

**CUP: D73D2000410005**

**CIG: 8836588719**

**CAPITOLATO D'ONERI**

**PER L'AFFIDAMENTO DI**

**INDAGINI E STUDI FINALIZZATI ALLA RIVALUTAZIONE SISMICA DELLE OPERE  
ACCESSORIE E DEL CORPO DIGA A SERVIZIO DELL'INVASO DI MONTE  
COTUGNO, NEL COMUNE DI SENISE (PZ) CON INDIVIDUAZIONE DELLE  
PRIORITY DI AZIONE**



*Commissario Straordinario di Governo art.1, c.154, L.145/2018*

---

**Indice**

PARTE I – NORME AMMINISTRATIVE.....	6
Articolo 1 - Finalità.....	6
Articolo 2 - Definizioni.....	6
Articolo 3 - Oggetto.....	7
Articolo 4 - Articolazione del servizio e modalità di esecuzione.....	8
Articolo 5 - Avvio dell’esecuzione del contratto e inizio delle prestazioni.....	10
Articolo 6 - Termine per l’esecuzione dei Servizi.....	11
Articolo 7 - Penali per non conformità - Penali per ritardo.....	13
Articolo 8 - Programma esecutivo dell’appaltatore e cronoprogramma.....	15
Articolo 9 - Inderogabilità dei termini di esecuzione.....	16
Articolo 10 - Corrispettivo.....	16
Articolo 11 - Modalità di pagamento.....	18
Articolo 12 - Invariabilità dei prezzi.....	21
Articolo 13 - Cessione del contratto e cessione dei crediti.....	22
Articolo 14 - Direzione dell’esecuzione del contratto.....	22
Articolo 15 - Controlli e verifiche in corso di esecuzione.....	23
Articolo 16 - Ultimazione dei servizi.....	23
Articolo 17 - Verifiche di conformità.....	24
Articolo 18 - Modifiche contrattuali.....	25
Articolo 19 - Garanzia provvisoria.....	25
Articolo 20 - Garanzia definitiva.....	25
Articolo 21 - Riduzione delle garanzie.....	26
Articolo 22 - Assicurazioni a carico dell’Appaltatore.....	26
Articolo 23 - Responsabilità e obblighi dell’Operatore economico.....	28
Articolo 24 - Subappalto.....	28
Articolo 25 - Responsabilità in materia di subappalto.....	30
Articolo 26 - Pagamento dei subappaltatori e ritardi nei pagamenti.....	30
Articolo 27 - Norme di sicurezza generali ed adempimenti in materia di manodopera.....	31
Articolo 28 - Sicurezza sul luogo di lavoro.....	32
Articolo 29 - Piano operativo di sicurezza.....	32
Articolo 30 - Controversie.....	33



*Commissario Straordinario di Governo art.1, c.154, L.145/2018*

---

Articolo 31 - Risoluzione del contratto.....	33
Articolo 32 - Risoluzione del contratto per gravi inadempimenti e irregolarità.....	35
Articolo 33 - Recesso dal contratto.....	36
Articolo 34 - Responsabilità dell'Appaltatore verso la Stazione Appaltante e terzi.....	36
Articolo 35 - Danni imputabili all'Appaltatore.....	37
Articolo 36 - Comunicazioni all'Appaltatore.....	37
Articolo 37 - Costatazioni in contraddittorio.....	38
Articolo 38 - Oneri ed obblighi diversi a carico dell'Appaltatore.....	38
Articolo 39 - Obblighi speciali a carico dell'Appaltatore.....	40
Articolo 40 - Spese contrattuali, imposte, tasse.....	40
Articolo 41 - Proprietà delle risultanze del servizio.....	41
Articolo 42 - Brevetti e diritti d'autore.....	41
Articolo 43 - Impegno di riservatezza.....	41
Articolo 44 - Domicilio.....	42
Articolo 45 - Allegati e normativa applicabile.....	42
PARTE II – INDAGINI DIAGNOSTICHE E GEOGNOSTICHE.....	44
Articolo 46 - Generalità.....	44
Articolo 47 - Riferimenti normativi.....	44
Articolo 48 - Stabilità spondale.....	47
Articolo 49 - Breve descrizione della diga e dell'invaso.....	47
Articolo 50 - Inquadramento geologico dell'area.....	50
Articolo 51 - Opere accessorie.....	51
Articolo 52 - Scarico di superficie n. 1.....	52
Articolo 53 - Scarico di superficie n. 2.....	54
Articolo 54 - Vasca di dissipazione n. 1 in destra.....	55
Articolo 55 - Vasca di dissipazione n. 2 in Sinistra.....	57
Articolo 56 - Torre di presa e viadotto di accesso.....	58
Articolo 57 - Pozzo di accesso alla camera di manovra.....	60
Articolo 58 - Locale Gruppo Elettrogeno.....	61
Articolo 59 - Generalità.....	62
Articolo 60 - Livello di conoscenza.....	66
Articolo 61 - Tipologia di indagini.....	70



*Commissario Straordinario di Governo art.1, c.154, L.145/2018*

---

Articolo 62 - Sintesi prove diagnostiche.....	72
Articolo 63 - Saggi e rilievi dei dettagli esecutivi.....	72
Articolo 64 - Prelievo di provini cilindrici da strutture in cls.....	73
Articolo 65 - Preparazione dei provini da sottoporre a prove di laboratorio.....	74
Articolo 66 - Prove di laboratorio sui provini di cls.....	74
Articolo 67 - Prelievo delle barre d'armatura.....	75
Articolo 68 - Prove di laboratorio a trazione sulle barre di armatura.....	75
Articolo 69 - Determinazione della profondità di carbonatazione.....	75
Articolo 70 - Ripristini elementi strutturali in c.a.....	76
Articolo 71 - Indagine magnetometrica con pacometro.....	76
Articolo 72 - Prove combinate non distruttive con METODO SONREB.....	77
Articolo 73 - Prova di durezza LEEB.....	78
Articolo 74 - Prova con Penetrometro Tipo "Windsor-Pin".....	79
Articolo 75 - Esecuzione e controllo delle unioni bullonate.....	79
Articolo 76 - Prove di laboratorio a trazione su viti e bulloni.....	81
Articolo 77 - Generalità.....	81
Articolo 78 - Riepilogo indagine geognostiche in sito.....	83
Articolo 79 - Stendimenti sismici a rifrazione.....	85
Articolo 80 - Multichannel Analysis of Surface Waves (M.A.S.W.).....	89
Articolo 81 - Prova sismica passiva a stazione singola (HVR).....	91
Articolo 82 - Geoelettriche (tomografie elettriche di resistività).....	95
Articolo 83 - Sondaggi.....	99
Articolo 84 - Installazione della strumentazione di monitoraggio.....	101
Articolo 85 - Cross-hole.....	106
Articolo 86 - Prove di permeabilità Lugeon.....	107
Articolo 87 - Prove Penetrometriche Dinamiche (S.P.T.).....	110
Articolo 88 - Prove Penetrometriche Dinamiche di tipo Ultrapesante (D.P.S.H.).....	113
Articolo 89 - Prove pressiometriche.....	115
Articolo 90 - Sintesi indagini di laboratorio.....	118
Articolo 91 - Trattamento dei campioni in laboratorio.....	119
Articolo 92 - Classificazione dei terreni.....	136
Articolo 93 - Analisi granulometrica.....	145
Articolo 94 - Peso specifico dei grani.....	148



*Commissario Straordinario di Governo art.1, c.154, L.145/2018*

---

Articolo 95 - Contenuto naturale d'acqua.....	149
Articolo 96 - Peso di volume.....	150
Articolo 97 - Limiti di Atterberg.....	150
Articolo 98 - Prova edometrica.....	156
Articolo 99 - Prova triassiale - Generalità.....	161
Articolo 100 - Prova triassiale consolidata drenata (CD).....	166
Articolo 101 - Prova triassiale consolidata non drenata con misura delle pressioni neutre ( $CU_{PN}$ ). 168	
Articolo 102 - Prove dinamiche e cicliche - generalità.....	171
Articolo 103 - Prova triassiale ciclica.....	173
Articolo 104 - Prova di Colonna Risonante.....	175
Articolo 105 - Riferimenti bibliografici.....	175



---

**PARTE I – NORME AMMINISTRATIVE**

**CAPO I – NATURA E OGGETTO DELL'APPALTO**

**Articolo 1 - Finalità**

**1.1.** Il presente documento, di seguito denominato “Capitolato”, costituisce parte integrante e sostanziale del contratto per l'affidamento in epigrafe, unitamente all'Offerta (come definita ai sensi del successivo articolo 2) corredata dai relativi allegati ivi citati.

**Articolo 2 - Definizioni**

**2.1.** Nell'ambito del presente documento s'intende per:

- 1 Appalto: indagini e studi finalizzati alla rivalutazione sismica delle opere accessorie e del corpo diga a servizio dell'invaso di Monte Cotugno, nel comune di Senise (PZ);
- 2 Operatore economico o Appaltatore: il soggetto affidatario dei servizi oggetto dell'Appalto;
- 3 Codice dei Contratti: il “Codice”, approvato con D. Lgs. 18 aprile 2016, n. 50 e ss.mm.ii.;
- 4 Intervento: l'intervento in epigrafe;
- 5 Servizio: indagini e studi finalizzati alla rivalutazione sismica delle opere accessorie e del corpo diga a servizio dell'invaso di Monte Cotugno, nei comuni di Senise (PZ) con individuazione delle priorità di azione;
- 6 DIP: Documento di indirizzo per l'affidamento delle prestazioni (studi, indagini e verifiche) finalizzate alla rivalutazione sismica della diga di Monte Cotugno;
- 7 Offerta: l'intero complesso di atti e documenti presentati dall'Operatore economico, in sede di gara;
- 8 Stazione Appaltante: Commissario Straordinario di Governo ex art. 1 comma 154, lett. b), L. 145/2018;
- 9 RUP: il Responsabile Unico del Procedimento ex articolo 31 del Codice dei Contratti;
- 10 Linee Guida: le Linee guida n. 1, di attuazione del Codice dei Contratti, recanti “*Indirizzi generali sull'affidamento dei servizi attinenti all'architettura e all'ingegneria*”, approvate dall'Autorità Nazionale Anticorruzione (A.N.AC.) con delibera n. 973 del 14 settembre 2016, e aggiornate al D. Lgs. 19 aprile 2017, n. 56 con delibera A.N.AC. n. 138 del 21 febbraio 2018 e successiva delibera A.N.AC. n. 417 del 15 maggio 2019.



### **Articolo 3 - Oggetto**

**3.1** Ai sensi degli articoli 23 e 24 del Codice dei Contratti, l'appalto ha per oggetto l'affidamento delle *“Indagini e studi finalizzati alla rivalutazione sismica delle opere accessorie e del corpo diga a servizio dell'invaso di Monte Cotugno, nel comune di Senise (PZ), con individuazione delle priorità di azione”* come da elenco prestazioni di cui alle tabelle nn. 1 e 2 del disciplinare di gara.

**3.2** Il Servizio oggetto dell'Appalto dovrà essere svolto secondo le modalità, nei termini ed alle condizioni stabilite nel presente Capitolato e nell'Offerta presentata in sede di gara dall'Operatore economico.

**3.3** Le prestazioni oggetto dell'Appalto vengono di seguito elencate:

- indagini corpo diga e terreni di fondazione, che comprendono:
  - sondaggi a carotaggio continuo;
  - sondaggi a distruzione di nucleo;
  - prelievo di campioni per prove laboratorio;
  - prove penetrometriche S.P.T. in foro di sondaggio;
  - prove permeabilità Lugeon in foro di sondaggio
  - prove pressiometriche tipo Menard in foro di sondaggio;
  - prove sismiche a rifrazione tipo Cross-Hole;
  - stendimenti sismici a rifrazione;
  - analisi sismica multicanale tipo M.A.S.W.;
  - misura del rumore di fondo su stazione singolo (misura del rapporto spettrale HVR);
  - tomografie geoelettriche;
  - prove penetrometriche ultraspesanti DPSH.
- prove corpo diga e terreni di fondazione, su campioni prelevati in foro di sondaggio, che comprendono:
  - caratterizzazione fisica dei terreni;
  - prove triassiali consolidate drenate (CD);
  - prove triassiali consolidate non drenate (CU) con misura delle pressioni neutre;
  - prove edometriche (ED);
  - prove triassiali cicliche (TXC) a rottura;
  - prove triassiali cicliche (TXC) per la definizione del comportamento alla liquefazione;
  - prove di colonna risonante.



- indagini opere accessorie, che comprendono:
  - prelievo di carote cls;
  - prelievo di barre acciaio;
  - prelievo di profili in acciaio;
  - prelievo viti in acciaio;
  - prove pacometriche;
  - prove combinate “SONREB”;
  - prove penetrometriche “WINDSOR-PIN”;
  - prove di durezza “LEEB”;
  - verifica coppia di serraggio dei bulloni;
- prove opere accessorie, sui materiali prelevati:
  - prove di compressione cls;
  - prove a trazione delle barre in acciaio;
  - prova a trazione delle viti in acciaio;
  - prova di trazione di provette di profili in acciaio.
- rilievi topografici;
- rivalutazione sismica, che comprende: attività conoscitiva, programmazione e coordinamento delle indagini, rivalutazione sismica del corpo diga e delle opere accessorie relative all’invaso di Monte Cotugno, giudizio di vulnerabilità sismica, prioritizzazione degli interventi e linee guida per la successiva fase di progettazione degli eventuali interventi di adeguamento e/o miglioramento prestazionale necessari.

**3.3** Il luogo di esecuzione delle attività sarà la sede dell’operatore economico per quanto attiene alle attività di rivalutazione sismica, ad esclusione delle indagini (corpo diga e opere accessorie), che saranno eseguite nel comune di Senise (PZ) e delle prove di laboratorio, e fatte salve le prerogative del RUP in materia di convocazione di riunioni.

#### **Articolo 4 - Articolazione del servizio e modalità di esecuzione**

**4.1** Le prestazioni oggetto dell’Appalto si svilupperanno in quattro fasi operative, come di seguito articolate:

##### **Fase I**

- definizione del quadro conoscitivo, rilievi e ricognizioni iniziali
- aggiornamento piano indagini con l’offerta migliorativa



**Fase II**

- esecuzione della campagna “materiali” (indagini in “situ” e prove di laboratorio)
- esecuzione della campagna “geotecnica” (indagini in “situ” e prove di laboratorio)
- prime indicazioni sulla vulnerabilità sismica delle opere accessorie “strategiche”

**Fase III**

- verifiche sismiche delle opere accessorie
- giudizio di vulnerabilità e prioritizzazione delle criticità (opere accessorie)
- indirizzi per la successiva fase di progettazione (opere accessorie)

**Fase IV**

- verifiche sismiche dell’opera di sbarramento
- indirizzi per la successiva fase di progettazione (opera di sbarramento)

**4.2** L’Appaltatore dovrà consegnare alla Stazione Appaltante tutta la documentazione prevista dal DIP.

L’Appaltatore, al fine di garantire una univoca impostazione scientifica ed il coordinamento tra i singoli interventi, dovrà altresì indicare un professionista che avrà il ruolo di capocommessa e l’incarico dell’integrazione tra le varie prestazioni specialistiche ai sensi dell’articolo 24, comma 5, secondo periodo, del D.Lgs 50/2016. La composizione della Struttura Operativa dovrà essere quella indicata in Offerta.

Non sono ammesse sostituzioni di detto personale, salvo casi di impedimenti non riconducibili a colpa dell’Appaltatore o da questo non prevedibili al momento della consegna dell’Offerta. Prima dell’avvio delle attività oggetto del presente capitolato, l’Appaltatore dovrà eseguire una verifica congiunta con il RUP circa l’effettiva disponibilità del personale dell’Appaltatore previsto in Offerta. Qualora le verifiche anzidette indicassero l’oggettiva indisponibilità di personale dell’Appaltatore a causa di impedimenti non riconducibili a colpa dell’Appaltatore o da questo non prevedibili al momento della consegna dell’Offerta, l’Appaltatore dovrà proporre tempestivamente alla Stazione Appaltante i candidati sostitutivi che verranno valutati secondo quanto di seguito disposto. Prima di procedere ad eventuali sostituzioni nel gruppo di lavoro della Struttura Operativa, l’Appaltatore si impegna a proporre tempestivamente alla Stazione Appaltante specialisti con qualificazioni almeno pari a quelle degli specialisti da sostituire. La Stazione appaltante valuterà detti specialisti sulla base degli stessi criteri utilizzati per la valutazione delle Offerte e si riserva il diritto di rifiutare gli specialisti non ritenuti idonei. La Stazione Appaltante comunicherà per iscritto all’Appaltatore le sue determinazioni al riguardo entro 10 giorni dal ricevimento della



## *Commissario Straordinario di Governo art.1, c.154, L.145/2018*

proposta di sostituzione completa di Curriculum Vitae del candidato. Qualora all'Appaltatore non pervenga alcuna comunicazione entro il termine sopra indicato, il candidato si intende accettato. E' facoltà della Stazione Appaltante chiedere all'Appaltatore la sostituzione di uno o più componenti del gruppo di lavoro della Struttura Operativa, sulla base di congrua motivazione. La qualità del gruppo di lavoro della Struttura Operativa costituisce elemento essenziale e determinante del contratto e pertanto l'Appaltatore, pena la risoluzione, è tenuto ad osservare quanto previsto dal presente articolo con la massima diligenza.

**4.3** Lo svolgimento dei contratti dovrà avvenire nel pieno rispetto della normativa vigente in materia di contratti pubblici. L'Appaltatore si impegna ad eseguire le prestazioni di cui al contratto a regola d'arte e assicura, altresì, il corretto e tempestivo svolgimento di tutte le attività oggetto del presente capitolato

L'Appaltatore dovrà adempiere alle indicazioni del RUP che ha la facoltà di imporre, motivatamente, diverse e differenti fasi durante l'esecuzione del servizio.

L'Appaltatore si impegna ad applicare le norme contenute nel contratto collettivo nazionale di lavoro ai propri dipendenti durante l'esecuzione dei servizi che gli saranno affidati, nonché a far fronte agli obblighi di legge in materia di previdenza, assistenza sociale, assicurazione dei lavoratori e di igiene e sicurezza del lavoro, rimanendo esclusa ogni forma di responsabilità della stazione appaltante.

### **CAPO II - TERMINI PER L'ESECUZIONE**

#### **Articolo 5 - Avvio dell'esecuzione del contratto e inizio delle prestazioni**

**5.1** L'esecuzione del contratto ha inizio dopo la consegna, risultante da apposito verbale da effettuarsi a seguito della registrazione dell'impegno e comunque non oltre 15 giorni dalla convocazione dell'Appaltatore.

**5.2** All'atto della consegna, l'Appaltatore consegna a sua volta alla Stazione Appaltante il programma operativo di cui al successivo articolo. Se nel giorno fissato e comunicato l'Appaltatore non si presenta a ricevere la consegna del servizio, il RUP fissa un nuovo termine perentorio, non inferiore a 5 (cinque) giorni e non superiore a 15 (quindici); i termini per l'esecuzione decorrono comunque dalla data della prima convocazione. Decorso inutilmente il termine anzidetto, è facoltà della Stazione Appaltante di risolvere il contratto, ex art. 1456 c.c. (clausola risolutiva espressa),



## *Commissario Straordinario di Governo art.1, c.154, L.145/2018*

ferma restando la possibilità di avvalersi della garanzia fideiussoria al fine del risarcimento del danno, senza che ciò possa costituire motivo di pretese o eccezioni di sorta.

**5.3** Rimane sempre facoltà della Stazione Appaltante richiedere motivatamente, a terzi, prestazioni della stessa natura di quelle rientranti nell'oggetto del presente appalto, ovvero provvedervi direttamente senza che l'Appaltatore possa sollevare obiezioni od eccezioni di qualsiasi genere, né pretendere alcun compenso o risarcimento.

**5.4.** L'Appaltatore non potrà opporre a eventuali contestazioni di mancata, ritardata o non continuativa conduzione delle prestazioni o a ritardata ultimazione delle stesse:

- a l'esecuzione di accertamenti integrativi che l'Appaltatore ritenesse di dover effettuare, salvo che siano ordinati dalla direzione per l'esecuzione del contratto o espressamente approvati da questa;
- b il tempo necessario per l'esecuzione di prove sui campioni, di sondaggi, analisi e altre prove assimilabili;
- c il tempo necessario per l'espletamento degli adempimenti a carico dell'Appaltatore comunque previsti dal presente capitolato;
- d le eventuali controversie tra l'Appaltatore e i fornitori, subappaltatori, affidatari, altri incaricati dall'appaltatore né i ritardi o gli inadempimenti degli stessi soggetti;
- e le eventuali vertenze a carattere aziendale tra l'Appaltatore e il proprio personale dipendente.

**5.5.** Le cause di cui ai punti precedenti non possono costituire motivo per la disapplicazione delle penali di cui al presente Capitolato, né possono essere invocate dall'Appaltatore contro l'eventuale risoluzione del contratto

### **Articolo 6 - Termine per l'esecuzione dei Servizi**

**6.1** I termini per l'esecuzione delle prestazioni oggetto dell'appalto sono quantificati in complessivi **300** (trecento) giorni naturali e consecutivi a partire dalla formale comunicazione di avvio da parte del RUP - dalla sottoscrizione del verbale di consegna del servizio e con l'emissione di apposito ordine di servizio

Il soggetto incaricato dell'Appalto è tenuto al rispetto dei seguenti termini di consegna:



## *Commissario Straordinario di Governo art.1, c.154, L.145/2018*

- entro **30** giorni naturali e consecutivi dall'adozione del summenzionato ordine di servizio, il soggetto incaricato delle attività oggetto della presente procedura dovrà consegnare al Responsabile del Procedimento le risultanze delle attività svolte per la **Fase I** di cui all'articolo 4;
- entro **120** giorni naturali e consecutivi a partire dalla conclusione delle attività di cui al punto precedente, il soggetto incaricato delle attività oggetto della presente procedura dovrà consegnare al Responsabile del Procedimento le risultanze delle attività svolte per la **Fase II** di cui all'articolo 4;
- entro **90** giorni naturali e consecutivi a partire dalla conclusione delle attività di cui al punto precedente, il soggetto incaricato delle attività oggetto della presente procedura dovrà consegnare al Responsabile del Procedimento le risultanze delle attività svolte per la **Fase III** di cui all'articolo 4;
- entro **60** giorni naturali e consecutivi a partire dalla conclusione delle attività di cui al punto precedente, il soggetto incaricato delle attività oggetto della presente procedura dovrà consegnare al Responsabile del Procedimento le risultanze delle attività svolte per la **Fase IV** di cui all'articolo 4;

I tempi sopra esposti si riferiscono ai termini finali di ogni fase; il dettaglio dell'inizio di ogni fase e le consegne intermedie sono esplicitati all'interno del cronoprogramma allegato alla documentazione tecnica fornita.

Al termine di ogni singola fase la Stazione appaltante si riserva un termine congruo, fino ad un massimo di 7 giorni naturali e consecutivi, al fine di valutare e validare la documentazione prodotta dall'aggiudicatario propedeutica per il passaggio alla fase successiva che avrà inizio al termine del suddetto periodo di valutazione.

Fermo restando che ogni singola fase successiva potrà avere inizio solo all'esito positivo della predetta verifica.

I suddetti termini potranno essere sospesi solo con atti scritti motivati da parte della Stazione Appaltante o da ogni altra disposizione legislativa o regolamentare che intervenga sullo svolgimento delle prestazioni connesse all'andamento dei servizi afferenti all'intervento o, per quanto non disciplinato da disposizioni legislative o regolamentari, da ordini specifici della Stazione Appaltante.

L'Appaltatore che per cause a lui non imputabili non sia in grado di ultimare le prestazioni oggetto dell'appalto nel termine fissato, può richiederne la proroga ai sensi dell'articolo 107 co. 5 del Codice dei Contratti, con congruo anticipo rispetto alla scadenza dei termini contrattuali. In ogni



## *Commissario Straordinario di Governo art.1, c.154, L.145/2018*

caso la concessione di proroga non pregiudica i diritti spettanti all'esecutore per l'eventuale imputabilità della maggiore durata per fatto della Stazione Appaltante. Sull'istanza di proroga decide il responsabile del procedimento, entro trenta giorni naturali e consecutivi dal suo ricevimento.

L'Appaltatore non ha diritto allo scioglimento del contratto né ad alcuna indennità qualora i servizi, per qualsiasi causa non imputabile alla Stazione Appaltante, non siano ultimati nel termine contrattuale e qualunque sia il maggior tempo impiegato.

**6.2** Al fine di assicurare il costante controllo e riscontro sulle attività, l'Appaltatore dovrà:

- consentire il continuo monitoraggio da parte della Stazione Appaltante dello stato di avanzamento delle attività;
- identificare tempestivamente le eventuali cause che possano influire negativamente sulle tempistiche, e comunicarle senza indugio alla Stazione Appaltante, proponendo le adeguate azioni correttive.

**6.3** Il RUP potrà, a suo insindacabile giudizio e senza che questo possa giustificare la richiesta di ulteriori compensi da parte del soggetto incaricato, disporre l'esecuzione di specifici incontri al fine di far fronte a particolari problematiche che dovessero emergere in fase di esecuzione delle prestazioni.

### **Articolo 7 - Penali per non conformità - Penali per ritardo**

**7.1** La qualità dei servizi forniti sarà verificata dal Responsabile Unico del Procedimento.

**7.2** La Stazione Appaltante si riserva la facoltà di applicare, nei confronti dell'Appaltatore, penali proporzionate alla gravità delle non conformità rilevate:

- a in occasione delle milestones di verifica definite nel Disciplinare Tecnico;
- b prima della verifica di conformità dei singoli interventi eseguiti non sanate dall'Appaltatore, nonostante le contestazioni formulate nei modi e nei tempi richiesti dalla Stazione Appaltante. L'applicazione di dette penali non pregiudica la possibilità per la Stazione Appaltante di rivalersi nei confronti dell'Affidatario per i danni eventualmente derivanti da non conformità nella realizzazione dei servizi.



## *Commissario Straordinario di Governo art.1, c.154, L.145/2018*

7.3 Si evidenzia prioritariamente che si intendono per non conformità soggette a penali quelle che non compromettano la verifica di conformità dei singoli interventi oggetto del contratto.

7.4 Le non conformità, così come sopra definite, rispetto alle specifiche per la realizzazione dei servizi ed ai livelli di qualità prescritti, sono classificate secondo due livelli di gravità decrescente, definiti come segue:

- Critiche: qualora determinino livelli di qualità dei Servizi inferiori alle pattuizioni, con conseguenze dirette e certe sui successivi livelli di progettazione degli interventi conseguenti alle verifiche oggetto del contratto;
- Importanti/Secondarie: qualora determinino livelli di qualità dei servizi inferiori alle pattuizioni, con possibili o senza conseguenze sui successivi livelli di progettazione degli interventi conseguenti alle verifiche oggetto del contratto.

Sono considerate, in via esemplificativa e non esaustiva, non conformità critiche:

- la mancata partecipazione del Capocommessa alle riunioni di verifica di conformità intermedie e finali con i verificatori ed alle altre riunioni indette dal Responsabile Unico del Procedimento, salvo quando il motivo della mancata partecipazione sia stato previamente comunicato al Responsabile del Unico Procedimento e da questo accettato;
- il mancato rispetto da parte dell'Appaltatore dei seguenti adempimenti: mancata organizzazione delle attività con il RUP; mancato rispetto del termine previsto per adeguare gli elaborati progettuali a seguito di comunicazione del RUP, sia in fase intermedia che in fase di verifica di conformità finale; mancata o tardiva comunicazione della sostituzione degli specialisti nell'ambito del gruppo di lavoro della Struttura Operativa;
- il mancato rispetto del cronoprogramma di ogni singolo intervento o della programmazione generale della commessa;
- il mancato rispetto dei termini per la consegna degli elaborati.

7.5 Per ciascuna non conformità:

- Critica, identificata a seguito dei controlli periodici di cui sopra o identificata direttamente dalla Stazione Appaltante in qualsiasi momento, sarà applicata una penale giornaliera pari all'1 ‰ (uno per mille) del corrispettivo per ogni singolo intervento, a decorrere dalla scadenza dei termini indicati nella contestazione;



## *Commissario Straordinario di Governo art.1, c.154, L.145/2018*

---

- Importante (Secondaria), identificata a seguito dei controlli periodici di cui sopra o identificata direttamente dalla Stazione Appaltante in qualsiasi momento, sarà applicata una penale giornaliera pari all' 0,5‰ (zero virgola cinque per mille) del corrispettivo per ogni singolo intervento, a decorrere dalla scadenza dei termini indicati nella contestazione.

**7.6** In caso di inadempienza accertata agli obblighi di capitolato e contrattuali in merito alle tempistiche di consegna previste, fatte salve ulteriori responsabilità, sarà applicata, previa contestazione, una penale per ogni giorno di ritardo nell'espletamento del servizio pari allo 0,5‰ (zero virgola cinque per mille) dell'importo contrattuale. Nel caso di consegna di documentazione non completa e/o non firmata in ogni sua parte, la Stazione Appaltante rigetterà la medesima e avvierà, se del caso, il calcolo del ritardo.

**7.7** L'applicazione delle penali sarà effettuata con detrazione dai corrispettivi per i servizi in occasione del pagamento successivo alla decisione in merito all'applicazione di una sanzione.

**7.8** Nel caso in cui l'ammontare delle penali applicate all'Appaltatore superi il 10% del valore del contratto trova applicazione il Codice degli Appalti e relativa normativa ad essa collegata in materia di risoluzione del contratto stesso.

### **Articolo 8 - Programma esecutivo dell'appaltatore e cronoprogramma**

**8.1** Prima della stipula del contratto l'appaltatore è tenuto a consegnare il programma operativo, eventualmente dettagliato in sub-fasi, nonché il relativo cronoprogramma per l'esecuzione del servizio.

**8.2** Tale programma dovrà essere articolato in funzione del termine utile previsto per il servizio affidato, nonché di tutti gli altri vincoli e condizioni che derivano, per lo svolgimento del servizio, da quanto previsto dal singolo contratto e da quanto stabilito con il presente capitolato.

**8.3** La Stazione Appaltante effettuerà la verifica di congruenza dei suddetti programmi presentati dall'Appaltatore e ne comunicherà l'esito all'Appaltatore che provvederà entro il termine stabilito dal RUP ad apportare le eventuali modifiche richieste.



## *Commissario Straordinario di Governo art.1, c.154, L.145/2018*

**8.4** Una volta emessi nella versione finale ed approvati dal RUP, il suddetto Programma costituirà il riferimento da seguire per la durata del servizio, salvo eventuali riprogrammazioni che si rendessero necessarie, purché preventivamente autorizzate dal RUP.

### **Articolo 9 - Inderogabilità dei termini di esecuzione**

**9.1** Non costituiscono giustificato motivo di slittamento del termine di inizio e di ultimazione del servizio nonché della loro irregolare conduzione secondo programma:

- a l'esecuzione di accertamenti integrativi che l'Appaltatore ritenesse di dover effettuare, salvo che siano ordinati dalla direzione per l'esecuzione del contratto o espressamente approvati da questa;
- b il tempo necessario per l'esecuzione di prove sui campioni, di sondaggi, analisi e altre prove assimilabili;
- c il tempo necessario per l'espletamento degli adempimenti a carico dell'Appaltatore comunque previsti dal presente capitolato;
- d le eventuali controversie tra l'Appaltatore e i fornitori, subappaltatori, affidatari, altri incaricati dall'appaltatore né i ritardi o gli inadempimenti degli stessi soggetti;
- e le eventuali vertenze a carattere aziendale tra l'Appaltatore ed il proprio personale dipendente.

### **CAPO III - DISCIPLINA ECONOMICA**

#### **Articolo 10 - Corrispettivo**

**10.1** Il corrispettivo è determinato in base all'Offerta presentata dall'Operatore economico in sede di gara, su un valore stimato del Servizio pari ad € **891.569,62** (diconsi euro **ottocentonovantunomilacinquecentosessantanove/62**) di cui € **9.110,28** (diconsi euro **novemilacentodieci/28**) di oneri per la sicurezza non soggetti a ribasso, oltre IVA e oneri assistenziali e previdenziali di legge se dovuti.

Si rinvia al disciplinare di gara.

**10.2** Il corrispettivo, determinato a "corpo", si intende comprensivo di tutto quanto necessario alla puntuale esecuzione del Servizio affidato, in ogni sua componente prestazionale, in ottemperanza alle normative applicabili e alle disposizioni del presente Capitolato, dello Schema di Contratto e di tutti i documenti contrattuali oltreché all'offerta tecnica presentata in sede di gara



## *Commissario Straordinario di Governo art.1, c.154, L.145/2018*

dall'aggiudicatario, corredata dai relativi allegati ivi menzionati. Sono, pertanto, inclusi tutti gli oneri e le spese eventualmente necessari per lo svolgimento dei servizi e delle attività pattuite, ivi comprese le spese per le riunioni con il RUP di cui punto 3.3 dell'articolo 3, nonché le spese per i viaggi e le trasferte effettuati a qualsivoglia titolo. Si intendono compensati nei prezzi indicati nel Disciplinare di gara:

- tutti gli adempimenti necessari all'effettuazione di ulteriori rilievi, indagini, studi, sperimentazioni, prove, progettazioni di dettaglio, approvazioni e autorizzazioni che si rendessero necessari;
- tutti gli oneri contemplati dalle prescrizioni esecutive richiamate dal presente capitolato e dai suoi allegati, nonché tutti quelli ulteriori di carattere complementare ed accessorio, che sebbene non specificati, si rendano necessari per dare le prestazioni oggetto del contratto complete a regola d'arte;
- tutti gli "oneri della sicurezza" necessari a garantire la sicurezza aziendale i quali sono intrinsecamente connessi alle varie attività.

**10.3** Pertanto nei prezzi contrattuali si intende compresa e compensata ogni spesa generale e l'utile per l'Appaltatore, ogni spesa principale ed accessoria, nonché ogni compenso per tutti gli altri oneri occorrenti all'esecuzione del servizio, le opere provvisoriale e di protezione, posa in opera e/o montaggio, assistenze murarie di ogni tipo e natura, la pulizia delle aree oggetto di intervento, rilevazioni e tracciamenti, ogni lavorazione e prestazione necessaria per effettuare il servizio alle condizioni contrattuali.

**10.4** L'Appaltatore non potrà pretendere alcun compenso supplementare per le modalità e condizioni di esecuzione dell'appalto previste dal presente capitolato, né avere diritto a compensi straordinari per ubicazioni, limitazioni, sistemazioni, ecc. o per qualsiasi motivo inerente le aree di intervento, né rimborso a spese dovute per eventuali spostamenti necessari durante l'esecuzione o disposti insindacabilmente dalla Direzione dell'Esecuzione del Contratto.

**10.5** Il corrispettivo dell'Appalto comprende e compensa integralmente tutte le attività necessarie per eseguire i Servizi affidati all'operatore economico, nel rispetto di leggi, norme e regolamenti in vigore, ivi incluse tutte le attività necessarie per l'adempimento delle prescrizioni della Stazione Appaltante e/o Amministrazioni ed Enti competenti, nonché ogni ulteriore attività tecnica o amministrativa necessaria.



**10.6** Nessun corrispettivo oltre a quello previsto nel presente Capitolato è dovuto, compreso quelli conseguenti ad eventuali aggiornamenti tariffari che dovessero essere approvati nel periodo di validità del Capitolato, ovvero dovuti a rivalutazioni o revisioni di qualunque genere dei corrispettivi, nonché a qualsiasi maggiorazione per incarichi parziali o per interruzione dell'incarico per qualsiasi motivo non imputabile alla Stazione Appaltante. L'importo s'intende fisso e invariabile e non sarà, pertanto, riconosciuta alcuna maggioranza dello stesso né abbuono in caso di aumento di costi derivante da qualsivoglia ragione.

**10.7** All'importo così determinato, comprensivo di spese ed oneri, verrà applicato il ribasso percentuale unico offerto in sede di gara dall'Appaltatore e verranno aggiunte Cassa previdenziale ed IVA.

**10.8** Gli importi individuati ai sensi del precedente comma si intendono accettati dall'Appaltatore in base a calcoli di sua convenienza, a tutto suo rischio. Essi sono fissi ed invariabili.

**10.9** Per quanto attiene ai termini e alle modalità di fatturazione del pagamento, nonché agli obblighi in materia di tracciabilità dei flussi finanziari, troverà applicazione quanto previsto dalla Legge 13 agosto 2010, n. 136.

## **Articolo 11 - Modalità di pagamento**

**11.1** Il presente appalto è finanziato con le risorse FSC 2014-2020 (Piano Operativo Infrastrutture - Dighe) - Delibera CIPE n. 12/2018 (secondo addendum).

**11.2** Il pagamento del corrispettivo avverrà secondo le modalità di legge e nel rispetto di quanto previsto all'art. 12 dell'Accordo CS-MIT del 30/09/2019 "Per la definizione degli interventi per l'incremento della sicurezza delle dighe di Acerenza, Pertusillo, Camastra, Genzano, Saetta, Serra del Corvo, Conza ai sensi della Delibera CIPE n. 54/2016 e n. 12/2018" e all'Addendum all'Accordo del 04/09/2020 "Per la definizione degli interventi per l'incremento della sicurezza della diga di Monte Cotugno ai sensi della DELIBERA CIPE n. 12/2018":

- 1. Allo scopo di assicurare la disponibilità finanziaria per una tempestiva esecuzione dei lavori e delle attività previste dal presente accordo, la Direzione Generale provvede, a verificare le richieste di trasferimento delle risorse, ai sensi di quanto disposto dalla*



## *Commissario Straordinario di Governo art.1, c.154, L.145/2018*

*delibera CIPE n. 25/2016, punto 2 lettera h) e al punto 4. dello Schema del sistema di gestione e controllo degli interventi allegato al Piano operativo approvato con la Delibera CIPE n. 54/2016.*

*2. Sono previste le seguenti modalità di erogazione:*

- una prima rata, pari al 10% del finanziamento stimato del singolo intervento, quale anticipazione, subordinata all'attivazione ed al caricamento dei dati presso il Si.Ge.Co.. La Direzione Generale, responsabile dell'attuazione e del monitoraggio degli interventi, presenta alla struttura di coordinamento del Piano infrastrutture (Direzione generale per lo sviluppo del territorio, la programmazione ed i progetti internazionali del M.I.T.) una formale richiesta di anticipazione su tutti o parte degli interventi di competenza, subordinata all'attivazione ed al caricamento dei dati nella Banca Dati Unitaria (B.D.U.). L'anticipazione, come previsto dalla Circolare del Ministro della Coesione Territoriale n. 1/2017 (p.to D.2), viene richiesta dalla Struttura di gestione finanziaria – prevista dal SI.GE.CO p.to 4 – e individuata con D.M. n. 286 del 14/6/2017 nella Divisione VI della Direzione generale per lo sviluppo del territorio, la programmazione ed i progetti internazionali del MIT. La Struttura di gestione finanziaria provvederà ad istruire e formalizzare la richiesta di anticipazione per l'IGRUE.*
- di successive ed ulteriori rate, complessivamente pari all' 85% dell'importo assegnato a ciascun intervento a titolo di rimborso delle spese effettivamente sostenute e rendicontate dal Soggetto Attuatore. Le domande di rimborso per i pagamenti intermedi e di saldo (punto 4.2 del Si.Ge.Co.), nel rispetto delle percentuali indicate nella circolare del Ministro per la Coesione Territoriale e il Mezzogiorno n. 1/2017 punto D.2.*

*In particolare con riferimento alle percentuali di rendicontazione la predetta Circolare del Ministro della Coesione Territoriale n. 1/2017 (p.to D.2) prevede che: “successivi pagamenti intermedi, fino all'85 per cento dell'importo assegnato. Il primo pagamento successivo all'anticipazione si può richiedere qualora il costo realizzato sia almeno pari al 5% dell'importo assegnato ai singoli interventi presenti nella BDU di ciascun Piano/Patto; i pagamenti successivi, allorquando si realizza un ulteriore costo anch'esso almeno pari al 5% dell'importo complessivo assegnato ai singoli interventi. I predetti trasferimenti sono disposti a titolo di rimborso delle corrispondenti spese sostenute (commisurati in costo realizzato) dalle Amministrazioni, evidenziate in apposita domanda di pagamento inviata dall'organismo di Certificazione dell'Amministrazione al*



## *Commissario Straordinario di Governo art.1, c.154, L.145/2018*

*DPCoe, a condizione che esista un sistema di gestione e controllo verificato dall'ACT. Il DPCoe inoltra al MEF-RGS-IGRUE le richieste a titolo di pagamento intermedio e/o saldo, previa attestazione da parte dell'ACT della coerenza della domanda di pagamento inoltrata dall'Amministrazione con i dati relativi all'avanzamento della spesa inseriti e validati nella BDU”;*

- *di una ultima rata (5%) di saldo a seguito dell'approvazione della rendicontazione finale di spesa presentata dal Soggetto Attuatore e corredata da un attestato di chiusura dell'intervento secondo la procedura anzidetta.”*

**11.3** Le lavorazioni effettive, in rapporto al quadro economico posto a base di gara, al netto degli oneri della sicurezza, delle somme a disposizione e dell'IVA, corrispondono in termini percentuali a quelle indicate di seguito (Tabella 1).

ATTIVITA'	VALORE [%]
<b>Fase I</b>	
definizione del quadro conoscitivo, rilievi e ricognizioni iniziali	2.55
aggiornamento piano indagini con l'offerta migliorativa	2.55
<b>Fase II</b>	
esecuzione della campagna “materiali” (indagini in “situ” e prove di laboratorio)	41.78
esecuzione della campagna “geotecnica” (indagini in “situ” e prove di laboratorio)	7.23
prime indicazioni sulla vulnerabilità sismica delle opere accessorie “strategiche”	5.10
<b>Fase III</b>	
verifiche sismiche delle opere accessorie	12.75
giudizio di vulnerabilità e prioritizzazione delle criticità (opere accessorie)	5.10
indirizzi per la successiva fase di progettazione (opere accessorie)	2.55
<b>Fase IV</b>	
verifiche sismiche dell'opera di sbarramento	17.85
indirizzi per la successiva fase di progettazione (opera di sbarramento)	2.55

*Tabella 1: Valore percentuale delle singole attività*

Le fasi di cui sopra saranno dettagliate in sub-fasi, sulla base del “programma operativo” che l'aggiudicatario è tenuto a fornire in fase di avvio.

**11.4** In considerazione di quanto riportato nell'accordo CS-MIT il corrispettivo erogato in rapporto ad ogni singola sub-fase, non potrà eccedere il 10% dell'importo posto a base del contratto.

**11.5** Il pagamento di ogni certificato di pagamento è subordinato all'acquisizione del documento unico di regolarità contributiva (DURC) in corso di validità, ove non già in atti nei riguardi dell'Appaltatore nonché di tutti gli eventuali subappaltatori, oltre che delle certificazioni rilasciate



## *Commissario Straordinario di Governo art.1, c.154, L.145/2018*

dagli enti previdenziali di riferimento non aderenti al sistema dello sportello unico previdenziale e di eventuali verifiche a norma di legge.

**11.6** I pagamenti sono subordinati alla presentazione di regolare fattura che potrà essere emessa dopo la liquidazione del certificato di pagamento, debitamente firmato dal Responsabile del procedimento.

**11.7** I pagamenti relativi agli acconti del corrispettivo di appalto sono effettuati nei termini di cui all'art. 113 bis del D.Lgs. 50/2016.

**11.8** Qualora il pagamento della rata di saldo o degli acconti sia ritardato spettano all'Appaltatore gli interessi nella misura e nei termini stabiliti dal D.Lgs. 50/2016.

**11.9** Tutti gli interessi sono comprensivi del maggior danno ai sensi dell'articolo 1224 cc.

**11.10** L'Appaltatore assume tutti gli obblighi relativi alla tracciabilità dei flussi finanziari di cui agli artt. 3 e ss. della legge 13 agosto 2010 n. 136.

**11.11** I pagamenti di importi superiori ad € 5.000,00 sono subordinati alle verifiche previste ai sensi dell'art. 48 bis del DPR. n. 602/1973 e del DM 18.01.2008 n. 40.

**11.12** I termini per l'emissione dei certificati di pagamento relativi agli acconti del corrispettivo, non dovrà essere superiore a 30 giorni a decorrere dalla maturazione di ogni acconto.

### **Articolo 12 - Invariabilità dei prezzi**

**12.1** Il corrispettivo del servizio, si intende accettato dall'Appaltatore in base ai propri calcoli, alle proprie indagini e alle proprie stime e, in deroga all'articolo 1664 del C.C., rimane stabilito che esso sarà invariabile e non soggetto a modificazioni di sorta, qualunque eventualità possa verificarsi in qualsiasi momento, per tutta la durata del contratto, ivi comprese eventuali protrazioni del termine utile per effetto di quanto previsto all'articolo 7.

**12.2** Per le prestazioni previste nel presente capitolato non è ammesso il ricorso alla revisione dei prezzi.



### **Articolo 13 - Cessione del contratto e cessione dei crediti**

**13.1** È fatto espresso divieto all'Appaltatore di cedere, sotto qualunque forma, il contratto o parti di esso. Esso non è fonte di alcun credito pecuniario a favore dell'Appaltatore e, pertanto, è vietata qualsiasi cessione di presunti crediti basati sul contratto disciplinato dal presente capitolato.

**13.2** È vietata la cessione dei successivi atti negoziali sotto qualsiasi forma; ogni atto contrario è nullo di diritto.

## **CAPO IV - DISPOSIZIONI PER L'ESECUZIONE**

### **Articolo 14 - Direzione dell'esecuzione del contratto**

**14.1** Per il coordinamento, la direzione ed il controllo tecnico-contabile dell'esecuzione, la Stazione Appaltante istituisce, un ufficio di Direzione dell'Esecuzione del Contratto costituito da un Direttore dell'Esecuzione del Contratto (DEC) e da uno o più assistenti con funzioni di direttore operativo.

**14.2** Il Direttore dell'Esecuzione del Contratto ha la responsabilità del coordinamento e della supervisione dell'attività di tutto l'ufficio di direzione ed interloquisce, in via esclusiva, con l'Appaltatore in merito agli aspetti tecnici ed economici del contratto.

**14.3** Il Direttore dell'Esecuzione del Contratto impartisce tutte le disposizioni ed istruzioni all'Appaltatore mediante ordini di servizio redatti in due copie sottoscritte dal Direttore emanante e comunicate all'affidatario che le restituisce firmate per avvenuta conoscenza.

**14.4** L'ordine di servizio deve necessariamente essere per iscritto in modo tale da poter essere poi disponibile, in caso di necessità, come prova delle disposizioni emanate.

### **Articolo 15 - Controlli e verifiche in corso di esecuzione**

**15.1** Il Responsabile Unico del Procedimento ed il Direttore dell'Esecuzione del Contratto vigileranno sulle attività per la migliore riuscita del Servizio; al fine di monitorare costantemente lo svolgimento dell'attività, l'Appaltatore è tenuto ad inviare al RUP un report quindicinale delle attività stesse.



**15.2** Nel pieno rispetto delle autonomie operative, organizzative e di responsabilità dei soggetti contraenti, la Stazione Appaltante ha il diritto di controllare lo svolgimento delle prestazioni e di verificare le stesse durante la loro esecuzione, allo scopo di garantire l'osservanza delle prescrizioni tecniche, delle indicazioni progettuali impartite e della normativa vigente.

**15.3** Se, in occasione di tali verifiche, venisse accertato dalla Stazione Appaltante che in fase di espletamento del servizio è stata violata anche una sola delle condizioni di esecuzione previste nel presente Capitolato o non rispettate le indicazioni progettuali impartite, la stessa può fissare un termine temporale affinché l'Appaltatore esegua quanto richiesto. Decorso inutilmente il termine fissato senza che l'Affidatario abbia provveduto alle modifiche richieste, conformandosi alle condizioni ed indicazioni contrattuali, è facoltà della Stazione Appaltante dichiarare unilateralmente risolto il contratto per inadempienza dell'Appaltatore, il quale dovrà provvedere al risarcimento di tutti gli eventuali maggiori oneri sostenuti dalla Stazione Appaltante medesima e dei danni subiti per la conclusione del servizio appaltato. L'Appaltatore non potrà mai accampare pretese di compenso per eventuali ritardi o sospensioni che si rendessero necessari per gli accertamenti di cui sopra.

