisi di ogni singola voce.

### 6.1 SOTTOPROGRAMMA DELLE PRESTAZIONI

Le opere in oggetto devono garantire durante il proprio ciclo di vita, pari alla vita nominale dell'opera indicata nella relazione di calcolo e pari a 50 anni, le specifiche prestazioni indicate nel progetto strutturale, comunque non inferiori alle prestazioni prescritte dalla normativa vigente.

Al fine di garantire lo scopo prefissato dal progettista, le opere dovranno essere mantenute in perfetto stato funzionale ed estetico.

### 6.2 SOTTOPROGRAMMA DEI CONTROLLI

	Livello qualitativo come da collaudo	Livello qualitativo minimo di norma
<b>Parti costituenti l'opera</b>	<b>Verifica e controlli specifici</b>	<b>Verifica e controlli specifici</b>
Consolidamento di muri di fondazione	Stabilità geometrica, assenza di deformazioni o cedimenti, assenza di lesioni, fessurazioni e fratturazioni.	Stabilità geometrica, assenza di deformazioni o cedimenti, assenza di lesioni e fratturazioni, accettabile assenza di fessurazioni
Substrato terreno	Stabilità geometrica, assenza di deformazioni o cedimenti, assenza di lesioni, fessurazioni e fratturazioni.	Stabilità geometrica, assenza di deformazioni o cedimenti, assenza di lesioni e fratturazioni.

14 / 14

### 6.3 SOTTOPROGRAMMA DEGLI INTERVENTI DI MANUTENZIONE

PARTI COSTITUENTI L'OPERA	PERIODICITA' INTERVENTI						
	Ogni 2 mesi	Ogni anno	Ogni 2 anni	Ogni 5 anni	Ogni 7 anni	Ogni 10 anni	Ogni 20 anni
<b>Muri di fondazione</b>							
Controllo periodico	X						
Manutenzione ord.				X			
Manutenzione str.							X
<b>Substrato terreno</b>							
Controllo periodico	X						
Manutenzione ord.				X			
Manutenzione str.							X

Carcare, 01.08.2019



Ing. Zerbinati Marco





COMUNE DI GENOVA

REPERTORIO N. ....

Appalto fra il Comune di Genova e l'Impresa \_\_\_\_\_  
per l'esecuzione dei lavori di \_\_\_\_\_

### REPUBBLICA ITALIANA

L'anno duemila..... , il giorno ..... del mese di ....., in una delle sale  
del Palazzo Comunale, posto in Via Garibaldi al civico numero nove

**INNANZI A ME** - .....

**sono comparsi**

**PER UNA PARTE** - il **COMUNE DI GENOVA**, nella veste di Stazione Appaltante, con sede  
in Genova, Via Garibaldi n. 9, Codice Fiscale 00856930102, rappresentato da  
\_\_\_\_\_ nato/a a \_\_\_\_\_ il \_\_\_\_\_

e domiciliato/a presso la sede del Comune, nella qualità di Dirigente, in esecuzione  
della determinazione dirigenziale della Direzione \_\_\_\_\_ - Settore  
\_\_\_\_\_ n. \_\_\_ in data \_\_\_\_\_ ed esecutiva dal \_\_\_\_\_

**(inserire provvedimento di aggiudicazione)**

**E PER L'ALTRA PARTE** - l'Impresa \_\_\_\_\_, di seguito, per brevità,  
denominata \_\_\_\_\_, con sede  
in \_\_\_\_\_ Via/Piazza \_\_\_\_\_ - n. \_\_\_\_\_ - C.A.P.  
\_\_\_\_\_ - Codice Fiscale, Partita I.V.A. e numero di iscrizione al Registro delle  
Imprese presso la Camera di Commercio Industria Artigianato Agricoltura di  
\_\_\_\_\_ rappresentata da \_\_\_\_\_, nato/a a \_\_\_\_\_  
( \_\_\_\_\_ ) il \_\_\_\_\_ e domiciliato/a presso la sede dell'Impresa in qualità  
di \_\_\_\_\_

**(in alternativa, in caso di procura)**

e domiciliato/a presso la sede dell' Impresa in qualità di Procuratore Speciale /  
Generale, munito degli idonei poteri a quanto *infra* in forza di Procura Speciale /  
Generale autenticata nella sottoscrizione dal Dott. \_\_\_\_\_ Notaio in  
\_\_\_\_\_, iscritto presso il Collegio dei Distretti Notarili Riuniti di \_\_\_\_\_  
in data \_\_\_\_\_, Repertorio n. \_\_\_\_\_ - Raccolta  
n. \_\_\_\_\_, registrata all'Agenzia delle Entrate di \_\_\_\_\_ al  
n. \_\_\_\_\_ Serie \_\_\_\_\_ - che, in copia su supporto informatico conforme  
all'originale del documento su supporto cartaceo ai sensi dell'articolo 23 del D.Lgs. n.