#### **Articolo 16 - Ultimazione dei servizi**

**16.1** L'ultimazione delle prestazioni oggetto dei contratti, appena intervenuta, deve essere comunicata - per iscritto - dall'Appaltatore al Direttore per l'Esecuzione del Contratto, tramite la trasmissione degli elaborati progettuali timbrati e firmati, che procede subito alle necessarie constatazioni in contraddittorio con l'Appaltatore e rilascia, senza ritardo alcuno, il certificato attestante l'avvenuta ultimazione in doppio esemplare.

**16.2** In sede di accertamento sommario, senza pregiudizio di successivi accertamenti, sono rilevati e verbalizzati eventuali vizi e difformità che l'Appaltatore è tenuto ad eliminare a sue spese nel termine fissato e con le modalità prescritte dal Direttore dell'Esecuzione del Contratto.

**16.3** Nel caso in cui l'ultimazione dei servizi oggetto del contratto non avvenga entro i termini stabiliti dagli atti contrattuali, è applicata la penale di cui all'art. 7 del presente capitolato, per il maggior tempo impiegato dall'Appaltatore nell'esecuzione del contratto.



## **Articolo 17 - Verifiche di conformità**

**17.1** Ai sensi dell'art. 102 del D.Lgs. 50/2016 i Servizi oggetto dei contratti sono soggetti a verifica di conformità onde certificare che l'oggetto del contratto in termini di prestazioni, obiettivi e caratteristiche tecniche, economiche e qualitative sia stato realizzato ed eseguito nel rispetto delle previsioni del Capitolato e di quanto offerto in sede di gara.

**17.2** La verifica di conformità prevederà, per gli elaborati relativi ad ogni singolo edificio, controlli e verifiche in contraddittorio con l'Appaltatore.

**17.3** Sono avviate verifiche di conformità in corso di esecuzione del contratto al termine di ciascuna delle tre fasi sopra indicate volte ad accertare che l'oggetto dell'appalto sia realizzato ed eseguito nel rispetto delle previsioni contrattuali e delle condizioni offerte.

**17.4** L'accertamento sarà effettuato e documentato da certificato di verifica di conformità. All'esito delle operazioni ed al termine del contratto attuativo il soggetto incaricato, non oltre 6 mesi dalla ultimazione delle prestazioni, rilascia il certificato di verifica di conformità e lo trasmette per l'accettazione all'Appaltatore il quale deve firmarlo nel termine di quindici giorni dal ricevimento dello stesso. All'atto della firma l'Appaltatore può aggiungere le contestazioni che ritiene opportune. Il soggetto incaricato della verifica di conformità riferisce al RUP sulle eventuali contestazioni dell'Appaltatore, corredate dalle proprie valutazioni. L'accertamento della regolarità delle prestazioni non esonera l'Appaltatore da eventuali responsabilità per difetti, imperfezioni e difformità che non fossero emersi all'atto della predetta verifica e venissero accertati successivamente (vizi occulti).

**17.5** Per tutto quanto non espressamente disciplinato nel presente articolo, la verifica di conformità sarà effettuata secondo quanto disposto dall'art. 102 del D.Lgs. 50/2016 e s.m.i..

## **Articolo 18 - Modifiche contrattuali**

**18.1** Non sono prese in considerazione domande di maggiori compensi rispetto a quanto stabilito nei contratti, per qualsiasi natura o ragione, qualora non vi sia accordo preventivo scritto prima dell'inizio del servizio oggetto di tali richieste.



---

**CAPO V - GARANZIE**

**Articolo 19 - Garanzia provvisoria**

**19.1** Ai sensi dell'articolo 93, co. 1, del Codice dei Contratti, l'offerta dell'operatore economico deve essere corredata da una garanzia provvisoria, pari al 2% (due per cento) dell'importo dell'appalto. La garanzia sarà costituita, a scelta dell'operatore, da cauzione o fideiussione bancaria o assicurativa o rilasciata ai sensi dell'articolo 93, co. 3, del CODICE, dagli intermediari iscritti nell'albo di cui all'articolo 106 del D.Lgs. 1 settembre 1993, n. 385, che svolgono in via esclusiva o prevalente attività di rilascio di garanzie e che sono sottoposti a revisione contabile da parte di una società di revisione iscritta nell'albo previsto dall'articolo 161 del D.Lgs. 24 febbraio 1998, n. 58. Si rinvia alla disciplina di cui all'articolo 93 del Codice dei Contratti.

**Articolo 20 - Garanzia definitiva**

**20.1** In conformità a quanto previsto al punto II.4.1 delle linee guida n. 1, di attuazione del Codice dei Contratti CODICE, recanti *“Indirizzi generali sull'affidamento dei servizi attinenti all'architettura ed all'ingegneria”*, ed ai sensi dell'articolo 103 del Codice dei Contratti, in caso di aggiudicazione dell'appalto, l'aggiudicatario dovrà costituire una garanzia definitiva per l'esecuzione del contratto, pari al 10 per cento dell'importo contrattuale sotto forma di cauzione o fideiussione con le modalità di cui all'articolo 93, co. 2 e 3, Codice dei Contratti, in favore della Stazione Appaltante: *“Commissario Straordinario di Governo ex art. 1 comma 154, lett. b), L. 145/2018”*, valida fino al certificato di verifica di conformità [L'importo della garanzia definitiva dovrà essere integrata a mezzo di apposita appendice qualora siano esercitati i servizi ulteriori opzionali ex art. 157 e 106 c. 1 lett. a) del Codice dei Contratti].

**20.2** La garanzia, se rilasciata mediante fideiussione, deve essere conforme allo schema tipo approvato con Decreto Ministero dello Sviluppo economico n. 31 del 19 gennaio 2018.

**20.3** La garanzia definitiva dovrà essere calcolata sull'importo del contratto.

**20.4** La cauzione garantisce l'impegno dell'Appaltatore ad assumere e ad eseguire regolarmente i singoli appalti affidati e potrà essere escussa, totalmente o parzialmente, dalla stazione appaltante nei casi di risoluzione o di applicazione di penali. La garanzia avrà validità per tutta la durata del contratto e, comunque, sino alla completa ed esatta esecuzione delle obbligazioni nascenti dalle



## *Commissario Straordinario di Governo art.1, c.154, L.145/2018*

singole lettere d'ordine e sarà svincolata a seguito della piena ed esatta esecuzione delle predette obbligazioni. La garanzia potrà essere progressivamente svincolata in ragione e a misura dell'avanzamento dell'esecuzione del contratto, secondo le modalità previste dall'art. 103, comma 5, del D.lgs. n. 50/2016.

**20.5** Qualora l'ammontare della garanzia prestata dovesse ridursi per effetto dell'applicazione di penali o per qualsiasi altra causa, l'Appaltatore dovrà provvedere al reintegro entro il termine di 10 (dieci) giorni lavorativi dal ricevimento della relativa richiesta effettuata dalla Stazione Appaltante.

### **Articolo 21 - Riduzione delle garanzie**

**21.1** Alla garanzia provvisoria e alla garanzia definitiva si applicano le riduzioni previste dall'articolo 93, comma 7 del D.Lgs. 50/2016.

### **Articolo 22 - Assicurazioni a carico dell'Appaltatore**

**22.1.** Ai sensi dell'articolo 24, co. 4, del Codice dei Contratti, l'affidatario dell'incarico deve essere munito della polizza di responsabilità civile professionale, di cui all'articolo 5 del D.P.R. 7 agosto 2012, n. 137, per un massimale non inferiore a € 1.000.000,00. La polizza decorre dalla data di inizio delle attività oggetto dell'appalto ed ha termine alla data di emissione del certificato di conformità delle attività svolte da parte della Stazione Appaltante.

**22.2** La polizza di responsabilità civile professionale copre i rischi derivanti dallo svolgimento delle attività di propria competenza che abbiano determinato a carico della Stazione Appaltante nuovi oneri e/o maggiori costi.

**22.3** In caso di raggruppamento, la copertura assicurativa contro i rischi professionali deve essere soddisfatta dal raggruppamento nel complesso e, più specificamente, deve essere presentata un'unica polizza da parte della mandataria per il massimale indicato, con copertura estesa a tutti gli operatori del raggruppamento.

**22.4** Ai sensi dell'art.103 c.7 del D.Lgs. 50/2016, l'Appaltatore deve costituire polizza per rischi da esecuzione connessi all'attività espletate al fine di tenere indenne la Stazione Appaltante da tutti i rischi connessi alla esecuzione delle attività previste per tutta la durata del servizio. L'Appaltatore dell'incarico dovrà altresì produrre, contestualmente alla sottoscrizione del contratto, una polizza



## *Commissario Straordinario di Governo art.1, c.154, L.145/2018*

assicurativa a copertura della responsabilità civile per infortunio o danni eventualmente da lui/loro stesso/i causati a persone e/o beni dell'appaltatore medesimo, della Stazione Appaltante o di terzi (compresi dipendenti dell'appaltatore e/o subappaltatore e/o subfornitore ovvero della Centrale di Committenza o della Stazione Appaltante), nell'esecuzione delle attività di rilievo e di indagine, prove di laboratorio e di ogni attività di campo, per un importo pari ad € 500.000,00.

**22.5** Oltre allo scrupoloso rispetto delle condizioni espresse dalle polizze, l'Appaltatore è tenuto alla osservanza di quanto appresso specificato:

- denunciare alla Stazione appaltante, oltre che agli Assicuratori, tutte le circostanze che possano influire sull'apprezzamento del rischio nonché i mutamenti che si verificassero nel corso dell'assicurazione;
- appena a conoscenza di un sinistro che possa dare adito a domanda di risarcimento, darne immediata notizia per iscritto oltre che agli Assicuratori anche alla Stazione appaltante, rimettendo a questa, al più presto possibile, un dettagliato rapporto scritto e fornire tutti i particolari, informazioni e prove che possono essere ragionevolmente richiesti;
- pagare le imposte e gli altri carichi presenti e futuri stabiliti in conseguenza della polizza assicurativa;
- risarcire comunque i danni che dovessero essere eccedenti il massimale assicurato, anche eventuali franchigie o scoperti rimarranno a carico dell'Appaltatore.

**22.6** La stipula delle polizze di assicurazione di cui al presente articolo non limiterà in alcun modo la responsabilità dell'Appaltatore a norma delle obbligazioni contrattuali e di legge.

Pertanto l'Appaltatore risponderà per danni in tutto o in parte non risarciti da dette polizze, comprese le ipotesi di sospensione, per qualsiasi motivo, delle predette garanzie assicurative.

**22.7** L'Appaltatore, con la sottoscrizione del contratto, autorizza la Stazione Appaltante a procedere agli interventi sostitutivi atti a mantenere integre le coperture assicurative di cui al presente articolo, mediante compensazione con quanto allo stesso dovuto in forza dei successivi atti negoziali o per altri titoli.

### **Articolo 23 - Responsabilità e obblighi dell'Operatore economico**

**23.1** L'Appaltatore è responsabile verso la Stazione Appaltante dello svolgimento delle attività affidate a regola d'arte.



**23.2** L'Appaltatore si obbliga a risarcire la Stazione Appaltante per i danni che siano imputabili direttamente all'appaltatore stesso.

**23.3** L'Appaltatore si obbliga a manlevare la Stazione Appaltante da tutti i danni diretti e indiretti che possano derivare dallo svolgimento delle prestazioni oggetto dell'appalto.

**23.4** L'Appaltatore si obbliga altresì a rispondere e a manlevare la Stazione Appaltante da ogni pretesa di risarcimento avanzata dagli enti competenti o da soggetti terzi, compresi i dipendenti dell'Appaltatore ovvero della Stazione Appaltante medesima, a mezzo di domanda giudiziale o stragiudiziale per qualunque titolo derivante o comunque connesso con l'esecuzione dei servizi affidati, salvo che le pretese risarcitorie derivino da azioni e/o omissioni causate direttamente dalla Stazione Appaltante. L'Appaltatore risponderà direttamente e manleverà la Stazione Appaltante da ogni responsabilità od onere di qualsiasi natura derivanti da violazione da parte dell'Appaltatore di leggi, decreti, regolamenti, disciplinari tecnici, ordini di autorità o enti locali, connessi ed in ogni caso derivanti dall'esecuzione dei servizi affidati.

**23.4** L'accertamento della corrispondenza del servizio eseguito rispetto a quanto richiesto sarà effettuato dal RUP.

#### **Articolo 24 - Subappalto**

**24.1** Il subappalto è ammesso entro i limiti di cui all'art. 105 del Codice come novellato dal D.L. n. 77 del 31.05.2021.

Resta, comunque, ferma la responsabilità esclusiva dell'appaltatore.

Non è ammesso subappalto per la prestazione principale

Non è ammesso il subappalto per la relazione geologica.

**24.2** Ai sensi dell'articolo 105, co. 4, del D.Lgs 50/2016 : *“I soggetti affidatari dei contratti di cui al presente codice possono affidare in subappalto le opere o i lavori, i servizi o le forniture compresi nel contratto, previa autorizzazione della stazione appaltante purché:*

*a l'affidatario del subappalto non abbia partecipato alla procedura per l'affidamento dell'appalto;*

*b il subappaltatore sia qualificato nella relativa categoria;*



*Commissario Straordinario di Governo art.1, c.154, L.145/2018*

- c all'atto dell'offerta siano stati indicati i lavori o le parti di opere ovvero i servizi e le forniture o parti di servizi e forniture che si intende subappaltare;
- d il concorrente dimostri l'assenza in capo ai subappaltatori dei motivi di esclusione di cui all'articolo 80.

**24.3** È consentita l'indicazione dello stesso subappaltatore da parte di diversi concorrenti.

**24.4** L'operatore economico che intende ricorrere al Subappalto allega, per ciascuna impresa subappaltatrice, una dichiarazione attestante il possesso dei requisiti generali di cui all'art. 80 del Codice.

**24.5** Il mancato possesso dei requisiti di cui all'art. 80 del Codice, ad eccezione di quelli previsti nel comma 4 del medesimo articolo, in capo ad uno dei subappaltatori indicati dal concorrente non comporta l'esclusione del concorrente dalla gara ma comporta il divieto di subappalto per quei lavori, servizi o forniture.

**24.6** Non si configurano come attività affidate in subappalto quelle di cui all'art. 105, comma 3, del Codice.

**24.7** Si precisa, da ultimo, che le prestazioni elencate nella seguente Tabella 2 **non configurano subappalto e potranno essere oggetto di sub-contrattazione da parte dell'appaltatore ai sensi dell'articolo 105, commi 2 e 3, del Codice dei Contratti.**

N.	PRESTAZIONI	IMPORTO	% SULLE PRESTAZIONI AFFIDATE	IMPORTO MANODOPERA
c	PROVE DI LABORATORIO SU TERRE E ROCCE - SERVIZI di cui all'art. 7618 / STC Laboratori per l'esecuzione e certificazione di prove su terre e rocce	68.048,18	7,63%	0,000
d	PROVE STRUTTURALI - SERVIZI di cui all'art. 7617/STC del 08 settembre 2010 Laboratori per l'esecuzione e certificazione di prove sui materiali da costruzione di cui all'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001 e all'art. 633/STC del 03 Dicembre 2019 Laboratori per prove e controlli sui materiali da costruzione su strutture e costruzioni esistenti di cui all'art. 59, comma 2, del DPR n. 380/2001.	63.773,50	7,15%	34.587,13

*Tabella 2: Prestazioni che non configurano subappalto.*



## **Articolo 25 - Responsabilità in materia di subappalto**

**25.1** L'Appaltatore resta in ogni caso responsabile nei confronti della Stazione Appaltante per l'esecuzione delle parti del contratto oggetto di subappalto, sollevando la Stazione Appaltante medesima da ogni pretesa dei subappaltatori o da richieste di risarcimento danni avanzate da terzi in conseguenza all'esecuzione delle attività subappaltate.

**25.2** Il Direttore dell'Esecuzione del Contratto e/o il Responsabile Unico del Procedimento provvedono a verificare, ognuno per la propria competenza, il rispetto di tutte le condizioni di ammissibilità del subappalto.

**25.3** Il subappalto non autorizzato comporta le sanzioni penali previste dal decreto-legge 29 aprile 1995, n. 139, convertito dalla legge 28 giugno 1995, n. 246 (ammenda fino a un terzo dell'importo dell'appalto, arresto da sei mesi ad un anno).

## **Articolo 26 - Pagamento dei subappaltatori e ritardi nei pagamenti**

**26.1** Ai sensi dell'art. 105 comma 13 del D.Lgs. 50/2016 la Stazione Appaltante corrisponde direttamente al subappaltatore, al prestatore di servizi ed al fornitore di beni o lavori, l'importo dovuto per le prestazioni dagli stessi eseguite nei seguenti casi: a) quando il subappaltatore è una microimpresa o piccola impresa; b) in caso inadempimento da parte dell'Appaltatore; c) su richiesta del subappaltatore.

**26.2** I pagamenti al subappaltatore, comunque effettuati, sono subordinati all'acquisizione del DURC del subappaltatore e all'accertamento che lo stesso subappaltatore abbia effettuato il versamento delle ritenute fiscali sui redditi di lavoro dipendente e il versamento dei contributi previdenziali e dei contributi assicurativi obbligatori per gli infortuni sul lavoro e le malattie professionali dei dipendenti a cui è tenuto il subappaltatore.

**26.3** Qualora l'Appaltatore non provveda nei termini agli adempimenti di cui ai commi 1 e 2, la Stazione Appaltante può imporgli di adempiere alla trasmissione degli atti entro 10 (dieci) giorni, con diffida scritta e, in caso di ulteriore inadempimento, comunicare la sospensione dei termini per l'erogazione delle rate di acconto o di saldo fino a che l'Appaltatore non provveda a quanto richiesto



---

**CAPO VI - DISPOSIZIONI IN MATERIA DI SICUREZZA E  
TUTELA DEI LAVORATORI**

**Articolo 27 - Norme di sicurezza generali ed adempimenti in materia di manodopera**

**27.1** L'Appaltatore è tenuto alla completa osservanza di quanto prescritto dal D.Lgs. n.81/2008, con particolare riferimento ai rischi da interferenza, e da tutte le norme vigenti in materia di sicurezza e igiene sul lavoro ed a prevedere, negli eventuali contratti di subappalto e nei contratti di fornitura in opera, l'obbligo da parte del/i subappaltatore/i, del/i fornitore/i in opera, di osservare dette norme e disposizioni.

**27.2** L' Appaltatore e il/i subappaltatore/i e il/i fornitore/i in opera sono tenuti inoltre, ai sensi dell'articolo 90, comma 9, lett. b) del D.lgs. n. 81/2008, a fornire al Direttore dell'Esecuzione del Contratto l'indicazione dei contratti collettivi applicati ai lavoratori dipendenti e una dichiarazione in merito al rispetto degli obblighi assicurativi e previdenziali previsti dalle leggi e dai contratti.

**27.3** L' Appaltatore non può iniziare o continuare il servizio qualora sia in difetto nell'applicazione di quanto stabilito nel presente articolo.

**27.4** L' Appaltatore è tenuto altresì all'osservanza delle disposizioni legislative e regolamentari in tema di contribuzione ed assicurazioni; in caso di situazioni di irregolarità contributiva e previdenziale dell'Appaltatore, la Stazione Appaltante procederà al pagamento dei corrispettivi secondo quanto disposto dalle norme vigenti in materia.

**Articolo 28 - Sicurezza sul luogo di lavoro**

**28.1** L' Appaltatore è obbligato ad osservare le misure generali di tutela di cui dell'art. 15 del D.Lgs. n. 81/2008, nonché le disposizioni dello stesso decreto applicabili ad eventuali lavorazioni previste in cantiere.

**28.2** Qualora ricorrano le condizioni previste all'articolo 90, comma 3, del D.lgs. n. 81/2008 (presenza di più imprese nel cantiere di lavoro), la Stazione Appaltante conferirà formale incarico di Coordinatore per la progettazione per la redazione del "Piano di Sicurezza e di Coordinamento" di cui all'articolo 91 dello stesso D. Lgs n. 81/2008, che costituirà parte integrante e sostanziale del relativo contratto.



**28.3** Laddove nel corso delle lavorazioni venisse a concretizzarsi la presenza di più imprese esecutrici, la Stazione appaltante stessa, tramite il Responsabile dei Lavori, nominerà il Coordinatore per l'Esecuzione Lavori che redigerà il Piano di Sicurezza e Coordinamento. In tale ipotesi, il suddetto Piano di Sicurezza e Coordinamento sarà da considerarsi, pur non essendovi originariamente allegato, parte integrante e sostanziale al relativo contratto.

**28.4** Il Piano di Sicurezza e di Coordinamento, nonché il Piano Operativo di Sicurezza, qualora redatti, costituiscono parte integrante di ciascun contratto.

**28.5** La Stazione Appaltante, prima dell'inizio delle prestazioni relative al singolo contratto, verificherà la congruità dei rispettivi Piani forniti dall'Appaltatore in relazione alle norme in vigore alle proprie misure di sicurezza e verificherà la coerenza di tali piani con quelli di altre imprese eventualmente presenti sullo stesso luogo di lavoro.

**28.6** L'Appaltatore è tenuto ad uniformarsi ad eventuali prescrizioni che al riguardo dovesse impartire la Stazione Appaltante; è altresì tenuto, comunque, ad ottemperare a tutte le norme vigenti o emanate in corso di rapporto in materia di prevenzione e protezione dai rischi sul lavoro.

## **Articolo 29 - Piano operativo di sicurezza**

**29.1** Ai sensi del Codice degli Appalti e della normativa e disposizioni ad esso collegate, l'Appaltatore, prima della consegna dei servizi del contratto, redige e consegna al direttore dell'esecuzione del contratto un piano operativo di sicurezza per quanto attiene alle proprie scelte autonome e relative responsabilità nell'organizzazione del cantiere e nell'esecuzione delle lavorazioni previste. Il piano operativo di sicurezza dovrà rispondere ai requisiti di cui al punto 3 dell'allegato XV del D. Lgs. n. 81/2008 e s.m.i..

## **CAPO VII - CONTROVERSIE, ESECUZIONE D'UFFICIO**

### **Articolo 30 - Controversie**

**30.1** Ai sensi dell'articolo 208 del D. Lgs. 50/2016, anche al di fuori dei casi in cui è previsto il ricorso all'accordo bonario ai sensi degli art. 205 e 206, le controversie relative a diritti soggettivi derivanti dall'esecuzione dei contratti possono sempre essere risolte mediante atto di transazione, in forma scritta, nel rispetto del codice civile; qualora l'importo differenziale della transazione ecceda



## *Commissario Straordinario di Governo art.1, c.154, L.145/2018*

la somma di 100.000,00 euro, è necessario il parere dell'avvocatura che difende la stazione appaltante.

**30.2** Nelle more della risoluzione delle controversie l'Appaltatore non può comunque rallentare o sospendere le attività, né rifiutarsi di eseguire gli ordini impartiti dalla Stazione Appaltante.

**30.3** Ove non si proceda alla risoluzione bonaria delle predette controversie e l'Appaltatore confermi le riserve, la definizione di tutte le riserve derivanti dall'esecuzione del contratto è devoluta all'autorità giudiziaria competente presso il Foro di Potenza ed è esclusa la competenza arbitrale.

### **Articolo 31 - Risoluzione del contratto**

**31.1** La Stazione Appaltante ha facoltà di risolvere il contratto, ex art. 1456 c.c. (clausola risolutiva espressa), nei casi di seguito specificati:

- raggiungimento, accertato dal Responsabile Unico del Procedimento, del limite massimo globale previsto per l'applicazione delle penali (10% del valore massimo del contratto);
- concordato preventivo senza continuità aziendale, fallimento, liquidazione, stato di moratoria e conseguenti atti di sequestro o di pignoramento intervenuti a carico dell'Appaltatore;
- provvedimento definitivo, a carico dell'Appaltatore, di applicazione di una misura di prevenzione di cui all'articolo 6, del D.Lgs. 159/2011, ovvero sia intervenuta sentenza di condanna passata in giudicato per reati di usura, riciclaggio, nonché per frodi nei riguardi dell'Amministrazione, di subappaltatori, di fornitori, di lavoratori o di altri soggetti comunque interessati ai lavori, servizi o forniture, ai sensi dell'articolo 108 del D.Lgs. 50/2016;
- nel caso in cui, durante la vigenza del contratto vengano a mancare le condizioni richieste nell'art.80 del D. Lgs. 50/2016, o si dimostri che in fase di gara siano state rese false dichiarazioni;
- cessione, da parte dell'Appaltatore, del contratto;
- manifesta incapacità o inidoneità, anche solo legale, nell'esecuzione degli interventi di manutenzione;



## *Commissario Straordinario di Governo art.1, c.154, L.145/2018*

- 
- subappalto abusivo, associazione in partecipazione, cessione anche parziale del contratto o violazione di norme sostanziali che disciplinano il subappalto;
  - inadempienza accertata, da parte dell'Appaltatore, alle norme di legge sulla tracciabilità dei flussi finanziari, ai sensi dell'art. 3, comma 9-bis, della Legge n. 136/2010 e ss. mm. e ii.;
  - grave inadempienza, da parte dell'Appaltatore, alle norme e disposizioni in materia di prevenzione degli infortuni, sicurezza sui luoghi di lavoro e assicurazione obbligatoria del personale;
  - inadempimento alle disposizioni della Direzione dell'Esecuzione del Contratto riguardo ai tempi di esecuzione del contratto o quando risulti accertato il mancato rispetto delle ingiunzioni o diffide fatte, nei termini imposti dagli stessi provvedimenti;
  - mancata rispondenza dei servizi forniti alle specifiche ed allo scopo del singolo contratto;
  - in tutti gli altri casi espressamente previsti nel testo del presente capitolato, anche se non richiamati nel presente Articolo.

**31.2** La risoluzione del contratto, nei casi succitati, sarà comunicata all' Appaltatore a mezzo PEC ed avrà effetto, senza obbligo preventivo di diffida da parte dell'Amministrazione, a far data dal ricevimento della stessa. Eventuali inadempienze non esplicitamente indicate fra quelle in elenco, ma tali da compromettere il rispetto dei contenuti del contratto o ritenute rilevanti per la specificità dei servizi relativi ai singoli Contratti, saranno contestate all'Appaltatore dal RUP con comunicazione scritta inoltrata a mezzo PEC. Nella contestazione è prefissato un termine congruo entro il quale l'Appaltatore deve sanare l'inadempienza o presentare le proprie osservazioni giustificative. Decorso il suddetto termine senza che l'inadempimento sia sanato, o qualora l'Amministrazione non ritenga accoglibili le eventuali giustificazioni addotte, si procede alla risoluzione del contratto. Contestualmente alla risoluzione del contratto l'Amministrazione procederà ad incamerare la cauzione definitiva posta a garanzia del contratto stesso, per l'intero importo residuo al momento della risoluzione, salvo ed impregiudicato il diritto ad agire per il risarcimento dei maggiori danni subiti. Nei casi di risoluzione del contratto o di esecuzione di ufficio, come pure in caso di fallimento dell'Appaltatore, i rapporti economici con questo o con il curatore sono definiti secondo la normativa vigente e ponendo a carico dell'Appaltatore inadempiente gli eventuali maggiori oneri e/o danni derivanti. La comunicazione della decisione assunta dall'Amministrazione è fatta all'Appaltatore a mezzo PEC, con la contestuale indicazione della data alla quale avrà luogo l'accertamento, in contraddittorio fra la Direzione dell'Esecuzione



del Contratto e l'Appaltatore o suo rappresentante oppure, in mancanza di questi, alla presenza di due testimoni, dello stato di consistenza degli interventi eseguiti.

**31.3** La risoluzione del contratto comporta la risoluzione anche dei singoli affidamenti in corso di espletamento. In tal caso saranno pagati all'Appaltatore i servizi eseguiti, escluso qualsiasi altro indennizzo. In tutti i casi di risoluzione del contratto per causa imputabile all'Appaltatore, oltre ad incamerare la cauzione prestata, la stazione appaltante ha il diritto al risarcimento di ogni ulteriore danno.

**31.4** Nel caso di risoluzione del contratto per causa riferibile all'Appaltatore, la Stazione Appaltante si riserva la facoltà di stipulare un altro contratto, per il valore residuo stimato, ad un altro operatore economico che abbia partecipato alla gara indetta per l'affidamento dello stesso scorrendo progressivamente la graduatoria della gara, ai sensi dell'art. 110 del D.Lgs. n. 50/2016.

### **Articolo 32 - Risoluzione del contratto per gravi inadempimenti e irregolarità**

**32.1** La Stazione Appaltante ha facoltà di risolvere il contratto quando accerti comportamenti dell'Appaltatore concretizzanti gravi inadempimenti alle obbligazioni derivanti dal singolo contratto tali da compromettere la buona riuscita del contratto, la sicurezza e l'igiene dei lavoratori, la tutela dell'ambiente ovvero il rispetto delle relative normative, previa diffida e sempre che l'Appaltatore non abbia fornito nel termine assegnatogli idonee giustificazioni. La Stazione Appaltante ha facoltà, altresì, di procedere alla risoluzione del contratto:

- qualora nei confronti dell'Appaltatore sia intervenuta l'emanazione di un provvedimento definitivo che dispone l'applicazione di una o più misure di prevenzione di cui al D. Lgs. 159/2011;
- qualora nei confronti dell'Appaltatore sia intervenuta la revoca dell'attestazione di qualificazione per aver prodotto falsa documentazione o dichiarazioni mendaci, risultante dal casellario informatico gestito dall'Osservatorio dei contratti pubblici;
- qualora si verifichi uno degli inadempimenti di cui al precedente articolo 32. 31

**32.2** Costituisce altresì, motivo di risoluzione del singolo contratto il ritardo dell'Appaltatore nell'esecuzione dei servizi tale da compromettere il rispetto dei termini contrattuali, previa diffida e



## *Commissario Straordinario di Governo art.1, c.154, L.145/2018*

sempre che l’Affidatario non si sia adeguato alle disposizioni della Stazione Appaltante entro un termine non superiore ai 15 (quindici) giorni.

### **Articolo 33 - Recesso dal contratto**

**33.1** La Stazione Appaltante si riserva, giusto quanto previsto dall’articolo 109 del D.Lgs. n.50/2016, la facoltà di recedere dal contratto in qualsiasi momento per sopravvenute esigenze rimesse alla sua esclusiva valutazione. Il recesso ha effetto dalla data di ricevimento da parte dell’Appaltatore della lettera inviata a mezzo posta certificata, con la quale la stazione appaltante comunica di avvalersi di tale facoltà.

**33.2** La Stazione Appaltante ha il diritto di recedere in qualunque tempo da un contratto previo il pagamento dei servizi eseguiti in ottemperanza al citato contratto e del valore di eventuali materiali utili esistenti in cantiere, oltre al decimo dell’importo dei servizi ordinati con lo stesso contratto.

**33.3** Nel caso in cui la Stazione Appaltante si avvalga della facoltà di recedere dal Contratto, l’Appaltatore è comunque tenuto, in difetto di contraria indicazione della Direzione dell’Esecuzione del Contratto, a interrompere immediatamente i lavori e i servizi in corso.

## **CAPO VIII - NORME FINALI**

### **Articolo 34 - Responsabilità dell’Appaltatore verso la Stazione Appaltante e terzi**

**34.1** L’Appaltatore è responsabile a tutti gli effetti dell’esatto adempimento delle condizioni contrattuali e della corretta esecuzione dei servizi, restando esplicitamente inteso che le norme e le prescrizioni contenute nei documenti contrattuali sono state da esso esaminate e riconosciute idonee al raggiungimento di tali scopi. E’ precipua responsabilità dell’Appaltatore richiedere tempestivamente alla Stazione Appaltante eventuali chiarimenti circa la corretta interpretazione dei documenti contrattuali che fossero necessari o utili per la corretta esecuzione dei servizi.

**34.2** L’osservanza delle norme e prescrizioni di cui al presente capitolato, i controlli eseguiti dalla Stazione Appaltante sullo svolgimento dei servizi e l’eventuale approvazione da parte della Stazione appaltante di procedure adottate o di elaborati prodotti dall’Appaltatore, non limitano né riducono la sua piena ed incondizionata responsabilità.



**34.3** L'Appaltatore dovrà correggere, integrare o rielaborare i documenti dallo stesso prodotti che risultassero inesatti, incompleti, imprecisi o eseguiti in difformità dagli standard usualmente adottati a livello nazionale ed internazionale per l'esecuzione delle attività di cui al contratto, sempre che tali difetti o difformità vengano comunicati dal Responsabile Unico del Procedimento all'Appaltatore.

### **Articolo 35 - Danni imputabili all'Appaltatore**

**35.1** La responsabilità per sinistri ed infortuni che dovessero accadere al personale o a cose dell'Appaltatore o del suo personale, sarà sempre a suo carico.

### **Articolo 36 - Comunicazioni all'Appaltatore**

**36.1** Le comunicazioni all'Appaltatore avverranno esclusivamente per iscritto anche con strumenti informatici (PEC). Eventuali osservazioni che il rappresentante dell'Appaltatore intendesse avanzare su una comunicazione ricevuta, devono essere presentate dallo stesso per iscritto al Responsabile Unico del Procedimento (a mezzo PEC) entro tre giorni lavorativi dal ricevimento della comunicazione, intendendosi altrimenti che essa è stata accettata integralmente e senza alcuna eccezione e che dopo tale termine l'Appaltatore decade dal diritto di avanzarne.

**36.2** Il Responsabile Unico del Procedimento comunicherà (a mezzo PEC) all'Appaltatore, entro i successivi dieci giorni lavorativi, le sue determinazioni in merito alle eventuali osservazioni da questo avanzate nei termini e nei modi sopraddetti.

**36.3** Qualunque evento che possa avere influenza sull'esecuzione dei servizi dovrà essere segnalato nel più breve tempo possibile e comunque non oltre tre giorni dal suo verificarsi. L'Appaltatore dovrà presentare una relazione completa dei fatti corredata, ove necessario per la loro corretta comprensione, da adeguata documentazione.

### **Articolo 37 - Costatazioni in contraddittorio**

**37.1** Ciascuno dei contraenti si impegna ad aderire alla richiesta dell'altro di constatare e verbalizzare in contraddittorio qualsiasi situazione o fatto rilevante sul regolare svolgimento dei servizi.



**37.2** Tale richiesta deve essere avanzata quando la situazione o fatto verificatosi sia in effetti ancora constatabile. In caso di mancata richiesta o di richiesta intempestiva le conseguenze graveranno sul responsabile dell'omissione.

**37.3** L'Appaltatore deve segnalare (a mezzo PEC) in particolare e tempestivamente ogni irregolarità riscontrata nell'esecuzione di altre attività che non sono di sua competenza, ma che possono interferire con la sua opera o condizionarla.

### **Articolo 38 - Oneri ed obblighi diversi a carico dell'Appaltatore**

**38.1** L'Appaltatore si impegna, oltre a quanto già previsto nel presente Capitolato a:

- rimborsare alla Stazione Appaltante le spese per la pubblicazione del bando e degli avvisi entro 60 gg. dall'aggiudicazione;
- effettuare il servizio impiegando, a propria cura e spese, tutte le strutture ed il personale necessario per la realizzazione dello stesso secondo quanto precisato nel presente capitolato e nel disciplinare tecnico;
- dotare il personale impiegato di tutta la strumentazione e degli opportuni Dispositivi di Protezione Individuale per eseguire le attività previste in sicurezza, manlevando la Stazione Appaltante da ogni responsabilità in materia;
- osservare, nell'adempimento delle proprie prestazioni ed obbligazioni, tutte le indicazioni operative, di indirizzo e di controllo che a tale scopo saranno predisposte e comunicate dall'Amministrazione;
- comunicare tempestivamente all'Amministrazione le eventuali variazioni della propria struttura organizzativa coinvolta nell'esecuzione dell'appalto, indicando analiticamente le variazioni intervenute ed i nominativi dei nuovi responsabili;
- mettere a disposizione e garantire il corretto funzionamento dei recapiti PEC, e-mail e telefonici utilizzati per l'invio di tutte le comunicazioni relative all'affidamento.

**38.2** Oltre agli oneri di cui al capitolato generale d'appalto (per le parti ancora vigenti ed applicabili), al regolamento generale e al presente Capitolato, nonché a quanto previsto dalla normativa vigente in materia di sicurezza fisica dei lavoratori, sono a carico dell'Appaltatore gli oneri e gli obblighi che seguono:



*Commissario Straordinario di Governo art.1, c.154, L.145/2018*

- a) l'obbligo di procedere alla fedele esecuzione degli ordini impartiti, per quanto di competenza, dal direttore dell'esecuzione del contratto, in conformità alle pattuizioni contrattuali, in modo che i servizi effettuati risultino a tutti gli effetti collaudabili (verifica di conformità), esattamente conformi al Disciplinare Tecnico ed alla vigente normativa di settore;
- b) l'assunzione in proprio, tenendone indenne la Stazione appaltante, di ogni responsabilità risarcitoria e delle obbligazioni relative comunque connesse all'esecuzione delle prestazioni dell'Affidatario a termini di contratto;
- c) l'esecuzione di tutte le prove ed indagini, previste dal capitolato e che verranno ordinate dalla direzione dell'esecuzione del contratto, presso gli Istituti autorizzati a tale attività dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, ai sensi dell'art. 59 del DPR 380/01 e s.m.i.;
- d) la predisposizione del personale e degli strumenti necessari per tracciamenti, rilievi, misurazioni, prove e controlli, tenendo a disposizione del direttore dell'esecuzione del contratto i disegni e le tavole per gli opportuni raffronti e controlli, con divieto di darne visione a terzi e con formale impegno di astenersi dal produrre o contraffare i disegni e i modelli avuti in consegna;
- e) l'adozione, nel compimento di tutti i lavori, dei procedimenti e delle cautele necessarie a garantire l'incolumità delle persone addette all'esecuzione del servizio e dei terzi, nonché ad evitare danni ai beni pubblici e privati, osservando le disposizioni contenute nelle vigenti norme in materia di prevenzione infortuni; con ogni più ampia responsabilità in caso di infortuni a carico dell'Appaltatore, restandone sollevati la Stazione appaltante, nonché il personale proposto alla direzione e sorveglianza del contratto.

**38.3** Il corrispettivo per tutti gli obblighi ed oneri sopra specificati è conglobato nel prezzo del servizio e nel compenso stabilito contrattualmente.

**38.4** Nel caso di inosservanza da parte dell'Appaltatore delle disposizioni di cui sopra, la Direzione dell'Esecuzione del Contratto, a suo insindacabile giudizio, potrà, previa diffida a mettersi in regola, sospendere il servizio restando l'Appaltatore tenuto a risarcire i danni direttamente o indirettamente derivati alla Stazione Appaltante in conseguenza della sospensione.



### **Articolo 39 - Obblighi speciali a carico dell'Appaltatore**

**39.1** L'Appaltatore è obbligato a produrre alla Direzione dell'Esecuzione del Contratto adeguata documentazione fotografica, in relazione alle indagini effettuate o comunque a richiesta della Direzione dell'esecuzione del contratto. La documentazione fotografica, a colori e in formati riproducibili agevolmente, deve recare in modo automatico e non modificabile la data e l'ora nelle quali sono state effettuate le relative rilevazioni.

### **Articolo 40 - Spese contrattuali, imposte, tasse**

**40.1** Sono a carico dell'Appaltatore senza diritto di rivalsa: a) le spese contrattuali; b) le tasse e gli altri oneri per l'ottenimento di tutte le licenze tecniche occorrenti per l'esecuzione delle prestazioni; c) le tasse e gli altri oneri dovuti ad enti territoriali (occupazione temporanea di suolo pubblico, passi carrabili, permessi di scarico, canoni di conferimento a discarica ecc.) direttamente o indirettamente connessi all'esecuzione del servizio; d) le spese, le imposte, i diritti di segreteria e le tasse relativi al perfezionamento e alla registrazione del contratto.

**40.2** Sono altresì a carico dell'Appaltatore tutte le spese di bollo per gli atti occorrenti per la gestione del servizio dalla consegna alla data di emissione del certificato di verifica di conformità.

**40.3** Qualora, per atti aggiuntivi o risultanze contabili finali determinanti aggiornamenti o conguagli delle somme per spese contrattuali, imposte e tasse di cui ai commi 1 e 2, le maggiori somme sono comunque a carico dell'Appaltatore.

**40.4** A carico dell'Appaltatore restano inoltre le imposte e gli altri oneri, che, direttamente o indirettamente gravano sui servizi oggetto del contratto.

**40.5** Il contratto è soggetto all'imposta sul valore aggiunto (I.V.A.); l'I.V.A. è regolata dalla legge; tutti gli importi citati nel presente Capitolato si intendono I.V.A. esclusa.

### **Articolo 41 - Proprietà delle risultanze del servizio**

**41.1** I diritti di proprietà e/o di utilizzazione e sfruttamento di tutti i prodotti previsti, generati dall'Appaltatore nell'ambito di esecuzione del servizio oggetto del contratto, rimarranno di titolarità esclusiva della Stazione Appaltante che potrà disporre, senza alcuna restrizione, la pubblicazione, la diffusione, l'utilizzo, la duplicazione e la cessione, anche parziale.



#### **Articolo 42 - Brevetti e diritti d'autore**

**42.1** L'Appaltatore assume ogni responsabilità per l'uso di dispositivi, software o per l'adozione di soluzioni tecniche o di altra natura che violino brevetti (per invenzioni, modelli industriali e marchi e diritti d'autore).

**42.2** Qualora venga da terzi promosso nei confronti della Stazione Appaltante un procedimento giudiziario in cui si affermi che una o più delle soluzioni e/o l'uso di esse costituisca violazione di un diritto di proprietà industriale, ovvero analoga violazione sia altrimenti contestata all'Amministrazione, quest'ultima dovrà avvisarne l'Appaltatore per iscritto, entro 60 gg dalla notificazione dell'atto introduttivo dell'azione giudiziaria o dalla notizia della contestazione.

**42.3** Sempre che il termine di cui sopra sia stato osservato, l'Appaltatore assumerà a sue spese la difesa contro tale azione e terrà a suo carico gli oneri eventualmente conseguiti nei confronti del terzo attore, a condizione che le siano state conferite dall'Amministrazione le più ampie facoltà di condurre la lite a suo esclusivo giudizio e di definirla anche stragiudizialmente.

#### **Articolo 43 - Impegno di riservatezza**

**43.1** L'Appaltatore si impegna a non rivelare a terzi ed a non usare in alcun modo, per motivi che non siano attinenti alla esecuzione decontratto, le informazioni tecniche relative a procedimenti, disegni, attrezzature, apparecchiature, macchine e quant'altro venga messo a sua disposizione dalla Stazione appaltante o di cui egli stesso venisse a conoscenza in occasione dell'esecuzione del contratto stesso.

**43.2** L'obbligo di segretezza è per l'Appaltatore vincolante per tutta la durata dell'esecuzione del contratto e per tutti gli anni successivi alla sua conclusione, fintantoché le informazioni delle quali l'Affidatario stesso è venuto a conoscenza non siano divenute di dominio pubblico.

**43.3** L'Appaltatore è inoltre responsabile nei confronti della Stazione Appaltante dell'esatta osservanza da parte dei propri dipendenti, dei propri sub-affidatari e degli ausiliari e dipendenti di questi ultimi, degli obblighi di segretezza anzidetti.

**43.4** In caso di inosservanza dell'obbligo di segretezza, l'Appaltatore è tenuto a risarcire alla Stazione Appaltante tutti i danni che alla stessa dovessero derivare.



#### **Articolo 44 - Domicilio**

**44.1** All'atto della stipula del contratto l'Appaltatore dovrà comunicare il proprio domicilio il quale potrà essere eletto presso la sede aziendale.

#### **Articolo 45 - Allegati e normativa applicabile**

**45.1** Per tutto quanto non espressamente disciplinato nel presente Capitolato si fa rinvio alla Normativa del settore in quanto applicabile: D.Lgs. n. 50/2016; Capitolato Generale d'appalto dei lavori pubblici di cui al DPR 145/2000, per la parte non abrogata; D.P.R. n. 207/2010 per le parti ancora in vigore; D.M. n. 49 del 07/03/2018 nonché D.Lgs n. 81/2008 e s.m.i..

**45.2** L'osservanza delle norme e prescrizioni di cui al presente capitolato, i controlli eseguiti dalla Stazione Appaltante sullo svolgimento dei servizi e l'eventuale approvazione da parte della Stazione Appaltante di procedure adottate o di elaborati prodotti dall'Appaltatore, non limitano né riducono la sua piena ed incondizionata responsabilità.

**45.3** L' Appaltatore dovrà correggere, integrare o rielaborare i documenti da lui prodotti che risultassero inesatti, incompleti, imprecisi o eseguiti in difformità dagli standard usualmente adottati a livello nazionale ed internazionale per l'esecuzione delle attività di cui al contratto, sempre che tali difetti o difformità vengano comunicati dal Responsabile Unico del Procedimento all'Appaltatore.

**45.4** In caso di discordanza tra i vari elaborati di progetto vale la soluzione più aderente alle finalità per le quali il servizio è stato progettato e comunque quella meglio rispondente ai criteri di ragionevolezza e di buona tecnica esecutiva. L'interpretazione delle clausole contrattuali, così come delle disposizioni del Capitolato Speciale del Servizio, è fatta tenendo conto delle finalità del contratto e dei risultati ricercati con l'attuazione del progetto approvato; per ogni altra evenienza trovano applicazione gli articoli da 1362 a 1369 del codice civile.



---

**PARTE II – INDAGINI DIAGNOSTICHE E GEOGNOSTICHE**

**CAPO VI – INTRODUZIONE**

**Articolo 46 - Generalità**

**46.1.** La presente descrive il piano di indagini geognostiche da eseguire sulla Diga di Monte Cotugno (PZ) al fine di conseguire i dati necessari alla rivalutazione sismica.

Trattandosi di una diga esistente, si è reso necessario programmare una campagna di indagini finalizzata all'approfondimento della conoscenza dell'opera, alla verifica di determinati aspetti progettuali e alla definizione delle caratteristiche necessarie per la rivalutazione della sicurezza sismica. Si riportano nella presente parte II le specifiche tecniche delle indagini diagnostiche sui "materiali" costituenti le opere accessorie e geognostiche sui "terreni" costituenti il corpo diga e i litotipi di fondazione, da effettuarsi nel sito di Monte Cotugno, sul fiume Sinni.

Le suddette indagini sono indicative e non vincolanti e potranno essere variate e/o integrate in sede di redazione del Piano Indagini.

**Articolo 47 - Riferimenti normativi**

**47.1.** Il processo di rivalutazione sismica delle grandi dighe cosiddette strategiche e rilevanti, è stato avviato a seguito della Ordinanza P.C.M. 3274/2003 e del D.L. 79/2004 convertito dalla legge 139/2004. Il ripetuto differimento dei termini assegnati dalla Legge è stato motivato, in buona parte, dall'iniziale assenza di una norma tecnica per le dighe allineata con i nuovi criteri di progettazione sismica introdotti dall'Ordinanza.

**47.2.** La normativa tecnica generale si è andata in seguito definendo attraverso emanazioni di:

- **D.M. 14.01.2008 (NTC2008)** - *Norme Tecniche per le Costruzioni*;
- **Circolare C.S.LL.PP. n. 617 del 2.2.2009 (C-NTC08)** - *Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008*;

e dei successivi suoi aggiornamenti:

- **D.M. 17.01.2018 (NTC18)** - *Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni*;
- **Circolare C.S.LL.PP. n. 7 del 21.01.2019 (C-NTC18)** - *Istruzioni per l'applicazione dell'"Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni" di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018*.



## *Commissario Straordinario di Governo art.1, c.154, L.145/2018*

Parallelamente ed in maniera coordinata si è andata definendo anche una normativa tecnica specifica per le dighe con l’emanazione di:

- **D.M. 26.06.2014 (NTD14)** - *Norme tecniche per la progettazione e la costruzione degli sbarramenti di ritenuta*;
- **Circolare D.G. Dighe del 6.04.2016, n. 7581** - *Verifiche di sicurezza sismica degli scarichi e delle opere accessorie e complementari - Riferimenti per l’istruttoria*;
- **Circolare D.G. Dighe del 27.09.2017, n. 21530** - *Linee guida per la redazione e le istruttorie degli studi sismotettonici relativi alle grandi dighe*;
- **Circolare D.G. Dighe del 18.03 2019, n. 6660** - *Verifiche sismiche delle grandi dighe, degli scarichi e delle opere complementari e accessorie – Procedura*;
- **Circolare D.G. Dighe del 26.07.2018, n. 17281 e revisione n.1 del 03.07.2019 n. 16790** - *Verifiche sismiche delle grandi dighe, degli scarichi e delle opere complementari e accessorie - Istruzioni per l’applicazione della normativa tecnica di cui al D.M. 26.06.2014 (NTD14) e al D.M. 17.01.2018 (NTC18)*.

A tale riguardo, il piano di indagine, finalizzato alla esecuzione della una rivalutazione sismica della diga in oggetto, dovrà essere redatto attenendosi alla normativa di riferimento sopra citata.

**47.3.** Nello specifico, in virtù di quanto previsto al capitolo H del D.M. 26.06.2014 (NTD14), concernente le *Dighe Esistenti*, ed in particolare il paragrafo H.3 riferite a “Disposizioni Comuni”, il piano dovrà prefiggersi l’obiettivo di identificare le condizioni attuali della diga:

- 1 tenendo conto dei dati acquisiti nelle fasi di progetto e di costruzione, nonché dei risultati progressivamente acquisiti tramite la strumentazione di controllo;
- 2 in base a tale quadro delle conoscenze, programmando le indagini integrative, indirizzate alla caratterizzazione meccanica dei materiali costituenti il corpo diga e dei terreni di fondazione e d’imposta, con specifico riferimento alle metodologie d’analisi previste per la valutazione della vulnerabilità sismica.

Inoltre tali obiettivi rispondono anche alle prescrizioni dalla *Circolare D.G. Dighe del 26.07.2018, n. 17281 e revisione n.1 del 03.07.2019 n. 16790* esplicitate al paragrafo III.1.2 e al paragrafo III.3.1, i quali prevedono di integrare e validare i dati e le informazioni riguardanti le proprietà dei materiali, intrinseche e/o di stato, note dalle fasi progettuali e costruttive, con nuove prove di sito e di laboratorio proporzionate all’importanza della diga.



## *Commissario Straordinario di Governo art.1, c.154, L.145/2018*

47.4. Le indagini previste nel presente piano, inoltre, garantiranno il soddisfacimento delle prescrizioni riportate dalla *Circolare D.G. Dighe del 26.07.2018, n. 17281 e revisione n.1 del 03.07.2019 n. 16790* al paragrafo III.3 e al paragrafo V.1, specifico per le dighe di materiale sciolto, in cui si prevede che:

- *V.1.1 La caratterizzazione dei materiali in campo dinamico deve essere effettuata con specifiche prove in sito per determinare il modulo di taglio  $G_0$  e lo smorzamento iniziale  $D_0$  a basse deformazioni angolari. Le variazioni di  $G$  e  $D$  in funzione della deformazione tangenziale sono determinate in laboratorio; qualora tali prove sperimentali non siano praticabili a causa dalla granulometria dei materiali, dovrà essere svolta un'analisi di sensitività per verificarne l'influenza sui risultati. In ogni caso occorre definire il comportamento dei materiali, se dilatante o contraente, per valutare il possibile incremento di pressioni interstiziali durante la fase dinamica.*
- *V.1.2 Le indagini devono accertare la granulometria delle diverse zone del corpo diga, sia per mettere in evidenza eventuali variazioni rispetto al progetto e alla costruzione, sia per individuare i materiali da assoggettare a verifica di liquefazione e di erosione.*

47.5. Per quanto riguarda le prove di laboratorio previste, esse dovranno essere realizzate in conformità alle seguenti normative:

- **Legge n. 1086 del 05 novembre 1971** - *Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica;*
- **Circolare Ministeriale n. 7617/STC del 08 settembre 2010** - *Criteri per il rilascio dell'autorizzazione ai Laboratori per l'esecuzione e certificazione di prove sui materiali da costruzione di cui all'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001;*
- **Circolare Ministeriale n. 633/STC del 03 dicembre 2019** - *Criteri per il rilascio dell'autorizzazione ai Laboratori per prove e controlli sui materiali da costruzione su strutture e costruzioni esistenti di cui all'art. 59, comma 2, del DPR n. 380/2001;*
- **Circolare Ministeriale n. 7618/STC del 08 settembre 2010** - *Criteri per il rilascio dell'autorizzazione ai Laboratori per l'esecuzione e certificazione di prove su terre e rocce di cui all'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001;*
- **D.M. 17.01.2018 (NTC18)** - *Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni;*



- **Circolare C.S.LL.PP. n. 7 del 21.01.2019 (C-NTC18)** - Istruzioni per l'applicazione dell' "Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni" di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018;
- *Norme italiane (UNI e UNI EN) ed americane (ASTM)*, ove vengono considerate standard di riferimento internazionale, per la *realizzazione delle prove diagnostiche sui materiali*.
- *Norme italiane ed europee (AGI, UNI-CNR), europee (BS, DIN) ed americane (ASTM)*, ove vengono considerate standard di riferimento internazionale, per la *realizzazione delle prove geotecniche di laboratorio*.

#### **Articolo 48 - Stabilità spondale**

**48.1.** In coerenza con quanto riportato al punto VI.4 delle "Istruzioni per l'applicazione della normativa tecnica di cui al D.M. 26.06.2014 (NTD14) e al D.M. 17.01.2018 (NTC18)", emanate dal MIT - Direzione Generale "Dighe" con circolare prot. n. 16790 del 03.07.2019, le cui specifiche si intendono qui integralmente richiamate - ed al fine di consentire le successive verifiche di stabilità in condizioni statiche, sismiche e post-sismiche delle sponde dell'invaso - dovrà essere redatto apposito studio geologico/geomorfologico preliminare della franosità dell'area, da condursi mediante:

- analisi delle informazioni recuperate dalla cartografia ufficiale (es. CARG, IFFI, vigenti PAI, ecc.);
- interpretazione multitemporale di foto aeree;
- sopralluoghi e rilievi geologici di campagna.

Lo studio, i cui risultati andranno sintetizzati in adeguata carta inventario delle frane (in scala almeno 1:5.000) - queste ultime da caratterizzare attraverso tipologia del movimento, profondità della superficie di scorrimento, stato di attività ed età presunta - dovrà indicare, tra l'altro, le eventuali aree sulle quali condurre ulteriori approfondimenti, da effettuarsi successivamente, anche attraverso specifiche indagini geologico-tecniche.

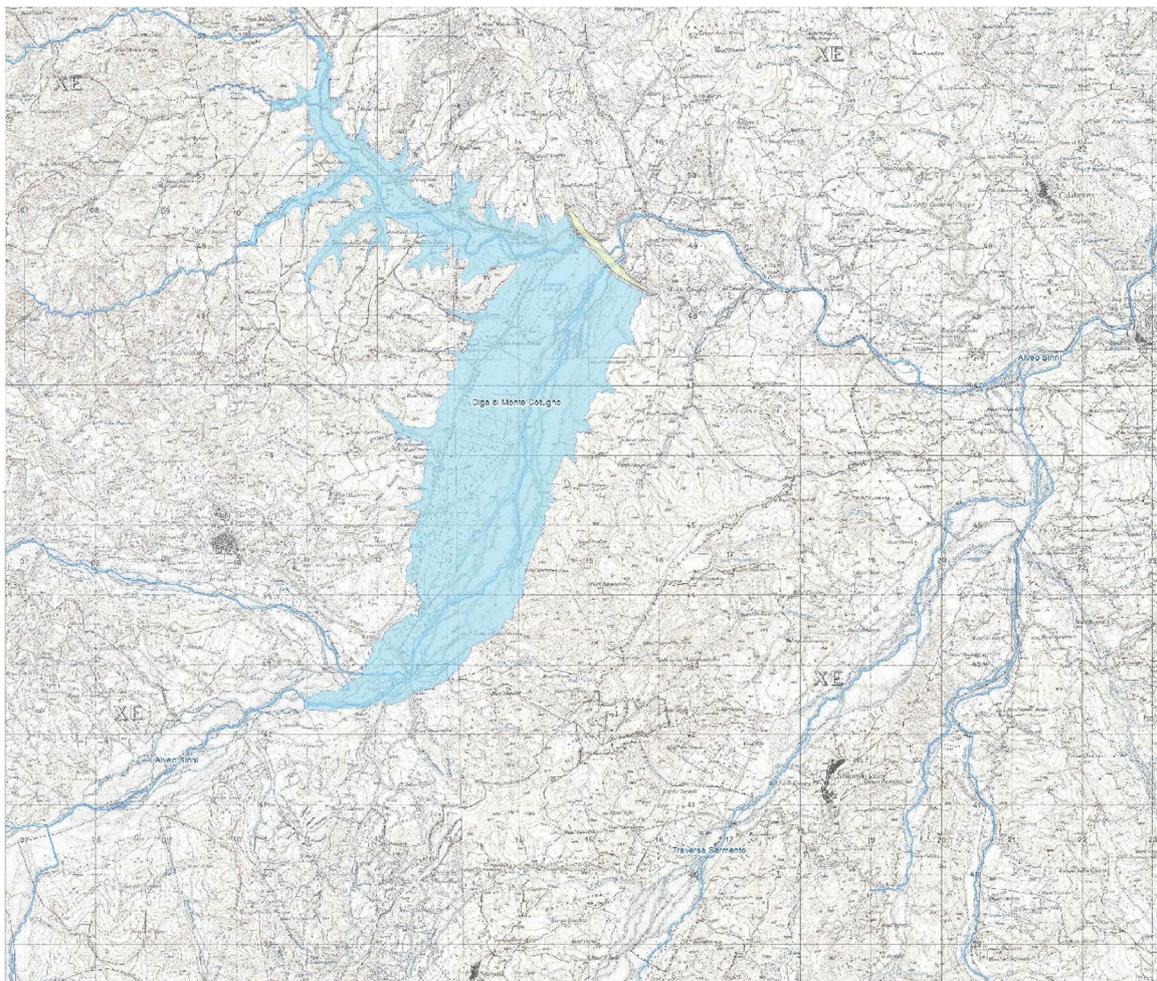
#### **Articolo 49 - Breve descrizione della diga e dell'invaso**

**49.1.** L'invaso di Monte Cotugno (Tabella 3) è stato realizzato tra il 1970 e il 1982 lungo il corso del fiume Sinni ed è in esercizio sperimentale dal luglio 1983. La diga sottende un bacino imbrifero di 804 Km<sup>2</sup> e fa parte dello schema idrico Jonico – Sinni che assicura l'alimentazione idrica ad uso plurimo ad un vasto territorio, comprendente l'arco jonico della Basilicata e della Puglia, il Salento



## *Commissario Straordinario di Governo art.1, c.154, L.145/2018*

e parte dell'area nord-orientale della Calabria (area di Castrovillari). A valle dell'invaso si diparte l'adduttrice del Sinni, costituita da tubazioni F 3000 in acciaio e in c.a.p., in grado di convogliare circa 19.0 m<sup>3</sup>/s verso le utenze irrigue, quelle potabili di Basilicata e Puglia, l'impianto di potabilizzazione di Parco del Marchese, oltre a garantire l'approvvigionamento industriale dell'ILVA di Taranto.



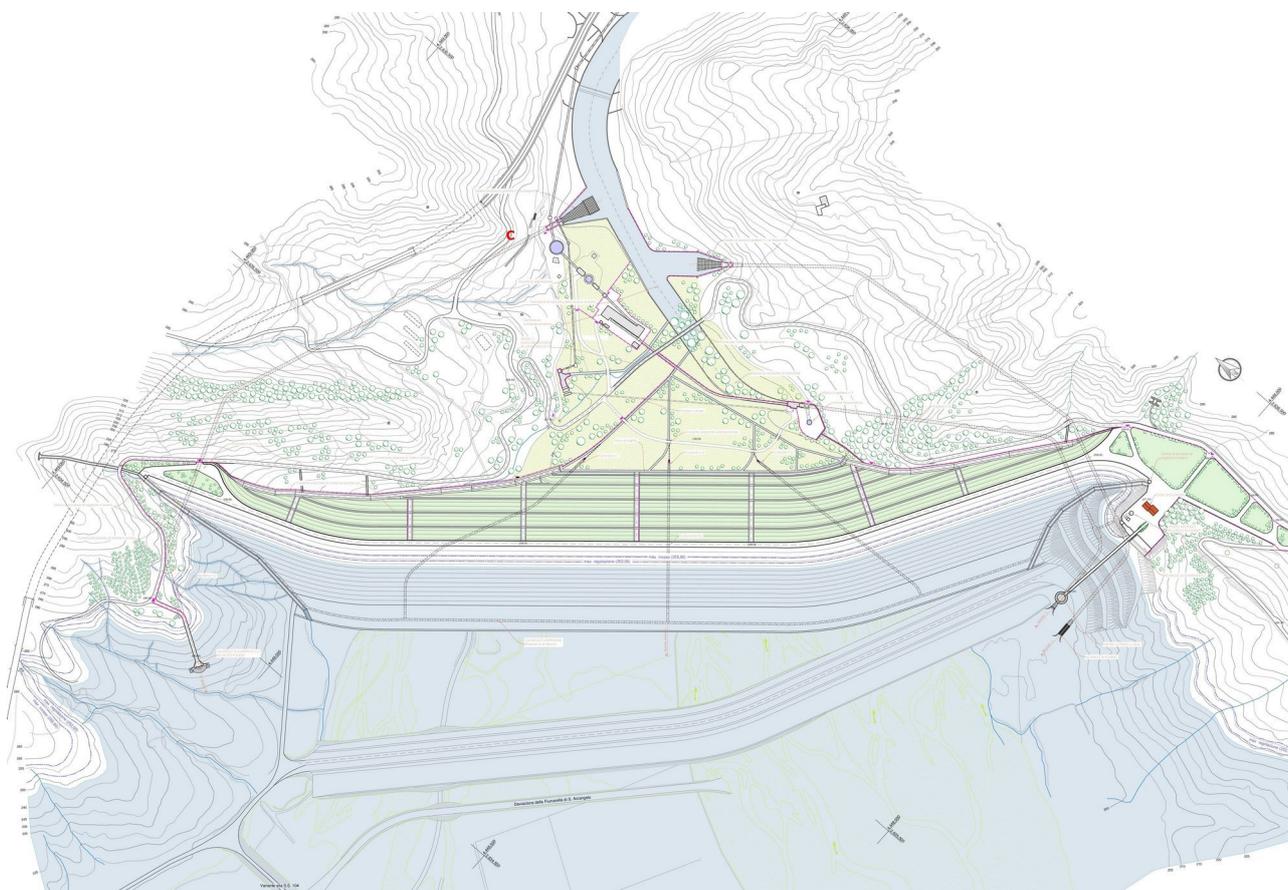
*Figura 1: Corografia con ubicazione dell'invaso di Monte Cotugno.*

Il bacino imbrifero, molto esteso (Figura 1), va dalla stretta di Masseria Nicodemo (Alto Sinni), ove è il serbatoio omonimo dell'ENEL, fino alla stretta di M. Cotugno (circa 40.0 Km più a valle) e comprende terreni che differiscono tra loro sia geologicamente che morfologicamente. La morfologia è varia e il sistema idrografico è molto complesso, con numerosi affluenti, rivi e valloni che risultano spesso incisi.



<b>Tipologia</b>	in terra
<b>Quota di coronamento</b>	258.00 m s.l.m.
<b>Quota massima di invaso</b>	255.00 m s.l.m.
<b>Quota massima regolazione</b>	252.00 m s.l.m.
<b>Franco</b>	2.20 m
<b>Lunghezza del coronamento</b>	1850.00 m
<b>Larghezza del coronamento</b>	10.00 m
<b>Altezza della diga</b>	65.50 m
<b>Larghezza massima alla base</b>	267.70 m
<b>Bacino imbrifero sotteso</b>	804.00 km <sup>2</sup>
<b>Bacino imbrifero allacciato</b>	525.00 km <sup>2</sup>
<b>Capacità utile</b>	556000000.00 m <sup>3</sup>
<b>Capacità morta</b>	15000000.00 m <sup>3</sup>

*Tabella 3: Dati caratteristici diga di Monte Cotugno e del bacino.*



*Figura 2: Planimetria corpo diga.*

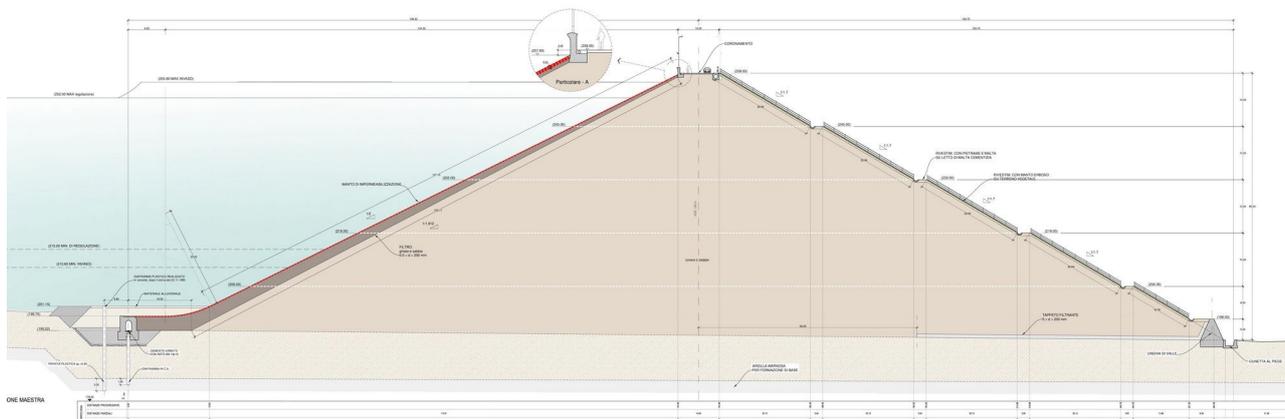


Figura 3: Sezione maestra.

## **Articolo 50 - Inquadramento geologico dell'area**

**50.1.** L'invaso di Monte Cotugno, realizzato a partire dagli anni 70, lungo il corso del fiume Sinni, ricade nei fogli 506 Sant'Arcangelo, 507 Pisticci, 522 Senise e 523 Rotondella a scala 1.50000 del progetto CARG.

Le formazioni geologiche affioranti possono suddividersi nei seguenti tre gruppi, dal più antico al più recente:

- Formazione pre-pleioceniche (Trias al Miocene). In tale gruppo sono comprese tutte le formazioni geologiche pre-pleioceniche: calcari selciferi, dolomie, calcari e calcareniti, argilliti, gneiss, argille varicolori.
- Formazioni plioceniche - calabriane. Le formazioni geologiche del secondo gruppo, non tettonizzate e ad andamento suborizzontale, con una leggera immersione convergente verso la zona di Roccanova – Castronuovo, cioè verso la parte centrale dell'area di affioramento, rappresentano il colmamento di un'ampia depressione (bacino pliocenico Calabriano di S. Arcangelo), incisa nelle formazioni pre-pleioceniche piegate ed erose; lo spessore complessivo di queste formazioni può calcolarsi intorno ai 700 — 800 metri. Si tratta di arenarie, sabbie e limi, argille marnose, conglomerati.
- Formazioni pleistoceniche e oloceniche. I terreni afferenti di tale formazione sono rappresentati da coperture recenti (alluvioni fluviali attuali e recenti, terrazzi fluviali, detrito di falda, ecc.), di spessore e estensione limitati.

Va tuttavia specificato che la maggior estensione del bacino di invaso, facendo estrazione della copertura delle alluvioni terrazzate e di quelle recenti e attuali, ricade nell'area di affioramento delle argille marnose del Pliocene Calabriano.



## **Articolo 51 - Opere accessorie**

**51.1.** La presente descrive il piano di indagini conoscitive da eseguire sulle opere accessorie della Diga di Monte Cotugno, per il quale è previsto un iter di indagini specialistiche al fine di conseguire i dati necessari a redigere un'analisi di vulnerabilità statica e sismica secondo quanto previsto dal capitolo C8 e l'Allegato A della Circolare esplicativa n. 7 del 21.01.2019 e dal capitolo 8 delle "Norme tecniche per le Costruzioni" del 17.01.2018.

**51.2.** Nello specifico, opere accessorie "strategiche" sono costituite dai seguenti manufatti che costituiscono parte integrante del progetto di Valutazione di Vulnerabilità sismica e sono riportate nella Tabella 4 e nella Figura 4.

Opera	Coordinate WGS 84 (EPSG: 4326)	
	Latitudine	Longitudine
	°	°
Scarico di superficie n.1	40.174422	16.358390
Scarico di superficie n.2	40.184337	16.343987
Vasca di dissipazione n.1	40.182365	16.356990
Vasca di dissipazione n.2	40.184513	16.356100
Torre di presa e viadotto di accesso	40.174955	16.356768
Pozzo Camera di Manovra	40.174906	16.358779
Edificio gruppo elettrogeno e cabina elettrica		

*Tabella 4: Elenco ed ubicazione delle opere.*

**51.3.** Per l'elenco completo delle opere accessorie si rimanda a quanto specificato nel DPRS (DOCUMENTO PRELIMINARE ALLA RIVALUTAZIONE SISMICA Rev. agosto 2019 redatto da EIPLI) e nel DIP (DOCUMENTO D'INDIRIZZO ALLA PROGETTAZIONE).



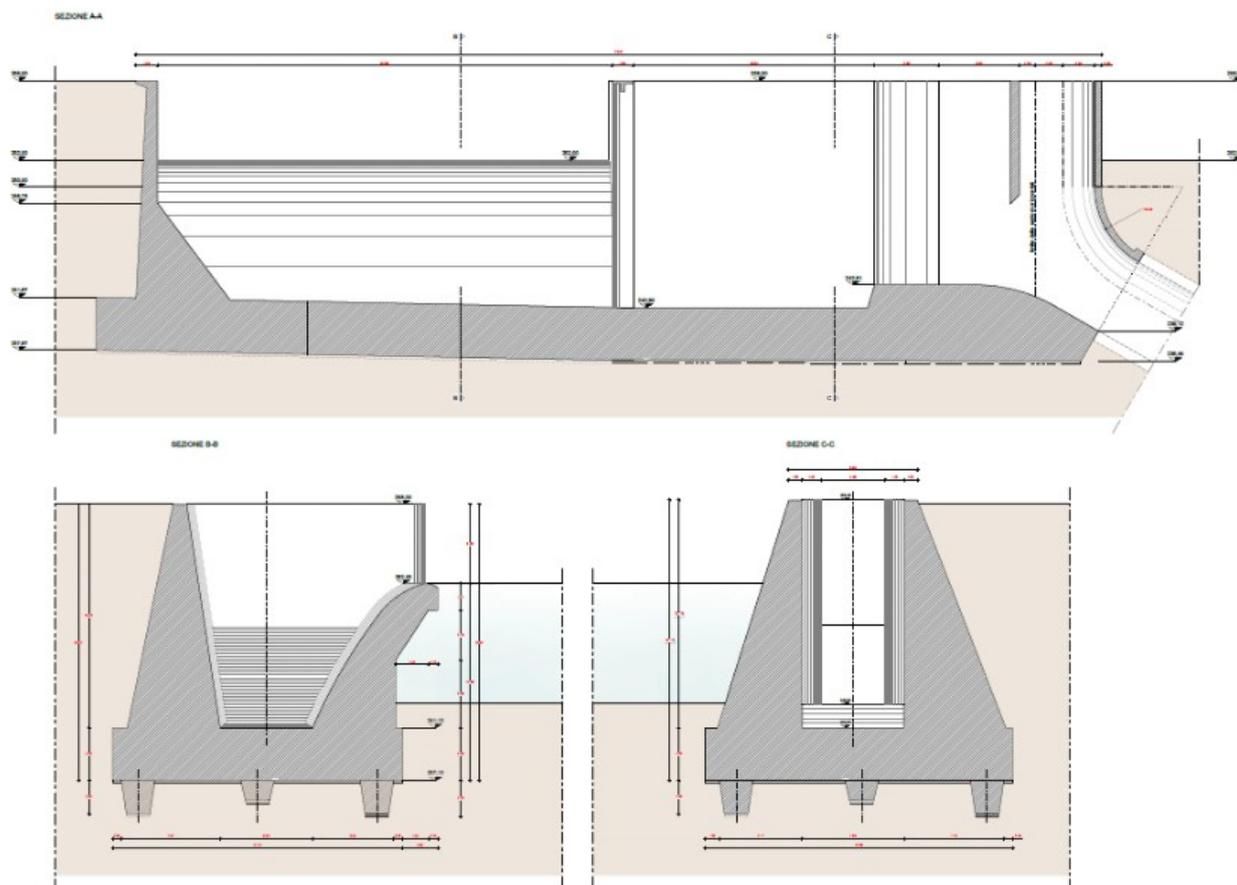
*Figura 4: Individuazione delle opere.*

## **Articolo 52 - Scarico di superficie n. 1**

**52.1.** Lo scarico di superficie n. 1 della Diga di Monte Cotugno ubicato in sponda dx è costituito da imbocco a soglia fissa della lunghezza di 34 m al piede della quale un canale collettore convoglia le acque alla galleria (Figura 5 e Figura 6).

La tipologia strutturale è in c.a. gettato in opera, costituito da soglia fissa sfioratore ad U, a 252.00 m s.l.m., che delimita una vasca di raccolta della lunghezza di circa 50 m, di larghezza di base variabile da 6 a 10 m.

Il manufatto oggetto di analisi, è caratterizzato da un'area di impronta di circa 1650 mq con basamento costituito da soletta piena in c.a. (Sp. 4.00 m), fondata su un sistema di plinti di approfondimento nel sottosuolo (di larghezza variabile dai 2.50 m e 1.70 m e profondità di 2.50 m), mentre la struttura portante in elevazione ha la caratteristica forma ad "U". Dall'analisi storica, l'opera risale agli anni '80 la cui configurazione è rimasta inalterata fino ad oggi, non essendo nel corso dei decenni stata oggetto di alcun particolare intervento modificativo.



*Figura 5: Sezioni scarico di superficie n. 1.*

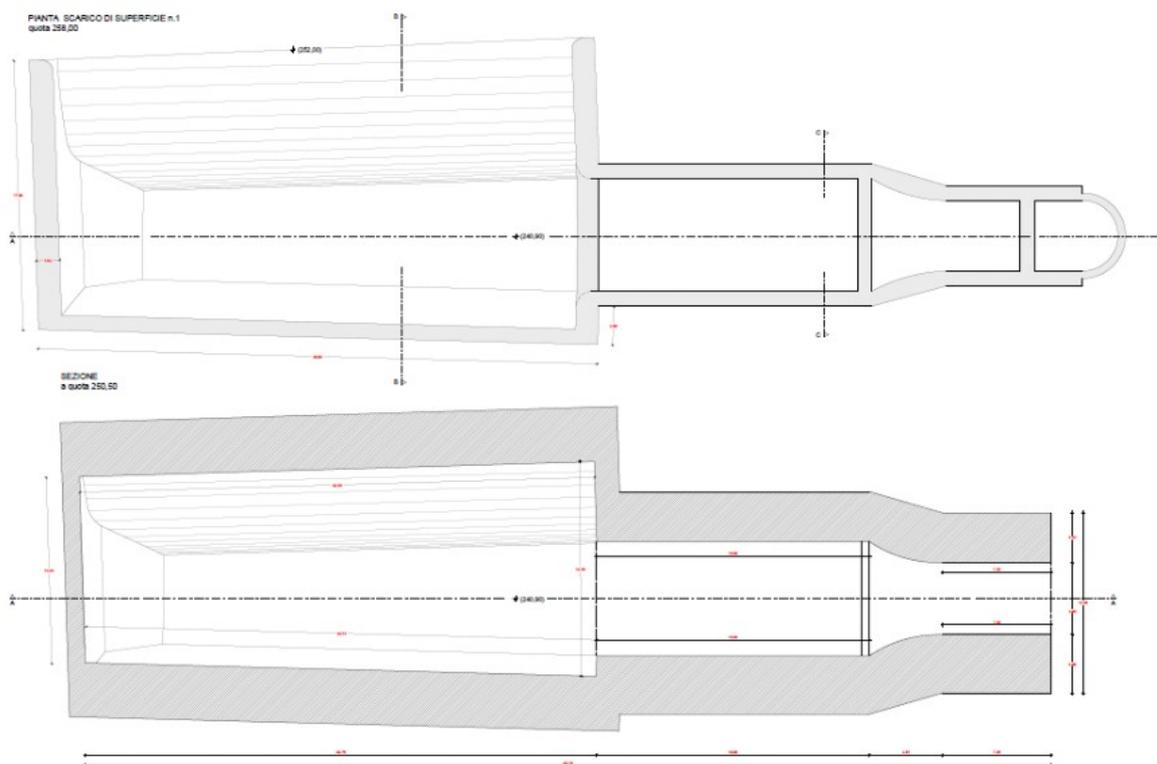


Figura 6: Carpenteria scarico di superficie n. 1.

## Articolo 53 - Scarico di superficie n. 2

**53.1.** Lo scarico di superficie n. 2 della Diga di Monte Cotugno ubicato in sponda sx in fregio alla struttura a torre che accoglie l'opera di scarico di mezzofondo costituito da settore di calice con apertura al centro di  $120^\circ$ , soglia libera a quota 252.00 m.s.l.m con sviluppo della soglia di 28.70 m. (Figura 7 e Figura 8).

La tipologia strutturale è in c.a. gettato in opera, il manufatto è collegato alla sponda mediante un viadotto a quota 259.50 m, all'interno è presenta la camera di manovra a quota a 243.10 m avente superficie di circa 410 mq. Ad essa si accede mediante un vano con scala in acciaio.

Dall'analisi storica, l'opera risale agli anni '80 la cui configurazione è rimasta inalterata fino ad oggi, non essendo nel corso dei decenni stata oggetto di alcun particolare intervento modificativo.

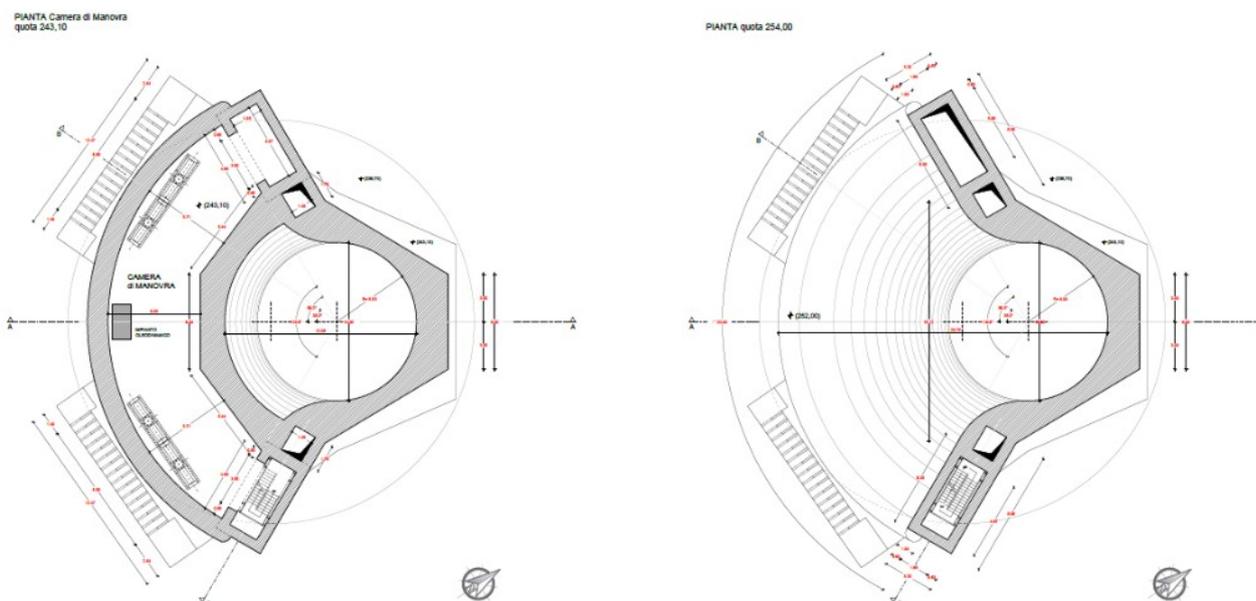


Figura 7: Carpenteria scarico di superficie n. 2.

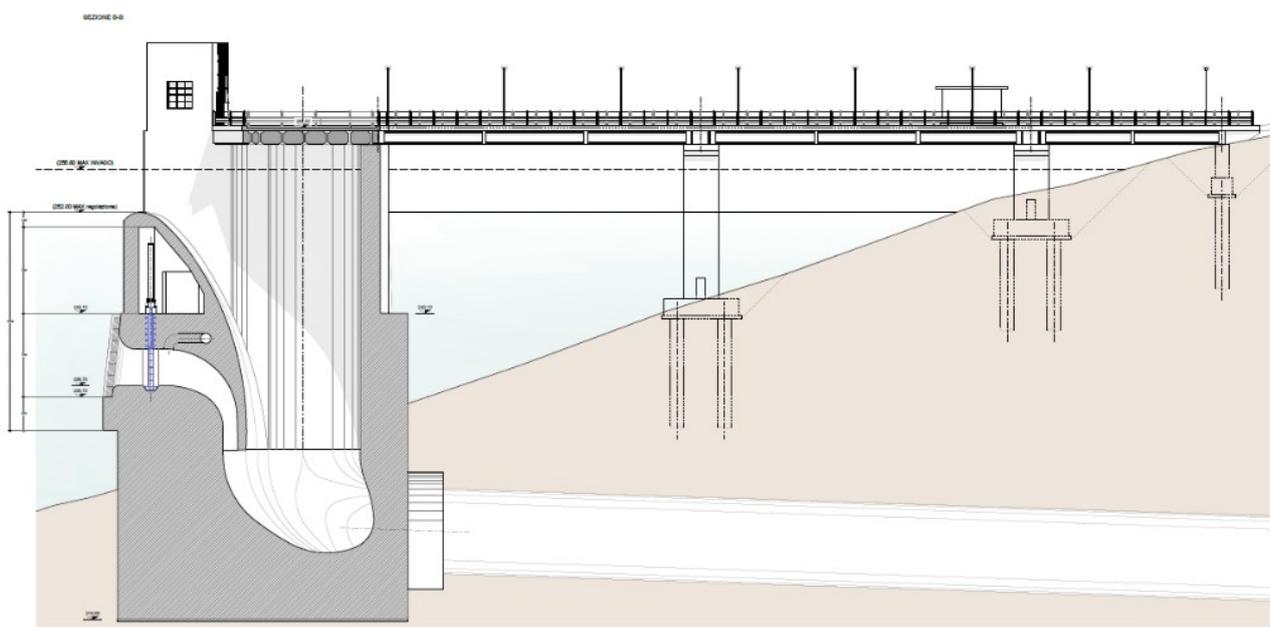


Figura 8: Sezione scarico di superficie n. 2.

## Articolo 54 - Vasca di dissipazione n. 1 in destra

54.1. Le informazioni attualmente disponibili relative alle strutture del dissipatore in destra sono di tipo fotografico. L'opera è costituita da platee e setti in cemento armato con un'estensione totale in pianta di circa 800 mq. Dall'analisi storica, l'opera risale agli anni '80 la cui configurazione è



## *Commissario Straordinario di Governo art.1, c.154, L.145/2018*

rimasta inalterato fino ad oggi, non essendo nel corso dei decenni stata oggetto di alcun particolare intervento modificativo.



*Figura 9: Vasca di dissipazione n. 1 in destra.*

**54.2.** Per la verifica delle strutture esistenti si rende necessaria la conoscenza delle caratteristiche meccaniche dei materiali componenti la struttura, in quanto dall'analisi storico-critica della documentazione disponibile non si sono riscontrati certificati di prova sui materiali impiegati effettivamente nel corso della realizzazione delle opere.

Con riferimento alle indicazioni nella norma DM.2018 e relativa Circolare, essendo il livello di conoscenza prefissato pari a **LC2**, si ritiene di dover eseguire una campagna d'indagine **limitata** per la verifica dei dettagli costruttivi ed una verifica **estesa** per l'investigazione delle proprietà meccaniche dei materiali.

**In primo luogo deve essere eseguito su tutta l'opera un rilievo geometrico, costruttivo-strutturale e dello stato di danno, dei dissesti e del degrado.**



## **Articolo 55 - Vasca di dissipazione n. 2 in Sinistra**

**55.1.** Le informazioni attualmente disponibili relative alle strutture del dissipatore in sinistra sono di tipo fotografico. L'opera è costituita da platee e setti in cemento armato con un'estensione totale in pianta di circa 1100 mq. Dall'analisi storica, l'opera risale agli anni '80 la cui configurazione è rimasta inalterato fino ad oggi, non essendo nel corso dei decenni stata oggetto di alcun particolare intervento modificativo.



*Figura 10: Vasca di dissipazione n. 2 in sinistra.*

Per la verifica delle strutture esistenti si rende necessaria la conoscenza delle caratteristiche meccaniche dei materiali componenti la struttura, in quanto dall'analisi storico-critica della documentazione disponibile non si sono riscontrati certificati di prova sui materiali impiegati effettivamente nel corso della realizzazione delle opere.

Con riferimento alle indicazioni nella norma DM.2018 e relativa Circolare, essendo il livello di conoscenza prefissato pari a **LC2**, si ritiene di dover eseguire una campagna d'indagine **limitata** per la verifica dei dettagli costruttivi ed una verifica **estesa** per l'investigazione delle proprietà meccaniche dei materiali.

**In primo luogo deve essere eseguito su tutta l'opera un rilievo geometrico, costruttivo-strutturale e dello stato di danno, dei dissesti e del degrado.**



---

## **Articolo 56 - Torre di presa e viadotto di accesso**

**56.1.** Il numero e la tipologia delle indagini, relativamente alla torre di presa della Diga di Monte Cotugno, sono stati individuati sulla base delle informazioni a disposizione. Il presente piano d'indagini strutturali segue quanto indicato dal DM.2018 e relativa Circolare esplicativa n. 7 del 21.01.2019, volto a determinare le caratteristiche geometriche, oltre che i parametri caratteristici di resistenza dei calcestruzzi e delle armature impiegate, necessarie al raggiungimento del livello di conoscenza prefissato (LC2).

In primo luogo, deve essere eseguito su tutto il manufatto un rilievo geometrico, costruttivo-strutturale e dello stato di danno, dei dissesti e del degrado.

L'intero manufatto è una struttura in pareti di c.a., sorge nell'invaso con un'altezza superiore ai 70 m, risulta essere in parte sommerso.

Il viadotto che collega la struttura alla sponda Dx è composto da pile in c.a. e travi in acciaio con fondazioni di tipo profondo. Tale viadotto permette di accedere all'impalcato a quota 266.10 m dal quale è possibile poi scendere al secondo posto a quota 257.50 m.

L'impalcato a quota 266.10 m è sormontato dalla copertura sostenuta da 8 pareti in c.a..

Mediante la stima delle superfici dei suddetti impalcati è possibile risalire al numero di prove da effettuare per raggiungere il livello di conoscenza richiesto.

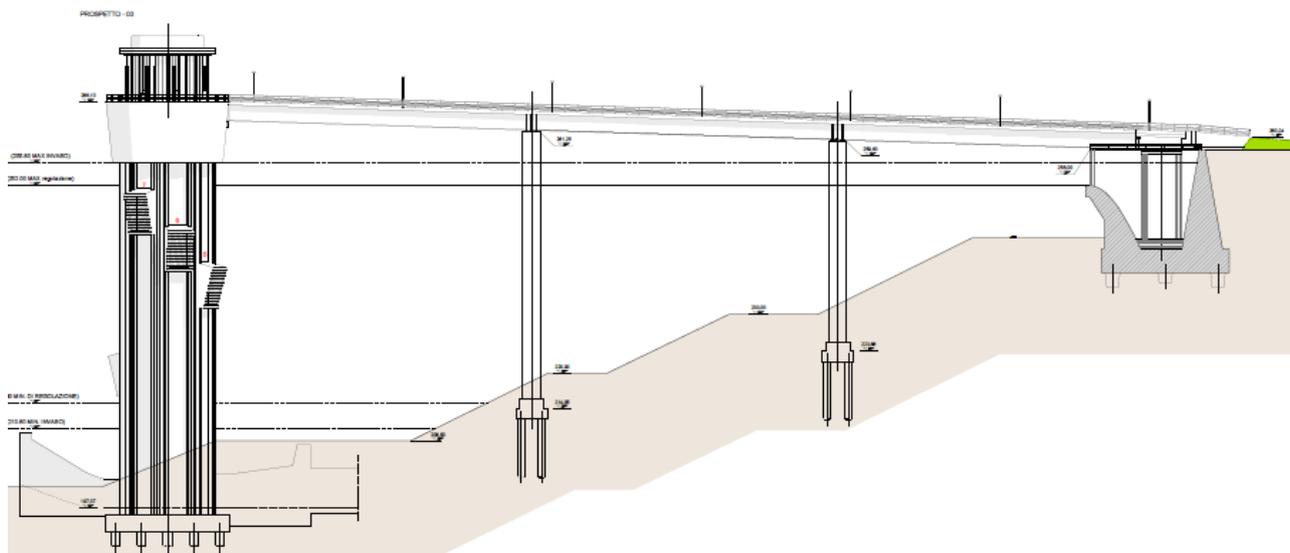
La copertura ha una superficie di circa 44 mq e pertanto saranno eseguite n.1 prova con estrazione di carota di cls e barre di armatura, n.1 prova combinata Son-Reb, n.1 prova Windsor e n.1 prova LEEB sugli acciai.

Gli impalcati a quota 266.10 m e 257.50 m hanno una superficie di circa 60 mq, saranno effettuate per ognuno di essi n. 2 prove con estrazione di carota di cls e barre di armatura, n. 2 prove combinate Son-Reb, n. 2 prove Windsor e n.2 prove LEEB sugli acciai.

Inoltre all'attacco con il viadotto lungo la parete esterna mediante l'ausilio di mezzi idonei saranno effettuate n. 1 prova con estrazione di carota di cls e barre di armatura, n. 1 prova combinata Son-Reb, n. 1 prova Windsor e n. 1 prova LEEB sugli acciai.

Per quanto riguarda invece il viadotto saranno previste indagini sulle condizioni delle travi di impalcato e indagini sulle bullonature, nonché n.1 prova con estrazione di carota di cls e barre di armatura, n.1 prova combinata Son-Reb e n.1 prova LEEB sugli acciai per ogni pila.

Più precisamente per il viadotto saranno eseguite n. 100 prove allo scopo di determinare la coppia di serraggio delle bullonature (quanto più distribuite possibile) e n. 6 prove di trazione di provette di profili in acciaio sulle travi.



*Figura 11: Grafici di progetto torre di presa e viadotto*



*Figura 12: Torre di presa.*

Per la verifica delle strutture esistenti si rende necessaria la conoscenza delle caratteristiche meccaniche dei materiali componenti la struttura e la verifica, sulla base dei progetti, dei quantitativi e disposizione delle armature.

**Sono stati quindi definiti i sondaggi in numero e caratteristiche opportune considerando anche la sostanziale omogeneità della struttura e le possibilità tecniche ed esecutive di effettuare prove strutturali su questo genere di manufatti; sono stati individuate le corrispondenze tra gli elaborati progettuali e le armature e dimensioni in situ.**



**Articolo 57 - Pozzo di accesso alla camera di manovra**

**57.1.** Il pozzo di accesso alla camera di manovra ha pianta circolare con diametro interno variabile da 6.40 a 5.60 m di 7.20 m e pareti piene in c.a., esse nella parte fuori terra sono alte 6.75 m ed hanno spessore pari a 0.40 m, mentre quelle interrato hanno spessore 0.80 m. Il manufatto si estende al di sotto del piano campagna per una profondità di 52.30 m e consente l'accesso alla camera di manovra della diga.

Per la verifica delle strutture esistenti si rendono necessarie la conoscenza delle caratteristiche meccaniche dei materiali componenti la struttura e le informazioni geometriche e storiche costituite da elaborati grafici architettonici e strutturali.

Facendo riferimento a quanto indicato dalla Normativa Tecnica (NTC2018 e relativa Circolare n.7 del 21.01.2019) viene presentato un piano di indagine che possa condurre ad un livello di conoscenza della struttura LC2.

**Dal momento che si dispone di un'ampia documentazione grafica e di calcolo sulla struttura in oggetto, al fine di ottenere un livello di conoscenza LC2, potrebbero essere svolte indagini LIMITATE in situ e prove LIMITATE in situ, ma essendo la struttura estesa altimetricamente si ritiene cautelativo passare al livello di indagine e di prove ESTESO.**

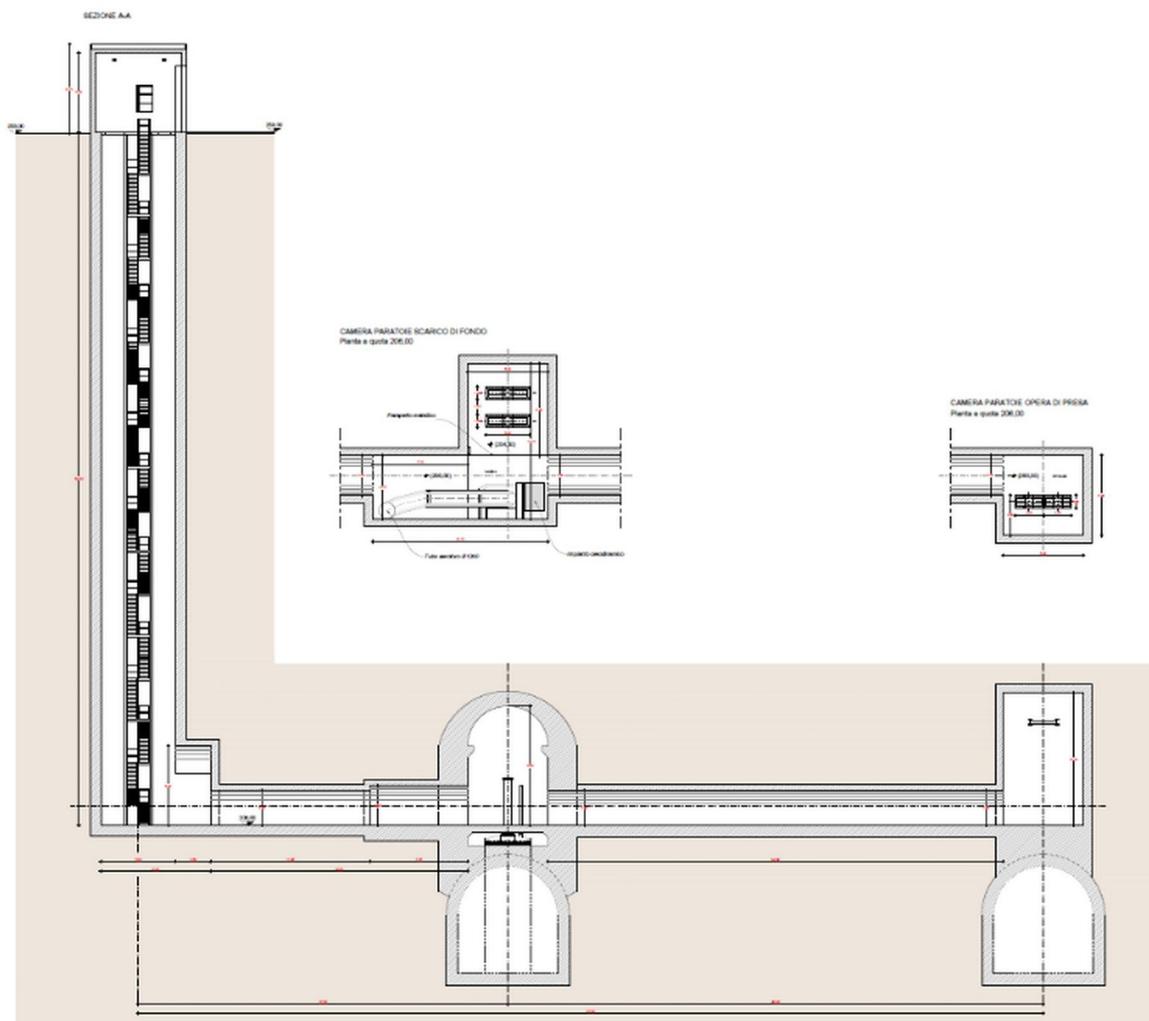


Figura 13: Sezione pozzo di accesso e camera di manovra.

## Articolo 58 - Locale Gruppo Elettrogeno

58.1. Per il locale gruppo elettrogeno non è stato possibile reperire alcuna documentazione di riferimento.

Il numero e la tipologia delle indagini, relativamente al locale gruppo elettrogeno sono stati individuati sulla base della scarsa conoscenza del manufatto. Per poter effettuare la verifica delle strutture si rende necessaria la conoscenza delle caratteristiche meccaniche dei materiali costituenti la struttura.

Allo scopo è stato, quindi, redatto il presente piano d'indagini strutturali, ai sensi di quanto indicato dal DM.2018 e relativa Circolare esplicativa n.7 del 21.01.2019, volto a determinare le caratteristiche geometriche, oltre che i parametri caratteristici di resistenza dei calcestruzzi e delle armature impiegate, necessarie al raggiungimento del livello di conoscenza prefissato (LC2).