82/2005, debitamente bollato, si allega sotto la lettera "A" perché ne formi parte integrante e sostanziale;

**(in alternativa, in caso di aggiudicazione a un raggruppamento temporaneo d'impres)**

- tale Impresa \_\_\_\_\_ compare nel presente atto in proprio e in qualità di Capogruppo mandataria del Raggruppamento Temporaneo tra le Imprese:

\_\_\_\_\_, come sopra costituita, per una quota di \_\_\_\_\_

e l'Impresa \_\_\_\_\_ con sede in \_\_\_\_\_, Via/Piazza n. \_\_\_\_\_ C.A.P. \_\_\_\_\_, Codice Fiscale/Partita I.V.A. e numero d'iscrizione al Registro delle Imprese presso la Camera di Commercio Industria Artigianato Agricoltura di \_\_\_\_\_ numero \_\_\_\_\_, in qualità di mandante per una quota di \_\_\_\_\_;

- tale R.T.I., costituito ai sensi della vigente normativa con contratto di mandato collettivo speciale, gratuito, irrevocabile con rappresentanza a Rogito/autenticato nelle firme dal Dottor \_\_\_\_\_ Notaio in \_\_\_\_\_ in data \_\_\_\_\_, Repertorio n. \_\_\_\_\_, Raccolta n. \_\_\_\_\_ registrato all'Agenzia delle Entrate di \_\_\_\_\_ in data \_\_\_\_\_ al n. \_\_\_\_\_ - Serie \_\_\_\_\_ che, in copia su supporto informatico conforme all'originale del documento su supporto cartaceo ai sensi dell'articolo 23 del D.Lgs. n. 82/2005, debitamente bollato, si allega sotto la lettera "\_\_\_" perché ne formi parte integrante e sostanziale.

3 / 14

Detti componenti della cui identità personale io Ufficiale Rogante sono certo

### PREMETTONO

- che con determinazione dirigenziale della Direzione \_\_\_\_\_ - Settore \_\_\_\_\_ n. \_\_\_\_\_ in data \_\_\_\_\_, esecutiva ai sensi di legge, l'Amministrazione Comunale ha stabilito di procedere, mediante esperimento di procedura a, ai sensi dell'art. 60 del D.Lgs. 18.04.2016 n.50-Codice dei contratti pubblici (d'ora innanzi, denominato il Codice), al conferimento in appalto dell'esecuzione dei lavori di \_\_\_\_\_ per un importo complessivo dei lavori stessi, da **contabilizzare "a corpo"/"a misura"/** in parte **"a corpo"** e in parte **"a misura"**/di Euro \_\_\_\_\_ (\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_), di cui: Euro \_\_\_\_\_ per oneri per l'attuazione dei piani di sicurezza, già predeterminati e non soggetti a ribasso, ed Euro \_\_\_\_\_ (\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_) per opere in economia;

- che la procedura di gara si è regolarmente svolta, come riportato nei verbali cronologico n. \_\_\_\_\_ in data \_\_\_\_\_ e n. \_\_\_\_\_ in data \_\_\_\_\_;

- che con determinazione dirigenziale dello stesso Settore \_\_\_\_\_ n. \_\_\_\_\_, adottata in data \_\_\_\_\_, esecutiva in data \_\_\_\_\_, il Comune ha aggiudicato \_\_\_\_\_ l'appalto di cui trattasi all'Impresa/all'R.T.I. \_\_\_\_\_, come sopra generalizzata/o, per il ribasso percentuale offerto, pari al \_\_\_\_\_% (\_\_\_\_\_percento), **sull'importo dei lavori a corpo posto a base di gara/ sull'elenco prezzi unitari posto a base di gara/**



~~sulla base della lista delle lavorazioni e forniture posta a base di gara~~ ed il conseguente importo contrattuale di Euro \_\_\_\_\_;

- che il Comune di Genova ha chiesto la comunicazione antimafia in data ..... ai sensi dell'art. 87 del D.Lgs. n. 159/2011, nei confronti dell'appaltatore ed in caso di variazioni societarie si procederà a nuova richiesta;

- che è stato emesso DURC on line relativamente all'Impresa.....

n. prot..... in data..... con validità fino al .....

- che il citato provvedimento è diventato efficace ai sensi dell'art. 32 comma 7 del Codice a seguito della verifica dei prescritti requisiti in capo all'Appaltatore;

- che con nota PEC prot. PG/ ..... del ..... sono stati compiuti gli adempimenti di cui all'art. 76, comma 5, lettera a), del Codice e che sono decorsi almeno trentacinque giorni dall'invio dell'ultima di tali comunicazioni.

**Quanto sopra premesso e confermato quale parte integrante del presente atto, le Parti, come sopra costituite, convengono e stipulano quanto segue.**

## **TITOLO I - DISPOSIZIONI GENERALI**

### **Articolo 1. Oggetto del contratto.**

1. Il Comune di Genova affida in appalto a \_\_\_\_\_, che, avendo sottoscritto in data \_\_\_\_\_, congiuntamente con il Responsabile del Procedimento, apposito verbale con i contenuti di cui all'art. 31, comma 4-lettera e) del Codice (prot. NP. \_\_\_\_\_), accetta senza riserva alcuna, l'esecuzione dei lavori \_\_\_\_\_

2. L'appaltatore, si impegna alla loro esecuzione alle condizioni di cui al presente contratto e agli atti a questo allegati o da questo richiamati.