## *Commissario Straordinario di Governo art.1, c.154, L.145/2018*

In primo luogo, deve essere eseguito su tutto il manufatto un rilievo geometrico, costruttivo-strutturale e dello stato di danno, dei dissesti e del degrado.

Il locale in oggetto ha una estensione planimetrica non superiore ai 100 m<sup>2</sup>, conseguentemente in accordo con le indicazioni della Circolare esplicativa n. 7 del 21.01.2019 esplicitate nella tabella C8.5.V, per le indagini di tipo esteso sono stati considerati n° 2 provini di cls. per 300 m<sup>2</sup>, dislocati sugli elementi significativi del manufatto: 1 sugli elementi verticali; 1 sugli elementi orizzontali.

Per ciascuno dei provini estratti verrà predisposta prova di resistenza a compressione monoassiale in laboratorio da svolgersi secondo le Norme UNI 6131 e UNI EN 12390-3:2009 ed a prova della profondità di carbonatazione secondo la Norma UNI 9944:1992.



*Figura 14: Vista del gruppo elettrogeno.*

### **CAPO VII – INDAGINI DIAGNOSTICHE OPERE ACCESSORIE**

#### **Articolo 59 - Generalità**

**59.1.** Trattandosi di un intervento su strutture esistenti, con riferimento a quanto prescritto al Cap.8 “Costruzioni esistenti” del D.M. 2018 “Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni” e relativa Circolare esplicativa n.7 del 21/01/2019, si è reso necessario programmare una campagna di indagini sulle strutture suddette finalizzata all’acquisizione di tutti i dati necessari per lo sviluppo e le valutazioni progettuali di che trattasi e definirne i criteri generali per la valutazione della sicurezza e le conoscenze indispensabili finalizzate ad approfondire aspetti e caratteristiche.



**59.2.** I metodi di prova saranno del tipo distruttivo e non distruttivo ed il loro numero sarà tale da consentire il raggiungimento di un livello di conoscenza “**LC2**” come evidenziato negli elaborati grafici e relativa relazione sulle indagini.

Per mezzo delle indagini diagnostiche, e dei risultati delle analisi condotte in situ ed in laboratorio sui campioni prelevati, sulle base del livello di conoscenza desiderato si dovrà pervenire alla definizione dei parametri meccanici dei materiali da adottare nel successivo livello di verifica strutturale.

Si precisa che le prove, raggruppate nel seguito per tipologia, dovranno essere eseguite nel seguente ordine: esami visivi, scassi localizzati e tutte le prove non distruttive; solo alla fine delle prove precedenti saranno eseguite le prove distruttive.

Le indagini di identificazione strutturale riguarderanno:

**59.3. Rilievo geometrico.** Il primo passo propedeutico alla conoscenza dell’impianto strutturale delle opere esistenti deriva dalla fase di rilievo geometrico. Proprio in virtù delle peculiarità costruttivo-strutturali delle opere esistenti non deve limitarsi ai confini della “singola” opera, ma deve essere riferito al contesto in cui l’opera è inserita, considerato nel suo complesso. Il rilievo geometrico deve pertanto contenere tutti quegli elementi necessari a rappresentare l’articolazione, plano-altimetrica degli elementi costitutivi l’intero complesso.

Il rilievo geometrico dovrà privilegiare l’individuazione dell’esatta posizione delle pareti strutturali a ciascun livello significativo per la tipologia di opera, anche in riferimento ai livelli sottostanti e soprastanti, e l’esatta determinazione dello spessore di queste ultime.

La scala ottimale di rappresentazione è 1:50, fermo restando che per complessi di piccole dimensioni può essere opportuno adottare una scala di maggior dettaglio. In tal modo la geometria di tutti gli elementi qualificanti la distribuzione e la dimensione degli apparati portanti e non portanti (setti, divisori), il profilo e le dimensioni degli orizzontamenti e dei collegamenti, nonché la presenza di peculiarità specifiche possono essere evidenziati.

Poiché il rilievo geometrico costituirà la base di partenza dalla quale sviluppare il modello di calcolo, tutte le informazioni necessarie a tale scopo dovranno essere adeguatamente rilevate e rappresentate.

La rappresentazione dei risultati del rilievo verrà effettuata attraverso piante, alzati e sezioni e possibilmente anche mediante rappresentazioni tridimensionali (anche in forma schematica) estremamente utili ai fini di una corretta comprensione dell’articolazione degli spazi e delle varie



unità strutturali, nonché propedeutiche alla successiva interpretazione critica del rilievo geometrico. A corredo e completezza degli elaborati di rilievo geometrico dovrà essere allegata una adeguata documentazione fotografica.

La lettura critica del rilievo geometrico, unita allo studio dei risultati dell'analisi dell'evoluzione diacronica del complesso di opere, è finalizzata a mettere in luce alcuni aspetti condizionanti la vulnerabilità sismica.

Per ciascun manufatto, al termine delle operazioni di rilievo l'Appaltatore consegnerà, almeno i seguenti elaborati, in formato editabile (dwg):

- Piante di tutti i livelli significativi del manufatto, adeguatamente quotate (scala 1:50)
- Prospetti
- Sezioni rappresentative quotate

**59.4. Rilievo Costruttivo-Strutturale.** Partendo dal rilievo geometrico si procederà alla identificazione dello schema strutturale resistente, descrivendo puntualmente ogni elemento della struttura esaminata. Al rilievo costruttivo-strutturale devono essere dedicati elaborati grafici (e descrittivi) specifici, che prendano in esame in modo sistematico elementi costruttivi.

Il rilievo costruttivo-strutturale deve, in definitiva, consentire di identificare e localizzare quegli elementi che possono influenzare il comportamento meccanico della costruzione, così da identificare la regola costruttiva locale ed evidenziare le precarietà e le alterazioni del costruito in oggetto. Tale disamina consente anche, tra l'altro, l'attribuzione dei pesi propri e dei carichi gravanti su ogni elemento della costruzione.

Il rilievo costruttivo-strutturale può avvalersi anche dei risultati derivanti da verifiche puntuali, come saggi o prove dirette, mirate a chiarire aspetti costruttivi che il solo rilievo tradizionale, seppur di dettaglio, a volte non riesce ad appurare.

Nella dettaglio, sulla base dei disegni originali di progetto opportunamente verificati in sito, oppure del rilievo geometrico ex novo precedentemente eseguito, andranno ricostruite le seguenti informazioni e adeguatamente riportate in elaborati grafici (piante, sezioni, prospetti quotati ed in scala 1:50):

- identificazione dell'organismo strutturale;
- identificazione delle strutture di fondazione, nei limiti di quanto richiesto dalle vigenti normative;
- informazioni sulle dimensioni geometriche degli elementi strutturali;



**59.5. Rilievo dello Stato di danno, dei dissesti e del degrado.** Il rilievo del quadro fessurativo risulta di estrema importanza per definire eventuali criticità presenti, imputabili a carenze del sistema strutturale nei confronti di azioni ordinarie statiche o nei confronti dell'azione sismica.

La presenza di un dissesto preesistente, imputabile a cause di natura statica (come cedimenti fondali, fuori piombo, carenze locali delle pareti in c.a., tensioni eccessive) costituisce un elemento di vulnerabilità sismica aggiuntivo, in quanto il quadro fessurativo associato al dissesto può determinare un percorso preferenziale per le lesioni, e favorire, in caso di sisma, l'attivazione di meccanismi di collasso specifici sia locali che globali.

Anche il degrado, in quanto forma di deperimento ed alterazione fisico-meccanica dei materiali costituenti, rappresenta una potenziale causa di vulnerabilità che, in caso di evento sismico, può condizionare la risposta sismica dell'opera: il rilievo, in questo caso, può essere limitato alla individuazione delle sole forme di alterazione che possono avere un impatto significativo sul comportamento degli elementi strutturali.

Quando i segni di dissesto sono imputabili all'azione sismica, il rilievo del quadro fessurativo, associato alla lettura critica del complesso di opere sotto il profilo costruttivo e strutturale, consentiranno di formulare delle prime ipotesi qualitative sulle cause che hanno ingenerato il dissesto.

Il quadro fessurativo dovrà essere rilevato e rappresentato in modo tale da consentire la disamina del dissesto per le varie componenti strutturali. Le lesioni saranno classificate secondo il loro andamento (lesioni verticali, diagonali, paraboliche e così via) nonché in relazione alla loro entità (estensione, ampiezza, se passanti o meno), andranno inoltre adeguatamente rappresentate eventuali tipologie di dissesto specifico associate a fenomeni deformativi, quali ad esempio forme di distacco, rotazione, scorrimento, spostamenti fuori dal piano, cedimenti, dei vari elementi strutturali.

In maniera simile le deformazioni andranno classificate secondo la loro natura (evidenti fuori piombo, abbassamenti, rigonfiamenti, spancamenti, ecc.) e graficizzate in modo adeguato.

Questa prima lettura del danno fornisce un quadro sintetico del dissesto e di tutti gli elementi necessari per poter formulare un giudizio sulle cause che lo hanno generato attraverso prime valutazioni di carattere qualitativo. Al rilievo del danno (specialmente nel caso in cui sia conseguente ad un evento sismico), che rappresenta in una prima fase un mero accertamento del quadro fessurativo non ancora associato ad una precisa risposta strutturale, seguirà la sintesi interpretativa del comportamento esibito dal manufatto investigato e l'identificazione dei meccanismi di collasso attivati.



## *Commissario Straordinario di Governo art.1, c.154, L.145/2018*

Inoltre, la lettura del danno può essere utile a finalizzare la successiva fase diagnostica (metodologie e tecniche di indagine, posizioni nelle quali effettuare le prove) e fornire informazioni sulle modifiche subite dall'opera nel corso del tempo nonché sulle sue caratteristiche strutturali e costruttive.

Nel dettaglio andranno investigati e riportate, oltre quanto già sopra-richiest, informazioni riguardo i seguenti aspetti:

- informazioni su possibili difetti locali dei materiali;
- informazioni su possibili difetti nei particolari costruttivi;
- informazione sulla natura ed entità di eventuali precedenti danni e sulle eventuali riparazioni effettuate.

**59.6.** L'Appaltatore, per ciascun manufatto, dovrà restituire i risultati di quanto rilevato, consegnando alla Stazione Appaltante i file editabili in .dwg almeno dei seguenti elaborati:

- Piante di tutti i livelli significativi del manufatto, adeguatamente quotate (scala 1:50), con indicazione dei danni;
- Prospetti con indicazione qualitativa e quantitativa di tutto quanto rinvenuto relativamente allo stato di danno e degrado;
- Sezioni rappresentative quotate;
- Assonometrie tridimensionali d'insieme con graficizzazione dei meccanismi di collasso attivati o in procinto di attivarsi se presenti (anche fuori scala);
- Assonometrie di dettaglio con raffigurazione degli eventuali meccanismi locali (anche fuori scala).

### **Articolo 60 - Livello di conoscenza**

**60.1.** Lo studio diagnostico dovrà condurre alla definizione di un livello di conoscenza LC2 del tipo adeguato, esaustivo e funzionale alle successive fasi di verifica strutturale sismica.

Le operazioni tecniche si dovranno articolare nelle seguenti attività:

- Conoscenza geometrica e prestazionale della struttura in seguito alle operazioni di rilievo geometrico-strutturale;
- Indagini strumentali (in situ ed in laboratorio) finalizzate all'identificazione meccanica dei materiali costituenti la struttura portante dei manufatti in esame.



*Commissario Straordinario di Governo art.1, c.154, L.145/2018*

**60.2.** Con riferimento alle NTC 2018, i metodi per le verifiche delle resistenze di calcolo dei materiali dipendono dal livello di conoscenza conseguito sull'immobile oggetto d'esamina.

A tal proposito la normativa individua tre livelli di conoscenza:

- **LC1:** *Conoscenza Limitata;*
- **LC2:** *Conoscenza Adeguata;*
- **LC3:** *Conoscenza Accurata.*

Il livello di conoscenza acquisito determina il metodo di analisi ammissibile ed il valore del **fattore di confidenza FC** da applicare alle proprietà dei materiali per il maggior grado di incertezza delle grandezze rilevate negli edifici esistenti (Tabella 5 e Tabella 6).

Livello di conoscenza	Geometrie (Carpenterie)	Dettagli strutturali	Proprietà dei materiale	Metodi di analisi	FC <sup>(*)</sup>
LC1	Da disegni di carpenteria originali con rilievo a campione; in alternativa rilievo completo ex-novo	Progetto simulato in accordo alle norme dell'epoca e <b>indagini limitate</b> in situ	Valori usuali per la pratica costruttiva dell'epoca e <b>prove limitate</b> in situ	Analisi lineare statica o dinamica	1.35
LC2		Elaborati progettuali incompleti con <b>indagini limitate</b> in situ; in alternativa <b>indagini estese</b> in situ	Dalle specifiche originali di progetto o dei certificati di prova originali, con <b>prove limitate</b> in situ; in alternativa da <b>prove estese</b> in situ	Tutti	1.20
LC3		Elaborati progettuali completi con <b>indagini limitate</b> in situ; in alternativa <b>indagini estese</b> in situ	Dai certificati di prova originali o dalle specifiche originali di progetto, con <b>prove estese</b> in situ, in alternativa <b>prove esaustive</b> in situ	Tutti	1.00

(\*) a meno di ulteriori precisazioni fornite nel C8.5.4. delle NTC2018.

Tabella 5: Livelli di conoscenza dell'informazione disponibile e conseguenti metodi di analisi e valori ammessi dei fattori di confidenza, per edifici in calcestruzzo armato o in acciaio (Tabella C8.5.IV delle NTC).



*Commissario Straordinario di Governo art.1, c.154, L.145/2018*

Livello di Indagini e Prove	Per ogni elemento "primario" (trave, pilastro)	
	Rilievo (dei dettagli costruttivi) <sup>(a)</sup>	Prove (sui materiali) <sup>(b)(c)(d)</sup>
limitato	La qualità e disposizione dell'armatura è verificata per almeno il <b>15 %</b> degli elementi	<b>1</b> provino di cls. per 300 m2 di piano dell'edificio <b>1</b> campione di armatura per piano dell'edificio
esteso	La qualità e disposizione dell'armatura è verificata per almeno il <b>35 %</b> degli elementi	<b>2</b> provino di cls. per 300 m2 di piano dell'edificio <b>2</b> campione di armatura per piano dell'edificio
esaustivo	La qualità e disposizione dell'armatura è verificata per almeno il <b>50 %</b> degli elementi	<b>3</b> provino di cls. per 300 m2 di piano dell'edificio <b>3</b> campione di armatura per piano dell'edificio

*Le percentuali di elementi da indagare ed il numero di provini da estrarre e sottoporre a prove di resistenza riportati nelle Tabelle C8.5.V e C8.5.VI hanno valore indicativo e vanno adattati ai singoli casi, tenendo conto dei seguenti aspetti:*

*(a) Nel controllo del raggiungimento delle percentuali di elementi indagati ai fini del rilievo dei dettagli costruttivi si tiene conto delle eventuali situazioni ripetitive, che consentano di estendere ad una più ampia percentuale i controlli effettuati su alcuni elementi strutturali facenti parte di una serie con evidenti caratteristiche di ripetibilità, per geometria e ruolo uguali nello schema strutturale.*

*(b) Le prove sugli acciai sono finalizzate all'identificazione della classe dell'acciaio utilizzata con riferimento alla normativa vigente all'epoca di costruzione. Ai fini del raggiungimento del numero di prove sull'acciaio necessario per acquisire il livello di conoscenza desiderato è opportuno tener conto dei diametri (nelle strutture in c.a.) o dei profili (nelle strutture in acciaio) di più diffuso impiego negli elementi principali, con esclusione delle staffe.*

*(c) Ai fini delle prove sui materiali è consentito sostituire alcune prove distruttive, non più del 50%, con almeno il triplo di prove non distruttive, singole o combinate, tarate su quelle distruttive.*

*(d) Il numero di provini riportato nelle tabelle C8.5.V e C8.5.VI può esser variato, in aumento o in diminuzione, in relazione alle caratteristiche di omogeneità del materiale. Nel caso del calcestruzzo in opera, tali caratteristiche sono spesso legate alle modalità costruttive tipiche dell'epoca di costruzione e del tipo di manufatto, di cui occorrerà tener conto nel pianificare l'indagine. Sarà opportuno, in tal senso, prevedere l'effettuazione di una seconda campagna di prove integrative, nel caso in cui i risultati della prima risultino fortemente disomogenei.*

*Tabella 6: Definizione orientativa dei livelli di rilievo e prova per edifici in c.a. (Tballa C8.5.V delle NTC).*

Il livello di conoscenza prefissato è **LC2** che, così come indicato dalle Circolare Applicativa alle NTC18 al par. 8.5.4.2, "si ritiene raggiunto quando sia stata effettuata l'analisi storico-critica commisurata al livello considerato (con riferimento al § C8.5.1), la geometria della struttura sia nota in base ai disegni originali (effettuando un rilievo visivo a campione per verificare l'effettiva corrispondenza del costruito ai disegni) o a un rilievo, i dettagli costruttivi siano noti, o parzialmente dai disegni costruttivi originali integrati da indagini limitate in situ sulle armature e sui collegamenti presenti negli elementi più importanti, o (con riferimento al § C8.5.2) a seguito di una indagine estesa in situ (i dati raccolti devono essere tali da consentire, nel caso si esegua un'analisi lineare, verifiche locali di resistenza, oppure la messa a punto di un modello strutturale non lineare), le caratteristiche meccaniche dei materiali siano note in base ai disegni costruttivi,



## *Commissario Straordinario di Governo art.1, c.154, L.145/2018*

*integrati da prove limitate in situ (se i valori ottenuti dalle prove in situ sono minori dei corrispondenti valori indicati nei disegni di progetto, si eseguono prove estese in situ), o con prove estese in situ (con riferimento al § C8.5.3); il corrispondente fattore di confidenza è  $FC=1,2$ . La valutazione della sicurezza è eseguita mediante metodi di analisi lineare o non lineare, statici o dinamici; le informazioni raccolte sulle dimensioni degli elementi strutturali, insieme a quelle riguardanti i dettagli strutturali, devono consentire la messa a punto di un modello strutturale idoneo”.*

**60.3.** La norma stabilisce, inoltre, le modalità di acquisizione delle informazioni occorrenti per il raggiungimento del livello di conoscenza prefissato con riferimento ai seguenti tre elementi:

- 1 Analisi storico-critica: deve essere finalizzata a comprendere le seguenti vicende costruttive:
  - 1.1 l'epoca di costruzione;
  - 1.2 le tecniche, le regole costruttive e, se esistenti, le norme tecniche dell'epoca di costruzione;
  - 1.3 la forma originaria e le successive modifiche;
  - 1.4 i traumi subiti e le alterazioni delle condizioni al contorno;
  - 1.5 le deformazioni, i dissesti e i quadri fessurativi, con indicazioni, ove possibile, della loro evoluzione nel tempo;
  - 1.6 gli interventi di consolidamento pregressi; gli aspetti urbanistici e storici che hanno regolato lo sviluppo dell'aggregato edilizio di cui l'edificio è parte.
- 2 Conoscenza della geometria degli elementi strutturali principali: deve permettere:
  - 2.1 l'identificazione dell'organizzazione strutturale;
  - 2.2 l'individuazione della posizione e delle dimensioni di travi, pilastri, scale e setti;
  - 2.3 l'identificazione dei solai e della loro tipologia, orditura, sezione verticale;
  - 2.4 l'individuazione di tipologia e dimensioni degli elementi non strutturali quali tamponamenti, tramezzature, etc.
- 3 Identificazione e valutazione della resistenza dei materiali:
  - 3.1 Resistenza del calcestruzzo;
  - 3.2 Resistenza a snervamento, di rottura e deformazione ultima dell'acciaio.

**60.4.** A titolo esemplificativo e quando realmente possibile, il rilievo dei dettagli costruttivi per le costruzioni di calcestruzzo armato è finalizzato a conseguire le seguenti informazioni:

- 4 quantità di armatura longitudinale in travi, pilastri, pareti e sua disposizione;



- 
- 5 quantità di barre di armatura piegate che contribuiscono alla resistenza a taglio, presenti nelle travi;
  - 6 quantità e dettagli di armatura trasversale nelle zone critiche e nei nodi travem-pilastro; quantità di armatura longitudinale che contribuisce al momento negativo di travi a T, presente nei solai;
  - 7 lunghezze di appoggio e condizioni di vincolo degli elementi orizzontali;
  - 8 spessore dei copriferri;
  - 9 lunghezza delle zone di sovrapposizione delle barre e dei loro ancoraggi.

### **Articolo 61 - Tipologia di indagini**

**61.1.** Per l'identificazione dei dettagli costruttivi saranno effettuate indagini in situ a campione di **tipo non distruttivo** quali:

- **Prove pacometriche** per l'individuazione della distribuzione di barre d'armatura, stima del diametro e copriferro, preliminari anche alle estrazioni di cls/sonreb e prelievi di acciaio ed estese ai nodi degli elementi strutturali;
- **Prove combinate METODO SONREB** (sclerometro+ultrasuono) per verificare la corrispondenza tra le armature o le caratteristiche dei collegamenti effettivamente presenti e quelle riportate nei disegni di progetto ed effettuate sugli stessi elementi ove saranno prelevate le carote;
- **Prova penetrometrica su solette in c.a.** con uso di penetrometro tipo "sonda Windsor-PIN" con misurazione in tre punti di misura per verificare la resistenza di calcestruzzi sulla base di tabelle di correlazione. Da eseguire su superfici in c.a. preventivamente liberate da intonaci o pavimenti;

e prove di **tipo distruttivo** o **semi-distruttivo** quali:

- **Estrazione carota a mezzo carotatrice da sottoporre a prova di compressione** e valutazione del grado di carbonatazione;
- **Estrazione di barre da sottoporre a prova di trazione;**
- **Estrazione viti e bulloni da sottoporre a trazione;**
- **Prova di durezza LEEB** in situ eseguite su barre di armatura per la stima della resistenza a rottura o snervamento;



*Commissario Straordinario di Governo art.1, c.154, L.145/2018*

**61.2.** Si distinguono, per semplicità, i seguenti tipi di indagini per le opere in oggetto così come riportati:

- 1 **Indagine di tipo A - non distruttiva:** prova pacometrica e prove combinate METODO SONREB;
- 2 **Indagine di tipo B - non distruttiva:** prova pacometrica e Windsor Pin su cls;
- 3 **Indagine di tipo C - non distruttiva:** verifica coppia di serraggio bulloni
- 4 **Indagine di tipo D - semi-distruttiva:** saggi strutturali con documentazione fotografica;
- 5 **Indagine di tipo E - semi-distruttiva:** prova pacometrica e prova LEEB su tratto di armatura;
- 6 **Indagine di tipo F - non distruttiva:** prova di resistenza a trazione su viti di acciaio;
- 7 **Indagine di tipo G - distruttiva:** prova pacometrica, estrazione carota cls e estrazione di barra di armatura;
- 8 **Indagine di tipo H - distruttiva:** prova pacometrica, estrazione profonda carota cls e estrazione di arra di armatura.
- 9 **Indagine di tipo I – distruttiva:** prova di trazione su provette ricavate da profilati per la determinazione dei carichi di snervamento e di rottura e dell'allungamento percentuale a rottura.

**61.3.** Le prove di laboratorio dovranno essere conformi a quanto richiesto dalle seguenti normative:

- **Legge n. 1086 del 05 novembre 1971** - *Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica;*
- **Circolare Ministeriale n. 7617/STC del 08 settembre 2010** - *Criteri per il rilascio dell'autorizzazione ai Laboratori per l'esecuzione e certificazione di prove sui materiali da costruzione di cui all'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001;*
- **Circolare Ministeriale n. 633/STC del 03 dicembre 2019** - *Criteri per il rilascio dell'autorizzazione ai Laboratori per prove e controlli sui materiali da costruzione su strutture e costruzioni esistenti di cui all'art. 59, comma 2, del DPR n. 380/2001;*
- **D.M. 17.01.2018 (NTC18)** - *Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni;* **Circolare C.S.LL.PP. n. 7 del 21.01.2019 (C-NTC18)** - *Istruzioni per l'applicazione dell' "Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni" di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018;*



## Articolo 62 - Sintesi prove diagnostiche

**62.1.** Di seguito si riporta una sintesi schematica delle prove da eseguire per ogni opera accessoria (Tabella 7) così come precedentemente individuate e classificate.

Opera	Non distruttive			Semi Distruttive		distruttive			
	Tipo A	Tipo B	Tipo C	Tipo D	Tipo E	Tipo F	Tipo G	Tipo H	Tipo I
Scarico di superficie n. 1	6	8	-	1	10	-	10	-	-
Scarico di superficie n. 2	8	5	-	3	10	-	10	-	-
Vasca di dissipazione n. 1 in destra	6	10	-	1	10	-	6	1	-
Vasca di dissipazione n. 2 in sinistra	8	12	-	1	12	-	8	1	-
Torre di presa e viadotto di accesso	9	6	100	1	9	20	9	-	6
Pozzo camera di manovra	6	8	-	1	6	-	6	-	-
Edificio gruppo elettrogeno e cabina elettrica	6	-	-	1	2	-	2	-	-
<b>totale</b>	<b>49</b>	<b>49</b>	<b>100</b>	<b>9</b>	<b>59</b>	<b>20</b>	<b>51</b>	<b>2</b>	<b>6</b>

*Tabella 7: Sintesi delle indagini diagnostiche sulle opere accessorie.*

## Articolo 63 - Saggi e rilievi dei dettagli esecutivi

**63.1.** Le indagini diagnostiche riguardo la definizione delle proprietà meccaniche dei materiali dovranno essere svolte in maniera estesa e sistematica con saggi superficiali ed interni per ciascun tipo di tipologia strutturale presente.

Con l'intento di raggiungere un livello di conoscenza adeguato LC2, la normativa impone di eseguire limitate verifiche in situ dei dettagli costruttivi. In particolare la norma stabilisce che in relazione all'identificazione dei dettagli costruttivi, deve essere verificata:

- la quantità di armatura longitudinale in travi, pilastri e pareti;
- la quantità e dettagli di armatura trasversale nelle zone critiche e nei nodi trave-pilastro, parete-parete;
- lunghezze di appoggio e condizioni di vincolo degli elementi orizzontali e verticali;
- spessore del copriferro;
- lunghezza delle zone di sovrapposizione delle barre
- approfondimento delle fondazioni

Per i corpi di fabbrica in esame, gli elementi saranno indagati secondo le prescrizioni del professionista incaricato della verifica, mediante **saggi ispettivi localizzati** su



pilastri/travi/solai/pareti per rilievi geometrici e dei dettagli costruttivi e/ o per il controllo in un singolo punto della tipologia di armatura, compreso rapporto di prova.

Asportazione dello strato di intonaco fino al rinvenimento del tondino di ferro, compreso il ripristino delle strutture previa spazzolatura e trattamento dei ferri con convertitore, ricoprimento con malta tixotropica, il trasporto a rifiuto di materiali di risulta, ed ogni altra fornitura, apprestamento ed onere per garantire l'esecuzione, in sicurezza, della prova a perfetta regola d'arte e secondo le disposizioni esecutive della Direzione lavori.

Sono compresi la restituzione in formato cartaceo e digitale dei risultati dei saggi e dei dettagli costruttivi verificati oltreché relativa relazione tecnica descrittiva corredata della restituzione fotografica dello svolgimento della prova durante l'esecuzione della stessa.

**Si specifica che i saggi suddetti non sono evidenziati negli elaborati grafici per tutte le opere e saranno localizzati secondo le indicazioni fornite dai tecnici incaricati dalla Stazione Appaltante.**

#### **Articolo 64 - Prelievo di provini cilindrici da strutture in cls.**

**64.1.** Prelievo di provini cilindrici da strutture in calcestruzzo compreso tra 40 e 100mm in relazione al diametro medio dell'inerte (diametro del campione pari a 3 volte il diametro dell'inerte) da eseguire con corona diamantata e raffreddata ad acqua fino alla profondità di 400 mm, nel rispetto delle Norme UNI 12504-1, UNI 12390-1:2002.

Il prelievi profondi da realizzarsi sulle platee delle vasche di dissipazione, sia in destra che in sinistra, relativamente alle indagini di TIPO G e TIPO H verranno condotti per profondità fino a 150 cm, allo scopo di estrarre due differenti carote: la prima ricavata dallo strato più superficiale di calcestruzzo di cui è rivestita la vasca che ha profondità 80 – 100 cm; la seconda carota verrà eseguita per estrarre un provino dallo strato più profondo della vasca, costituito da un diverso calcestruzzo, strato di calcestruzzo che si estende a partire da una profondità 100 – 150 cm.

Preliminarmente al prelievo di ciascun campione cilindrico sarà eseguito il rilievo delle barre d'armatura per evitare, per quanto possibile il taglio delle stesse. Le operazioni di prelievo dovranno scongiurare l'inclusione di armature metalliche nelle carote per evitare:

- significativa riduzione della capacità resistente dell'elemento strutturale su cui si effettua il prelievo;
- l'aggravio del disturbo al campione nelle fasi di prelievo determinato dall'incremento delle vibrazioni;
- l'alterazione dei risultati della prova di compressione per la presenza di barre di armatura.



Quando la maglia delle armature è tale da non consentire il prelievo di carote prive di inclusioni, è preferibile prelevare carote con diametro minore.

Inoltre, è importante verificare nel corso dei prelievi, che la macchina carotatrice non abbia significative vibrazioni dell'asse di rotazione e che la velocità di avanzamento sia bassa, onde evitare un eccessivo danneggiamento del campione.

**64.2.** La normativa di riferimento da adottare è la seguente:

- 1 **UNI EN 12504-1:2019:** Prove sul calcestruzzo nelle strutture - Parte 1: Carote - Prelievo, esame e prova di compressione
- 2 **UNI EN 12390-1:2002:** Prova sul calcestruzzo indurito - Forma, dimensioni ed altri requisiti per provini e per casseforme

#### **Articolo 65 - Preparazione dei provini da sottoporre a prove di laboratorio**

**65.1.** La preparazione ed il taglio dei campioni dovrà avvenire in laboratorio secondo la Norma UNI EN 12390- 1:2002. Inoltre i campioni dovranno essere rettificati per ottenere facce sufficientemente piane, parallele e ortogonali all'asse del taglio secondo la norma UNI EN 12390-3:2003. I campioni una volta prelevati dovranno essere adeguatamente osservati e conservati nell'atmosfera del laboratorio per almeno 3 giorni.

#### **Articolo 66 - Prove di laboratorio sui provini di cls**

**66.1.** Lo schiacciamento dei provini cilindrici da sottoporre a prova di resistenza a compressione in laboratorio dovrà avvenire secondo le Norme UNI 6131 e UNI EN 12390-3:2009, ed essere accompagnati dall'emissione del rapporto di prova da parte del medesimo Laboratorio Ufficiale accreditato dal Ministero dei trasporti e delle Infrastrutture ai sensi della L.1086/71, oltre che qualificato ai sensi della Circolare 08 settembre 2010, n. 7617/STC e/o della successiva Circolare 633/STC del 03 Dicembre 2019

La stima della resistenza cubica caratteristica a compressione del calcestruzzo ( $R_{ck}$ ) dovrà essere ai "controlli di accettazione" del calcestruzzo in opera per strutture nuove stabiliti dalle normative vigenti.

Per l'analisi si dovranno adottare i coefficienti correttivi delle formulazioni di carattere sperimentale presenti nella letteratura tecnica, tenendo conto del diametro e della snellezza del provino, della massima dimensione dell'inerte e della direzione di perforazione rispetto a quella del getto.



**66.2.** La normativa di riferimento da adottare è la seguente:

- 1 **UNI EN 12390-3:2009:** Prove sul calcestruzzo indurito - Parte 3: Resistenza alla compressione dei provini
- 2 **UNI 6131:2002:** Prelevamento campioni di calcestruzzo indurito

#### **Articolo 67 - Prelievo delle barre d'armatura**

**67.1.** Il prelievo delle barre d'armatura da sottoporre a prove di trazione compreso il ripristino della barra e l'uso di malta espansiva dovrà avvenire secondo la norma UNI EN ISO 6892:2009.

È importante che il prelievo venga effettuato su elementi poco sollecitati ovvero su barre secondarie utilizzando sega diamantata ad acqua per il taglio del cls e della barra stessa. Operando su una trave, sarà opportuno prelevare barre non sollecitate a trazione.

**Alle estrazioni ed ai prelievi dovrà seguire un tempestivo ed attento ripristino della configurazione originaria dell'elemento strutturale ad onere dell'appaltatore.**

In conformità alla suddetta norma UNI, lo spezzone di barra da sottoporre a prova dovrà avere una lunghezza pari a circa 450mm.

**67.2.** La normativa di riferimento da adottare è la seguente:

- 1 **UNI EN ISO 6892:2009:** Materiali metallici - Prova di trazione - Parte 1: Metodo di prova a temperatura ambiente

#### **Articolo 68 - Prove di laboratorio a trazione sulle barre di armatura**

**68.1.** La prova di trazione da eseguirsi nel rispetto della Norma UNI EN ISO 6892-1:2009 e del D.M. 14.01.2008, dovranno consentire di ottenere informazioni circa la deformabilità assiale delle barre, la tensione di snervamento e di rottura.

**68.2.** La normativa di riferimento da adottare è la seguente:

- 1 **UNI EN ISO 6892:2009:** Materiali metallici - Prova di trazione - Parte 1: Metodo di prova a temperatura ambiente

#### **Articolo 69 - Determinazione della profondità di carbonatazione**

**69.1.** Ai fini della valutazione del degrado del calcestruzzo e della corrosione dei ferri di armatura, dovranno essere eseguite misure della profondità di carbonatazione secondo la Norma UNI



9944:1992, mediante l'osservazione del viraggio della fenolftaleina, che in ambiente basico, ovvero in assenza di carbonatazione si colora di rosso-violetto.

**69.2.** La normativa di riferimento da adottare è la seguente:

- 1 Norma UNI 9944:1992 - "Corrosione e protezione dell'armatura del calcestruzzo. Determinazione della profondità di carbonatazione e del profilo di penetrazione degli ioni cloruro nel calcestruzzo"

### **Articolo 70 - Ripristini elementi strutturali in c.a.**

**70.1.** Particolare cura dovrà essere posta nel ripristino della capacità resistente originaria dell'elemento strutturale. Nel caso del prelievo delle carote di calcestruzzo si dovrà provvedere al riempimento dei fori mediante calcestruzzo in opera o malte cementizie a ritiro compensato, Le malte speciali a base cementizia (espansive, autoportanti, antiritiro, ecc.) composte da cementi ad alta resistenza, inerti, silice, additivi, da impiegarsi nei ripristini di elementi strutturali in c.a., devono possedere le caratteristiche autorizzati dal tecnico incaricato della verifica di sicurezza sismica.

Per il prelievo delle barre, particolare attenzione dovrà essere posta verificando la saldabilità delle barre in opera, adottando l'opportuno tipo di elettrodo ed effettuando la saldatura tra il nuovo spezzone e la barra esistente con cordoni d'angolo di adeguata lunghezza, in ogni caso mediante saldatura di testa.

### **Articolo 71 - Indagine magnetometrica con pacometro**

**71.1.** L'indagine pacometrica è una prova non distruttiva per l'identificazione delle armature all'interno delle strutture in calcestruzzo armato: mediante tale indagine di tipo magnetico è possibile rilevare con buona precisione la posizione delle barre di armatura presenti, la loro profondità (copriferro) ed il loro diametro.

Il funzionamento dello strumento è basato su principi di induzione elettromagnetica e permette di leggere in proiezione sulla superficie del cls la posizione delle armature, così da consentire una stima della misura dell'interferro e del copriferro delle armature longitudinali, presenti nel piano parallelo al piano di indagine e al passo delle staffe. Su ogni faccia delle superfici di calcestruzzo è individuabile la posizione delle barre di armatura. Ripetendo l'operazione su più sezioni dell'elemento e disegnando sulla superficie dello stesso mediante una matita che passi per i punti



individuati, sarà possibile tracciare il reticolo delle armature presenti in vicinanza della superficie indagata.

Tale prova consente anche di individuare le zone dell'elemento prive di armatura nelle quali eseguire, pertanto, le indagini finalizzate alla conoscenza delle caratteristiche del calcestruzzo, quali il prelievo di carote e le prove sclerometriche.

In tal modo, le indagini pacometriche dovranno essere preliminari a qualsiasi tipo di indagine, distruttiva e non, condotta su elementi in cemento armato.

La prova viene eseguita sull'elemento strutturale dopo aver asportato l'intonaco.

**71.2.** La normativa di riferimento da adottare è la seguente:

- 1 **Norma BS** 1881:204:1988 Testing concrete. Recommendations on the use of electromagnetic covermeters.

## **Articolo 72 - Prove combinate non distruttive con METODO SONREB**

**72.1.** Le prove distruttive saranno integrate con prove non distruttive tipo SONREB, queste ultime in numero superiore, al fine di ottenere un quadro più ampio dello stato del calcestruzzo della struttura o in sostituzione delle prove distruttive sino al 50% con un numero almeno triplo di prove non distruttive (p.to C8.A.1.B.3 – Circ. 617/2009).

La procedura di prova tradizionale prevede l'utilizzo, in maniera combinata, di prove con sclerometro e prove con ultrasuoni. La prima tecnica di indagine si basa sulla stima della resistenza del calcestruzzo attraverso la misura in situ dell'indice di rimbalzo; la seconda si basa sulla misura del tempo di attraversamento di un onda ultrasonica all'interno dell'elemento strutturale.

Questo metodo consente, quindi, di determinare la resistenza  $R_{ck}$  di un calcestruzzo in opera correlandolo con la velocità ultrasonica  $V$ , ottenuta con prove ultrasoniche e con l'indice di rimbalzo  $S$  ottenuto con prove sclerometriche.

Tale metodo combinato consente di superare gli errori che si ottengono utilizzando separatamente il metodo sclerometrico, che è un metodo di indagine superficiale, e il metodo ultrasonico, che invece è un metodo di indagine volumetrico.

Le misure effettuate con le due prove andranno interpretate in maniera combinata con relazioni di comprovato valore riportate in bibliografia scientifica.

Si fa presente che prima di effettuare le prove con lo sclerometro e le onde soniche è necessario procedere all'individuazione delle armature sull'elemento strutturale oggetto dell'indagine.



**72.2.** La normativa di riferimento da adottare è la seguente:

- 1 **UNI EN 12504-2:2001** Prove sul calcestruzzo nelle strutture - Prove non distruttive - Determinazione dell'indice sclerometrico.
- 2 **UNI EN 12504-4:2005** Prove sul calcestruzzo nelle strutture - Parte 4: Determinazione della velocità di propagazione degli impulsi ultrasonici.

### **Articolo 73 - Prova di durezza LEEB**

**73.1.** Prova semi-distruttiva per la stima della resistenza a trazione di barre d'armatura in strutture in calcestruzzo, mediante correlazione del valore di durezza LEEB determinata con durometro digitale, compresa la rimozione di copriferro e successivo ripristino con malta tissotropica alla fine dell'intervento.

La prova di durezza Leeb, normata dall'ASTM A956, è basata su un indentatore dinamico a rimbalzo. Dalla misura delle velocità d'impatto e di rimbalzo si ricava la misura di durezza, espressa in varie scale; la media dei valori rilevati su barre o profili in acciaio da carpenteria, estesa a tutto il sito d'indagine, è convertita in valori di resistenza a trazione (MPa), mediante il relativo prospetto della UNI EN ISO 16859. I tondini di armatura sono preliminarmente limati attraverso spazzole lamellari e carte abrasive per raggiungere la finitura superficiale richiesta da norma. La norma prevede di contenere la rugosità superficiale entro 2 µm. Ci si limita a rasare la nervatura, preservando la curvatura della superficie. Tale curvatura, per problemi d'appoggio della sonda, può inficiare la prova; sono quindi utilizzati anelli adattatori che sono stati applicati alla base della sonda dello strumento.

La bontà della procedura di preparazione della superficie del tondo è valutata eseguendo su tale superficie tre impronte nello spazio di 3 mm e verificando che le durezze misurate siano comprese in un intervallo di 6 HL; a valle di questa verifica, sono eseguite 10 battute su una fascia di lunghezza di circa 10 cm (in modo da analizzare una superficie corrispondente al pollice quadrato prescritto dalla norma), ottenendo i corrispondenti 10 valori di durezza Vickers. La media matematica di tali valori è utilizzata per calcolare, sulla base della norma UNI EN ISO 16859, l'intervallo di resistenza a trazione rappresentativo delle 10 misure di durezza Leeb.

**73.2.** La normativa di riferimento da adottare è la seguente:

- 1 **UNI EN ISO 16859-1:2015:** Materiali metallici - Prova di durezza Leeb - Parte 1: Metodo di prova
- 2 **UNI EN ISO 18265:2014:** Materiali metallici - Conversione dei valori di durezza



#### **Articolo 74 - Prova con Penetrometro Tipo “Windsor-Pin”**

**74.1.** La prova penetrometrica è eseguita con pistola tipo “Windsor-Pin”. Misura la profondità di penetrazione di appositi inserti metallici nel calcestruzzo sparati dalla Pistola. Vengono sparati 3 colpi secondo i vertici di un triangolo definiti da una dima. Le letture effettuate vengono correlate con la resistenza a compressione del calcestruzzo tramite tabelle, previa determinazione della durezza dell’inerte nella scala di Mohs. Ha come obbiettivo la valutazione della resistenza del calcestruzzo o delle malte.

**74.2.** La normativa di riferimento da adottare è la seguente:

- 1 **UNI PdR 56:2019**
- 2 **ASTM C803 / C803M – 18 Standard Test Method for Penetration Resistance of Hardened Concrete**

#### **Articolo 75 - Esecuzione e controllo delle unioni bullonate**

**75.1.** Le superfici di contatto al montaggio si devono presentare pulite, prive di olio, vernice, scaglie di laminazione e macchie di grasso. La pulitura deve, di norma, essere eseguita con sabbatura al metallo bianco. È ammessa la semplice pulizia meccanica delle superfici a contatto per giunzioni montate in opera, purché vengano completamente eliminati tutti i prodotti della corrosione e tutte le impurità della superficie metallica. Il serraggio dei bulloni può essere effettuato mediante chiave dinamometrica a mano, con o senza meccanismo limitatore della coppia applicata, o mediante chiavi pneumatiche con limitatore della coppia applicata, tutte tali da garantire una precisione non minore di 5%. Le chiavi impiegate per il serraggio e nelle verifiche dovranno essere munite di un certificato di taratura emesso in data non superiore all’anno. Il valore della coppia di serraggio  $T_s$ , da applicare sul dado o sulla testa del bullone, in funzione dello sforzo normale  $N_s$  presente nel gambo del bullone è dato dalla seguente relazione:

$$T_s = 0.20 \cdot N_s \cdot d \quad \text{Eq. 1}$$

dove

$d$  è il diametro nominale di filettatura del bullone;

$$N_s = 0.80 \cdot f_k \cdot N \cdot A_{res} \quad \text{Eq. 2}$$

essendo  $A_{res}$  l’area della sezione resistente della vite e  $f_k, N$  la tensione di snervamento.



*Commissario Straordinario di Governo art.1, c.154, L.145/2018*

La norma CNR UNI 10011 (ritirata senza sostituzione) detta precise regole riguardo le dimensioni che devono avere i bulloni normali e quelli ad alta resistenza, riguardo i materiali impiegati per le rosette e le piastrine, nonché il modo di accoppiare viti e dadi e il modo in cui devono essere montate le rosette.

Diametro <b>D</b> mm	Area resistente <b>Ares</b> mm	Coppia di Serraggio					Forza normale				
		<b>Ts</b>					<b>Ts</b>				
		N*m					n*m				
		<b>4.6</b>	<b>5.6</b>	<b>6.6</b>	<b>8.8</b>	<b>10.9</b>	<b>4.6</b>	<b>5.6</b>	<b>6.6</b>	8.8	10.9
12	84	39	48	58	90	113	16	20	24	38	47
14	115	62	77	93	144	180	22	28	33	52	64
16	157	96	121	145	225	281	30	38	45	70	88
18	192	133	166	199	309	387	37	46	55	86	108
20	245	188	235	282	439	549	47	59	71	110	137
22	303	256	320	384	597	747	58	73	87	136	170
24	353	325	407	488	759	949	68	85	102	158	198
27	459	476	595	714	1110	1388	88	110	132	206	257
30	561	646	808	969	1508	1885	108	135	161	251	314

*Tabella 8: Valori dell'area resistente, della forza normale e della coppia di serraggio per vari tipi di bulloni (CNR 10011)*

Il serraggio dei bulloni può, inoltre, essere effettuato anche mediante serraggio a mano o con chiave a percussione, fino a porre a contatto le lamiera fra testa e dado. Si dà, infine, una rotazione al dado compresa fra 90° e 120°, con tolleranze di 60° in più. Durante il serraggio, la norma CNR UNI 10011 (ritirata senza sostituzione) consiglia di procedere nel seguente modo: - serrare i bulloni, con una coppia pari a circa il 60% della coppia prescritta, iniziando dai bulloni più interni del giunto e procedendo verso quelli più esterni; - ripetere l'operazione, come sopra detto, serrando completamente i bulloni.

Per verificare l'efficienza dei giunti serrati, il controllo della coppia torcente applicata può essere effettuato in uno dei seguenti modi:

- si misura con chiave dinamometrica la coppia richiesta per fare ruotare ulteriormente di 10° il dado;
- dopo avere marcato dado e bullone per identificare la loro posizione relativa, si allenta il dado con una rotazione pari a 60° e poi si riserra, controllando se l'applicazione della coppia prescritta riporta il dado nella posizione originale.



Se in un giunto anche un solo bullone non risponde alle prescrizioni circa il serraggio, tutti i bulloni del giunto devono essere controllati.

Il controllo in situ deve essere eseguito verniciando in verde i bulloni che risultano conformi, e in rosso quelli non conformi. Le indagini devono essere condotte redigendo delle tabelle, una per ogni collegamento, nelle quali devono essere riportate le seguenti caratteristiche:

- valore della coppia di serraggio;
- mancanza del bullone;
- non coincidenza tra gli assi del foro e del bullone, ecc.

#### **Articolo 76 - Prove di laboratorio a trazione su viti e bulloni**

**76.1.** per la prova a trazione sui bulloni si farà riferimento a quanto già predisposto per le barre in acciaio

### **CAPO VIII – INDAGINI GEOGNOSTICHE IN SITO**

#### **Articolo 77 - Generalità**

**77.1.** La presente descrive il piano di indagini geognostiche da eseguire sulla Diga di Monte Cotugno (PZ) al fine di conseguire i dati necessari alla rivalutazione sismica. Il piano delle indagini in situ può essere schematizzato in quattro gruppi di prove:

- **Prove superficiali:** costituite da stendimenti geofisici (profili elettrici di resistività, stendimenti fisici a rifrazione, MASW, misura del rapporto spettrale HVR), mirati per lo più a definire le velocità delle onde sismiche e a confermare le sezioni geologiche previste e le caratteristiche dei terreni, nonché a determinare la frequenza fondamentale del sito;
- **Sondaggi:** a carotaggio continuo allo scopo di ricostruire la stratigrafia del terreno, il prelievo di campioni indisturbati, l'esecuzione di prove in foro e l'installazione di strumentazione di monitoraggio; a distruzione di nucleo per la realizzazione di fori a supporto delle indagini previste in situ;
- **Prove in foro:** prove sismiche di tipo cross-hole, prove penetrometriche standard SPT, prove di permeabilità di tipo Lugeon, prove pressiometriche tipo Menard, prelievo di campioni di terreno;
- **Prove penetrometriche:** prove penetrometriche continue di tipo dinamico ultrapesante DPSH.



**77.2.** Le prove di laboratorio dovranno essere conformi a quanto richiesto dalle seguenti normative:

- **Circolare Ministeriale n. 7618/STC del 08.09.2010** - *Criteria per il rilascio dell'autorizzazione ai Laboratori per l'esecuzione e certificazione di prove su terre e rocce di cui all'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001;*
- **D.M. 17.01.2018 (NTC18)** - *Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni;* **Circolare C.S.LL.PP. n. 7 del 21.01.2019 (C-NTC18)** - *Istruzioni per l'applicazione dell' "Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni" di cui al decreto ministeriale 17.01.018;*
- *Norme italiane (AGI, UNI-CNR), europee (BS, DIN) ed americane (ASTM), ove vengono considerate standard di riferimento internazionale, per la realizzazione delle prove geotecniche di laboratorio.*

A tal fine, su richiesta di questo ente, il laboratorio preposto all'esecuzione delle prove, dovrà fornire la documentazione inerente:

- Autorizzazione del Consiglio superiore dei LL.PP., ed eventuali certificati di verifica, collaudo e /o controllo della strumentazione utilizzata, secondo la **Circolare Ministeriale n. 7618/STC del 08.09.2010** per i laboratori delle prove sui "terreni" e secondo la **Circolare Ministeriale n. 7617/STC del 08.09.2010** e la **Circolare Ministeriale n. 633/STC del 03.12.2019** per i laboratori di prove sui "materiali";
- Certificazione di conformità alla norma **ISO 9001:2008** (Manuale di qualità e sue istruzioni operative);

Allorquando il laboratorio dovesse adoperare metodologie difformi da quelle di seguito descritte, le stesse dovranno essere comunicate al momento della stipula del contratto e autorizzate dall'ente, previa accertamento della loro uniformità alle norme sopra elencate.

Per ogni prova eseguita dovranno essere forniti i dati di prova tabellati e i relativi grafici, la data di inizio e fine prova, la normativa di riferimento.

Le norme citate nel presente documento devono essere intese nelle loro versioni vigenti (aggiornate o sostituite).

**77.3.** La campagna di indagini geofisiche prevista è costituita da simiche a rifrazione (*stendimenti sismici a rifrazione e M.A.S.W.*), misure del rumore di fondo (*rapporto spettrale HVR*) e geoelettriche (*tomografie elettriche di resistività*) al fine di:



- ricostruire l'andamento nelle tre dimensioni dei diversi corpi costituenti le unità geologiche di fondazione e le unità costituenti il corpo diga (nucleo, dreni, rinfianchi, etc.);
- ricostruire i differenti contatti stratigrafici lungo diverse sezioni d'indagine;
- verificare l'omogeneità e la continuità dei diversi corpi;
- estendere i risultati delle prove di laboratorio;
- caratterizzare i corpi dal punto di vista delle velocità sismiche.

Gli stendimenti geoelettrici e le stese sismiche a rifrazione verranno eseguiti lungo la stessa traccia al fine di avere una sezione stratigrafica più completa e dettagliata possibile. Ove ritenuto necessario, lungo gli stendimenti sismici a rifrazione, si effettueranno delle prove M.A.S.W..

### **Articolo 78 - Riepilogo indagine geognostiche in sito**

**78.1.** Nella Figura 15 e nella Tabella 9, Tabella 10 e Tabella 11 vengono sintetizzate l'ubicazione delle indagini geognostiche da effettuare per la caratterizzazione del corpo diga e dei terreni di fondazione.

<b>Tipologia</b>	<b>Sigla</b>	<b>Lunghezza m</b>	<b>Note</b>	<b>Distanza intergeofonica m</b>
Geoelettrica	G01	475.0		
Geoelettrica	G02	475.0		
Geoelettrica	G03	475.0		
MASW	M01	48.0	12 o 24 geofoni	da 2.0 a 5 .0
MASW	M02	48.0	12 o 24 geofoni	da 2.0 a 5 .0
MASW	M03	48.0	12 o 24 geofoni	da 2.0 a 5 .0
MASW	M04	48.0	12 o 24 geofoni	da 2.0 a 5 .0
MASW	M05	48.0	12 o 24 geofoni	da 2.0 a 5 .0
Rifrazione – M.A.S.W.	RM02	120.0	24 geofoni	5 .0
Rifrazione – M.A.S.W.	RM01	120.0	24 geofoni	5 .0
Rifrazione – M.A.S.W.	RM03	120.0	24 geofoni	5 .0

*Tabella 9: Sintesi stendimenti geofisici.*



*Commissario Straordinario di Governo art.1, c.154, L.145/2018*

Tipologia	Sigla	Strumentazione installata	Profondità m	Note
Sondaggio	S.01	Piezometro	80.0	Carotaggio continuo
Sondaggio	S.02	Cross-Hole	80.0	Carotaggio continuo
Sondaggio	S.02bis	Cross-Hole	80.0	Distruzione di nucleo
Sondaggio	S.03	Inclinometro	90.0	Carotaggio continuo
Sondaggio	S.04	Piezometro	80.0	Carotaggio continuo
Sondaggio	S.05	Piezometro	80.0	Carotaggio continuo
Sondaggio	S.06	Piezometro	50.0	Carotaggio continuo
Sondaggio	S.07	Piezometro	50.0	Carotaggio continuo
Sondaggio	S.08	Cross-Hole	50.0	Carotaggio continuo
Sondaggio	S.08bis	Cross-Hole	50.0	Distruzione di nucleo
Sondaggio	S.09	Piezometro	30.0	Carotaggio continuo
Sondaggio	S.10	Non strumentato	30.0	Carotaggio continuo
Sondaggio	S.11	Non strumentato	50.0	Carotaggio continuo
Sondaggio	S.12	Non strumentato	50.0	Carotaggio continuo
Sondaggio	S.13	Non strumentato	50.0	Carotaggio continuo
Sondaggio	S.14	Non strumentato	50.0	Carotaggio continuo
Sondaggio	S.15	Non strumentato	30.0	Carotaggio continuo
Sondaggio	S.16	Non strumentato	80.0	Carotaggio continuo
Sondaggio	S.17	Non strumentato	30.0	Carotaggio continuo
Sondaggio	S.18	Non strumentato	30.0	Carotaggio continuo

*Tabella 10: Sintesi sondaggi geognostici.*

In aggiunta alle prove sopra elencate sono previste la realizzazione delle misura del rapporto spettrale HVR in numero di 20 la cui ubicazione dovrà essere definita in fase di realizzazione delle prove.

Tipologia	Sigla	Profondità m
Penetrometrica dinamica ultrapesante	DIN01	15.0
Penetrometrica dinamica ultrapesante	DIN02	15.0
Penetrometrica dinamica ultrapesante	DIN03	15.0
Penetrometrica dinamica ultrapesante	DIN04	15.0
Penetrometrica dinamica ultrapesante	DIN05	15.0
Penetrometrica dinamica ultrapesante	DIN06	15.0
Penetrometrica dinamica ultrapesante	DIN07	15.0

*Tabella 11: Sintesi prove penetrometriche.*



Per una corretta ubicazione preliminare delle indagini si può fare riferimento alla tavola in allegato.

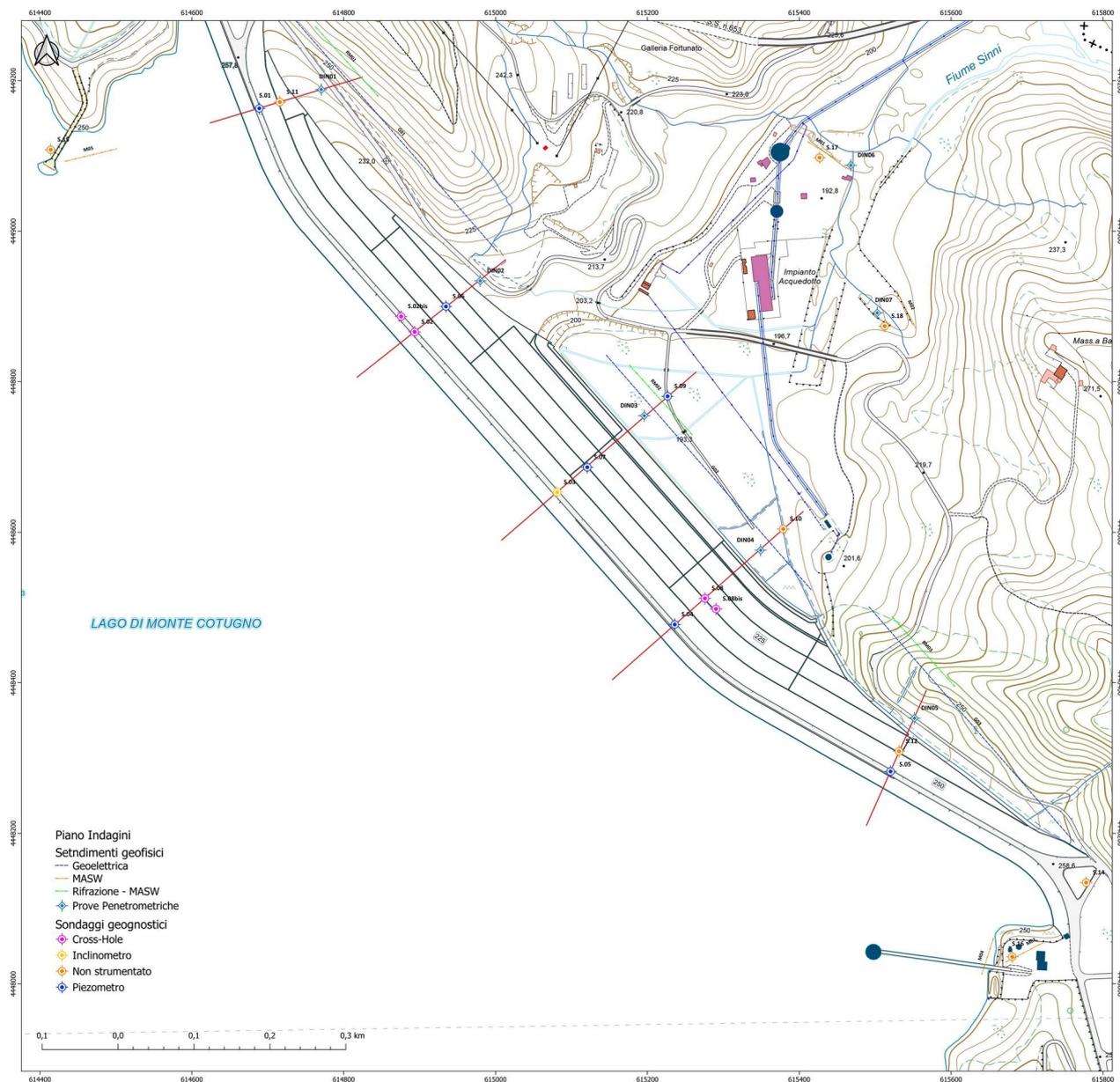


Figura 15: Ubicazione indagini geognostiche in sito per la diga di Monte Cotugno.

## Articolo 79 - Stendimenti sismici a rifrazione

**79.1.** Il metodo si basa sulla misura indiretta della velocità di propagazione delle onde elastiche nel sottosuolo, generate da un qualsiasi sistema energizzante sito in superficie. A seguito di una perturbazione energetica, le onde sismiche si propagano nel sottosuolo e, all'interfaccia tra due mezzi a diverso comportamento elastico e per angoli critici di incidenza (*Legge di Snell*), si propagano onde coniche (*head waves*) lungo la superficie di discontinuità, che rifrangono



## Commissario Straordinario di Governo art.1, c.154, L.145/2018

continuamente energia elastica verso l'alto. L'analisi delle registrazioni di tali onde e di quelle dirette, che viaggiano immediatamente al di sotto della superficie del terreno, costituiscono il fondamento del metodo descritto.

In particolare, gli stendimenti sismici a rifrazione misurano le velocità delle onde che si rifraggono all'interfaccia fra due unità a differente impedenza, dove per impedenza si intende:

$$Z_i = V_i \cdot \rho_i \quad \text{Eq. 3}$$

in cui:

$Z_i$  = impedenza dell'unità

$V_i$  = velocità delle onde sismiche dell'unità

$\rho_i$  = densità dell'unità

Se si mettono in relazione le impedenze di due unità contigue denominate 1 (unità più superficiale) e 2 (unità più profonda), si ottengono il *coefficiente di riflessione*  $r$  ed il *coefficiente di trasmissione*  $t$ :

$$r = \frac{Z_2 - Z_1}{Z_2 + Z_1}; \quad t = \frac{2 \cdot Z_2}{Z_2 + Z_1} \quad \text{Eq. 4}$$

dove:

$$r + t = 1 \quad \text{Eq. 5}$$

Se esiste un forte contrasto di impedenza fra le due unità al contatto, fra le due si avrà una superficie di discontinuità sismica denominata *riflettore sismico* che segnerà il passaggio fra le due unità o *sismo-strati*.

La metodologia d'indagine si basa sul generare onde sismiche in un punto preciso del terreno, attraverso un sistema di energizzazione (*energizzatore, sorgente o shot*), e misurare i tempi di arrivo dell'onda lungo una serie di sensori (denominati *geofoni*) disposti a intervallo costante (*distanza intergeofonica*) lungo un determinato allineamento. Per gli stendimenti previsti per la diga di Acerenza la distanza intergeofonica prevista è pari a 5.0 m.

La ricostruzione di un modello di sottosuolo e la stima del profilo di velocità delle onde elastiche longitudinali  $V_p$  è ottenuto con il picking delle prime fasi sismiche. Il riconoscimento del tempo di arrivo di onde dirette o *head waves*, registrate dai geofoni posti a distanza crescente dalla sorgente di energia permette di costruire una curva tempo/distanza (*dromocrona*) per ogni punto energizzato. Attraverso metodi analitici (*delay-time*) si ricavano le velocità delle onde longitudinali dei mezzi attraversati ( $V_p$ ) ed il loro spessore.

Si realizzerà quindi la seguente tipologia di stendimento:



## Commissario Straordinario di Governo art.1, c.154, L.145/2018

- stendimenti da **120.0 m** costituiti da **12 geofoni** per la caratterizzazione dei litotipi presenti nell'area di studio;

Il sistema di energizzazione sarà adeguato a produrre una perturbazione nel terreno in grado di viaggiare fino al geofono più lontano dello stendimento. I punti di energizzazione verranno posti con i seguenti criteri:

- 1 due punti esterni allo stendimento ad una distanza (offset) di 5.0 m;
- 2 numero variabile di punti interni disposti ad una distanza pari a 2 volte la distanza intergeofonica a partire dal secondo geofono.

In ogni geofono verrà quindi misurata la perturbazione prodotta in quel punto lungo un asse in funzione del tempo (Figura 16).

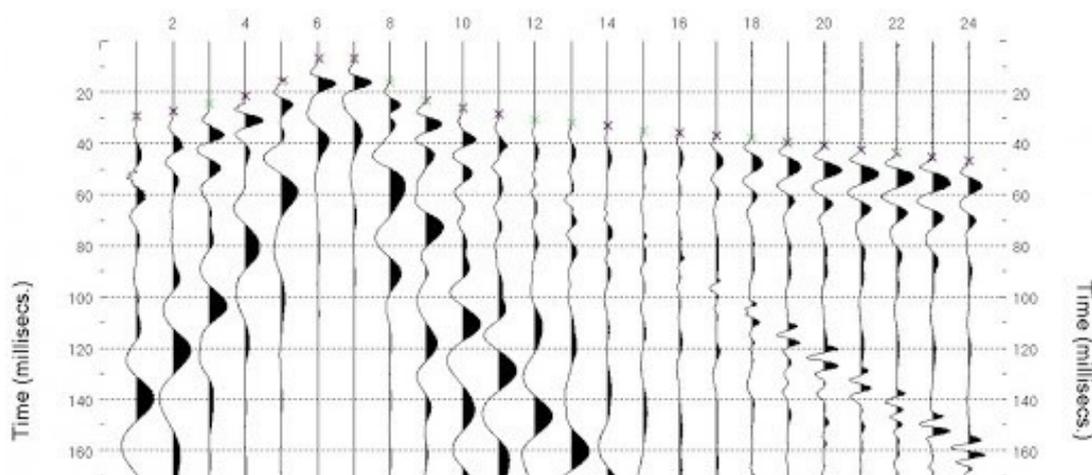


Figura 16: Esempio di restituzione grafica dei segnali sismici registrati.

Si potranno così misurare l'arrivo delle onde *principali* o di *compressione P* e delle onde *secondarie* o di *taglio S* e diagrammare (Figura 17) le stesse in funzione della distanza (*dromocrome*), ricavando per ogni tratto in cui i punti si allineano la relativa velocità  $V_P$  (onde di compressione) o  $V_S$  (onde di taglio).

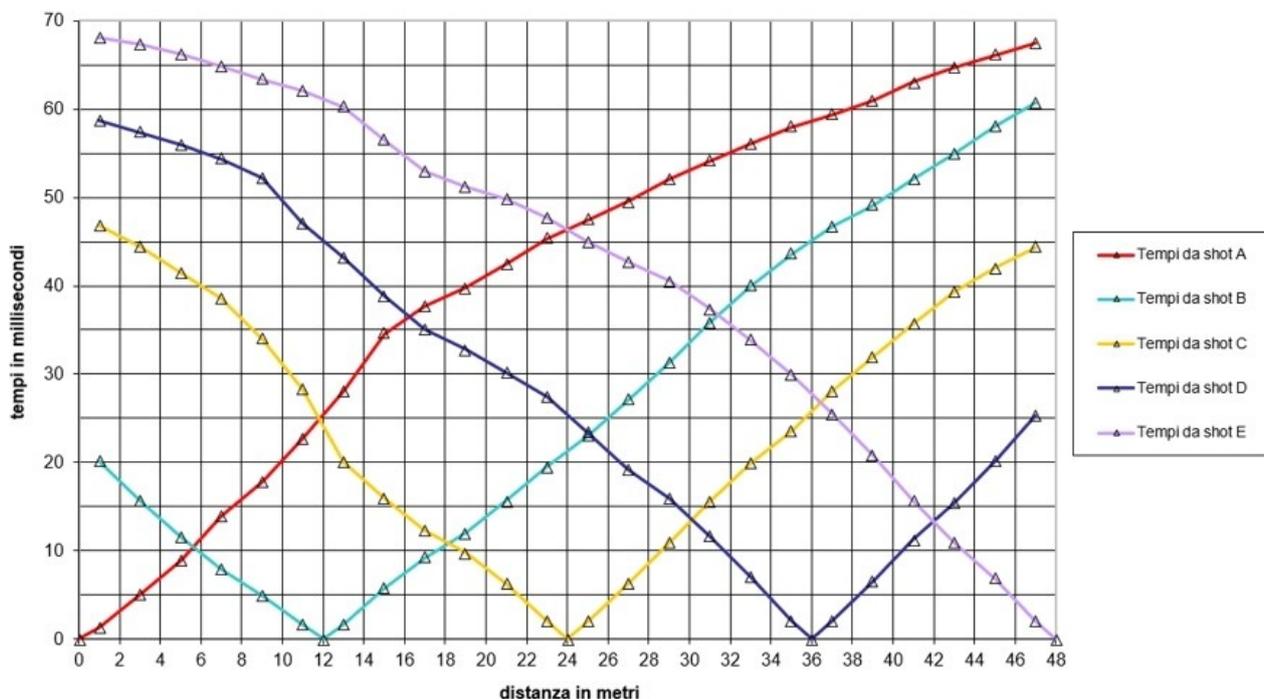


Figura 17: Esempio di restituzione grafica delle domocrome.

Le velocità  $V_P$  e  $V_S$  sono legate alle costanti elastiche del mezzo dalle relazioni riportate in:

$$V_P = \sqrt{\frac{\lambda + 2\mu}{\rho}} = \sqrt{\frac{K + \frac{4\mu}{3}}{\rho}} = \sqrt{\frac{E}{\rho} \cdot \frac{1-\nu}{(1+\nu) \cdot (1-2\nu)}}; \quad V_S = \sqrt{\frac{\mu}{\rho}} \quad \text{Eq. 6}$$

da cui si può ricavare la relazione tra  $V_P$  e  $V_S$ :

$$V_P = V_S \cdot \sqrt{\frac{(1-\nu)}{(0.5-\nu)}} \simeq V_S \cdot \sqrt{3} \quad \text{Eq. 7}$$

dove  $\lambda$  e  $\mu$  sono le *costanti di Lamè*,  $\rho$  è la densità del mezzo,  $\nu$  è il rapporto di Poisson e  $K$  è il modulo di incompressibilità.

Per la caratterizzazione simica del sito si misureranno le sole onde di compressione (per le onde di taglio verranno proposte altre metodologie di seguito descritte) disponendo i geofoni orizzontali con asse di misura parallelo allo stendimento e frequenza propria di vibrazione non superiore a 4.5 Hz.

Per ogni punto di shot verranno eseguite un numero minimo di tre energizzazioni e relative registrazioni ai geofoni, al fine di amplificare il segnale delle onde di compressione e ridurre il rumore di fondo (*noise*).

**79.2.** Per tutti gli stendimenti dovranno essere forniti:

- 1 geometria dello stendimento con posizione plano-altimetrica dei geofoni e dei punti di scoppio;



- 2 registrazione in formato grafico e in formato digitale del segnale acquisito;
- 3 grafico di andamento delle dromocrome;
- 4 sezione sismostratigrafica interpretativa;
- 5 caratteristiche della strumentazione e dei software utilizzati;
- 6 data e ora di inizio e fine prova;
- 7 copia dei certificati di taratura e/o calibrazione della strumentazione;
- 8 relazione con le metodologie di esecuzione, elaborazione e calcolo utilizzate.

### **Articolo 80 - Multichannel Analysis of Surface Waves (M.A.S.W.)**

**80.1.** Lungo gli stendimenti sismici a rifrazione si applicherà la metodologia di misura delle onde superficiali (di *Love* o di *Rayleigh*) a diversa frequenza, che si generano e si propagano lungo l'interfaccia fra due sismo-strati, attraverso la metodologia *M.A.S.W.* (*Multichannel Analysis of Surface Waves*).

In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, il che vuol dire che onde caratterizzate da diverse lunghezze d'onda si propagano con differenti velocità di fase e velocità di gruppo. Quindi la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh  $V_R$  dipende dalla frequenza di propagazione ed è correlata alla velocità delle onde di taglio  $V_S$  e al rapporto di Poisson  $\nu$  dalla relazione espressa di seguito

$$V_R \simeq \frac{0.874 + 1.117 \cdot \nu}{1 + \nu} V_S \quad \text{Eq. 8}$$

In Figura 18 si riporta un esempio di curva di dispersione.

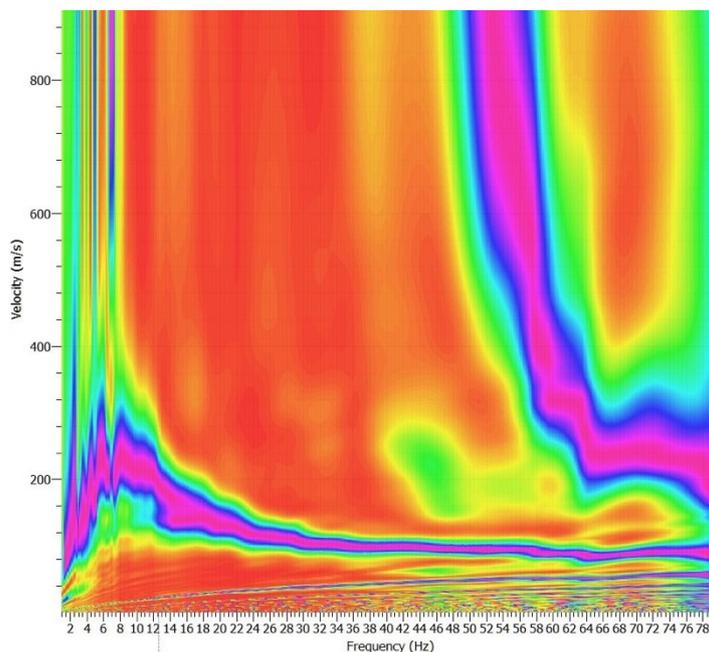


Figura 18: Esempio curva di dispersione.

L'analisi M.A.S.W. può essere sintetizzata come segue:

- 1 trasformazione delle serie temporali nel dominio frequenza  $f$  - numero d'onda  $k$ ;
- 2 individuazione delle coppie  $f$ - $k$  cui corrispondono i massimi spettrali d'energia (*densità spettrale*);
- 3 determinazione della curva di dispersione delle onde di Rayleigh nel piano velocità di fase  $V_F$  - frequenza  $f$ ;
- 4 determinazione della curva di dispersione teorica attraverso la formulazione del profilo di velocità delle onde  $V_S$  e  $V_P$ , modificando opportunamente lo spessore degli strati, le relative velocità delle  $V_S$  e  $V_P$  (o in alternativa per una delle due il *rapporto di Poisson*) e la densità di massa  $\rho$  degli strati che costituiscono il modello del suolo.

L'interpretazione del profilo stratigrafico verrà effettuato mediante un'analisi 2D al fine di verificare variazioni laterali di stratigrafia.

Dove le M.A.S.W. saranno eseguite lungo uno stendimento sismico a rifrazione, si adopereranno le stesse configurazioni di prova dello stendimento, mentre in corrispondenza di stendimenti specifici saranno utilizzati geofoni con frequenza propria inferiore a 4.5 Hz disposti a distanza intergeofonica compresa tra 2.0 e 5.0 m, per un numero complessivo di 12 geofoni, pari ad una lunghezza complessiva massima di 60.0 m. Il punto di *shot* avrà un offset pari a 5.0 m. Durante l'esecuzione della prova si dovrà avere l'accortezza di non saturare il segnale al fine di poter individuare tutte le differenti fasi e le relative velocità.



**80.2.** Per tutti gli stendimenti dovranno essere forniti:

- 1 geometria dello stendimento con posizione plano-altimetrica dei geofoni e dei punti di scoppio;
- 2 registrazione in formato grafico e in formato digitale del segnale acquisito;
- 3 grafico della curva di dispersione;
- 4 profili sismostratigrafici interpretativi con tabella dei parametri immessi nei vari modelli;
- 5 numero degli strati;
- 6 spessore;
- 7 peso di volume;
- 8 rapporto di Poisson;
- 9 velocità delle onde  $V_P$  e  $V_S$ .
- 10 caratteristiche della strumentazione e dei software utilizzati;
- 11 data e ora di inizio e fine prova;
- 12 copia dei certificati di taratura e/o calibrazione della strumentazione;
- 13 relazione con le metodologie di esecuzione, elaborazione e calcolo utilizzate.

### **Articolo 81 - Prova sismica passiva a stazione singola (HVR)**

**81.1.** Le vibrazioni ambientali sono movimenti del terreno impercettibili all'uomo, generati da sorgenti artificiali e naturali agenti a diverse frequenze. Se la distribuzione di tali sorgenti è uniforme rispetto al punto di misura, la struttura del segnale, registrato per tempi sufficientemente lunghi tali da poter essere trattato ed elaborato in modo statistico, sarà condizionato essenzialmente dalla struttura del terreno. La tecnica utilizzata per l'elaborazione dei dati è quella dei rapporti spettrali tra le ampiezze medie delle componenti orizzontali (H) e della componente verticale (V) del rumore registrato, graficati in funzione della frequenza. La metodologia, nota anche come tecnica HVR, H/V o HVSNR (*Horizontal to Vertical Spectral Noise Ratio*), fu applicata per la prima volta da NOGOSHI & IGARASHI (1970) e standardizzata da NAKAMURA (1989).

In particolare, l'indagine consiste nella misurazione, attraverso l'uso di una singola stazione di misura costituita da un geofono tridimensionale, e della successiva elaborazione del microtremore ambientale nelle sue tre componenti spaziali di cui due orizzontali ed una verticale (N, E e Z) a varie frequenze per un determinato lasso di tempo (Figura 19). All'interno della registrazione si sceglieranno gli intervalli temporali da sottoporre ad analisi.

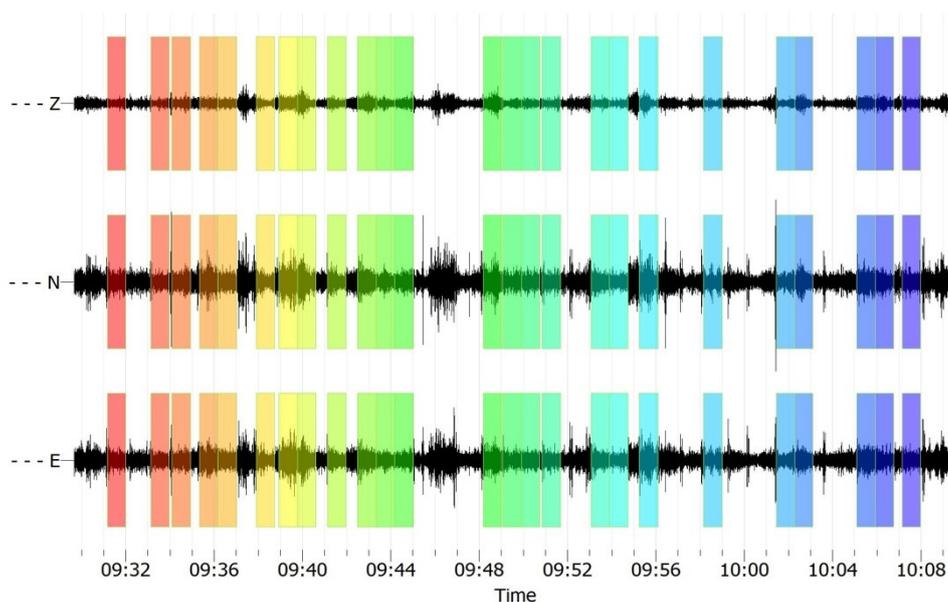


Figura 19: Registrazione delle tre componenti e scelta delle porzioni temporali da analizzare.

Una volta determinato l'andamento delle tre componenti si ottiene il rapporto fra le componenti medie orizzontali e quella verticale denominato rapporto spettrale HVR (Figura 20).

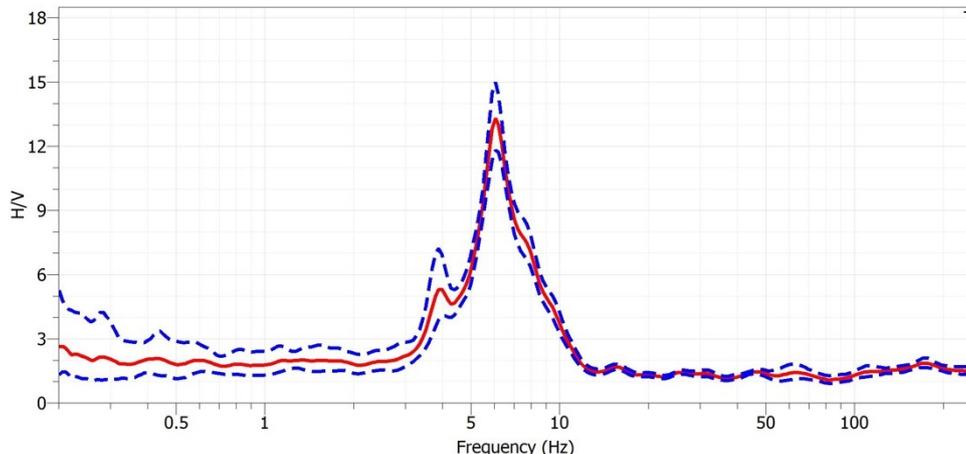


Figura 20: Esempio di curva HVR.

Dall'analisi delle componenti spettrali delle tracce registrate è possibile ricavare la frequenza fondamentale del sito: la prova sismica passiva a stazione singola mette in evidenza le frequenze alle quali il moto del terreno viene amplificato per risonanza stratigrafica, in quanto il rumore sismico agisce come sorgente di eccitazione. Le frequenze a cui si manifesta la risonanza sono descritte dalla relazione in forma semplificata:

$$f = \frac{V_s}{4 \cdot h} \quad \text{Eq. 9}$$

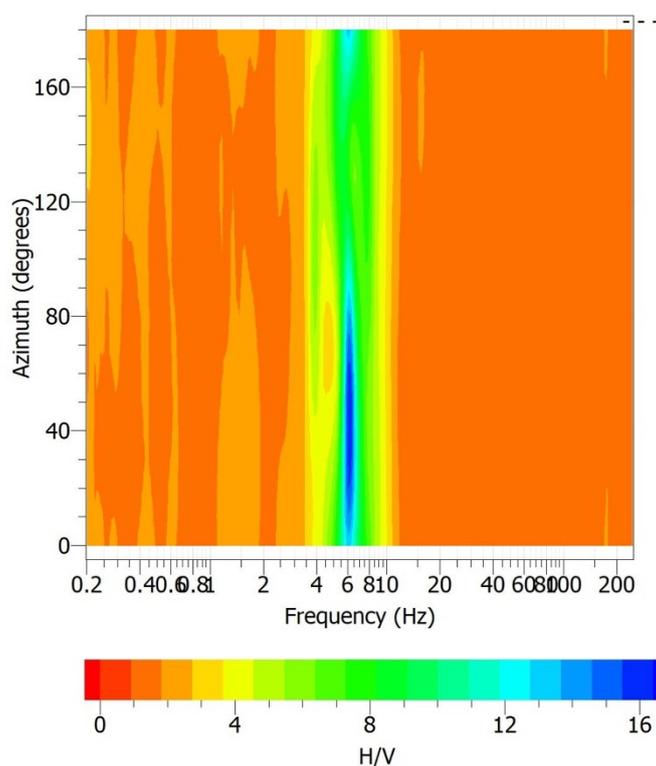
dove  $V_s$  è la velocità delle onde di taglio nello strato che risuona e  $h$  è lo spessore di detto strato.



**81.2.** Per ogni misura del rapporto spettrale verranno eseguite le seguenti verifiche:

- 1 presenza del picco;
- 2 attendibilità dello stesso;
- 3 stazionarietà del segnale;
- 4 direzionalità del segnale;
- 5 presenza di rumore industriale o simile;
- 6 qualità generale del segnale.

In si riporta un esempio della direzionalità del segnale (Figura 21) ed un un esempio di verifica della stazionarietà dello stesso (Figura 22). La qualità del segnale potrà essere verificata attraverso le metodologie proposte da ALBARELLO & CASTELLARO (2011).



*Figura 21: Esempio di verifica della direzionalità.*

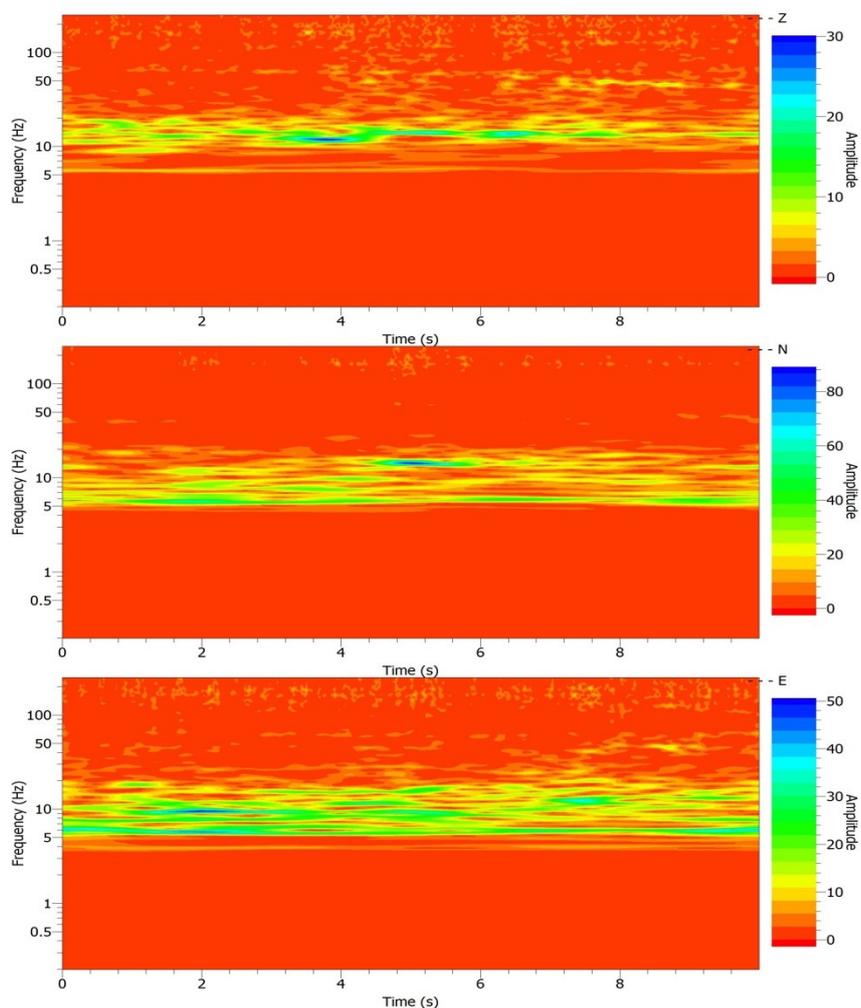


Figura 22: Esempio di verifica della stazionarietà del segnale.

**81.3.** Per le misure dovranno essere forniti:

- 1 coordinate del punto di misura;
- 2 registrazione in formato grafico e in formato digitale del segnale acquisito con evidenza delle finestre utilizzate per l'elaborazione del segnale;
- 3 grafico di ellitticità (curva sperimentale del rapporto HVR) delle singole finestre di registrazione;
- 4 grafico di ellitticità (curva sperimentale del rapporto HVR) media e limiti di tolleranza;
- 5 grafico della direzionalità;
- 6 grafico della stazionarietà;
- 7 curva teorica del rapporto HVR;
- 8 dati del modello di andamento in profondità delle velocità sismiche;



- 9 caratteristiche della strumentazione e dei software utilizzati;
- 10 data e ora di inizio e fine prova;
- 11 copia dei certificati di taratura e/o calibrazione della strumentazione;
- 12 relazione con le metodologie di esecuzione, elaborazione e calcolo utilizzate.

## **Articolo 82 - Geoelettriche (tomografie elettriche di resistività)**

**82.1.** La prospezione geoelettrica consiste nella determinazione sperimentale del parametro della resistività apparente ( $\text{Ohm}\cdot\text{m}$ ), attraverso misure congiunte di intensità di corrente elettrica, inviata nel sottosuolo mediante una coppia di elettrodi infissi nel terreno, e di tensione ai capi di una seconda coppia di elettrodi, anch'essi a contatto diretto col suolo. L'analisi del comportamento della resistività apparente, al mutare della dimensione e posizione del dispositivo elettrodico di misura, nell'ambito dei volumi investigati, fornisce un contributo significativo al modello dell'assetto geologico locale, nonché alla soluzione di eventuali problematiche applicative ad esso connesse.

La geoelettrica, quindi, esprime la capacità di un terreno o di un generico materiale ad opporre resistenza al passaggio della corrente elettrica. Tale caratteristica è funzione della porosità, della permeabilità, del contenuto ionico dei fluidi e della mineralizzazione argillosa del terreno.

La relazione matematica che definisce la resistenza elettrica di un mezzo è espressa dalla seguente relazione:

$$R = \frac{\Delta V}{I} = \rho \cdot \frac{L}{S} = \rho \cdot K \quad \text{Eq. 10}$$

dove:

$R$  = resistenza elettrica

$\Delta V$  = differenza di potenziale

$I$  = intensità di corrente

$\rho$  = resistività

$L$  = lunghezza del conduttore

$S$  = sezione del conduttore

$K$  = fattore geometrico

Le rocce si comportano come semiconduttori o nella maggior parte dei casi come isolanti. In realtà le rocce appaiono spesso porose e generalmente contengono una certa percentuale di acqua o meglio di una soluzione acquosa che, se presente con una certa continuità, modifica completamente il comportamento del mezzo terreno-soluzione:



---

$$\rho = F \cdot \rho_w$$

*Eq. 11*

dove:

$F$  = fattore elettrico di formazione (caratteristico di un determinato complesso roccioso e varia con la sua porosità)

$\rho_w$  = resistività della soluzione

La tecnica geoelettrica della tomografia di superficie lungo un profilo consiste nella realizzazione di un'immagine di estremo dettaglio del comportamento areale della resistività elettrica lungo il piano della sezione verticale passante per il profilo scelto. La notevole risoluzione ottenuta mediante tale tecnica permette di discriminare molto più efficacemente i contrasti di resistività esistenti nel sottosuolo, fornendo così informazioni più attendibili sulle condizioni fisiche delle rocce, sulla presenza di superfici di discontinuità strutturali, sulla presenza ed andamento nel sottosuolo delle falde acquifere e/o di fluidi di varia origine.

Le tomografie di resistività elettrica vengono realizzate mediante l'uso di sistemi multi-canale che permettono acquisizioni simultanee utilizzando un numero elevato di elettrodi. Tali sistemi consistono nel disporre nel terreno tutti gli elettrodi connessi e nel misurare i valori di resistività del sottosuolo (resistività apparente) in modo da utilizzare sequenzialmente tutti gli elettrodi come dipoli di corrente e di potenziale; generalmente si prevede l'infissione di quattro picchetti di metallo nel terreno di cui due servono per l'immissione di corrente (chiamati A e B) e due per la misura delle differenze di potenziale (chiamati M ed N).

In generale, la tecnica della tomografia di resistività elettrica è caratterizzata da tre configurazioni elettrode principali, riportate in maniera schematica in Figura 23:

- 1 *Dipolo-Dipolo;*
- 2 *Wenner;*
- 3 *Schlumberger.*

L'utilizzo di un metodo rispetto ad un altro dipende dalla problematica da affrontare: il metodo *Dipolo-Dipolo* è più sensibile alle variazioni laterali, quindi alle strutture verticali (per esempio, faglie, cavità, etc.) mentre il *Wenner* e lo *Schlumberger* sono più sensibili alle variazioni verticali, quindi alle strutture orizzontali (per esempio, stratigrafia). Nel quadripolo *Wenner* gli elettrodi sono ugualmente spazati tra loro, cosicché la distanza  $AB = 3 \cdot \overline{MN}$ , mentre, nel quadripolo *Schlumberger*, la distanza tra gli elettrodi di corrente  $\overline{AB}$  è molto maggiore di quella tra gli elettrodi di potenziale  $\overline{MN}$ .

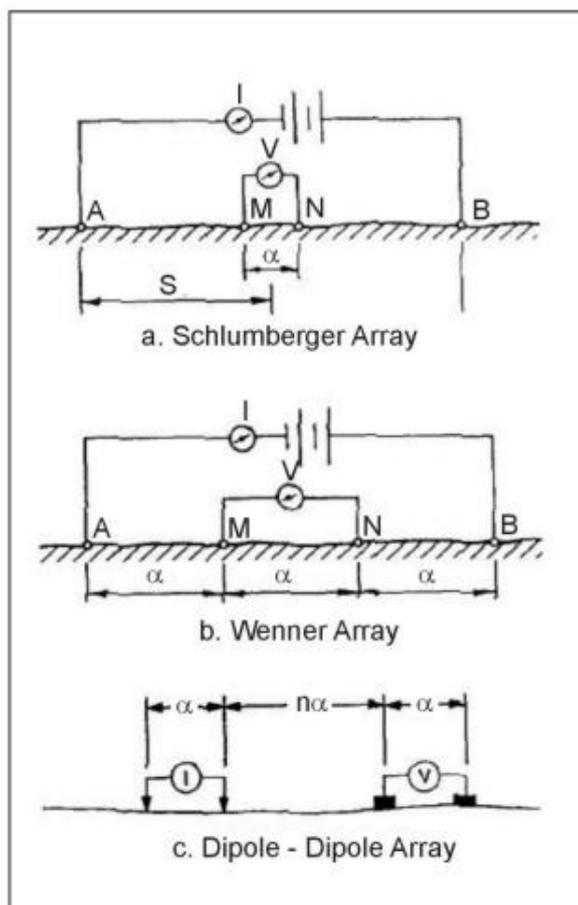


Figura 23: Configurazione Schlumberger (a), Wenner (b) e dipolo-dipolo (c).

Lo stendimento viene mantenuto con una geometria fissa e traslato, per intero, secondo un percorso prefissato. Operando in questa maniera è possibile, quindi, indagare una profondità pressoché costante di terreno, mettendo in luce eventuali variazioni laterali presenti nel sottosuolo. Naturalmente la variazione della distanza tra i quadripoli e la combinazione tra i due metodi (*Wenner* e *Schlumberger*), consente di eseguire sezioni tomografiche molto dettagliate, pertanto per la diga di Acerenza è opportuno utilizzare suddetti metodi.

Le misure vengono riferite a punti del sottosuolo la cui posizione dipende dalle coordinate degli elettrodi posti in superficie, fornendo un'immagine della variazione dei valori di resistività del sottosuolo (pseudo-sezione). I dati acquisiti vengono memorizzati su una scheda di memoria interna all'acquisitore e scaricati su un PC. L'ulteriore elaborazione, per mezzo di appositi algoritmi d'inversione, permette la ricostruzione dell'effettiva distribuzione di resistività (reale) presente nel sottosuolo, visualizzata attraverso una pseudo-sezione di resistività apparente. Si può considerare in questo stadio la pseudo-sezione come un'immagine sfocata della configurazione elettrica del



sottosuolo. L'interpretazione vera e propria della pseudo-sezione consiste nel mettere a fuoco l'immagine di resistività apparente in modo da definire adeguatamente le geometrie dei corpi sepolti. In Figura 24 si riporta lo schema illustrativo sulle fasi di acquisizione ed elaborazione dei dati.

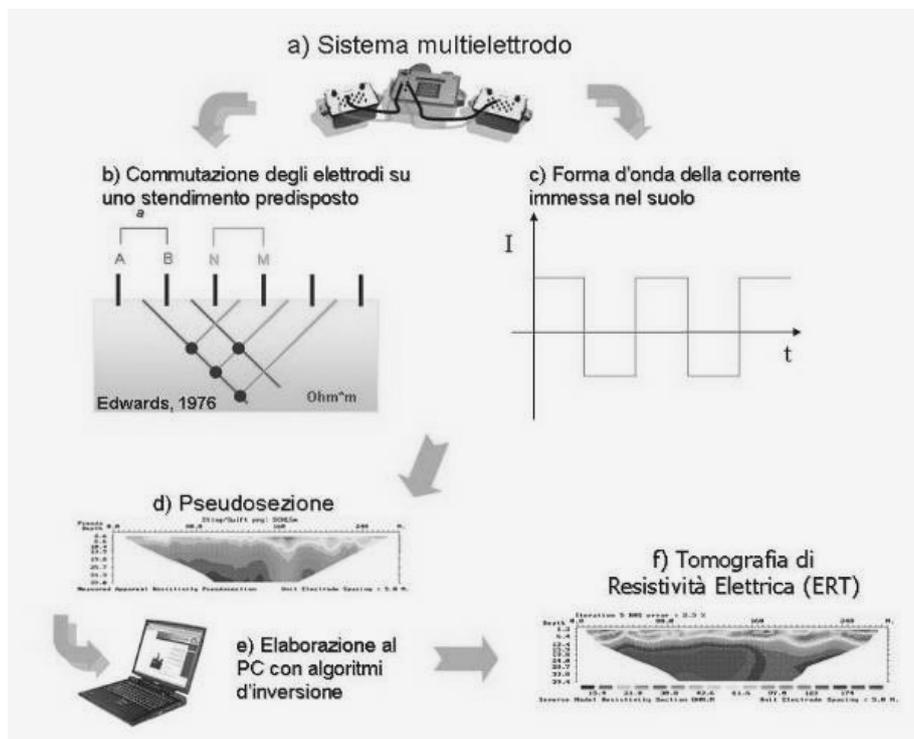


Figura 24: Schema illustrativo sulle fasi di acquisizione ed elaborazione di dati di resistività elettrica.

Sul corpo diga, dove ritenuto necessario, si effettueranno delle sezione geoelettriche consecutive con parziale sovrapposizione pari ad un terzo della lunghezza dello stendimento.

## 82.2. Per tutti gli stendimenti dovranno essere forniti:

- 1 geometria dello stendimento con posizione plano-altimetrica dei geofoni e dei punti di scoppio;
- 2 registrazione in formato grafico e in formato digitale del segnale acquisito;
- 3 disposizione dei punti di acquisizione in formato grafico e tabellare;
- 4 sezione tomografica interpretativa;
- 5 caratteristiche della strumentazione e dei software utilizzati;
- 6 data e ora di inizio e fine prova;
- 7 copia dei certificati di taratura e/o calibrazione della strumentazione;
- 8 relazione con le metodologie di esecuzione, elaborazione e calcolo utilizzate.



## Articolo 83 - Sondaggi

**83.1.** I sondaggi geognostici verranno realizzati al fine di costruire un modello geologico-geotecnico del corpo diga e delle unità geologiche costituenti i terreni di fondazione e delle pareti dell'invaso.

Le finalità degli stessi possono essere così sintetizzate:

- ricostruzione di una stratigrafia di dettaglio;
- costruzione di uno o più modelli per l'interpretazione delle indagini indirette (prove penetrometriche e indagini sismiche);
- prelievo di campioni da sottoporre a prove di laboratorio;
- installazione di strumentazione di misura.

I sondaggi andranno realizzati a *carotaggio continuo* con l'utilizzo del carotiere semplice e dove necessario del doppio carotiere, a esclusione dei fori previsti a *distruzione di nucleo*. Per il sostentamento del foro di sondaggio ove necessario si dovrà ricorrere all'uso del rivestimento di tipo telescopico. In Figura 25 si illustrano le diverse tipologie di corone.