4 / 14

### **Articolo 2. Capitolato Speciale d'Appalto.**

1. L'appalto è conferito e accettato sotto l'osservanza piena, assoluta, inderogabile e inscindibile del presente contratto, delle previsioni delle tavole grafiche progettuali depositate agli atti del Settore **(inserire settore proponente)** \_\_\_\_\_ del Capitolato Speciale d'Appalto unito alla determinazione dirigenziale dello stesso Settore n. \_\_\_\_\_ in data \_\_\_\_\_, nonché alle condizioni di cui alla determinazione dirigenziale n. \_\_\_\_\_ in data \_\_\_\_\_ **(inserire estremi provv. di aggiudicazione)**, che qui s'intendono integralmente riportate e trascritte con rinuncia a qualsiasi contraria eccezione avendone preso l'appaltatore piena e completa conoscenza.

### **Articolo 3. Ammontare del contratto.**

1. L'importo contrattuale, al netto dell'I.V.A. e fatta salva la liquidazione finale, ammonta a Euro \_\_\_\_\_ (\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_) : di cui: Euro \_\_\_\_\_ (\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_) per oneri per l'attuazione dei piani di sicurezza, già predeterminati e non soggetti a ribasso, ed Euro \_\_\_\_\_ (\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_) per opere in economia..

2. Il contratto è stipulato interamente **"a misura"**, per cui per cui i prezzi unitari di cui all'elenco prezzi, integrante il progetto, con l'applicazione del ribasso offerto in sede di gara, costituiscono l'elenco dei prezzi unitari contrattuali.



3. I lavori in economia a termini di contratto, non danno luogo ad una valutazione a misura, ma sono inseriti nella contabilità secondo i prezzi di elenco per l'importo delle somministrazioni al netto del ribasso d'asta, per quanto riguarda i materiali. Per la mano d'opera, trasporti e noli, sono liquidati secondo le tariffe locali vigenti al momento dell'esecuzione dei lavori incrementati di spese generali ed utili e con applicazione del ribasso d'asta esclusivamente su questi ultimi due addendi.

## **TITOLO II - RAPPORTI TRA LE PARTI**

### **Articolo 4. Termini per l'inizio e l'ultimazione dei lavori.**

1. I lavori devono essere consegnati dal Direttore dei Lavori, previa disposizione del Responsabile Unico del Procedimento (RUP), entro il termine di quarantacinque giorni dall'avvenuta stipula del contratto d'appalto

#### ***Ovvero, in alternativa***

1. I lavori sono stati consegnati prima della stipula del contratto, ricorrendo i presupposti dell'urgenza di cui all'art. 32, comma 8, del Codice, come attestato nel verbale di consegna, redatto ai sensi dell'art. 5, comma 9, u.p. del Decreto del Ministero delle infrastrutture e dei trasporti in data 07.03.2018 n. 49 (d'ora innanzi denominato il Decreto) in data \_\_\_\_\_ prot. NP n\_\_\_\_/\_\_\_\_\_ che si considera allegato al presente contratto anche se allo stesso materialmente non unito.

2. Il tempo utile per ultimare tutti i lavori in appalto è fissato in giorni 90 (novanta) naturali, successivi e continui decorrenti dalla data del verbale di consegna lavori.

***(se consegna avvenuta nelle more della stipula)*** e si dovranno concludere entro il .....

### **Articolo 5. Penale per i ritardi.**

1. Nel caso di mancato rispetto del termine indicato per l'esecuzione delle opere, per ogni giorno naturale consecutivo di ritardo nell'ultimazione dei lavori è applicata una penale pari a \_\_\_\_\_ (\_\_\_\_\_) dell'importo contrattuale corrispondente ad Euro \_\_\_\_\_ (\_\_\_\_\_-).NB- *inserire percentuale penale tra lo 0,3 per mille e l'1 per mille dell'ammontare netto contrattuale.*

2. La penale, con l'applicazione della stessa aliquota di cui al comma 1 e con le modalità previste dal Capitolato Speciale d'Appalto, trova applicazione anche in caso di ritardo nella ripresa dei lavori seguente un verbale di sospensione.

3. La misura complessiva della penale non può superare il 10% (diecipercento). In tal caso la Civica Amministrazione ha la facoltà di risolvere il contratto in danno dell'appaltatore.

### **Articolo 6. Sospensioni o riprese dei lavori.**

1. È ammessa la sospensione dei lavori per il tempo necessario a farne cessare le cause, nei casi e nei modi stabiliti dall'art. 107 del Codice e con le modalità di cui all'art 10 del Decreto.

2. Nel caso di sospensioni totali o parziali dei lavori, disposte per cause diverse da quelle di cui ai commi 1, 2 e 4 dell'art 107 del Codice, il risarcimento dovuto all'esecutore sarà quantificato sulla base dei criteri di cui all'art 10, comma 2, lettere a), b,) c), e d) del Decreto.