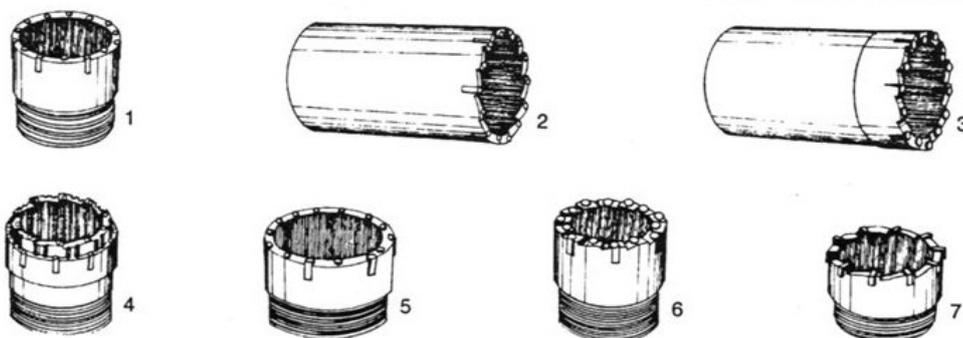


Figura 25: Tipologie di corone: 1) corona carotiere semplice; 2) corona doppio carotiere T2; 3) corona doppio carotiere NT6; 4) corona doppio carotiere NT6S; 5) corona Denison; 6) corona doppio carotiere NK3 con fori di scarico; 7) corona a placche per argilla.

Per la realizzazione dei sondaggi si dovrà disporre, in particolar modo per i sondaggi da realizzare sul corpo diga, di una vasca per il riciclo dell'acqua o dei fluidi di perforazione, che permetta la parziale decantazione del materiale trasportato dagli stessi. Nelle zone al di fuori del corpo diga, dove lo spazio a disposizione e il terreno lo permetta, la vasca potrà essere sostituita da uno scavo appositamente eseguito. Alla fine della perforazione dovrà essere comunque ripristinato lo stato dei luoghi.

Durante la perforazione si dovrà usare preferibilmente la sola acqua come fluido di perforazione al fine di non falsare le prove di permeabilità o rischiare di intasare le celle piezometriche una volta installate.



**83.2.** Il materiale carotato andrà conservato in apposite cassette catalogatrici, sulle quali dovrà essere ben visibile:

- 1 numero del sondaggio;
- 2 numero della cassetta;
- 3 data;
- 4 profondità di prelievo;
- 5 prelievi di campioni;
- 6 prove in foro.

Le stesse dovranno essere fotografate separatamente e inserite nell'apposita *relazione di consegna lavori* unitamente alla documentazione fotografica dell'ubicazione della macchina e alle stratigrafie dei sondaggi. Le cassette catalogatrici, al loro completamento, dovranno essere coperte con apposito coperchio, trasportate in luogo chiuso e coperto, non esposte al sole nonché alle intemperie (ad esempio la casa di guardia o un deposito automezzi).

**83.3.** Nelle stratigrafie dovranno essere presenti:

- 1 profondità delle diverse unità riconosciute;
- 2 descrizione litologica;
- 3 prelievo dei campioni e tipologia di campionatore utilizzato;
- 4 profondità e tipologia di prove in foro eseguite;
- 5 profondità del rivestimento e suo diametro;
- 6 tipologia di carotiere unitamente alla tipologia di corona utilizzata;
- 7 percentuale di carotaggio;
- 8 eventuale R.Q.D. per i tratti lapidei;
- 9 tipologia di fluidi di perforazione utilizzati;
- 10 caratteristiche della strumentazione utilizzata.

I campioni dovranno essere prelevati con un campionatore idoneo ad avere campioni indisturbati (qualità Q.5). Gli stessi dovranno essere sigillati con paraffina e tappi per la chiusura delle fustelle al fine di non perdere l'umidità naturale del campione. I campioni rimaneggiati potranno essere contenuti in sacchetti di nylon e sigillati con nastro adesivo. Tutti i campioni prelevati dovranno essere consegnati in breve tempo al laboratorio geotecnico incaricato dal Committente, e nel frattempo conservati in luogo fresco e riparato.



Si evidenzia che l'esatta posizione dei sondaggi, dovrà seguire le indicazioni del presente piano di indagini e dovrà essere confermata dalla Direzione diga al momento dell'inizio attività al fine di non creare danneggiamenti alle strutture ed agli apparati di controllo dello sbarramento.

#### **Articolo 84 - Installazione della strumentazione di monitoraggio**

**84.1.** Durante la realizzazione dei sondaggi è prevista l'installazione di due tipologie di strumentazione:

- 1 piezometri Casagrande per la misura dei livelli di falda;
- 2 tubazione inclinometrica;
- 3 tubazione in PVC per prove Cross-Hole.

**84.2.** Per l'installazione delle celle di Casagrande si dovrà disporre di un tratto in materiale filtrante, dello spessore di 1.00 ÷ 2.00 m, isolato superiormente ed inferiormente da una tratto di bentonite dello spessore di circa 1.00 m. È prevista l'installazione di due celle di Casagrande per foro di sondaggio. La cella, prima della sua installazione, dovrà essere opportunamente saturata.

Questo tipo di piezometro presenta le seguenti caratteristiche:

- un elemento filtrante, rappresentato da un cilindro in pietra porosa o in polietilene poroso ad alta densità del diametro di 30.0 ÷ 50.0 mm e della lunghezza di 200 ÷ 300 mm;
- due tubi in PVC o in nylon ricoperti da polietilene, con diametro interno generalmente di 12.5 mm, posti all'estremità superiore della pietra porosa per il raccordo in superficie.

In un foro di sondaggio possono essere posti in opera due piezometri di Casagrande a diverse altezze, in tal caso il diametro minimo utile dovrà essere di 110 mm. In Figura 26 si riporta lo schema rappresentativo di un piezometro Casagrande.

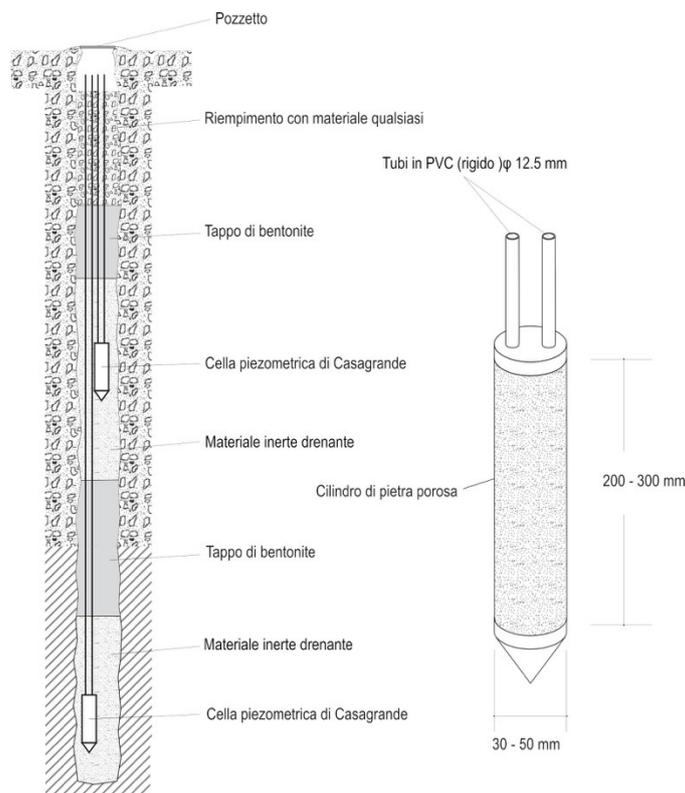


Figura 26: Schema di installazione del piezometro Casagrande.

L'installazione del piezometro seguirà le seguenti fasi, avendo cura, per ogni singolo step, di misurare la profondità del foro in modo da rispettare la profondità di posa di progetto:

- 1 posa di uno spessore di 0.5 m di sabbia grossa o ghiaietto pulito ( $\varnothing = 1 \div 4$  mm);
- 2 discesa a quota della cella Casagrande, precedentemente assemblata con i due tubicini rigidi in PVC; i singoli spezzoni di tubo dovranno essere collegati tra loro mediante appositi manicotti di giunzione, opportunamente sigillati;
- 3 posa di sabbia grossa o ghiaietto pulito ( $\varnothing = 1 \div 4$  mm) attorno alla cella Casagrande e al di sopra per circa 0.5 m, ritirando man mano il rivestimento, senza l'ausilio della rotazione, con l'avvertenza di controllare che cella e tubicini non risalgano assieme al rivestimento;
- 4 posa di un tampone impermeabile dello spessore complessivo di 1 m, realizzato inserendo bentonite in palline ( $\varnothing = 1 \div 2$  cm) in strati di 20 cm alternata a ghiaietto in strati di 2  $\div$  3 cm, ritirando sempre man mano il rivestimento;
- 5 riempimento del foro al di sopra del tampone impermeabile con una miscela plastica acqua-cemento-bentonite (con proporzioni in peso rispettivamente di 100, 30 e 5), calata attraverso apposite aste discese sul fondo del foro;
- 6 sistemazione e protezione dell'estremità del piezometro con la creazione di un chiusino in acciaio verniciato, ben cementato nel terreno, munito di coperchio con lucchetto e chiavi che



## *Commissario Straordinario di Governo art.1, c.154, L.145/2018*

verranno consegnate alla Direzione Lavori; nel caso di installazione in luoghi aperti al traffico veicolare o pedonale (strade, piazzali, marciapiedi), e solo su specifica richiesta della D.L., in luogo del chiusino standard dovrà essere installato idoneo chiusino carrabile in ghisa, posto in opera a filo della pavimentazione esistente;

- 7 al termine dell'installazione dovrà essere eseguito il rilievo topografico fornendo le coordinate plano-altimetriche della testa dello strumento.

**84.3.** Gli strumenti inclinometrici saranno costituiti da un tubo, installato permanentemente, in lega d'alluminio, la cui sezione non è esattamente circolare, ma presenta delle scanalature simmetriche, disposte a 90° l'una dall'altra, che guidano la sonda. I tubi in metallo possono essere accoppiati allineando le scanalature dei tubi e lasciando il punto di giunzione con un tratto di tubo avente lo stesso profilo ma di diametro leggermente maggiore (raccordo), che viene fissato ai tubi sottostanti mediante rivetti o viti autoperforanti disposte a 90°. Le giunzioni dovranno essere opportunamente rese impermeabili e solidali tramite l'utilizzo di silicone e nastro adesivo.

La posa in opera dei tubi inclinometrici dovrà avvenire in accordo con le seguenti modalità:

- 1 lavaggio accurato con acqua pulita del foro di sondaggio;
- 2 pre-assemblaggio dei tubi inclinometrici in spezzoni di 6 m, terminanti ad un estremo con un manicotto. La realizzazione dei giunti dovrà avvenire nel modo seguente:
- 3 inserimento del manicotto sul tubo per metà della sua lunghezza;
- 4 realizzazione dei fori per i rivetti (4 per ogni tubo) ove non siano già presenti, lungo generatrici equidistanti dalle guide e a circa 50 mm dall'estremità del manicotto;
- 5 con il manicotto tenuto in posizione mediante delle spine, inserimento di un altro tubo e realizzazione degli altri fori per i rivetti;
- 6 rimozione del manicotto;
- 7 applicazione di un sottile strato di mastice all'esterno del tubo e all'interno del manicotto;
- 8 inserimento del primo tubo nel manicotto e chiodatura con rivetti;
- 9 attesa di circa 10' e quindi applicazione di una abbondante fasciatura con nastro adesivo autovulcanizzante, evitando assolutamente bruschi movimenti che possano causare torsioni;
- 10 montaggio del tappo di fondo sul primo spezzone di tubo, già munito di manicotto, e fissaggio dell'estremità inferiore del tubo per l'iniezione della miscela cementizia; nel caso in cui il tappo di fondo sia provvisto di apposita valvola unidirezionale per l'iniezione della miscela quest'ultima operazione non sarà necessaria;



*Commissario Straordinario di Governo art.1, c.154, L.145/2018*

- 11 inserimento del primo spezzone di tubo nel foro (in terreni sotto falda riempire il tubo di acqua per contrastare la spinta di Archimede e favorirne l'affondamento);
- 12 bloccaggio del tubo mediante apposita morsa, in modo che dal foro fuoriescano circa 40 ÷ 50 cm di tubo più il manicotto;
- 13 inserimento dello spezzone successivo; incollaggio, rivettatura e sigillatura del giunto;
- 14 allentamento della morsa per permettere di calare il tubo nel foro (riempiendolo d'acqua se necessario) fissando il tubo di iniezione;
- 15 bloccaggio del tubo con la morsa, in modo che dal foro fuoriescano circa 40 ÷ 50 cm di tubo più il manicotto;
- 16 prosecuzione delle operazioni descritte fino al completamento della colonna, annotando la lunghezza dei tratti di tubo e la posizione dei manicotti;
- 17 cementazione del tubo inclinometrico da fondo foro, da eseguire a bassissima pressione, in ogni caso non superiore a 200 kPa, attraverso il tubo di iniezione, osservando la risalita della miscela cementizia all'esterno del tubo inclinometrico. Il rivestimento di perforazione dovrà essere estratto, operando solo a trazione e senza rotazione, non appena la miscela appare in superficie. Nella fase di estrazione del rivestimento il rabbocco della miscela potrà essere eseguito da testa foro, per mantenere il livello costante a p.c.; qualora si noti l'abbassamento del livello della miscela il rabbocco dovrà continuare nei giorni successivi;
- 18 accurato lavaggio con acqua pulita dell'interno del tubo inclinometrico mediante attrezzo a fori radiali preferibilmente dotato di pattini zigrinati per la pulizia delle guide;
- 19 installazione a testa foro di un chiusino di protezione in acciaio verniciato;
- 20 controllo della funzionalità della tubazione mediante l'inserimento nel foro di una sonda testimone, lungo le guide del tubo fino a fondo foro;
- 21 al termine dell'installazione dovrà essere eseguito il rilievo topografico fornendo le coordinate plano-altimetriche della testa dello strumento.

Il tubo inclinometrico sarà dichiarato idoneo, in via preliminare, se la sonda testimone sarà passata in tutte e quattro le guide senza incontrare ostacoli sia in discesa che in risalita.

In si riporta lo schema di installazione del tubo inclinometrico (Figura 27).

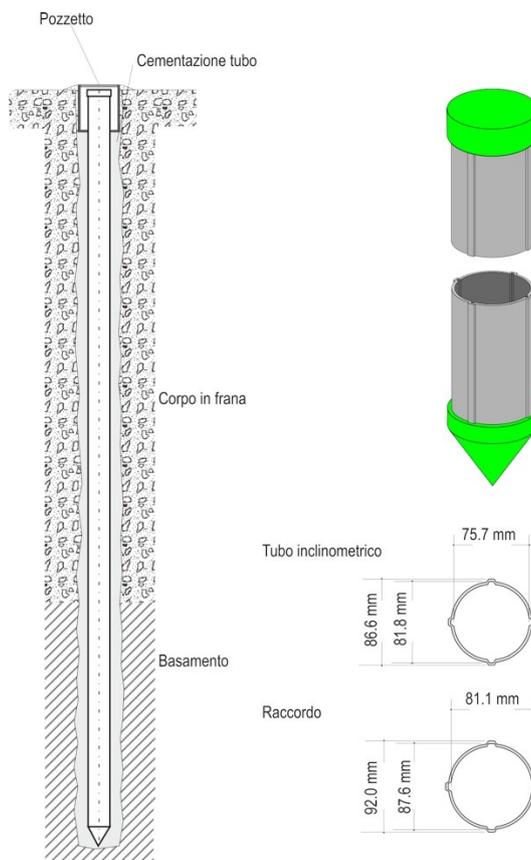


Figura 27: Schema di installazione di un tubo inclinometrico.

La miscela di riempimento è generalmente costituita da un mix di cemento-bentonite-acqua; non vi sono degli standard definiti per le miscele, che generalmente variano a seconda dei tipi di suolo (Tabella 12).

Miscela standard		MIKKELSEN, 2002		LANDSLIDE TECNOLOGY	
parti	componenti	Terreni soffici	Terreni da medi a duri	Terreni soffici	Terreni rigidi
100	acqua	284 (l)	113 (l)	132 (l)	132 (l)
5 - 10	bentonite	42 (kg)	42 (kg)	42 (kg)	85 (kg)
20 - 30	cemento pozzolanico 325	18 (kg)	11 (kg)	11 - 17 (kg)	5 - 7 (kg)

Tabella 12: Componenti miscela cementizia.

**84.4** Per l'installazione dei tubi in PVC da 80.0 mm per l'esecuzione delle prove tipo Cross- Hole si seguiranno le stesse modalità di installazione dei tubi inclinometrici avendo cura di non utilizzare i rivetti o altri elementi passanti la parete del tubo.



## Articolo 85 - Cross-hole

**85.1.** La caratteristica peculiare della prova *cross-hole* è la sua configurazione in quanto il sistema di energizzazione è ubicato all'interno di un foro di sondaggio appositamente strumentato e cementato, mentre i geofoni si trovano ubicati su uno o più fori di sondaggio posti ad una certa distanza dal primo ed, anch'essi, opportunamente strumentati e cementati (Figura 28).

Per quanto riguarda i geofoni, a differenza di quelli utilizzati per gli stendimenti sismici a rifrazione, saranno di tipo 3D (idrofonici) e garantiranno la misura sia delle onde di compressione  $V_P$  che di quelle di taglio  $V_S$ .

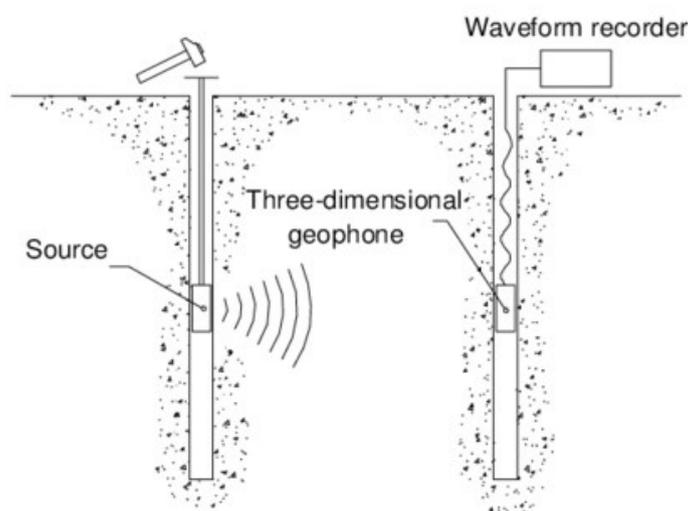


Figura 28: Schema di realizzazione di una prova Cross-Hole.

L'energizzazione potrà essere effettuata utilizzando un dispositivo tipo *sparker*, mentre la registrazione dei dati sismici avverrà mediante "catene" di idrofonici equispaziati di 2 m disposti all'interno del foro di registrazione (preventivamente riempito di acqua). L'acquisizione dei dati avverrà tramite un sismografo ed i dati derivanti dalle registrazioni in foro saranno elaborati attraverso apposito programma.

Eseguendo l'indagine cross-hole con una sorgente sismica da foro posta a varie profondità e disponendo, in un altro foro di una catena di geofoni (ricevitori) per ricevere simultaneamente lungo il foro l'onda elastica generata, è possibile acquisire i dati che consentono di effettuare un'elaborazione stratigrafica attraverso la quale evidenziare variazioni di velocità orizzontali, fornendo il campo delle velocità delle onde  $V_P$  e  $V_S$  tra i due fori.

I valori di velocità nella sezione vengono ottenuti mediante un processo di inversione applicato ai tempi di percorso misurati in campagna (*traveltime tomography*).



85.2. Per queste prove dovranno essere forniti:

- 1 geometria con posizione in profondità dei geofoni e dei punti di scoppio;
- 2 registrazione in formato grafico e in formato digitale del segnale acquisito;
- 3 grafico di andamento delle dromocrome;
- 4 sezione sismostratigrafica interpretativa;
- 5 caratteristiche della strumentazione e dei software utilizzati;
- 6 data e ora di inizio e fine prova;
- 7 copia dei certificati di taratura e/o calibrazione della strumentazione;
- 8 relazione con le metodologie di esecuzione, elaborazione e calcolo utilizzate.

### Articolo 86 - Prove di permeabilità Lugeon

86.1. La prova di permeabilità di tipo *Lugeon* viene utilizzata per misurare la permeabilità di un tratto di foro di sondaggio, isolato tramite l'utilizzo di appositi packer gonfiabili, sottoposto a differenti pressioni (gradini di carico). La relazione di riferimento è quella riportata di seguito:

$$k = \frac{Q}{C \cdot h} \quad \text{Eq. 12}$$

dove:

$Q$  = quantità d'acqua utilizzata durante la prova

$h$  = differenza di carico idraulico

$C$  = coefficiente di forma che dipende dalla configurazione strumentale e stratigrafica della prova

Il coefficiente  $C$  può essere determinato considerando il terreno come isotropo (permeabilità verticale e orizzontale uguali) e filtro del tratto di prova di forma cilindrica in terreno uniforme (Hvotslev, 1951; Wilkinson, 1968):

$$C = \frac{3 \cdot \pi \cdot L}{\ln \left[ 1.5 \cdot \frac{L}{d} + \sqrt{1 + \left( \frac{1.5 \cdot L}{d} \right)^2} \right]} \quad \text{Eq. 13}$$

dove:

$L$  = lunghezza del tratto di prova

$d$  = diametro del foro

Le prove di tipo *Lugeon* permettono di eseguire le misure in due differenti configurazioni (Figura 29):

- 1 **in discesa**: prove effettuate con un solo packer durante la perforazione di sondaggio;



2 **in risalita**: prove effettuate alla fine del sondaggio tramite l'utilizzo di un doppio packer. Nel presente piano indagini sono previste prove Lugeon nella configurazione "in discesa".

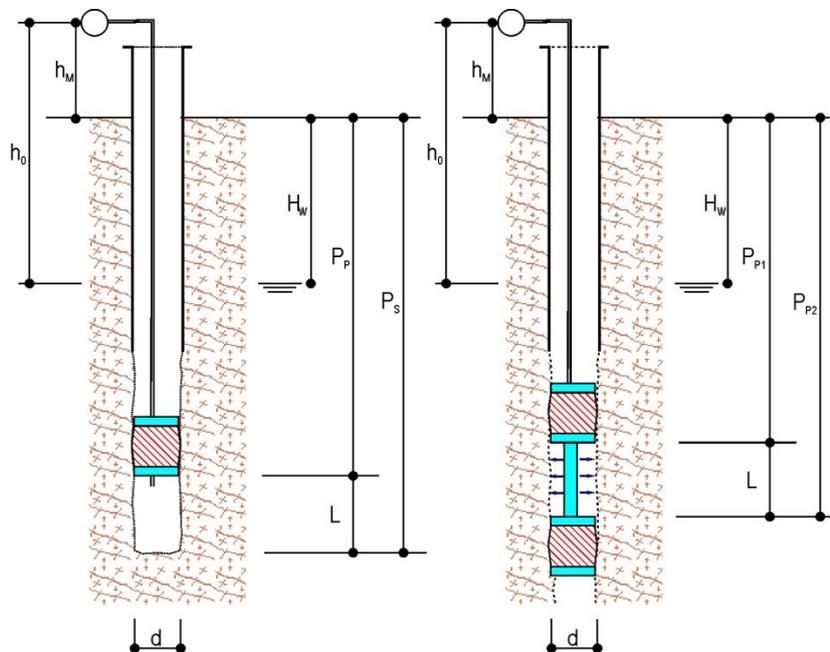


Figura 29: Schema di configurazione della prova Lugeon.

La permeabilità, relativa ad ogni gradino di portata può essere calcolata con la seguente formula:

$$k = \frac{Q \cdot \gamma_w}{C \cdot P_C} \quad \text{Eq. 14}$$

dove:

$\gamma_w$  = peso specifico dell'acqua

$P_C$  = pressione letta al manometro  $P_M$ , corretta per la distanza del manometro dalla falda  $h_0$  e per le perdite di carico  $P$ .

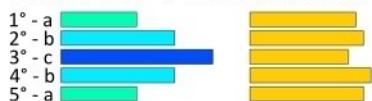
$$P_C = P_M + \gamma_w \cdot h_0 - P \quad \text{Eq. 15}$$

Le prove dovranno essere condotte a gradini di carico crescenti e decrescenti secondo il metodo proposto da HOULSBY (1976), sintetizzato di seguito e in Figura 30:

- 1 **primo gradino**, a bassa pressione (pressione a);
- 2 **secondo gradino**, ad una pressione media (pressione b);
- 3 **terzo gradino**, alla pressione massima (pressione c);
- 4 **quarto gradino** di carico, ad una pressione media (pressione b);
- 5 **quinto gradino** di carico, a bassa pressione (pressione a).



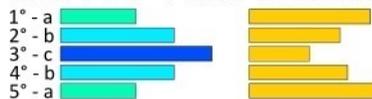
**GRUPPO A - Flusso laminare**



I valori di permeabilità espressi in unità lugeon per utti gradini di pressione sono uguali, conseguentemente il flusso è laminare

**Si utilizza il valore medio delle cinque prove lugeon**

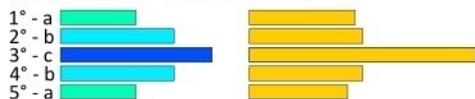
**GRUPPO B - Flusso turbolento**



Il valore più basso di permeabilità si ha per il gradino di pressione più elevata, conseguentemente il flusso è turbolento

**Il valore della permeabilità è quello relativo alla permeabilità della prova eseguita con il valore di pressione più elevato**

**GRUPPO C - Dilatazione**



Il valore più alto della permeabilità si ha per il gradino di pressione più elevata, conseguentemente si ha il fenomeno della dilatazione

**Il valore rappresentativo è quello relativo alla permeabilità della prova eseguita con il valore di pressione più basso o intermedio**

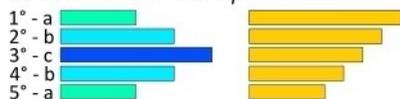
**GRUPPO D - Dilavamento**



I valori di permeabilità aumentano all'aumentare della pressione di ciascuna prova, conseguentemente si ha il fenomeno del dilavamento

**Il valore rappresentativo è quello relativo al valore di permeabilità più elevato**

**GRUPPO E - Riempimento**



I valori di permeabilità diminuiscono all'aumentare della pressione di ciascuna prova, conseguentemente si ha il fenomeno del riempimento

**Il valore rappresentativo è quello relativo alla permeabilità ricavata dell'ultima prova eseguita**

Pressioni adottate per ogni prova	Valori di permeabilità in unità Lugeon calcolati per ogni gradino di pressione	Definizione del tipo di flusso in funzione dei valori di permeabilità	Scelta del valore di permeabilità rappresentativo del tratto di ammasso roccioso sottoposto a prova di permeabilità
-----------------------------------	--	---	---

Figura 30: Interpretazione delle prove Lugeon (Houlsby, 1976).

Ogni gradino di carico deve essere mantenuto per un tempo prefissato di 10 min e deve essere registrato l'assorbimento di acqua nel tempo. Dalle misurazioni effettuate si dovranno determinare i valori di pressione, l'assorbimento di acqua, il valore di permeabilità e di permeabilità in unità Lugeon:

$$k_L = \frac{10}{P_C} \quad \text{Eq. 16}$$

dove:

$k_L$  (l/m/min) = permeabilità in unità Lugeon

$P_C$  (kg/cm<sup>2</sup>) = pressione utilizzata durante la prova

In Figura 31 si riporta un esempio di rappresentazione grafica della prova.

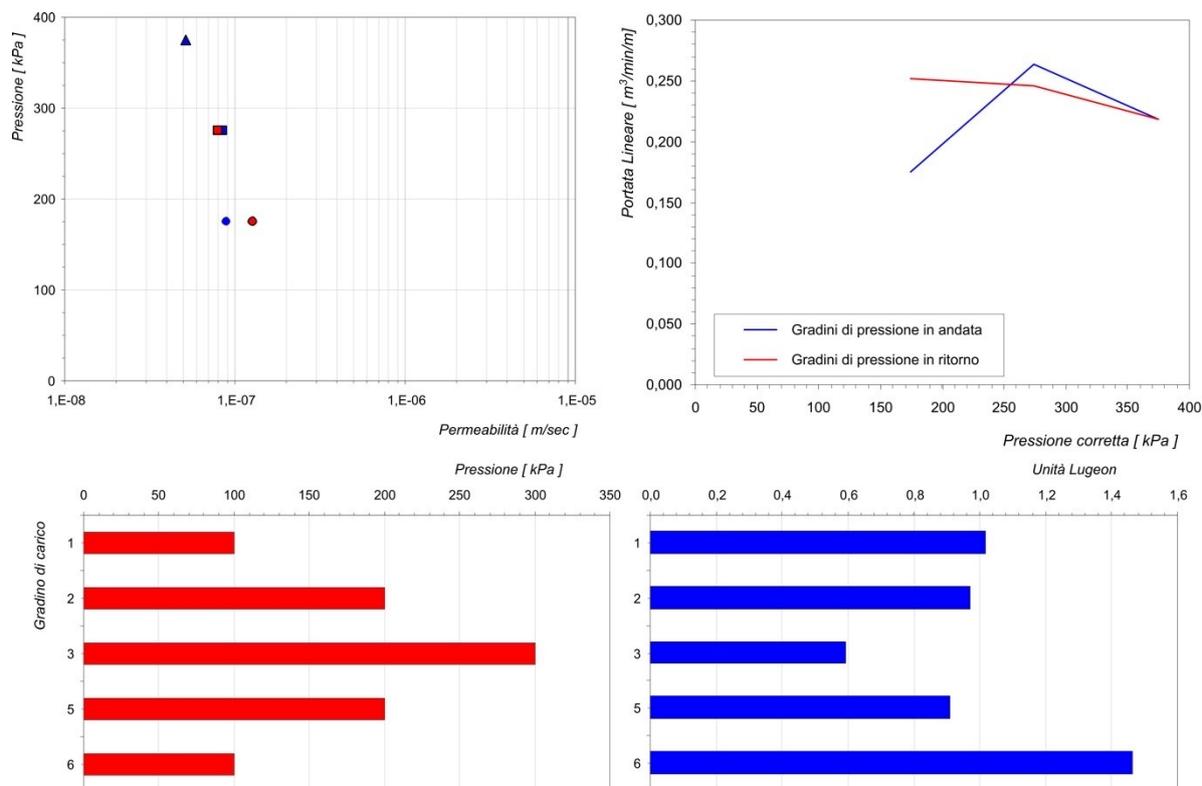


Figura 31: Esempio di rappresentazione grafica della prova Lugeon.

86.2. Per ogni prova eseguita il rapporto di prova o certificato dovrà contenere:

- 1 schema geometrico della prova;
- 2 tabelle dei dati acquisiti;
- 3 tabelle dei risultati;
- 4 caratteristiche della strumentazione utilizzata;
- 5 data e ora di inizio e fine prova;
- 6 copia dei certificati di taratura e/o calibrazione della strumentazione;
- 7 breve relazione descrittiva delle metodologie utilizzate.

### Articolo 87 - Prove Penetrometriche Dinamiche (S.P.T.)

87.1. La prova S.P.T. consiste nell'infissione a percussione di uno speciale campionatore nel terreno attraverso l'utilizzo di una massa battente, per un intervallo di profondità ben definito, e nel misurare il numero di colpi necessari per l'infissione del tratto prescelto (Figura 32).

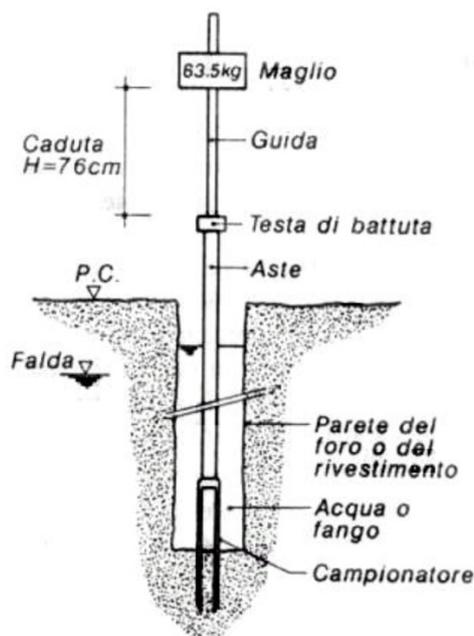


Figura 32: Schema dell'attrezzatura utilizzata per la prova S.P.T.

L'attrezzatura di prova, così come stabilito dalle *Raccomandazioni per le indagini geotecniche* (1977) dell'Associazione Geotecnica Italiana A.G.I., dalle raccomandazioni ASTM D 1586-84 (1984) e dell'Associazione Geotecnica Internazionale ISSMFE (1988) comprende:

- 1 una testa di battuta di acciaio avvitata al sistema di aste della macchina perforatrice;
- 2 un maglio in acciaio dal peso di  $63.5 \pm 0.5$  kg;
- 3 un dispositivo di guida e di sgancio automatico del maglio, che garantisca una corsa di caduta libera pari a  $76.0 \pm 2.0$  cm;
- 4 aste di infissione di diametro esterno non inferiore a 50.0 mm e peso di  $7.0 \pm 0.5$  kg/m;
- 5 centratore di guida per le aste installato tra la testa di battuta e il piano campagna;
- 6 campionatore standardizzato a parete grossa così come riportato in Figura 33;
- 7 per terreni grossolani la punta del campionatore può essere sostituita da una punta chiusa dal diametro di 51.0 mm e apertura di  $60^\circ$ .

La differenza tra l'interno del tubo di rivestimento ed il diametro esterno delle aste non deve superare i 60.0 mm, nel caso in cui tale condizione non sia garantita bisognerà adoperare, ad intervalli di 3.0 m, centratori di dimensioni adeguate al foro e alle aste.

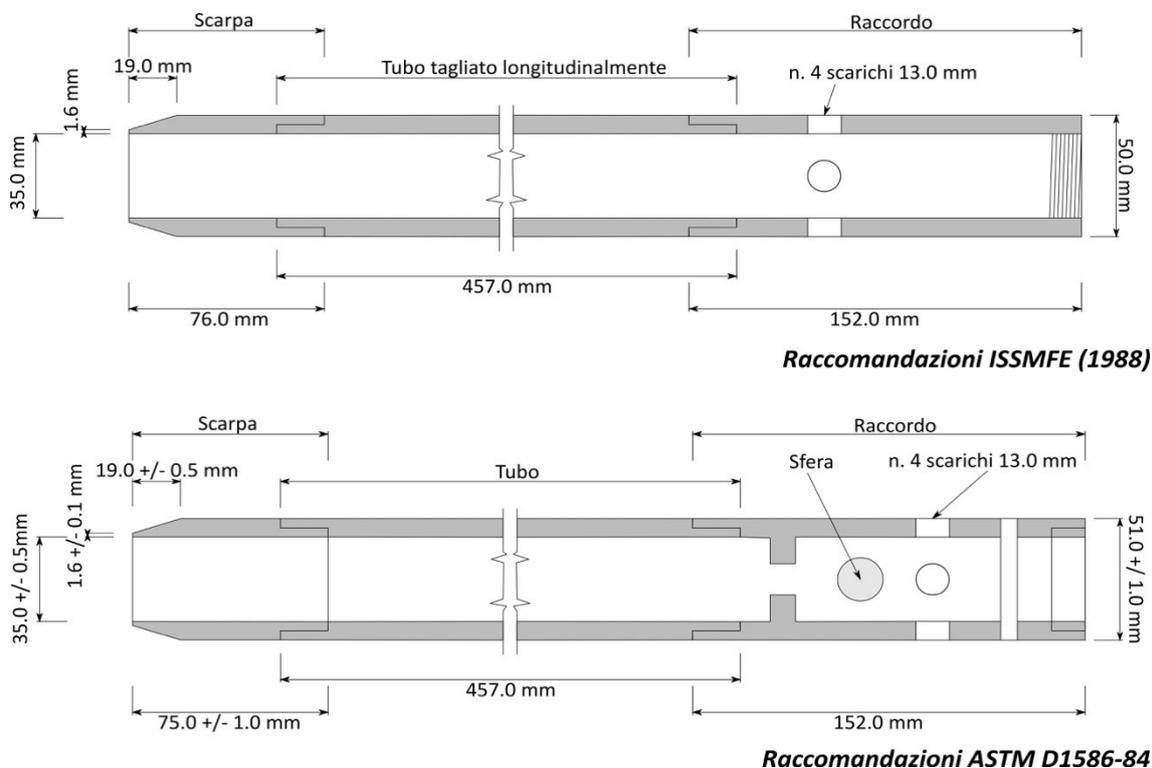


Figura 33: Campionatori standard utilizzati per la prova S.P.T.

La prova S.P.T. consiste quindi nel far cadere ripetutamente un maglio, del peso di 63.5 kg, da un'altezza di 760 mm, su una testa di battuta fissata alla sommità di una batteria di aste alla cui estremità inferiore è avvitato il campionatore standardizzato e registrando durante la penetrazione:

- il numero di colpi di maglio  $N_1$  necessario a produrre l'infissione per i primi 15 cm (*tratto di avviamento*) inclusa l'eventuale penetrazione quasi statica per gravità;
- il numero di colpi di maglio  $N_2$  necessario a produrre l'infissione per altri 15 cm;
- il numero di colpi di maglio  $N_3$  necessario a produrre l'infissione per ulteriori 15 cm.

Complessivamente, durante la prova, il campionatore sarà infisso di 45 cm (15+15+15).

Si assume quale resistenza alla penetrazione il parametro  $N_{SPT} = N_2 + N_3$ .

In particolare la prova può considerarsi conclusa qualora si verificano i seguenti casi:

- 1 se durante il primo tratto (*tratto di avviamento*) il numero di colpi  $N_1$  dovesse risultare maggiore di 50;
- 2 se nel secondo e terzo tratto (*tratto di prova*) la somma del numero di colpi registrato nel secondo tratto  $N_2$  e nel terzo tratto  $N_3$  dovesse essere maggiore di 100.

**87.2.** Per ogni prova eseguita il rapporto di prova o certificato dovrà contenere:



- 1 schema geometrico della prova (lunghezza del sistema di aste, altezza del sistema di battuta dal piano campagna);
- 2 caratteristiche della strumentazione utilizzata (dimensione e peso di ogni elemento);
- 3 tabelle dei risultati;
- 4 tipologia di punta utilizzata;
- 5 data e ora di inizio e fine prova;
- 6 copia dei certificati di taratura e/o calibrazione della strumentazione;
- 7 breve relazione descrittiva delle metodologie utilizzate.

### **Articolo 88 - Prove Penetrometriche Dinamiche di tipo Ultrapesante (D.P.S.H.)**

**88.1.** La *prova dinamica ultrapesante D.P.S.H.* consiste nell'infissione a percussione di una punta conica nel terreno attraverso l'utilizzo di una massa battente e nel misurare il numero di colpi necessari per l'infissione della punta ad intervalli uguali (30.0 cm) e consecutivi nel terreno.

L'attrezzatura di prova, così come descritto dalle *Raccomandazioni per le indagini geotecniche* (1977) dell'Associazione Geotecnica Italiana A.G.I., relativamente al penetrometro *Super-Pesante tipo Meardi*, comprende:

- 1 punta conica dal diametro di 50.8 mm con angolo di apertura di 60°;
- 2 batterie di aste interne del peso di  $4.6 \pm 0.5$  kg/m;
- 3 batteria di tubi metallici di rivestimento dal diametro di 48.0 mm e peso di circa 5.3 kg/m;
- 4 sistema di battuta con maglio di 73.0 kg.

In mancanza della specifica tipologia di penetrometro, lo stesso dovrà rientrare all'interno della classificazione proposta dall'Associazione Geotecnica Internazionale ISSMFE (1988) come penetrometro di tipo Super-Pesante DPSH, come riportato in Tabella 13.

Caratteristiche		Tipo di Penetrometro Dinamico			
		Leggero	Medio	Pesante	Super-Pesante
		DPL	DPM	DPH	DPSH
Massa del maglio	kg	10.0 ± 0.1	30.0 ± 0.3	50.0 ± 0.5	<b>63.5 ± 0.5</b>
Altezza di caduta	cm	50.0 ± 0.1	50.0 ± 0.1	50.0 ± 0.1	<b>75.0 ± 0.2</b>
Diametro della punta	cm	3.57 ± 0.03	3.57 ± 0.03	4.37 ± 0.03	<b>50.5 ± 0.05</b>
Area della punta	cm <sup>2</sup>	10.0	10.0	15.0	<b>20.0</b>
Apertura del cono	°	90.0	90.0	90.0	<b>90.0</b>
Diametro delle aste	cm	2.2 ± 0.02	3.2 ± 0.03	3.2 ± 0.03	<b>3.2 ± 0.03</b>
Peso sistema di infissione	kg	6.0	18.0	18.0	<b>30.0</b>
Penetrazione standard	cm	10	10	10	<b>20</b>

*Tabella 13: Tipologia di penetrometro secondo le norme ISSMFE (1988).*



Durante l'esecuzione della prova si misureranno il numero di colpi per infiggere il sistema di aste  $N_p$  e il numero di colpi per infiggere il rivestimento esterno  $N_R$ . Se uno dei due dovesse risultare maggiore di 100 la prova può ritenersi conclusa.

A corredo della prova e per ogni tratto di misura può essere calcolata la *resistenza dinamica alla punta* tramite la *Formula degli Olandesi*.

$$r_d = \frac{M \cdot g \cdot H}{A \cdot \frac{N_p}{\delta}} = \frac{M \cdot g \cdot H}{A \cdot e}; q_d = \frac{M}{M+M'} \cdot \frac{M \cdot g \cdot H}{A \cdot e} \quad \text{Eq. 17}$$

dove:

$r_d$  e  $q_d$  = valori della resistenza dinamica alla punta

$M$  = massa del maglio

$M'$  = massa totale dell'asta guida, della testa di battuta e della batteria di aste

$H$  = altezza di caduta del maglio

$N_p$  = numero di colpi

$\delta$  = penetrazione standard

$e$  = penetrazione media della punta per singolo colpo ( $N_p/\delta$ )

$A$  = area trasversale della punta

$g$  = accelerazione di gravità

In Figura 34 si riporta un grafico di esempio relativo ai risultati di una prova D.P.S.H..

**88.2.** Per ogni prova il rapporto di prova o certificato dovrà contenere:

- 1 schema geometrico della prova (lunghezza del sistema di aste, altezza del sistema di battuta dal piano campagna);
- 2 caratteristiche della strumentazione utilizzata (dimensione e peso di ogni elemento);
- 3 tabelle dei risultati e delle elaborazioni in formato cartaceo e digitale (sia editabile che non);
- 4 grafici dei risultati e delle elaborazioni in formato cartaceo e digitale (sia editabile che non);
- 5 data e ora di inizio e fine prova;
- 6 copia dei certificati di taratura e/o calibrazione della strumentazione;
- 7 breve relazione descrittiva delle metodologie utilizzate per l'esecuzione ed interpretazione della prova.

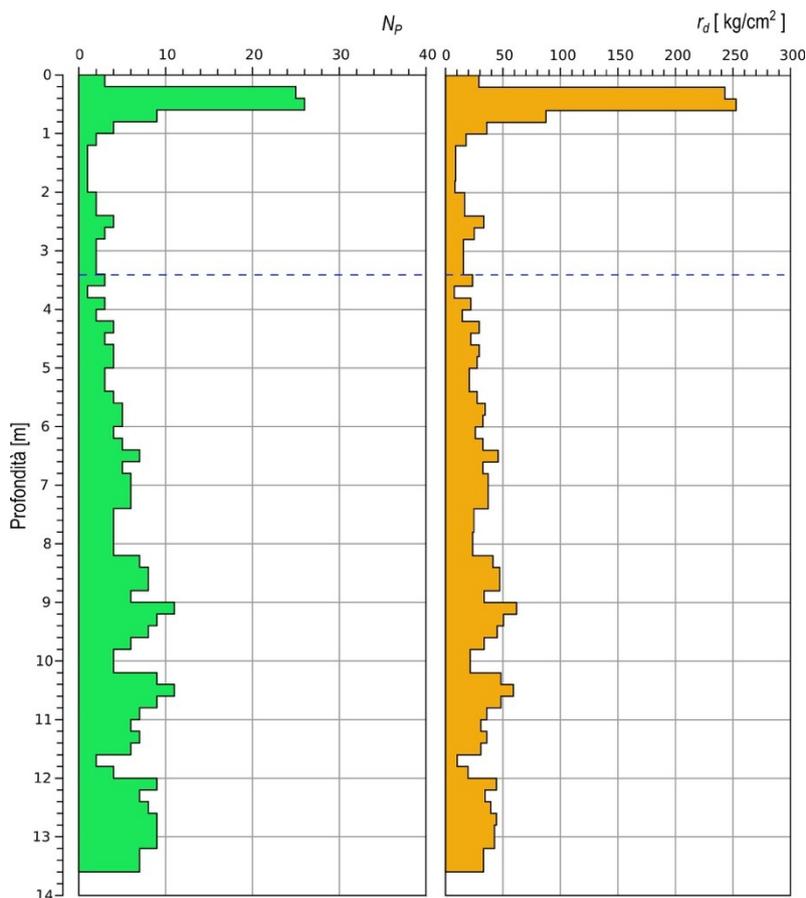


Figura 34: Esempio di grafico dei risultati della prova D.P.S.H..

## Articolo 89 - Prove pressiometriche

**89.1.** Le prove pressiometriche andranno eseguite secondo le norme ASTM D 4719-00; in aggiunta si potrà fare riferimento alle pubblicazioni scientifiche di riferimento( MENARD 1957; TORNAGHI 1983).

La prova consiste nella misura delle deformazioni radiali indotte in foro di sondaggio mediante una sonda cilindrica dilatante, fino, ove è possibile e necessario, alla rottura del terreno. La prova è eseguibile in qualsiasi tipologia di terreno, purché si mantengano le pareti del foro.

Per installazione di una sonda pressiometrica si intende tutto il complesso di operazioni che precede la prova:

- 1 foro di sondaggio con pulizia fino alla quota scelta per la prova;
- 2 preforo di diametro calibrato, compreso tra 6,0 e 66,0 mm, con il minimo eccesso possibile rispetto alla sonda, per consentire la massima dilatazione della cavità a parità di volume del fluido iniettato, cercando di rimaneggiare il meno possibile le pareti del preforo;
- 3 inserimento della sonda.



## *Commissario Straordinario di Governo art.1, c.154, L.145/2018*

Salvo richieste particolari il foro dovrà essere eseguito con un carotiere semplice da 64 mm di diametro, per qualsiasi profondità della prova avendo l'accortezza di eseguire un foro di almeno 1.0 m di profondità in modo da inserire la sonda per un tratto maggiore della propria lunghezza.

Per l'esecuzione della prova bisognerà disporre di:

- **Pressiometro Menard tipo GB** (press 60, tricellulare) costituito da:
- **Sonda** – sonda cilindrica di 58.0 mm di diametro con una lunghezza attiva totale (comprese le celle di guardia)  $l = 42$  cm e una lunghezza della cella di misura  $l_0 = 21.0$  cm, per un volume iniziale della cella di misura di  $535$  cm<sup>3</sup>, dilatabile costituita da tre celle di cui due di guardia e una di misura, la cui anima di acciaio è circondata da una membrana nella parte centrale (cella di misura) e da una guaina esterna che realizza nel contempo le due celle di guardia alle estremità ed una protezione generale della sonda.
- Complesso di dispositivi per il controllo dei volumi di acqua iniettata e delle pressioni, raggruppati in un quadro e connessi alla sonda da una doppia tubazione concentrica, con:
  - serbatoio e relativo tubicino di livello, per l'alimentazione delle celle di guardia;
  - sistema di circuiti e comandi atti a consentire la scelta fra diversi campi di pressione (da 0.5 MPa a 10 Mpa);
  - manometro aggiuntivo.
  - Bombola di azoto;
  - Tubo di collegamento bombola – pressiometro con doppio manometro e valvola di controllo per l'erogazione del gas e la misura della pressione all'interno della bombola. Un manometro è posto a monte della valvola (tra la valvola e il rubinetto della bombola) e serve per la misura della pressione all'interno della bombola, mentre il secondo manometro è posto a valle della valvola e misura la pressione con la quale il gas arriva al pressiometro;
- Doppia tubazione concentrica munita di innesti di raccordo e attacco;
- Contenitore con acqua distillata;
- Carotiere semplice da 64 mm munito di prolunga e di raccordo con aste di manovra per sonda.