### **Articolo 7. Direzione di cantiere.**

1. La Direzione del cantiere, ai sensi dell'art. 6 del Decreto del Ministero dei LL.PP. 19.04. 2000 n. 145, è assunta da \_\_\_\_\_ di cui *ante*, (oppure) da \_\_\_\_\_, nato a \_\_\_\_\_, il \_\_\_\_\_, in qualità di \_\_\_\_\_, abilitato secondo le previsioni del Capitolato Speciale in rapporto alle caratteristiche delle opere da eseguire.

### **(in caso di R.T.I. o CONSORZI inserire capoverso seguente)**

L'assunzione della Direzione di cantiere avviene mediante incarico conferito da tutte le imprese operanti nel cantiere, con l'indicazione specifica delle attribuzioni da esercitare anche in rapporto a quelle degli altri soggetti operanti nel cantiere.

L'appaltatore s'impegna a comunicare tempestivamente al Comune le eventuali modifiche del nominativo del Direttore di cantiere.

2. L'appaltatore, tramite il Direttore di cantiere assicura l'organizzazione, la gestione tecnica e la conduzione del cantiere da parte di tutte le Imprese impegnate nell'esecuzione dei lavori. Il Direttore dei Lavori ha il diritto di esigere il cambiamento del Direttore di cantiere e del personale dell'appaltatore per indisciplina, incapacità o grave negligenza. L'appaltatore è in tutti i casi responsabile dei danni causati dall'imperizia o dalla negligenza di detti soggetti, nonché della malafede o della frode nella somministrazione o nell'impiego dei materiali.

3. L'appaltatore medesimo deve osservare le norme e prescrizioni dei contratti collettivi, delle leggi e dei regolamenti sulla tutela, sicurezza, salute, assicurazione e assistenza dei lavoratori.

### **Articolo 8. Invariabilità del corrispettivo.**

1. Non è prevista alcuna revisione dei prezzi e non trova applicazione l'articolo 1664, primo comma, del Codice Civile, salvo quanto disposto dall'articolo 106, comma 1 lettera a), del Codice.

### **Articolo 9. Pagamenti in acconto e pagamenti a saldo.**

1. Ai sensi e con le modalità dell'art. 35 comma 18 del Codice, è prevista la corresponsione in favore dell'appaltatore di un'anticipazione pari al 20% (venti per cento) calcolato in base al valore del contratto dell'appalto, pari ad Euro \_\_\_\_\_ (Euro \_\_\_\_\_)

2. All'appaltatore saranno corrisposti pagamenti in acconto in ragione dell'effettivo andamento dei lavori ogni \_\_\_\_\_.(\_\_\_\_\_) giorni, qualunque ne sia il

loro ammontare, con le modalità di cui agli artt. 13 e 14 del Decreto, al netto della ritenuta dello 0,50% di cui all'art. 30, comma 5-bis, del Codice.

La persona/e abilitata/e a sottoscrivere i documenti contabili é/sono\_\_\_\_\_

L'appaltatore è obbligato a emettere fattura elettronica; in caso di mancato adempimento a tale obbligo il Comune di Genova non potrà liquidare i corrispettivi dovuti e rigetterà le fatture elettroniche pervenute qualora non contengano i seguenti dati: il numero d'ordine qualora indicato dalla Civica Amministrazione, il numero di C.I.G. (C.U.P. se previsto) e il codice IPA che è il seguente\_\_\_\_\_

Quest'ultimo codice potrà essere modificato in corso di esecuzione del contratto, l'eventuale modifica verrà prontamente comunicata al fornitore via PEC.

Le Parti stabiliscono che i pagamenti relativi dovranno essere effettuati dal Comune entro i termini di:

- 30 giorni dalla maturazione dello stato di avanzamento per l'emissione del certificato di pagamento;

- 30 giorni dall'emissione del certificato di pagamento per l'ordine di pagamento.

Ciascun pagamento sia nei confronti dell'appaltatore che degli eventuali subappaltatori, sarà subordinato alla verifica della regolarità del Documento Unico di Regolarità Contributiva (D.U.R.C.).

7 / 14

In caso inadempienza contributiva e/o di ritardo nel pagamento delle retribuzioni dovute al personale dipendente dell'esecutore o del subappaltatore o dei soggetti titolari di subappalti e cottimi, si applicano le disposizioni di cui all'articolo 30, commi 5 e 6 del Codice.

Si procederà al pagamento dei subappaltatori, in conformità a quanto prescritto dall'art. 105 del Codice.

Qualora i lavori rimangano sospesi per un periodo superiore a 45 (quarantacinque) giorni per cause non dipendenti dall'appaltatore e comunque non imputabili al medesimo, l'appaltatore può chiedere ed ottenere che si provveda alla redazione dello stato di avanzamento ed alla emissione del certificato di pagamento.

Il Direttore dei Lavori, a seguito della Certificazione dell'ultimazione degli stessi, compilerà il conto finale dei lavori con le modalità di cui all'art.14, comma 1, lett.e), del Decreto.

All'esito positivo del collaudo, il RUP rilascia il certificato di pagamento relativo alla rata di saldo, ai sensi dell'art. 113-bis, comma 3, del Codice.

Il pagamento della rata di saldo è comunque subordinato alla costituzione di una cauzione o garanzia fideiussoria bancaria o assicurativa ai sensi dell'art 103, comma 6, del Codice.

Nel caso di pagamenti di importo superiore ad Euro cinquemila, il Comune, prima di effettuare il pagamento a favore del beneficiario, provvederà ad una specifica verifica, ai sensi di quanto disposto dall'art. 4 del D.M.E. e F. n. 40 del 18.01.2008.

3. Ai sensi e per gli effetti dell'art. 3, comma 5, della L. n. 136/2010 e s.m.i., il C.U.P. dell'intervento é \_\_\_\_\_ e il C.I.G. attribuito alla gara é \_\_\_\_\_

**(in caso di raggruppamento temporaneo)**

Relativamente all'Impresa Capogruppo, i pagamenti saranno effettuati mediante l'emissione di bonifico bancario presso l'Istituto bancario \_\_\_\_\_ - Agenzia n. \_\_\_\_\_ di \_\_\_\_\_ -Codice IBAN IT \_\_\_\_\_, dedicato, anche in via non esclusiva, alle commesse pubbliche, ai sensi dell'art. 3, comma 1, della Legge n. 136/2010 e s.m.i. .

La/e persona/e titolare/i o delegata/e a operare sul/i suddetto/i conto/i bancario/bancari è/ sono:

\_\_\_\_\_ stesso - Codice Fiscale \_\_\_\_\_ e \_\_\_\_\_ nato/a a \_\_\_\_\_ il \_\_\_\_\_ - Codice Fiscale \_\_\_\_\_

Relativamente all'Impresa Mandante i pagamenti saranno effettuati mediante l'emissione di bonifico bancario presso l'Istituto bancario \_\_\_\_\_ - Agenzia n. \_\_\_\_\_ di \_\_\_\_\_ -Codice IBAN IT \_\_\_\_\_, dedicato, anche in via non esclusiva, alle commesse pubbliche, ai sensi dell'art. 3, comma 1, della Legge n. 136/2010 e s.m.i. .

La/e persona/e titolare/i o delegata/e a operare sul/i suddetto/i conto/i bancario/bancari è/ sono:

\_\_\_\_\_ stesso - Codice Fiscale \_\_\_\_\_ e \_\_\_\_\_ nato/a a \_\_\_\_\_ il \_\_\_\_\_ - Codice Fiscale \_\_\_\_\_

**(in caso di impresa singola)**

I pagamenti saranno effettuati mediante l'emissione di bonifico bancario presso l'Istituto bancario \_\_\_\_\_ - Agenzia n. \_\_\_\_\_ di \_\_\_\_\_ -Codice IBAN IT \_\_\_\_\_, dedicato, anche in via non esclusiva, alle commesse pubbliche, ai sensi dell'art. 3, comma 1, della Legge n. 136/2010 e s.m.i. .

La/e persona/e titolare/i o delegata/e a operare sul/i suddetto/i conto/i bancario/bancari è/ sono:

\_\_\_\_\_ stesso - Codice Fiscale \_\_\_\_\_ e \_\_\_\_\_ nato/a a \_\_\_\_\_ il \_\_\_\_\_ - Codice Fiscale \_\_\_\_\_

## **segue sempre**

Tutti i movimenti finanziari relativi al presente appalto devono essere registrati sui conti correnti dedicati anche in via non esclusiva e, salvo quanto previsto dall'art. 3, comma 3, della Legge n. 136/2010 e s.m.i., devono essere effettuati esclusivamente tramite lo strumento del bonifico bancario o postale o con altri strumenti di incasso o di pagamento idonei a garantire la piena tracciabilità delle operazioni. In particolare i pagamenti destinati ai dipendenti, consulenti e fornitori di beni e servizi rientranti tra le spese generali, nonché quelli destinati all'acquisto di immobilizzazioni tecniche devono essere eseguiti tramite conto corrente dedicato anche in via non esclusiva alle commesse pubbliche, per il totale dovuto, anche se non riferibile in via esclusiva alla realizzazione degli interventi.

L'appaltatore medesimo si impegna a comunicare, ai sensi dell'art. 3, comma 7, della Legge n. 136/2010 e s.m.i., al Comune, entro sette giorni, eventuali modifiche degli estremi indicati e si assume espressamente tutti gli obblighi di tracciabilità dei flussi finanziari previsti e derivanti dall'applicazione della Legge n. 136/2010 e s.m.i..