Si procede alla realizzazione del foro, che andrà ad ospitare la sonda e si misura il livello della falda; si inserisce la sonda all'interno del foro avendo cura di far arrivare la sonda a fondo foro in modo da garantire che la stessa sia completamente all'interno del foro stesso; si eseguono quindi diversi gradini di prova. Si aumenta la pressione all'interno del sistema e si misurano le variazioni di volume all'interno della buretta graduata. Tali letture saranno effettuate a 15", 30" e 60". I



gradini di prova vengono scelti in base alle caratteristiche del terreno e alla profondità di prova. Menard consiglia di effettuare una decina di incrementi uguali di pressione fino ad ottenere il raddoppio del volume iniziale della prova. I vari gradini verranno definiti man mano con il progredire della prova in relazione al comportamento della stessa iniziando comunque con incrementi bassi ed eventualmente aumentandoli man mano: maggiori saranno le variazioni di volume minori dovranno essere i gradini di carico e viceversa. La prova finirà ad avvenuta rottura o a espansione completa della sonda; il livello dell'acqua all'interno della buretta graduata va a zero. Alla fine della prova si diagrammano i valori sperimentali Pressione  $P_S$  – Volume  $V_S$ , i valori corretti Pressione  $P_C$  – Volume  $V_C$  (Figura 35) e il *fluage* (variazione di volume misurato tra 30" e 60") in funzione della pressione (Figura 36).

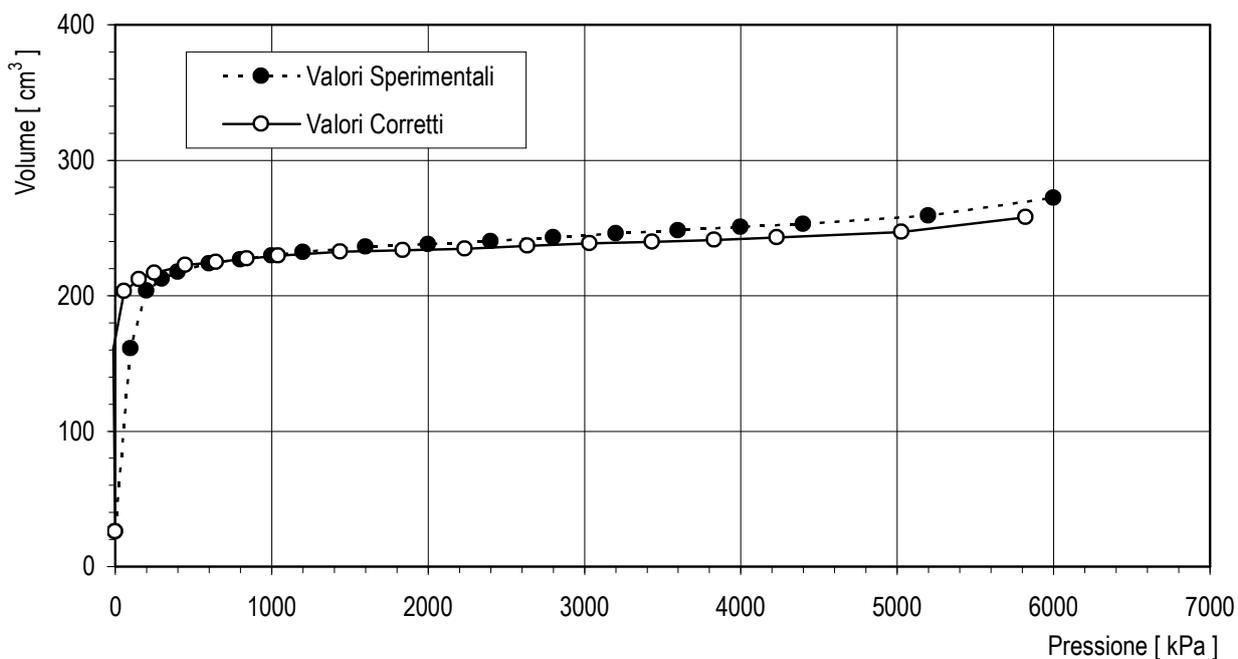


Figura 35: Diagramma Volume - Pressione.

**89.2.** Nel certificato di prova dovranno essere presenti:

- 1 tabella con tutti i dati di prova misurati durante l'esecuzione e determinati successivamente;
- 2 grafici di variazione dei diversi parametri e relative tabelle.
- 3 geometria della prova dove dovranno essere presenti: profondità del centro sonda, profondità e lunghezza del tratto di prova, livello della falda se presente, altezza del manometro dal piano campagna.



Su richiesta al ditta esecutrice dovrà fornire i certificati e/o le tabelle di taratura della strumentazione sia essa eseguita internamente o da enti certificati.

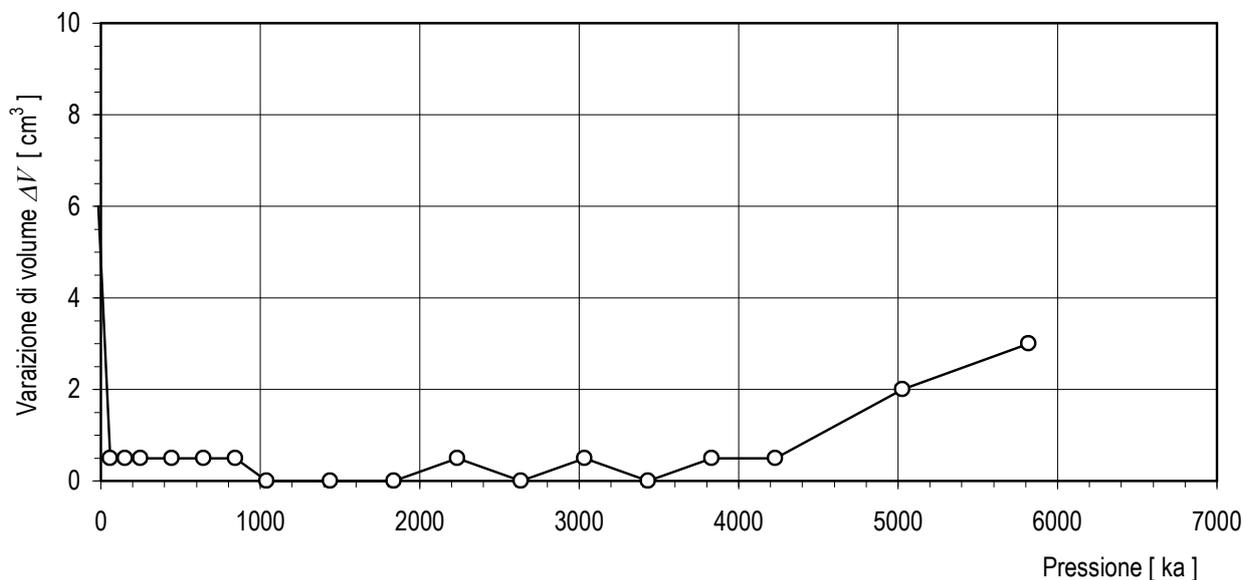


Figura 36: Diagramma Variazione di volume – Pressione.

## **CAPO IX – INDAGINI GEOGNOSTICHE DI LABORATORIO**

### **Articolo 90 - Sintesi indagini di laboratorio**

**90.1.** Nella Tabella 14 vengono riportate una sintesi delle prove di laboratorio preliminari previste nel piano indagini geognostiche da effettuare su numero 78 campioni indisturbati e numero 20 campioni rimaneggiati da prelevare dalle carote conservate nelle cassette catalogatrici.

**90.2.** In campioni indisturbati vengono così distribuiti:

- n. 36 da prelevare alla profondità 0.0 ÷ 20.0 m;
- n. 18 da prelevare alla profondità 20.0 ÷ 40.0 m;
- n. 13 da prelevare alla profondità 40.0 ÷ 60.0 m;
- n. 1 da prelevare alla profondità > 60.0 m;



<b>Prova</b>	<b>Numero</b>	<b>Indisturbati</b>	<b>Rimaneggiati</b>
Peso di volume	78	78	-
Peso specifico dei grani	78	78	-
Contenuto naturale d'acqua	98	78	20
Determinazioni limiti di Atterberg (liquidità e plasticità)	98	78	20
Analisi granulometrica per stracciatura	98	78	20
Analisi granulometrica per sedimentazione	98	78	20
Compressione edometrica	25	25	-
Compressione triassiale Consolidata non Drenata	35	35	-
Compressione triassiale Consolidata Drenata	35	35	-
Triassiale ciclica per ad alti livelli deformativi	15	15	-
Triassiale ciclica per liquefazione	15	15	-
Colonna risonante	15	15	-

*Tabella 14: Sintesi prove di laboratorio previste.*

## **Articolo 91 - Trattamento dei campioni in laboratorio**

**91.1.** I campioni che arrivano in laboratorio devono essere corredati delle seguenti informazioni, fornite dall'impresa che ha eseguito il prelievo:

- 1 sigla di riferimento del campione;
- 2 profondità di prelievo;
- 3 tipologia e numero di indagine dove è stato prelevato il campione (sondaggio);
- 4 luogo di prelievo;
- 5 data di prelievo.

Ogni campione andrà quindi etichettato e sull'etichetta andrà riportata la sua sigla di riferimento, la relativa data di prelievo e la profondità.

Per ogni campione, una volta aperto, devono essere annotate le seguenti informazioni:

- descrizione visiva delle caratteristiche del contenitore e del campione;
- tipologia di campione (indisturbato, rimaneggiato, blocco, ...);
- tipo di fustella o altro contenitore;
- dimensioni;



*Commissario Straordinario di Governo art.1, c.154, L.145/2018*

- qualità del campione secondo la Tabella 15 e in base alle osservazioni macroscopiche dello stesso.

TIPO DI TERRENO	TIPO DI CAMPIONATORE				
	Pesante infisso a percussione	A parete sottile infisso a percussione	A parete sottile infisso a pressione	A pistone infisso a pressione	A rotazione a parete doppia con scarpa avanzata
Coerenti poco consistenti		Q.3	Q.4	Q.5	
Coerenti moderatamente consistenti o consistenti	Q.3 – Q.4	Q.4	Q.5	Q.5	
Coerenti molto consistenti	Q.2 – Q.3	Q.3 – Q.4	Q.5		Q.5
Sabbie fini al di sopra della falda	Q.2	Q.3	Q.3	Q.3 – Q.4	
Sabbie fini in falda	Q.1	Q.2	Q.2	Q.2 – Q.3	

Tabella 15: Qualità del campione in base alla tipologia di terreno e al sistema di infissione.

Ogni campione deve essere conservato nell'armadio umido ad una temperatura di 20°C con una umidità del 100%. Una volta eseguite le prove richieste l'eventuale porzione di campione rimanente deve essere conservata nell'armadio umido all'interno di un idoneo contenitore per un periodo di almeno 6 mesi. Si evidenzia che i provini derivanti dall'esecuzione delle prove meccaniche devono essere conservati per un periodo minimo di 6 mesi.

**91.2.** Per ogni campione verrà eseguita una descrizione visiva accompagnata da adeguata documentazione fotografica.

Per i materiali grossolani è necessario definire *sfericità* e *arrotondamento* delle diverse particelle costituenti il terreno, come riportato dalle seguenti tabelle e figure (Tabella 16, Figura 37):

Terminologia		Descrizione
<b>A</b>	Angolari	Presentano spigoli vivi, facce relativamente piane, non levigate
<b>B</b>	Subangolari	Presentano spigoli arrotondati, facce relativamente piane, non levigate
<b>C</b>	Subarrotondate	Presentano facce pressoché piane con spigoli ben arrotondati
<b>D</b>	Arrotondate	Presentano facce incurvate e assenza di spigoli
<b>E</b>	Ben arrotondate	Presentano facce tondeggianti

Tabella 16: Descrizione della geometria delle particelle grossolane secondo le norme ASTM.

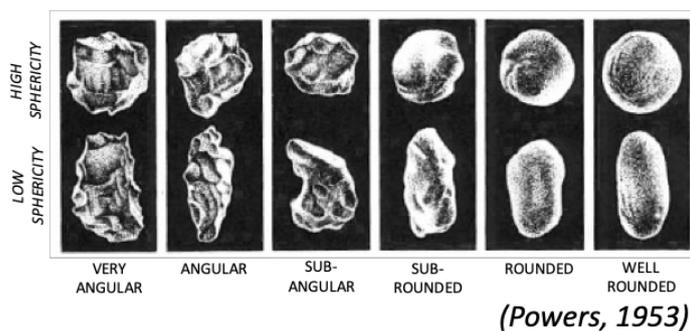
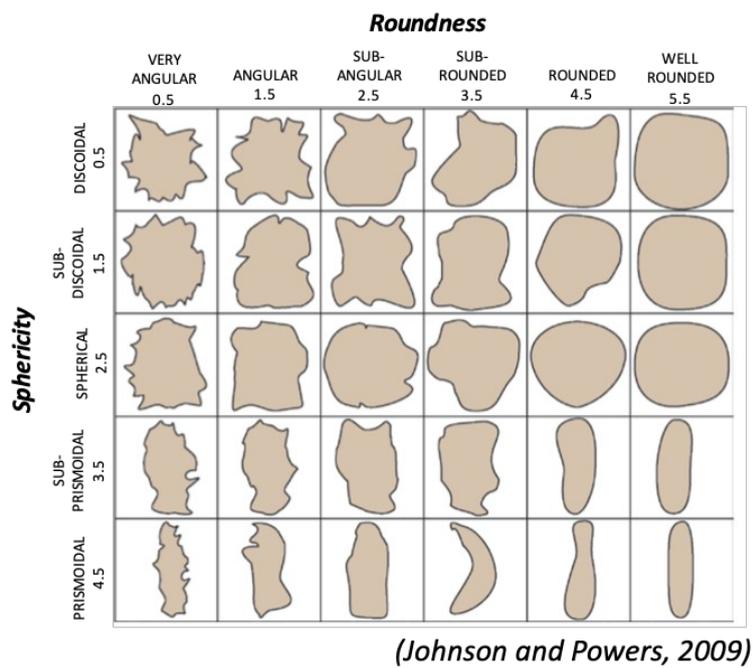
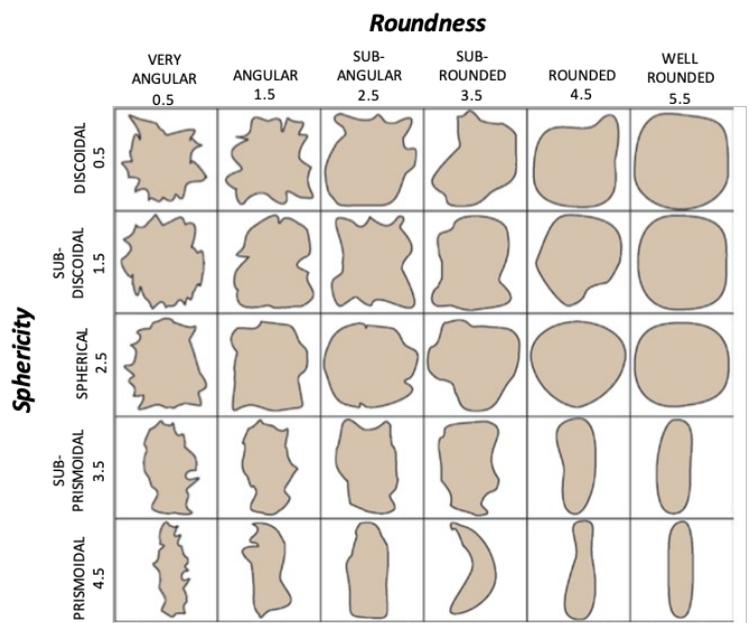
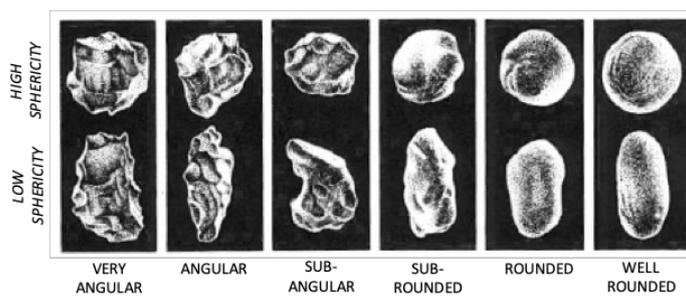


Figura 37: Sfericità ed arrotondamento delle particelle grossolane.

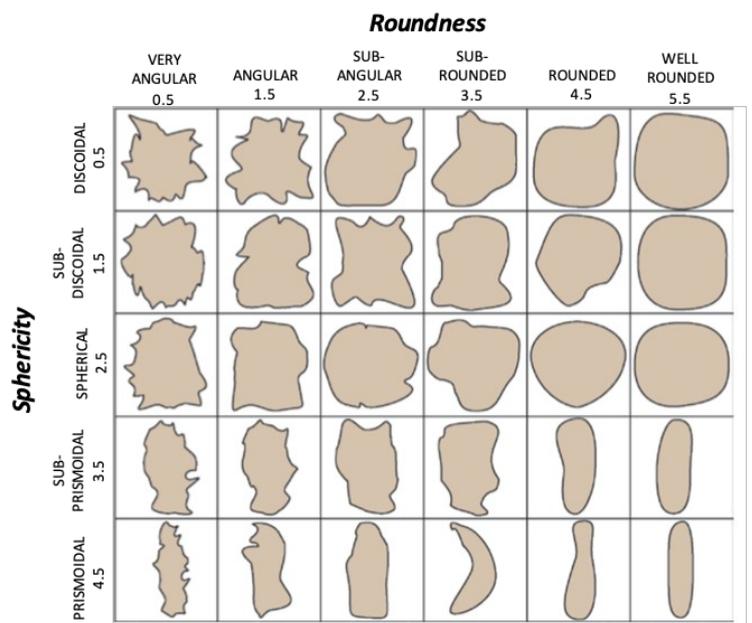


(Johnson and Powers, 2009)

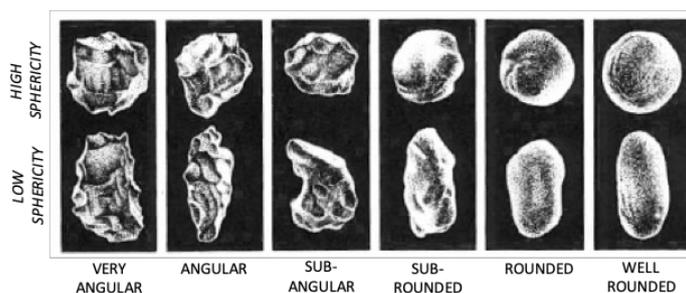


(Powers, 1953)

Figura 38: Sfericità ed arrotondamento delle particelle grossolane.

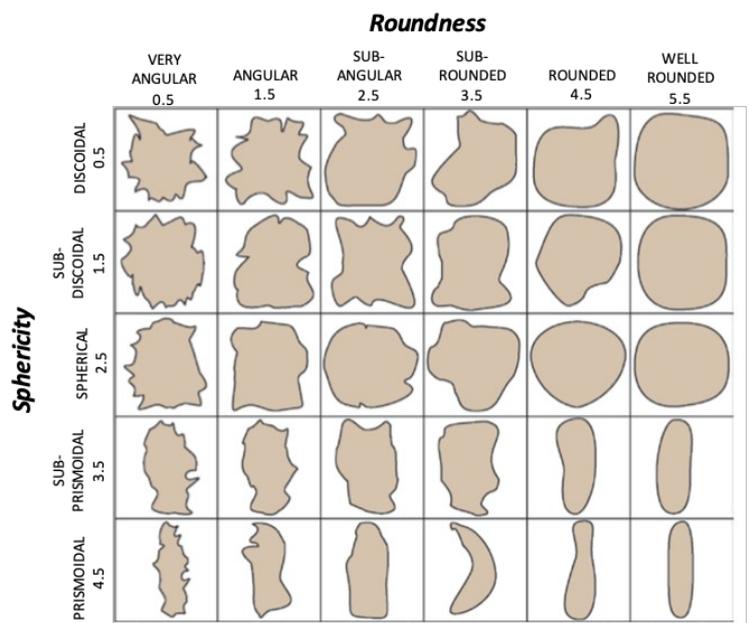


(Johnson and Powers, 2009)

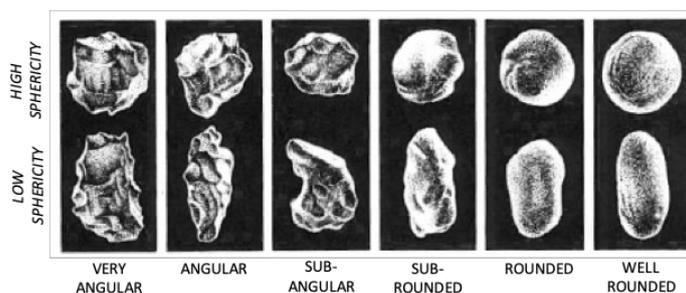


(Powers, 1953)

Figura 39: Sfericità ed arrotondamento delle particelle grossolane.



(Johnson and Powers, 2009)



(Powers, 1953)

Figura 40: Sfericità ed arrotondamento delle particelle grossolane.

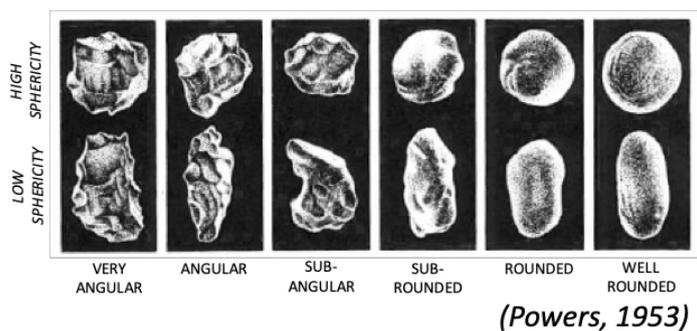
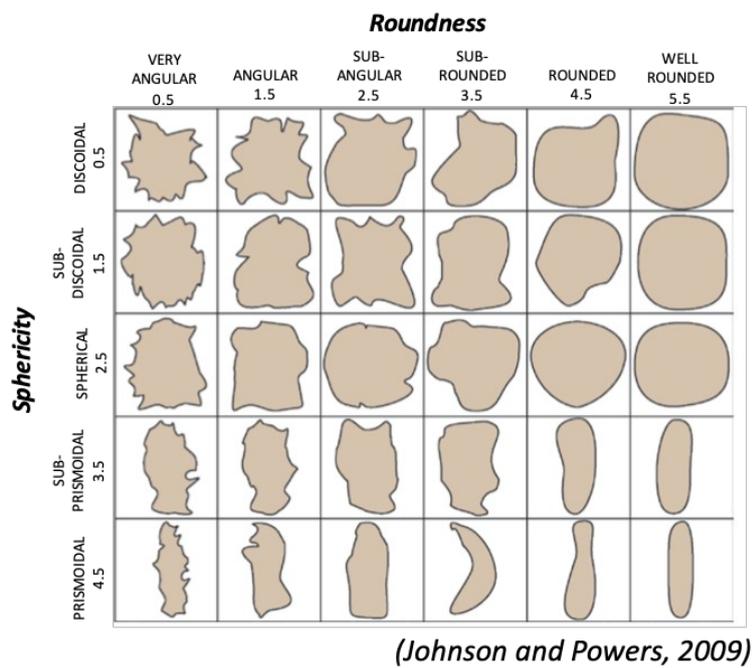
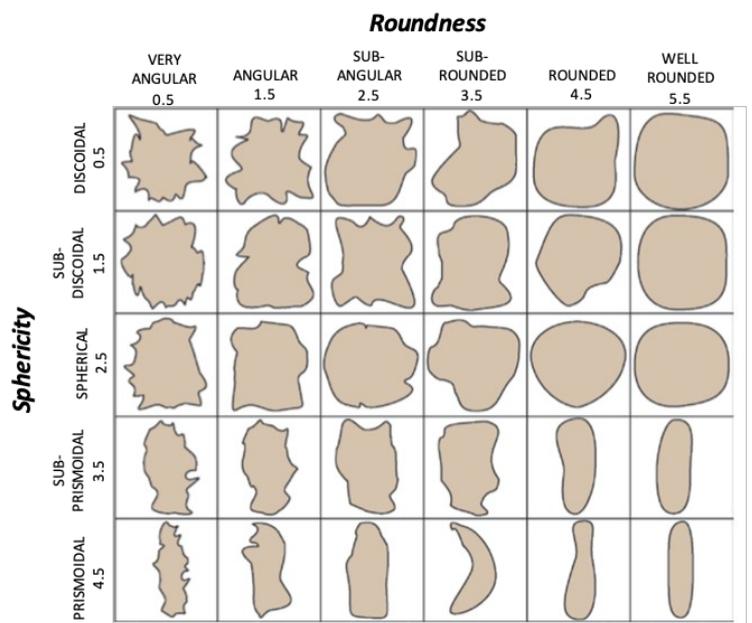
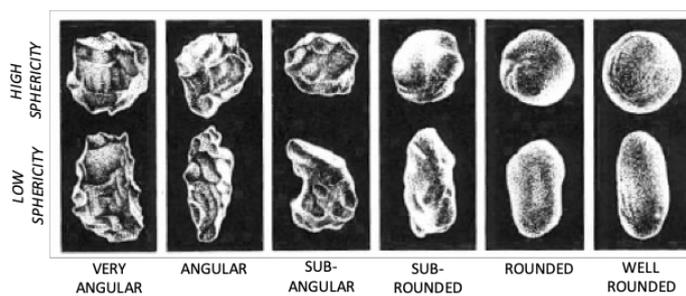


Figura 41: Sfericità ed arrotondamento delle particelle grossolane.

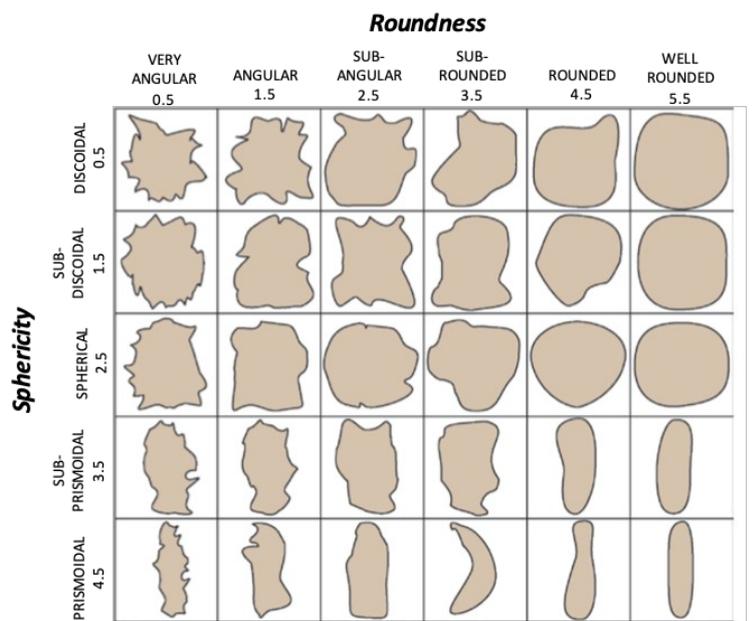


(Johnson and Powers, 2009)

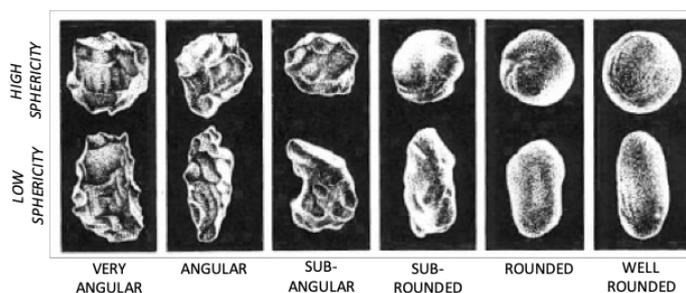


(Powers, 1953)

Figura 42: Sfericità ed arrotondamento delle particelle grossolane.

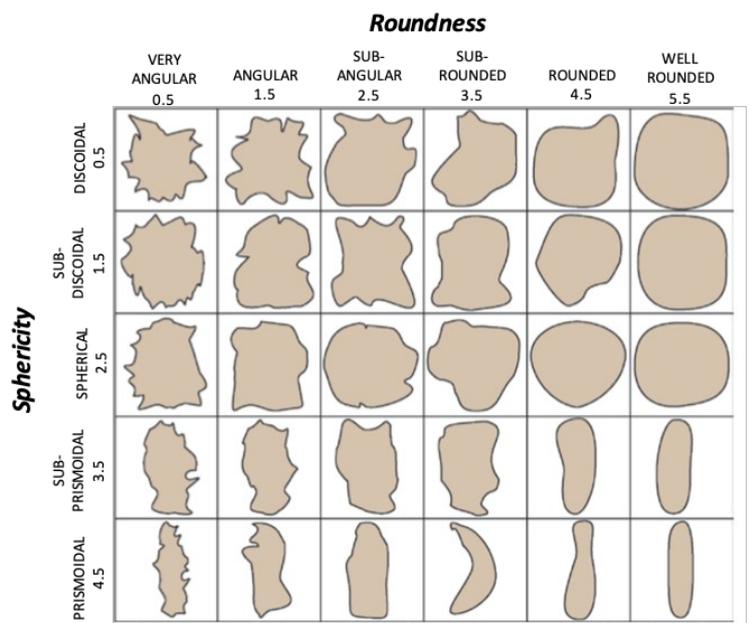


(Johnson and Powers, 2009)

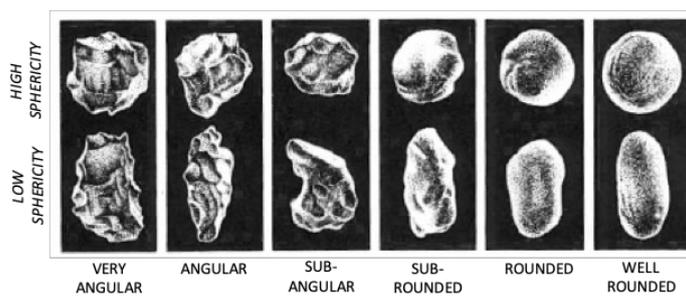


(Powers, 1953)

Figura 43: Sfericità ed arrotondamento delle particelle grossolane.

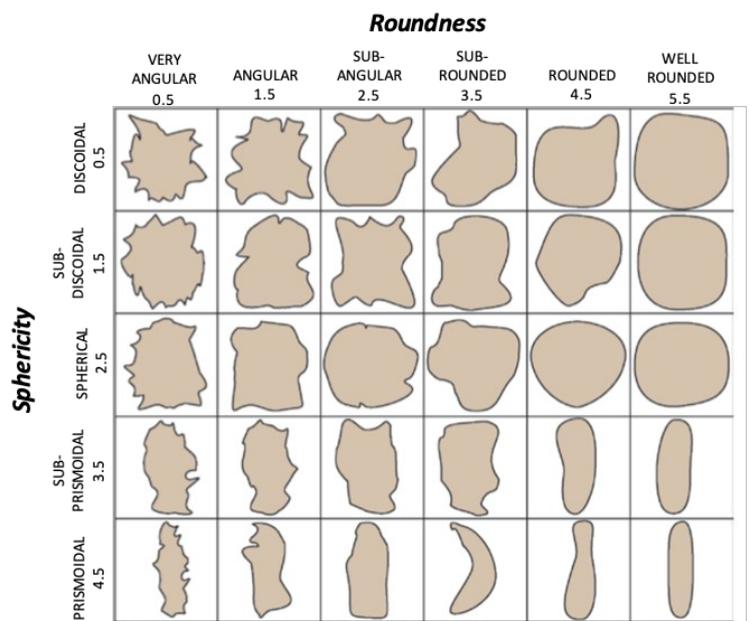


(Johnson and Powers, 2009)

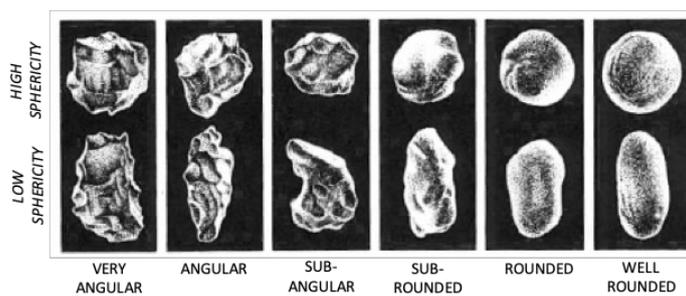


(Powers, 1953)

Figura 44: Sfericità ed arrotondamento delle particelle grossolane.

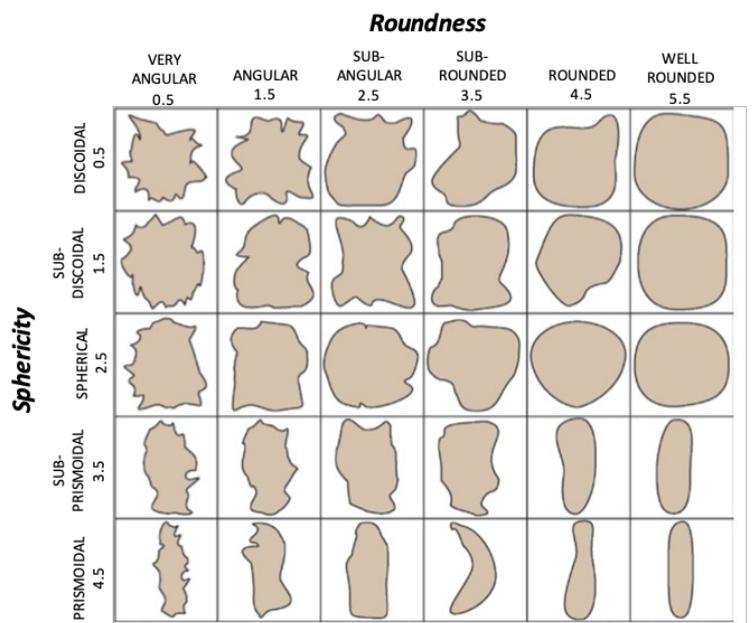


(Johnson and Powers, 2009)

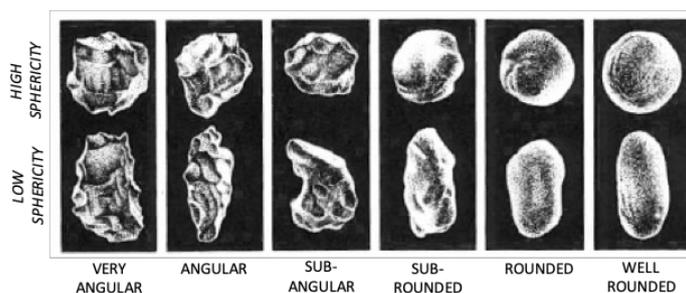


(Powers, 1953)

Figura 45: Sfericità ed arrotondamento delle particelle grossolane.

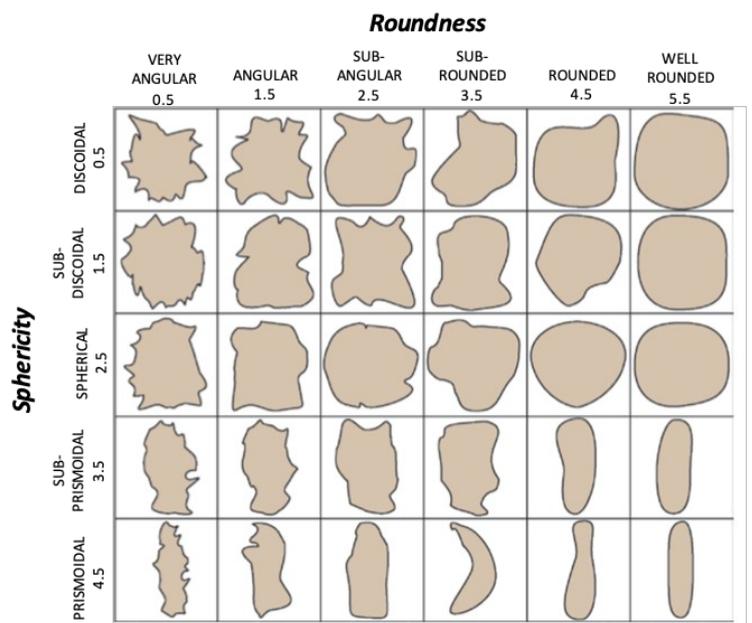


(Johnson and Powers, 2009)

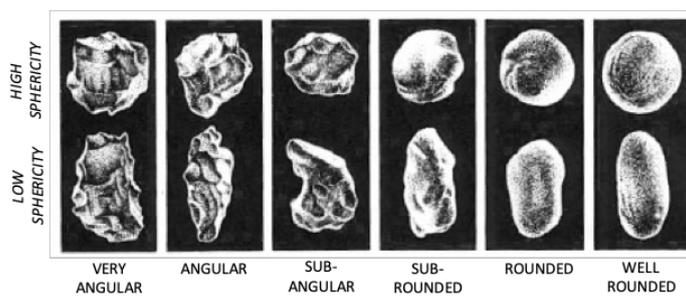


(Powers, 1953)

Figura 46: Sfericità ed arrotondamento delle particelle grossolane.



(Johnson and Powers, 2009)



(Powers, 1953)

Figura 47: Sfericità ed arrotondamento delle particelle grossolane.

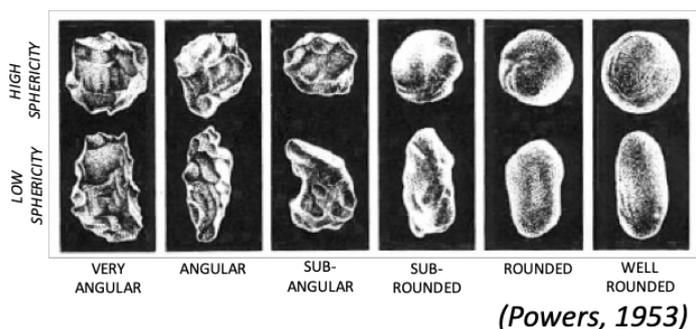
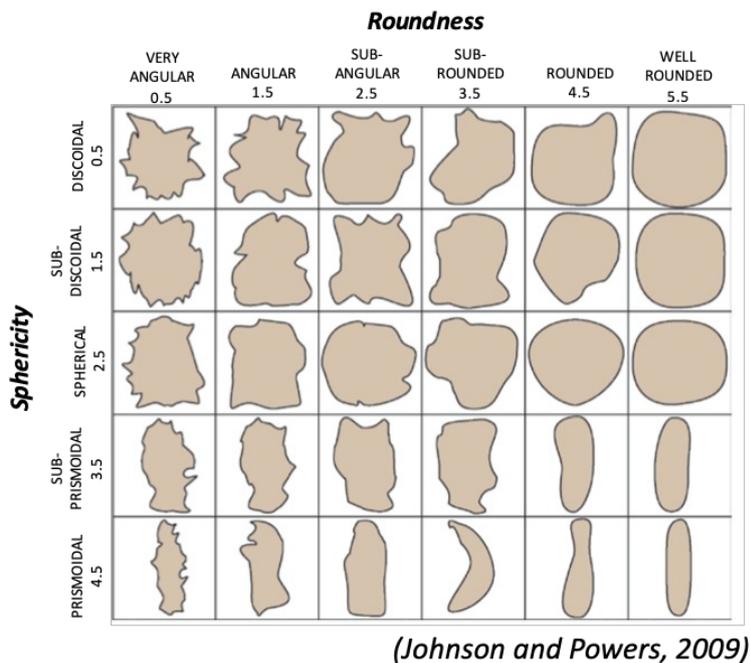


Figura 48: Sfericità ed arrotondamento delle particelle grossolane.

Per i clasti più grossolani si determinano le tre dimensioni principali, approssimabili agli assi principali di un ellissoide, dalla più grande alla più piccola di seguito denominate: asse maggiore  $a$ , asse intermedio  $b$  e asse minore  $c$  e se ne calcolano i rapporti. I clasti possono essere classificati secondo la forma in base alla Figura 49 e alla Tabella 17.

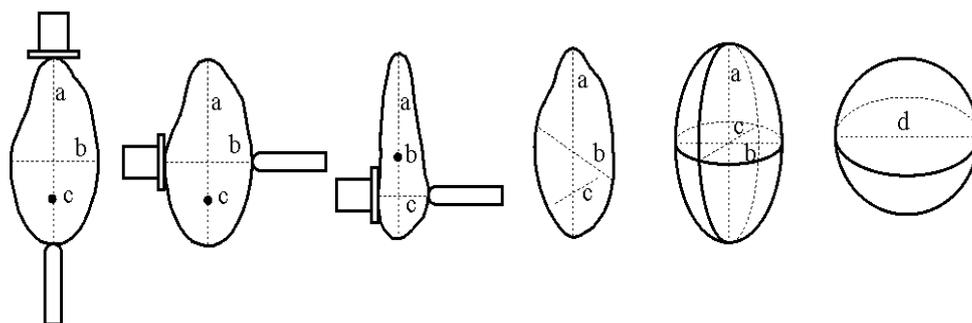


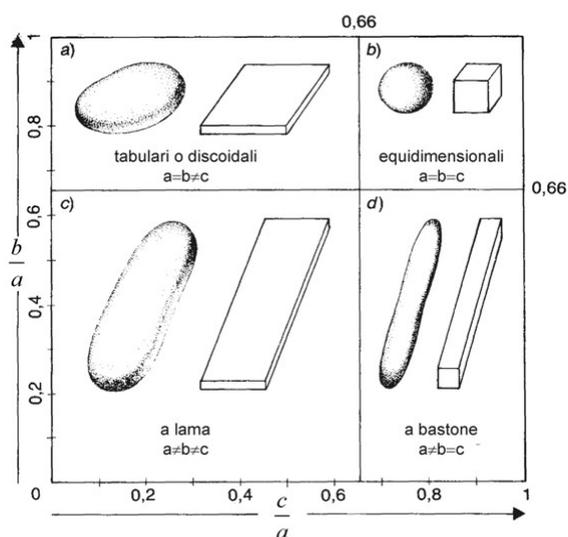
Figura 49: Sfericità ed arrotondamento delle particelle grossolane Wadell (1932).



Terminologia	Descrizione
Piatte	Rapporto $\frac{b}{c} > 3$
Allungate	Rapporto $\frac{a}{b} > 3$
Piatte e allungate	Rapporto $\frac{a}{b} > 3$ e $\frac{b}{c} > 3$

Tabella 17: Descrizione delle particelle grossolane secondo la forma.

In alternativa si potranno utilizzare i modelli proposti da Zingg (1935) e Sneed & Folk (1958) come



riportato in

Figura 50 e Figura 59.

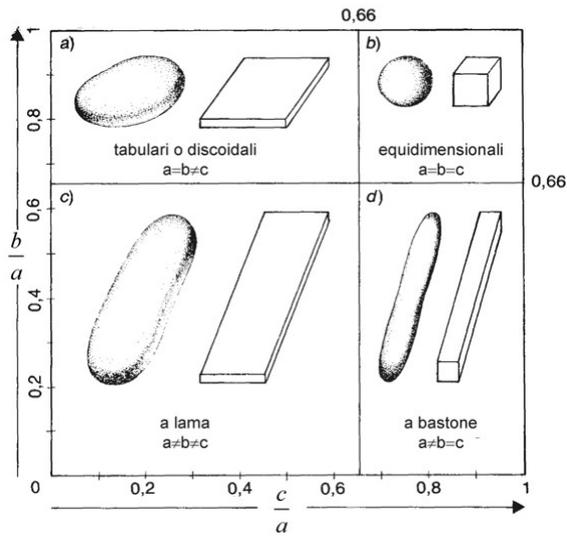


Figura 50: Forme fondamentali delle particelle grossolane (Zingg, 1935).

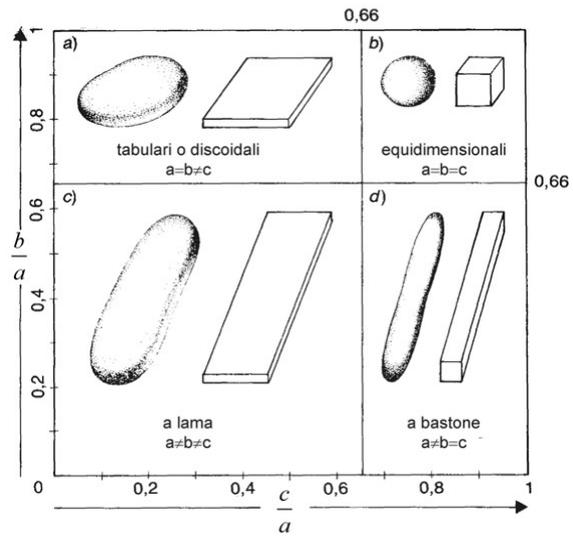


Figura 51: Forme fondamentali delle particelle grossolane (Zingg, 1935).

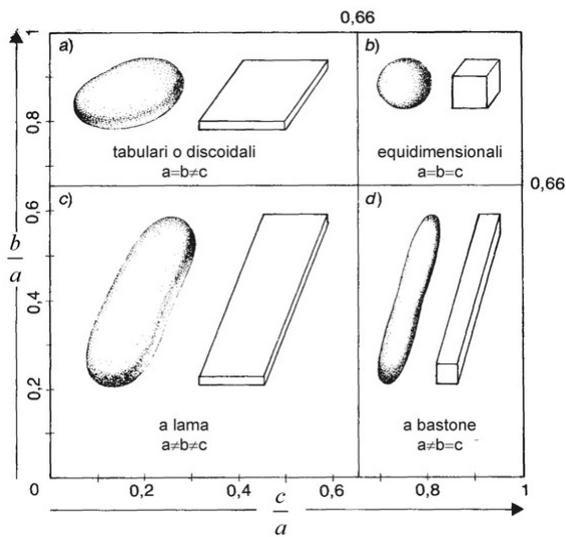


Figura 52: Forme fondamentali delle particelle grossolane (Zingg, 1935).

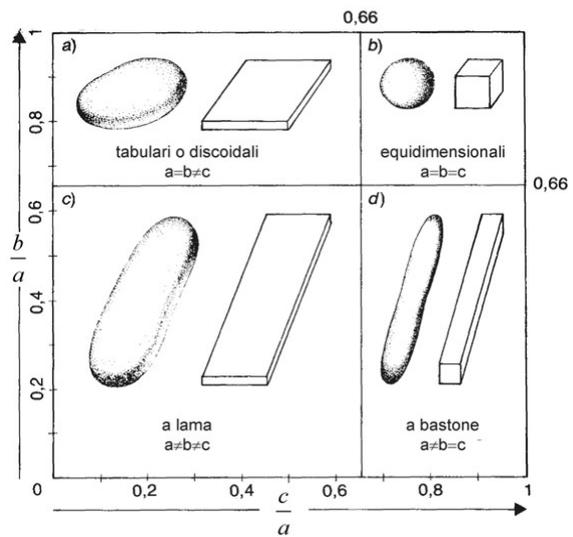


Figura 53: Forme fondamentali delle particelle grossolane (Zingg, 1935).

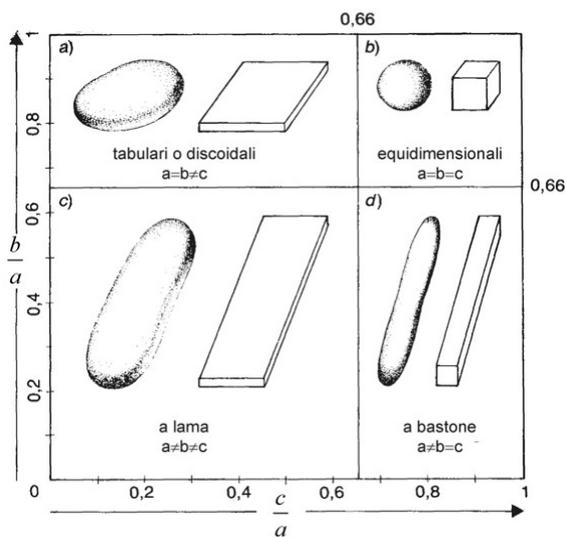


Figura 54: Forme fondamentali delle particelle grossolane (Zingg, 1935).