*(Se appalto finanziato con mutuo cassa depositi e prestiti inserire) Il calcolo del tempo contrattuale per la decorrenza degli interessi di ritardato pagamento non tiene conto dei giorni intercorrenti tra la spedizione delle domande di somministrazione e la ricezione del relativo mandato di pagamento presso la competente sezione di Tesoreria Provinciale.*

L'articolo 106, comma 13, del Codice regola la cessione di crediti. In ogni caso la Civica Amministrazione potrà opporre al cessionario tutte le eccezioni opponibili al cedente in base al presente contratto.

9 / 14

### **Art. 10. Ultimazione dei lavori.**

L'intervenuta ultimazione dei lavori viene accertata e certificata dal Direttore dei Lavori secondo le modalità previste dall'art. 12, comma 1, del Decreto.

Il certificato di ultimazione dei lavori può prevedere l'assegnazione di un termine perentorio, non superiore a sessanta giorni, per il completamento di lavorazioni di piccola entità, accertate da parte del Direttore dei Lavori come del tutto marginali e non incidenti sull'uso e sulla funzionalità dei lavori.

### **Articolo 11. Regolare esecuzione, gratuita manutenzione.**

1.L' accertamento della regolare esecuzione dei lavori, nei modi e nei termini di cui all'art. 102 del Codice, secondo le prescrizioni tecniche prestabilite e in conformità al presente contratto, avviene con l'emissione del Certificato di Regolare Esecuzione. Le Parti convengono che detta emissione avvenga non oltre tre mesi dalla data di ultimazione delle prestazioni oggetto del contratto.

2. L'appaltatore deve provvedere alla custodia, alla buona conservazione e alla gratuita manutenzione di tutte le opere e impianti oggetto dell'appalto fino all'approvazione degli atti di collaudo da effettuarsi entro i termini di legge; resta nella facoltà della Stazione Appaltante richiedere la consegna anticipata di parte o di tutte le opere ultimate.



## **Articolo 12. Risoluzione del contratto e recesso della Stazione Appaltante.**

Il Comune procederà alla risoluzione del contratto, nei casi individuati dall'art. 108 del Codice.

Costituiscono comunque causa di risoluzione:

1. grave negligenza e/o frode nell'esecuzione dei lavori;
2. inadempimento alle disposizioni del Direttore dei Lavori, pregiudizievole del rispetto dei termini di esecuzione del contratto;
3. manifesta incapacità o inidoneità nell'esecuzione dei lavori;
4. sospensione o rallentamento dei lavori, senza giustificato motivo, in misura tale da pregiudicare la realizzazione dei lavori stessi nei termini previsti dal contratto;
5. subappalto non autorizzato, associazione in partecipazione, cessione anche parziale del contratto;
6. non rispondenza dei beni forniti alle specifiche di contratto e allo scopo dell'opera, in misura tale da pregiudicare la funzionalità dell'opera;
7. proposta motivata del coordinatore per la sicurezza nella fase esecutiva ai sensi dell'art. 92, comma 1, lettera e), del D.Lgs. 9 aprile 2008 n. 81;
8. impiego di manodopera con modalità irregolari o ricorso a forme di intermediazione abusiva per il reclutamento della manodopera;
9. inadempimento da parte dell'appaltatore, subappaltatore o subcontraente degli obblighi di tracciabilità finanziaria di cui alla Legge n. 136/2010 e s.m.i.;
10. in caso di esito interdittivo delle informative antimafia emesse dalla Prefettura per l'aggiudicatario provvisorio o il contraente;
11. in caso d'inosservanza degli impegni di comunicazione alla Committenza per il successivo inoltra alla Prefettura di ogni illecita richiesta di danaro, prestazione o altra utilità nonché offerta di protezione o ogni illecita interferenza avanzata prima della gara e/o dell'affidamento ovvero nel corso dell'esecuzione dei lavori nei confronti di un proprio rappresentante, agente o dipendente, delle imprese subappaltatrici e di ogni altro soggetto che intervenga a qualsiasi titolo nella realizzazione dell'intervento e di cui lo stesso venga a conoscenza;
12. in caso d'inosservanza degli impegni di comunicazione alla Prefettura, ai fini delle necessarie verifiche, dei dati relativi alle società e alle imprese, anche con riferimento agli assetti societari, di cui intende avvalersi nell'affidamento dei servizi di seguito elencati:
  - A. trasporto di materiale a discarica,
  - B. trasporto e/o smaltimento rifiuti,
  - C. fornitura e/o trasporto di terra e/o di materiali inerti e/o di calcestruzzo e/o di bitume,
  - D. acquisizioni dirette e indirette di materiale di cava per inerti e di materiale di cava a prestito per movimento terra,
  - E. fornitura di ferro lavorato,
  - F. noli a freddo di macchinari, fornitura con posa in opera e noli a caldo (qualora gli stessi non debbano essere assimilati al subappalto ai sensi dell'art.105 del codice),
  - G. servizio di autotrasporto,
  - H. guardianaggio di cantiere,
  - I. alloggio e vitto delle maestranze.

Fatto salvo, nei casi di risoluzione, il diritto all'escussione della garanzia prestata dall'appaltatore ai sensi dell'art.103 del codice, l'appaltatore è sempre tenuto al risarcimento dei danni a lui imputabili.

Ai sensi e con le modalità di cui all'art. 109 del codice, il Comune ha il diritto di recedere in qualunque tempo dal contratto, previo il pagamento dei lavori eseguiti, nonché del valore dei materiali utili esistenti in cantiere e del decimo dell'importo delle opere non eseguite, calcolato sulla base del comma 2 del predetto articolo.

### **Articolo 13. Controversie.**

1. Qualora siano iscritte riserve sui documenti contabili, trova applicazione l'art. 205 del codice in tema di accordo bonario.

2. In ottemperanza all'art. 205 comma 2 del Codice, prima dell'approvazione del Certificato di Regolare Esecuzione, qualunque sia l'importo delle riserve, il RUP attiva l'accordo bonario per la risoluzione delle riserve iscritte.

Tutte le controversie conseguenti al mancato raggiungimento dell'accordo bonario di cui l'art. 205 del Codice, saranno devolute all'Autorità Giudiziaria competente - Foro esclusivo di Genova.

## **TITOLO III - ADEMPIMENTI CONTRATTUALI SPECIALI**

### **Articolo 14. Sicurezza e salute dei lavoratori nel cantiere.**

1. L'Impresa\_\_\_\_\_ ha depositato presso la Stazione Appaltante:

a) il documento di valutazione dei rischi di cui all'art. 17, comma 1, lettera a), del D.Lgs. 9 aprile 2008 n. 81, redatto secondo le prescrizioni di cui all'articolo 28 del medesimo Decreto;

b) un proprio Piano Operativo di Sicurezza per quanto attiene alle proprie scelte autonome e relativa responsabilità nell'organizzazione del cantiere e nell'esecuzione dei lavori, quale piano complementare di dettaglio del Piano di Sicurezza e di Coordinamento di cui al successivo capoverso.

**qualora l'esecutore sia un R.T.I.:** I documenti di cui sopra, redatti con riferimento alle lavorazioni di competenza, sono stati altresì depositati dall'Impresa mandante\_\_\_\_\_.

La Stazione Appaltante ha messo a disposizione il Piano di Sicurezza e di Coordinamento di cui all'art. 100 del D.Lgs. 9 aprile 2008 n. 81, predisposto da\_\_\_\_\_ in data \_\_\_\_\_, del quale l'appaltatore, avendone sottoscritto per accettazione l'integrale contenuto, assume ogni onere e obbligo. Quest'ultimo ha facoltà altresì di redigerne eventuali integrazioni ai sensi di legge e in ottemperanza all'art. \_\_\_\_\_ del Capitolato Speciale d'Appalto.

2. Il Piano di Sicurezza e di Coordinamento di cui al precedente capoverso e il/i Piano/i Operativo/i di Sicurezza di cui alla lettera b), formano parte integrante e sostanziale del presente contratto d'appalto, pur non essendo allo stesso materialmente allegati, ma sono depositati agli atti.

### **Articolo 15. Subappalto.**



1. Il contratto non può essere ceduto, a pena di nullità.
2. I lavori che l'appaltatore ha indicato in sede di offerta di subappaltare, nel rispetto dell'art. 105 del Codice, riguardano le seguenti attività: \_\_\_\_\_ facenti parte della Categoria prevalente ( \_\_\_\_\_ ) e i lavori appartenenti alle Categorie \_\_\_\_\_

#### **Articolo 16. Garanzia fidejussoria a titolo di cauzione definitiva.**

1. A garanzia degli impegni assunti con il presente contratto o previsti negli atti da questo richiamati, l'appaltatore ha prestato apposita garanzia definitiva mediante polizza fidejussoria rilasciata da \_\_\_\_\_ - Agenzia di \_\_\_\_\_.  
Cod. \_\_\_\_\_ - numero \_\_\_\_\_, emessa in data \_\_\_\_\_ per l'importo di Euro \_\_\_\_\_ (\_\_\_\_/\_\_\_\_), pari al \_\_\_\_\_ % ( \_\_\_\_\_ percento **(INSERIRE percentuale esatta del conteggio della cauzione)** dell'importo del presente contratto, **EVENTUALE** ridotto nella misura del .....% ricorrendo i presupposti di applicazione degli artt. 103 e 93, comma 7, del Codice, avente validità sino a \_\_\_\_\_, comunque fino alla data di emissione del Certificato di Regolare Esecuzione e- in ogni caso- fino al decorso di 12 (dodici) mesi dalla data di ultimazione lavori risultante dal relativo certificato, con previsione di proroghe semestrali / annuali .

2. La garanzia deve essere integrata ogni volta che la Stazione Appaltante abbia proceduto alla sua escussione, anche parziale, ai sensi del presente contratto.

#### **Articolo 17. Responsabilità verso terzi e assicurazione.**

12 / 14

1. L'appaltatore assume la responsabilità di danni arrecati a persone e cose in conseguenza dell'esecuzione dei lavori e delle attività connesse, nonché a quelli che essa dovesse arrecare a terzi, sollevando il Comune di Genova da ogni responsabilità al riguardo.

2. Ai sensi e per gli effetti dell'art. 103 comma 7 del codice, l'appaltatore s'impegna a stipulare / ha stipulato polizza assicurativa che tenga / per tenere indenne il Comune dai rischi derivanti dall'esecuzione dei lavori a causa del danneggiamento o della distruzione totale o parziale di impianti ed opere, anche preesistenti, con una somma assicurata pari a Euro \_\_\_\_\_ ( \_\_\_\_\_ ) **(inserire importo contrattuale)** e che preveda una garanzia per responsabilità civile verso terzi per un massimale di Euro 500.000,00 (Cinquecentomila/00).

Qualora per il mancato rispetto di condizioni previste dalla polizza, secondo quanto stabilito dalla relativa disciplina contrattuale, la garanzia della polizza assicurativa per i danni da esecuzione non sia operante, l'appaltatore sarà direttamente responsabile nei confronti del Comune per i danni da questo subiti in dipendenza dell'esecuzione del contratto d'appalto.

#### **TITOLO IV - DISPOSIZIONI FINALI**

#### **Articolo 18. Documenti che fanno parte del contratto.**

1. Fanno parte integrante del presente contratto, sebbene non allegati in quanto non materialmente e fisicamente uniti al medesimo, ma depositati agli atti del Comune di

Genova, avendone comunque le Parti preso diretta conoscenza e accettandoli integralmente, i seguenti documenti:

- il Capitolato Generale d'Appalto approvato con D.M. 19 aprile 2000 n. 145 per quanto ancora vigente;
- tutti gli elaborati grafici progettuali elencati all'art. \_\_, del Capitolato Speciale d'Appalto;
- l'elenco dei prezzi unitari individuato ai sensi dell'art. \_\_\_ del presente contratto **ovvero** la lista lavorazione e forniture dell'appaltatore;
- i piani di sicurezza previsto dall'art. \_\_\_\_\_ del presente contratto;

#### **Articolo 19. Elezione del domicilio.**

L'appaltatore, ai sensi dell'art. 2 comma 1 del D.M. n. 145/2000 elegge domicilio, in Genova, presso: .....

#### **Art. 20 Informativa sul trattamento dei dati personali (art. 13 Regolamento UE n. 679/2016).**

Il Comune di Genova, in qualità di titolare (con sede in Genova, Via Garibaldi 9- telefono 010.557111; indirizzo e-mail [urpgenova@comune.genova.it](mailto:urpgenova@comune.genova.it); casella di posta elettronica certificata (PEC) [comunegenova@postemailcertificata.it](mailto:comunegenova@postemailcertificata.it)), tratterà i dati personali conferiti con il presente contratto, con modalità prevalentemente informatiche e telematiche, secondo quanto previsto dal Regolamento (UE) 2016/679, per i fini connessi al presente atto e dipendenti formalità, ivi incluse le finalità di archiviazione, di ricerca storica e di analisi per scopi statistici.

13 / 14

#### **Articolo 21. Spese di contratto, imposte, tasse e trattamento fiscale.**

1. Tutte le spese alle quali darà luogo il presente atto, inerenti e conseguenti (imposte, tasse, diritti di segreteria ecc.), comprese quelle occorse per la procedura di gara svoltasi nei giorni \_\_\_\_\_ in prima seduta e \_\_\_\_\_ **(eventuale... in seconda seduta)** sono a carico dell'appaltatore, che, come sopra costituito, vi si obbliga.

2. Sono altresì a carico dell'appaltatore tutte le spese di bollo per gli atti occorrenti per la gestione del lavoro, dal giorno della consegna a quello della data di emissione del Certificato di Regolare Esecuzione.

3. Ai fini fiscali si dichiara che i lavori di cui al presente contratto sono soggetti all'imposta sul valore aggiunto, per cui si richiede la registrazione in misura fissa ai sensi dell'art. 40 del D.P.R. 26 aprile 1986 n. 131.

4. L'imposta sul Valore Aggiunto, alle aliquote di legge, è a carico della Stazione Appaltante.

5. Tutti gli allegati in formato digitale al presente atto o i documenti richiamati in quanto depositati presso gli Uffici comunali, sono da intendersi quale parte integrante e

sostanziale di esso e, le Parti, avendone piena conoscenza, col mio consenso, mi dispensano di darne lettura.

Richiesto io, Ufficiale Rogante del Comune ho ricevuto il presente atto che consta in numero \_\_\_\_\_ pagine da me redatto su supporto informatico non modificabile e letto, mediante l'uso e il controllo personale degli strumenti informatici, alle Parti comparenti, le quali lo approvano e sottoscrivono in mia presenza mediante apposizione di firma elettronica (acquisizione digitale di sottoscrizione autografa).

Dopo di che io Ufficiale Rogante ho apposto la mia firma digitale alla presenza delle Parti.

Per il Comune di Genova

Per l'appaltatore

Dott ..... Ufficiale Rogante

*(atto sottoscritto digitalmente)*