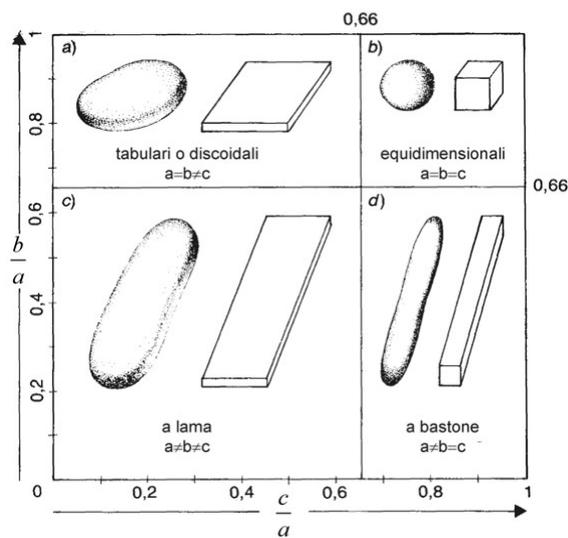


Figura 55: Forme fondamentali delle particelle grossolane (Zingg, 1935).

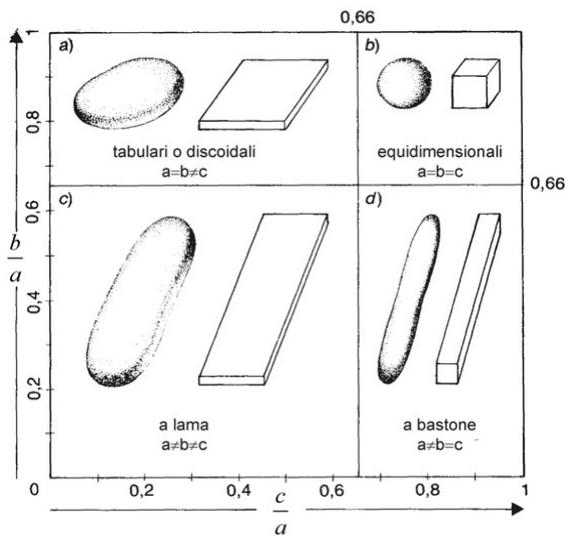


Figura 56: Forme fondamentali delle particelle grossolane (Zingg, 1935).

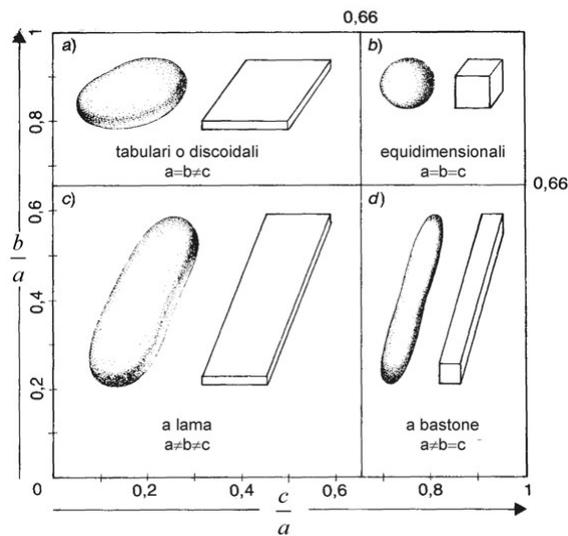


Figura 57: Forme fondamentali delle particelle grossolane (Zingg, 1935).

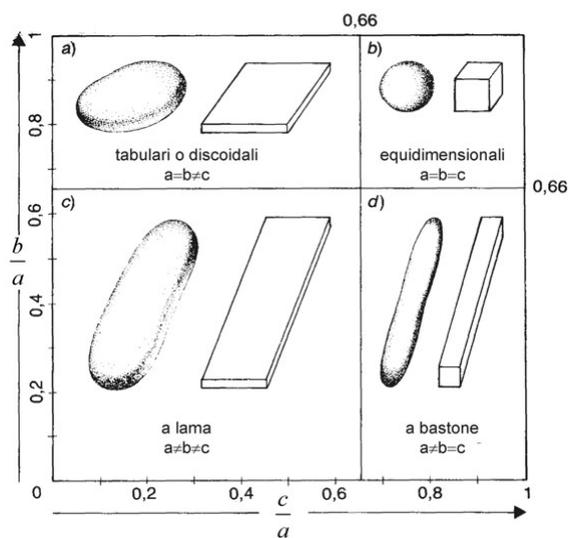
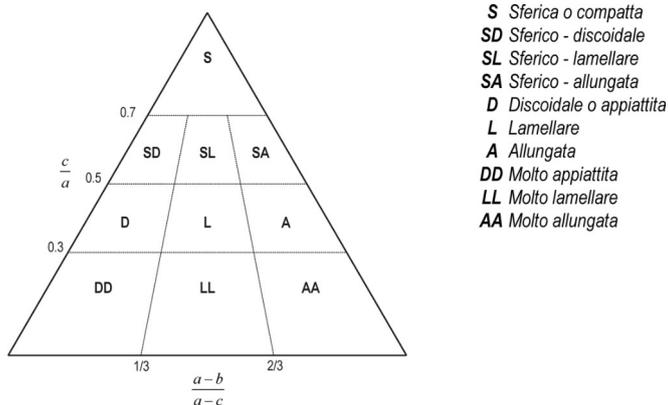
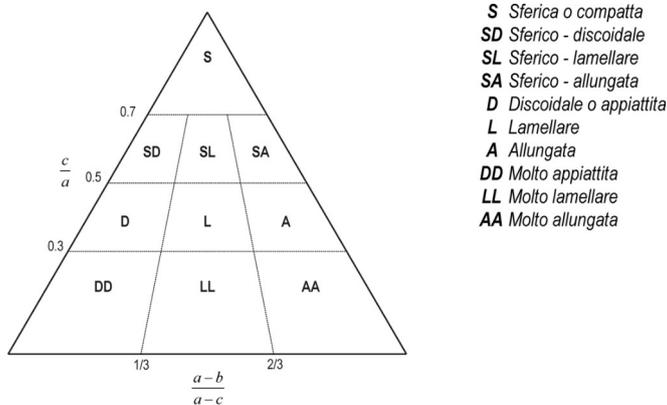


Figura 58: Forme fondamentali delle particelle grossolane (Zingg, 1935).



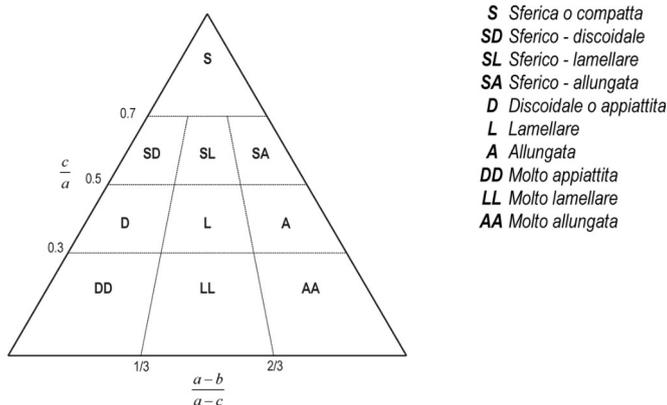
- S Sferica o compatta
- SD Sferico - discoidale
- SL Sferico - lamellare
- SA Sferico - allungata
- D Discoidale o appiattita
- L Lamellare
- A Allungata
- DD Molto appiattita
- LL Molto lamellare
- AA Molto allungata

Figura 59: Forme fondamentali delle particelle grossolane (Sneed & Folk, 1958).



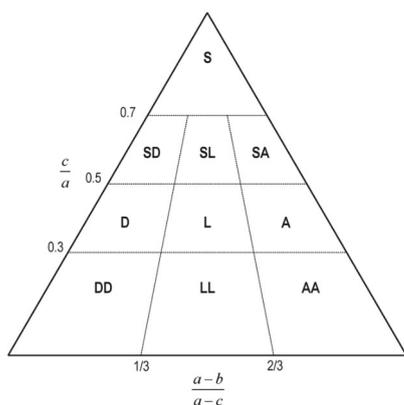
- S Sferica o compatta
- SD Sferico - discoidale
- SL Sferico - lamellare
- SA Sferico - allungata
- D Discoidale o appiattita
- L Lamellare
- A Allungata
- DD Molto appiattita
- LL Molto lamellare
- AA Molto allungata

Figura 60: Forme fondamentali delle particelle grossolane (Sneed & Folk, 1958).



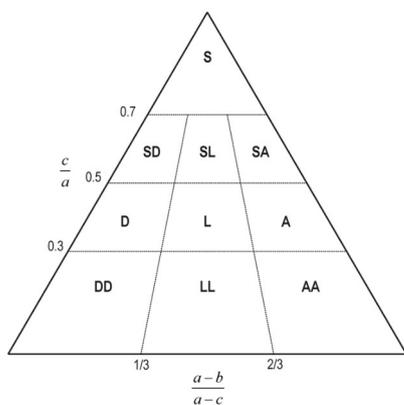
- S Sferica o compatta
- SD Sferico - discoidale
- SL Sferico - lamellare
- SA Sferico - allungata
- D Discoidale o appiattita
- L Lamellare
- A Allungata
- DD Molto appiattita
- LL Molto lamellare
- AA Molto allungata

Figura 61: Forme fondamentali delle particelle grossolane (Sneed & Folk, 1958).



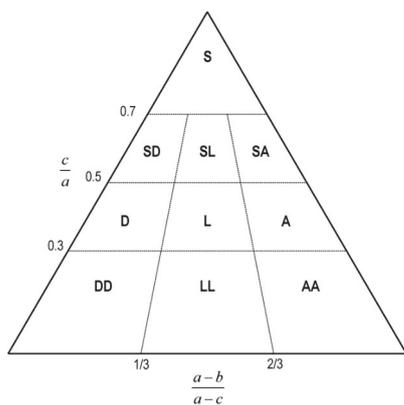
- S Sferica o compatta
- SD Sferico - discoidale
- SL Sferico - lamellare
- SA Sferico - allungata
- D Discoidale o appiattita
- L Lamellare
- A Allungata
- DD Molto appiattita
- LL Molto lamellare
- AA Molto allungata

Figura 62: Forme fondamentali delle particelle grossolane (Sneed & Folk, 1958).



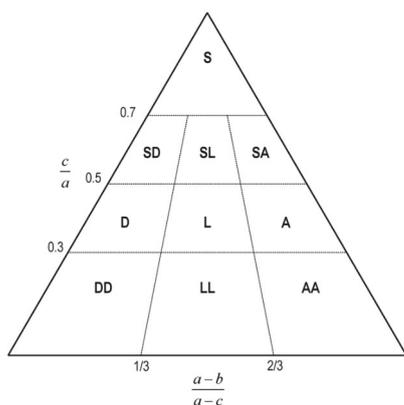
- S Sferica o compatta
- SD Sferico - discoidale
- SL Sferico - lamellare
- SA Sferico - allungata
- D Discoidale o appiattita
- L Lamellare
- A Allungata
- DD Molto appiattita
- LL Molto lamellare
- AA Molto allungata

Figura 63: Forme fondamentali delle particelle grossolane (Sneed & Folk, 1958).



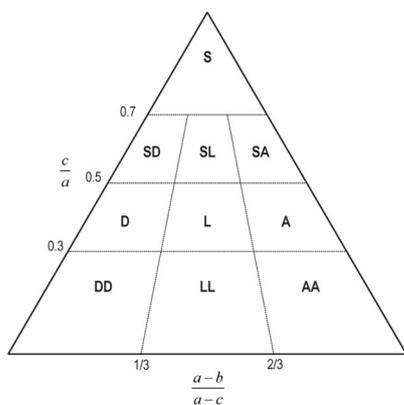
- S Sferica o compatta
- SD Sferico - discoidale
- SL Sferico - lamellare
- SA Sferico - allungata
- D Discoidale o appiattita
- L Lamellare
- A Allungata
- DD Molto appiattita
- LL Molto lamellare
- AA Molto allungata

Figura 64: Forme fondamentali delle particelle grossolane (Sneed & Folk, 1958).



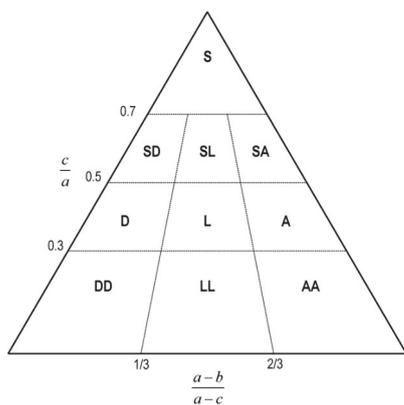
- S Sferica o compatta
- SD Sferico - discoidale
- SL Sferico - lamellare
- SA Sferico - allungata
- D Discoidale o appiattita
- L Lamellare
- A Allungata
- DD Molto appiattita
- LL Molto lamellare
- AA Molto allungata

Figura 65: Forme fondamentali delle particelle grossolane (Sneed & Folk, 1958).



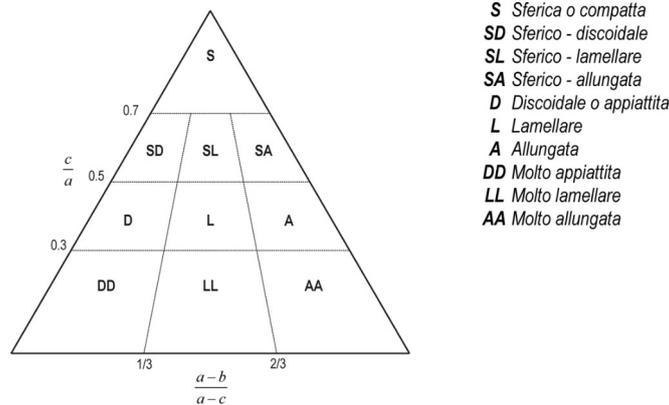
- S Sferica o compatta
- SD Sferico - discoidale
- SL Sferico - lamellare
- SA Sferico - allungata
- D Discoidale o appiattita
- L Lamellare
- A Allungata
- DD Molto appiattita
- LL Molto lamellare
- AA Molto allungata

Figura 66: Forme fondamentali delle particelle grossolane (Sneed & Folk, 1958).



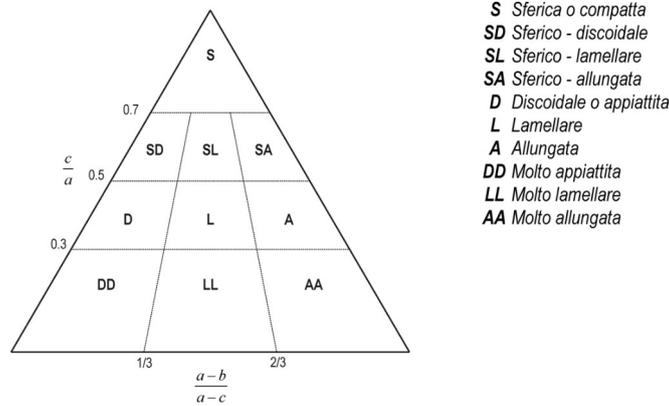
- S Sferica o compatta
- SD Sferico - discoidale
- SL Sferico - lamellare
- SA Sferico - allungata
- D Discoidale o appiattita
- L Lamellare
- A Allungata
- DD Molto appiattita
- LL Molto lamellare
- AA Molto allungata

Figura 67: Forme fondamentali delle particelle grossolane (Sneed & Folk, 1958).



- S Sferica o compatta
- SD Sferico - discoidale
- SL Sferico - lamellare
- SA Sferico - allungata
- D Discoidale o appiattita
- L Lamellare
- A Allungata
- DD Molto appiattita
- LL Molto lamellare
- AA Molto allungata

Figura 68: Forme fondamentali delle particelle grossolane (Sneed & Folk, 1958).



- S Sferica o compatta
- SD Sferico - discoidale
- SL Sferico - lamellare
- SA Sferico - allungata
- D Discoidale o appiattita
- L Lamellare
- A Allungata
- DD Molto appiattita
- LL Molto lamellare
- AA Molto allungata

Figura 69: Forme fondamentali delle particelle grossolane (Sneed & Folk, 1958).

Per i terreni a grana fine si darà una valutazione speditiva del grado di plasticità (Tabella 18).

Terminologia	Descrizione
Non plastico	Per qualsiasi contenuto di acqua non è possibile plasmare bastoncini di 3 mm di diametro.
Di bassa plasticità	I bastoncini possono appena essere plasmati ma non rimpastati in zolle quando al di sotto del limite di plasticità.
Di media plasticità	I bastoncini vengono plasmati facilmente e in breve tempo si raggiunge il limite di plasticità.
Di alta plasticità	I bastoncini vengono plasmati facilmente ma occorre parecchio tempo per raggiungere il limite di plasticità. Possono essere rimpastati in zolle.

Tabella 18: Classificazione del materiale in base al grado di plasticità.

Dove richiesto si eseguiranno determinazioni con il *Pocket Penetrometer*; in base ai valori ottenuti il terreno può essere classificato come segue (Tabella 19):



*Commissario Straordinario di Governo art.1, c.154, L.145/2018*

<b>Consistenza</b>	<b>Descrizione</b>	<b>Pocket Penetrometer (kPa)</b>
Molto tenero	Il pollice penetra nel campione per più di 25 mm	$\leq 40$
Tenero	Il pollice penetra nel campione circa 25 mm	$40 \div 80$
Consistente	Il pollice penetra nel campione circa 6 mm	$80 \div 150$
Molto consistente	Si riesce a scalfire il campione con l'unghia	$1500 \div 300$
Duro	Non si riesce a scalfire il campione con l'unghia	$\geq 300$

*Tabella 19: Descrizione del campione indisturbato in base alla consistenza.*

Si darà infine una descrizione sulla presenza di strutture e sulla tessitura del campione sulla base delle seguenti tabelle (Tabella 20 e Tabella 21).

<b>Tessitura</b>	<b>Descrizione</b>
Omogenea	Costituito da un solo componente
Eterogenea	Costituito da materiali di diversa origine, senza una netta stratificazione
Stratificata	Strati alternati di materiali di diversa origine

*Tabella 20: Descrizione della tessitura presentata dal campione.*

<b>Struttura</b>	<b>Descrizione</b>
Stratificata	Alternanze di terreno a granulometria o con colore diverso con spessori superiori a 6 mm
Laminata	Alternanze di terreno a granulometria o con colore diverso con spessori inferiori a 6 mm
Fessurata	Presenza di piani di fratture ben definiti
Levigata	Presenza di piani di fratture levigati e traslucidi, a volte striati
Scagliosa	Materiale coesivo che si frantuma in scaglie spigolose o subangolari che presentano una certa resistenza
Lenticolare	Presenza di piccole inclusioni di materiale diverso dalla matrice
Omogenea	Non si notano diversità di struttura o di colore

*Tabella 21: Descrizione delle diverse strutture presenti in un campione indisturbato.*

Nel caso sia presente un certo grado di cementazione si provvederà a darne una descrizione in base alla resistenza alla frantumazione offerta dal campione (Tabella 22).



Cementazione	Descrizione
Debole	Il campione si frantuma con le mani o con una debole pressione delle dita
Moderato	Il campione si frantuma con una certa pressione delle dita
Elevato	Il campione non si frantuma con la pressione delle dita

Tabella 22: Descrizione del grado di cementazione di un campione indisturbato.

Devono essere inoltre forniti: colore, odore, presenza di elementi organici o carboniosi, presenza e breve descrizione di eventuali elementi fossiliferi ed eventuale reazione all'acido cloridrico.

## Articolo 92 - Classificazione dei terreni

**92.1.** Per quanto riguarda la *classificazione* dei terreni si può fare riferimento alla classi granulometriche proposte dall'A.G.I., al più noto sistema di classificazione U.S.C.S. e al sistema di classificazione stradale HRB-AASSHTO.

**92.2.** Per la classificazione dei terreni, in base alle norme A.G.I. (1994), si identificano le percentuali di passante in peso relative alle diverse classi, dalla percentuale maggiore alla percentuale minore (ad esempio A, B e C con percentuali  $p_A > p_B > p_C$ ). Il terreno prende la nomenclatura della classe avente percentuale maggiore, seguito dai nomi delle altre classi granulometriche secondo il seguente schema:

- se il corrispondente p è compreso tra il 50% e il 25% il nome della classe sarà preceduto dalla congiunzione “**con**”;
- se il corrispondente p è compreso tra il 25% e il 10% il nome della classe sarà seguito dal suffisso “**oso**”;
- se il corrispondente p è compreso tra il 10% e il 5% il nome della classe sarà preceduto dal dall'aggettivo “**debolmente**” e seguito dal suffisso “**oso**”;
- se il corrispondente p è minore del 5% il nome della classe sarà omissso.

**92.3.** Per la classificazione del Sistema Unificato U.S.C.S. (Unified Soil Classification System) si adotta la scala granulometrica definita dalle norme ASTM D2488-84 e la relativa carta di plasticità.

In base a questa scala si definiscono sei gruppi identificati ognuno da una lettera:

- **Grossolani**    **G**    - Ghiaie  
                          **S**    - Sabbie
- **Fini**            **M**    - Limi inorganici



- C - Argille inorganiche
- O - Limi e argille organiche
- **Organici** PT - Torba

I terreni grossolani vengono suddivisi in 6 sottogruppi in base alla distribuzione granulometrica, al coefficiente di uniformità e di curvatura e all'indice plastico del passante al setaccio N°40 per percentuali di fine maggiore del 12%.

Si hanno così:

- **W** - Ben assortiti con una buona rappresentazione granulometrica di tutte le dimensioni di particelle;
- **P** - Poco assortiti, uniformi con molte particelle della stessa dimensione, a volte con l'assenza di una o più classi intermedie;
- **M** - Con limo;
- **C** - Con argilla.

I terreni fini vengono suddivisi in 2 sottogruppi in base ai valori dei limiti di Atterberg, così come definiti dalla carta di plasticità (Figura 70):

- **L** - Bassa plasticità;
- **H** - Alta plasticità.

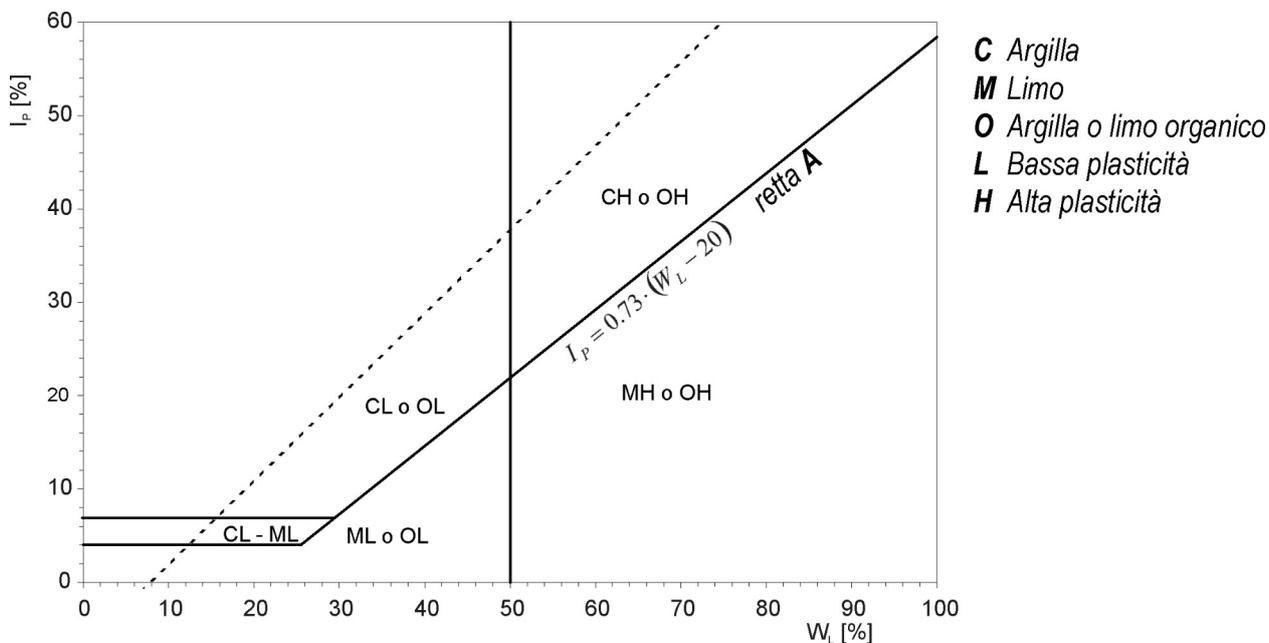


Figura 70: Carta di plasticità o di Casagrande secondo le norme ASTM.



*Commissario Straordinario di Governo art.1, c.154, L.145/2018*

Utilizzando la metodologia U.S.C.S., si effettua una prima classificazione fra terreni grossolani (passante al setaccio N°200  $\leq 50\%$ ) e terreni fini (passante al setaccio N°200  $> 50\%$ ), e si procede alla classificazione in maniera diversa per i due gruppi.

Per i terreni grossolani con una percentuale di passante al setaccio N°200  $P_{(0.075)} \leq 5\%$ , si calcolano i coefficienti di uniformità  $C_U$  e di curvatura  $C_C$  e si determina il passante al setaccio N° 4 (4.75 mm).

$$C_U = \frac{d_{60}}{d_{10}}; C_C = \frac{d_{30}^2}{d_{10} \cdot d_{60}} \quad \text{Eq. 18}$$

dove  $d_i$  rappresenta il diametro corrispondente al passante in peso pari ad una percentuale del  $i\%$

In base ai valori di  $C_U$ ,  $C_C$  e la percentuale di passante  $P_{(4.75)}$ , il terreno si classifica secondo la Tabella 23.

$P_{(4.75)}$	$C_U$	$C_C$	Sigla	Descrizione
< 50%	$\geq 4$	1 ÷ 3	GW	Ghiaia ben gradata
	< 4	< 1; > 3	GP	Ghiaia poco gradata
$\geq 50\%$	$\geq 6$	1 ÷ 3	SW	Sabbia ben gradata
	< 6	< 1; > 3	SP	Sabbia poco gradata

Tabella 23: Classificazione U.S.C.S. per terreni con  $P_{(0.075)} \leq 5\%$ .

Per terreni grossolani con una percentuale di passante al setaccio N°200  $P_{(0.075)} > 12\%$ , si determinano i limiti di Atterberg sul materiale passante al setaccio N°40 (0.475 mm) e si confrontano con la carta di Casagrande, e si determina il passante al setaccio N°4 (4.75 mm). Sulla base di tali valori si classifica il terreno secondo la Tabella 24:

$P_{(4.75)}$	Carta di Casagrande	$I_p$	Sigla	Descrizione
< 50%	sopra la linea A	$\geq 7$	GC	Ghiaia argillosa
	sotto la linea A	$\leq 4$	GM	Ghiaia limosa
$\geq 50\%$	sopra la linea A	$\geq 7$	SC	Sabbia argillosa
	sotto la linea A	$\leq 4$	SM	Sabbia limosa

Tabella 24: Classificazione U.S.C.S. per terreni con  $P_{(0.075)} > 12\%$ .

Per terreni grossolani con una percentuale di passante al setaccio N°200  $P_{(0.075)}$  compresa tra il 5% e il 12%, si classifica la parte grossolana in base ai coefficienti  $C_U$  e  $C_C$ ; si classifica la parte fine in base alla carta di plasticità; si determina la percentuale di sabbia e di ghiaia e, a seconda se la percentuale maggiore è quella della sabbia o della ghiaia si procede alla classificazione seguendo una delle due tabelle (Tabella 25 e Tabella 26):



*Commissario Straordinario di Governo art.1, c.154, L.145/2018*

$P_{(0,075)}$	$C_U$	$C_C$	Parte fine	Sigla	Sabbia	Descrizione
< 5%	$\geq 4$	1 ÷ 3		GW	< 15%	Ghiaia ben gradata
					$\geq 15\%$	Ghiaia ben gradata con sabbia
	< 4	< 1; > 3		GP	< 15%	Ghiaia poco gradata
					$\geq 15\%$	Ghiaia poco gradata con sabbia
5 ÷ 12%	$\geq 4$	1 ÷ 3	ML o MH	GW-GM	< 15%	Ghiaia ben gradata con limo
					$\geq 15\%$	Ghiaia ben gradata con limo e sabbia
			CL o CH o CL-ML	GW-GC	< 15%	Ghiaia ben gradata con argilla
					$\geq 15\%$	Ghiaia ben gradata con argilla e sabbia
	< 4	< 1; > 3	ML o MH	GP-GM	< 15%	Ghiaia poco gradata con limo
					$\geq 15\%$	Ghiaia poco gradata con limo e sabbia
			CL o CH o CL-ML	GP-GC	< 15%	Ghiaia poco gradata con argilla
					$\geq 15\%$	Ghiaia poco gradata con argilla e sabbia
> 12%			ML o MH	GM	< 15%	Ghiaia limosa
					$\geq 15\%$	Ghiaia limosa con sabbia
			CL o CH	GC	< 15%	Ghiaia argillosa
					$\geq 15\%$	Ghiaia argillosa con sabbia
	CL-ML	GC-GM	< 15%	Ghiaia limo-argillosa		
			$\geq 15\%$	Ghiaia limo-argillosa con sabbia		

Tabella 25: Classificazione U.S.C.S. per terreni con percentuale della ghiaia maggiore della sabbia.

$P_{(0,075)}$	$C_U$	$C_C$	Parte fine	Sigla	Ghiaia	Descrizione
< 5%	$\geq 4$	1 ÷ 3		SW	< 15 %	Sabbia ben gradata
					$\geq 15 \%$	Sabbia ben gradata con sabbia
	< 4	< 1; > 3		SP	< 15 %	Sabbia poco gradata
					$\geq 15 \%$	Sabbia poco gradata con sabbia
5 ÷ 12%	$\geq 4$	1 ÷ 3	ML o MH	SW-SM	< 15 %	Sabbia ben gradata con limo
					$\geq 15 \%$	Sabbia ben gradata con limo e sabbia
			CL o CH o CL-ML	SW-SC	< 15 %	Sabbia ben gradata con argilla
					$\geq 15 \%$	Sabbia ben gradata con argilla e sabbia
	< 4	< 1; > 3	ML o MH	SP-SM	< 15 %	Sabbia poco gradata con limo
					$\geq 15 \%$	Sabbia poco gradata con limo e sabbia
			CL o CH o CL-ML	SP-SC	< 15 %	Sabbia poco gradata con argilla
					$\geq 15 \%$	Sabbia poco gradata con argilla e sabbia
> 12%			ML o MH	SM	< 15 %	Sabbia limosa
					$\geq 15 \%$	Sabbia limosa con sabbia
			CL o CH	SC	< 15 %	Sabbia argillosa
					$\geq 15 \%$	Sabbia argillosa con sabbia



*Commissario Straordinario di Governo art.1, c.154, L.145/2018*

			CL-ML	SC-SM	< 15 %	Sabbia limo-argillosa
					≥ 15 %	Sabbia limo-argillosa con sabbia

Tabella 26: Classificazione U.S.C.S. per terreni con percentuale della ghiaia minore della sabbia.

Per i terreni a grana fine è necessario verificare la presenza di sostanza organica e si classifica il materiale in base alla carta di plasticità di Casagrande. Si determinano le percentuali di passante al setaccio N°200 e le percentuali di sabbia e ghiaia; successivamente il terreno si classifica in base alle seguenti tabelle (Tabella 27 e Tabella 28).

Carta di plasticità	T <sub>(0.075)</sub>		Ghiaia	Sabbia	Descrizione	
CL	< 15				Argilla di bassa plasticità	
	15 ÷ 29	S ≥ G				Argilla di bassa plasticità con sabbia
		S < G				Argilla di bassa plasticità con ghiaia
	≥ 30	S ≥ G	< 15 %			Argilla sabbiosa di bassa plasticità
			≥ 15 %			Argilla sabbiosa di bassa plasticità con ghiaia
S < G		< 15 %			Argilla ghiaiosa di bassa plasticità	
		≥ 15 %			Argilla ghiaiosa di bassa plasticità con sabbia	
CL-ML	< 15				Argilla limosa di bassa plasticità	
	15 ÷ 29	S ≥ G				Argilla limosa di bassa plasticità con sabbia
		S < G				Argilla limosa di bassa plasticità con ghiaia
	≥ 30	S ≥ G	< 15 %			Argilla sabbiosa e limo di bassa plasticità
			≥ 15 %			Argilla sabbiosa e limo di bassa plasticità con ghiaia
S < G		< 15 %			Argilla ghiaiosa e limo di bassa plasticità	
		≥ 15 %			Argilla ghiaiosa e limo di bassa plasticità con sabbia	
ML	< 15				Limo di bassa plasticità	
	15 ÷ 29	S ≥ G				Limo di bassa plasticità con sabbia
		S < G				Limo di bassa plasticità con ghiaia
	≥ 30	S ≥ G	< 15 %			Limo sabbiosa di bassa plasticità
			≥ 15 %			Limo sabbiosa di bassa plasticità con ghiaia



*Commissario Straordinario di Governo art.1, c.154, L.145/2018*

		S < G	< 15 %	Limo ghiaiosa di bassa plasticità
			≥ 15 %	Limo ghiaiosa di bassa plasticità con sabbia
CH	< 15			Argilla di alta plasticità
	15 ÷ 29	S ≥ G		Argilla di alta plasticità con sabbia
		S < G		Argilla di alta plasticità con ghiaia
	≥ 30	S ≥ G	< 15 %	Argilla sabbiosa di alta plasticità
			≥ 15 %	Argilla sabbiosa di alta plasticità con ghiaia
		S < G	< 15 %	Argilla ghiaiosa di alta plasticità
≥ 15 %			Argilla ghiaiosa di alta plasticità con sabbia	
MH	< 15			Limo di alta plasticità
	15 ÷ 29	S ≥ G		Limo di alta plasticità con sabbia
		S < G		Limo di alta plasticità con ghiaia
	≥ 30	S ≥ G	< 15 %	Limo sabbiosa di alta plasticità
			≥ 15 %	Limo sabbiosa di alta plasticità con ghiaia
		S < G	< 15 %	Limo ghiaiosa di alta plasticità
			≥ 15 %	Limo ghiaiosa di alta plasticità con sabbia

*Tabella 27: Classificazione U.S.C.S. per terreni fini inorganici.*

Carta di plasticità	T <sub>(0.075)</sub>		Ghiaia	Sabbia	Descrizione
OL o OH Sopra la retta A	< 15				Argilla organica
	15 ÷ 29	S ≥ G			Argilla organica con sabbia
		S < G			Argilla organica con ghiaia
	≥ 30	S ≥ G	< 15 %		Argilla organica sabbiosa
			≥ 15 %		Argilla organica sabbiosa con ghiaia
		S < G	< 15 %		Argilla organica ghiaiosa
≥ 15 %				Argilla organica ghiaiosa con sabbia	
OL o OH Sotto la retta A	< 15				Limo organica
	15 ÷ 29	S ≥ G			Limo organica con sabbia
		S < G			Limo organica con ghiaia
	≥ 30	S ≥ G	< 15 %		Limo organica sabbiosa
			≥ 15 %		Limo organica sabbiosa con ghiaia
		S < G	< 15 %		Limo organica ghiaiosa
			≥ 15 %		Limo organica ghiaiosa con sabbia

*Tabella 28: Classificazione U.S.C.S. per terreni fini organici.*



*Commissario Straordinario di Governo art.1, c.154, L.145/2018*

**92.4.** Per i campioni prelevati dal corpo diga dovrà essere fornita la classificazione stradale secondo le norme redatte dall’Highway Research Board tra il 1942 e il 1945, revisionate nel 1966 dall’American Association of State Highway and Transportation Officials e adottata successivamente dalle norme italiane (CNR-UNI 10006).

Per tale classificazione, i terreni inorganici sono suddivisi in sette gruppi a consistenza diversa. Alcuni gruppi sono a loro volta suddivisi in sottogruppi. Una prima divisione viene fatta con la percentuale di passante al setaccio N°200 (0.075 mm); se questa è inferiore o uguale al 35% i terreni appartengono alle terre ghiaioso – sabbiose, di cui fanno parte i gruppi *A1*, *A2* e *A3*; mentre se la percentuale è maggiore del 35% i terreni appartengono alle terre limo – argillose, di cui fanno parte i gruppi *A4*, *A5*, *A6* e *A7*. Infine i terreni organici e le torbe vengono classificati in un gruppo a parte, *A8*. Per effettuare la classificazione bisogna seguire i seguenti step ed utilizzare la Tabella 29:

- determinare il passante ai setacci di apertura: 2 mm; 0.4 mm; 0.075 mm;
- determinare i limiti di liquidità e di plasticità;
- determinare l’*Indice di Gruppo IG*.

<i>terre ghiaioso-sabbiose</i> $P_{0.075} \leq 35\%$						<i>terre limo-argillose</i> $P_{0.075} > 35\%$					
<i>A1</i>		<i>A3</i>	<i>A2</i>				<i>A4</i>	<i>A5</i>	<i>A6</i>	<i>A7</i>	
<i>A1-a</i>	<i>A1-b</i>		<i>A2-4</i>	<i>A2-5</i>	<i>A2-6</i>	<i>A2-7</i>				<i>A7-5</i>	<i>A7-6</i>



*Commissario Straordinario di Governo art.1, c.154, L.145/2018*

$P_2$	$\leq 50$											
$P_{0.4}$	$\leq 30$	$\leq 50$	$> 50$									
$P_{0.075}$	$\leq 15$	$\leq 25$	$\leq 10$	$\leq 35$	$\leq 35$	$\leq 35$	$\leq 35$	$\geq 35$	$\geq 35$	$\geq 35$	$\geq 35$	$\geq 35$
$W_L$				$\leq 40$	$> 40$	$> 40$						
$I_p$	$\leq 6$	$\leq 6$		$\leq 10$	$\leq 10$	$> 10$	$< 10$	$\leq 10$	$> 10$	$> 10$	$> 10$ $I_p \leq W_L - 30$	$> 10$ $I_p > W_L - 30$
$I_G$	0		0	0		$\leq 4$		$\leq 8$	$\leq 12$	$\leq 16$	$\leq 20$	

*A1* – terreni ben assortiti costituiti da ghiaia, sabbia grossolana e fine con eventuale frazione fine debolmente plastica o non plastica. Del gruppo fanno parte anche le sabbie grossolane e le rocce piroclastiche incoerenti. Il sottogruppo *A1-a* è costituito prevalentemente da ghiaia mentre il sottogruppo *A1-b* da sabbia grossolana.

*A3* – sabbia di litorale senza argilla e con ridotto contenuto di limo non plastico. Fanno parte del gruppo anche i depositi fluviali di sabbie pulite e con poco materiale ghiaioso.

*A2* – sono termini di transizione tra i gruppi *A1* e *A3* e i gruppi delle terre limo argillose in quanto presentano una composizione granulometrica simile ai gruppi *A1* e *A3* ma con contenuto di fine che presenta lo stesso comportamento dei gruppi *A4*, *A5*, *A6* e *A7*.

*A4* – limi poco o non plastici.

*A5* – terreni analoghi al gruppo *A4* ma con alto valore del *limite di liquidità*. Fanno parte di questo gruppo i terreni a diatomee e quelli micacei.

*A6* – terreni argillosi plastici con notevole variazione volumetrica dallo stato asciutto a quello bagnato.

*A7* – terreni con caratteristiche simile ai gruppi *A5* e *A6*; in particolar modo si distinguono perché il sottogruppo *A7-5* presenta valori dell'indice di plasticità medio, relativamente al valore del limite di liquidità, e variazione volumetrica considerevole; il sottogruppo *A7-6* presenta valori dell'indice di plasticità alto, relativamente al valore del limite di liquidità, e variazione volumetrica altissima.

Tabella 29: Classificazione stradale HRB-AASSHTO.

Per la classificazione delle frazioni fini si può fare riferimento alla carta di plasticità così come rappresentata in Figura 71.

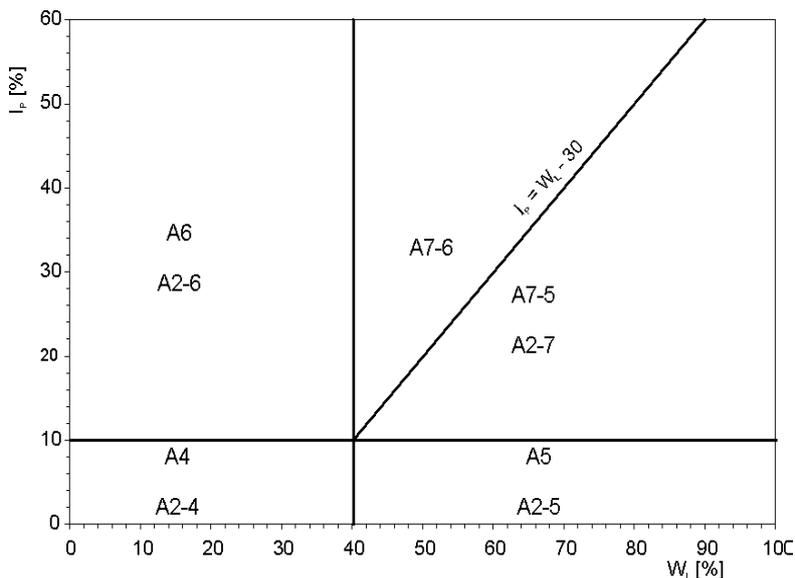


Figura 71: Carta di plasticità di Casagrande secondo le norme HRB-AASSHTO.

Inoltre dal passante al setaccio N°200 (0.075 mm) e dai valori del limite di liquidità e dell'indice di plasticità si può ricavare l'Indice di Gruppo **IG**.

$$IG = 0.2 \cdot A + 0.05 \cdot A \cdot C + 0.01 \cdot B \cdot D \quad \text{Eq. 19}$$

$A = PA - 35$  $B = PB - 15$  $C = W_L - 40$  $D = I_p - 10$	$PA$ = percentuale di passante al N° 200 compresa tra il 35% e il 75%  $PB$ = percentuale di passante al N° 200 compresa tra il 15% e il 55%  $W_L$ = limite di liquidità compreso tra il 40% e il 60%  $I_p$ = indice di plasticità compreso tra 10% e 30%	Se $PA > 75 \rightarrow PA = 75$ Se $PA < 35 \rightarrow PA = 35$  Se $PB > 55 \rightarrow PB = 55$ Se $PB < 15 \rightarrow PB = 15$  Se $W_L > 60 \rightarrow W_L = 60$ Se $W_L < 40 \rightarrow W_L = 40$  Se $I_p > 30 \rightarrow I_p = 30$ Se $I_p < 10 \rightarrow I_p = 10$
--	---	--

Lo stesso IG può essere ricavato per via grafica attraverso l'utilizzo di un normogramma (Figura 72).

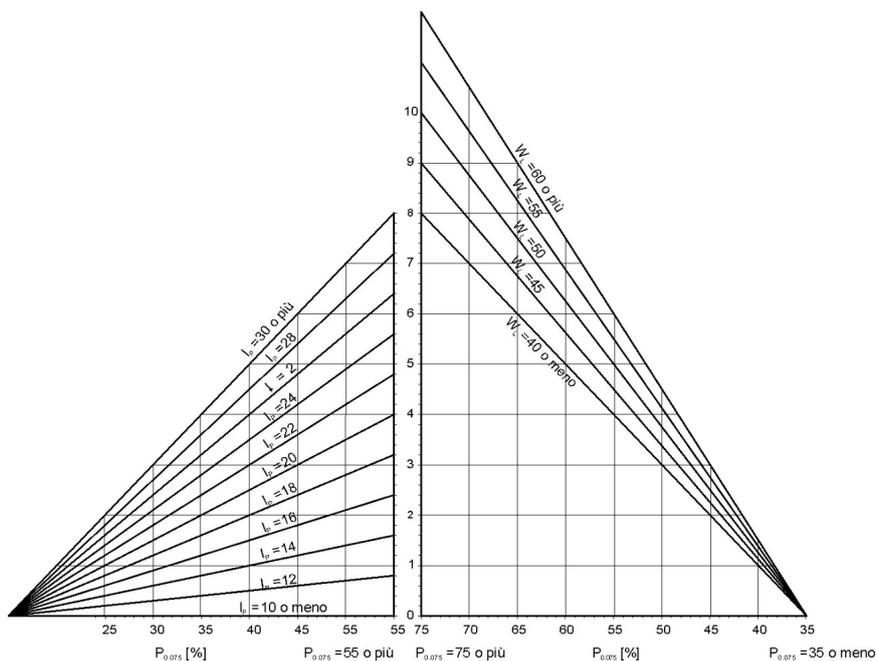


Figura 72: Normogramma per la determinazione dell'indice di gruppo per la classificazione HRB-AASSHTO.

### Articolo 93 - Analisi granulometrica

93.1. Per la determinazione della *curva granulometrica* si fa riferimento a quanto riportato nelle seguenti norme:

- AASHTO T27, T88;
- ASTM D2216-80, D2974-87;
- BS 1377: Part 2:1990;
- UNI CEN ISO/TS 17892-4.

L'obiettivo dell'analisi granulometrica è quello di raggruppare, in diverse classi le particelle costituenti il terreno, e di determinare le percentuali in peso di ciascuna classe, riferendole al peso secco del campione.

La quantità di materiale da utilizzare durante la prova, e la sensibilità della bilancia, dipendono dalle dimensioni dei granuli più grandi secondo la seguente tabella (Tabella 30). Per l'analisi dei materiali con diametro dei granuli minore di 0.425 mm possono bastare 50 g di materiale secco.



*Commissario Straordinario di Governo art.1, c.154, L.145/2018*

<b>Diametro max granuli (mm)</b>	<b>Peso minimo del campione (g)</b>	<b>Sensibilità bilancia (g)</b>
2.0	115	0.01 ÷ 0.1
9.5	500	
19.0	1000	
25.4	2000	
38.1	3000	
50.88	4000	0.1
76.2	5000	

*Tabella 30: Quantità minima di materiale da utilizzare e sensibilità della bilancia da usare in base al diametro massimo dei granuli presenti.*

Il metodo di analisi differisce a seconda delle dimensioni del materiale:

- *Stacciatura per via secca* per materiali prevalentemente sabbiosi e/o ghiaiosi sciolti e privi di materiale fine;
- *Stacciatura per via umida* per materiali prevalentemente sabbiosi e/o ghiaiosi con possibile presenza di fine;
- *Sedimentazione* per materiali limosi e argillosi.

Se il campione presenta sia la frazione grossolana sia la frazione fine, esso sarà sottoposto alla stacciatura al setaccio di maglia 0.425 mm. La porzione di campione trattenuta sarà analizzata per via umida, mentre il passante sarà analizzato per sedimentazione.

**93.2.** Per la rappresentazione della curva granulometrica si potrà utilizzare una delle scale proposte dalle diverse normative esistenti, con particolare riguardo a quella proposta dall'Associazione Geotecnica Italiana A.G.I. (Figura 73).



*Commissario Straordinario di Governo art.1, c.154, L.145/2018*

*Unified*

ARGILLA o LIMO	SABBIA			GHIAIA		CIOTTOLI
	F	M	G	F	G	
[ mm ]	0.05	0.42	2	5	19	71

*U.S.D.A.*

ARGILLA	LIMO	SABBIA					GHIAIA			CIOTTOLI
		MF	F	M	G	MG	F	M	G	
[ mm ]	0.002	0.05	0.1	0.25	0.5	1	2	6	20	60

*AASHTO*

ARGILLA	LIMO	SABBIA			GHIAIA			CIOTTOLI
		F	G	F	M	G		
[ mm ]	0.005	0.05	0.42	2	10	25	71	

*DIN 4022 (1969)*

ARGILLA	LIMO			SABBIA			GHIAIA			CIOTTOLI
	F	M	G	F	M	G	F	M	G	
[ mm ]	0.002	0.006	0.02	0.06	0.2	0.6	2	10	25	71

*CNR-UNI 10006 (1963)*

ARGILLA	LIMO	SABBIA	GHIAIA			CIOTTOLI e PIETRE
			Brecciolino	Breccetta	Breccia	
[ mm ]	0.005	0.05	2	10	25	71

*ASTM D2488-84*

ARGILLA e LIMO	SABBIA			GHIAIA		CIOTTOLI	MASSI
	F	M	G	F	G		
[ mm ]	0.075	0.425	2	4.75	19	75	300

*BS 5930 : 1981*

ARGILLA	LIMO			SABBIA			GHIAIA			CIOTTOLI	MASSI
	F	M	G	F	M	G	F	M	G		
[ mm ]	0.002	0.006	0.02	0.06	0.2	0.6	2	6	20	60	200

*M.I.T. (1931)*

ARGILLA	LIMO			SABBIA			GHIAIA	CIOTTOLI
	F	M	G	F	M	G		
[ mm ]	0.002	0.006	0.02	0.06	0.2	0.6	2	60

*A.G.I. (1990)*

ARGILLA	LIMO			SABBIA			GHIAIA			CIOTTOLI
	F	M	G	F	M	G	F	M	G	
[ mm ]	0.002	0.006	0.02	0.06	0.2	0.6	2	6	20	60

*Figura 73: Scale granulometriche di riferimento rielaborate da Raviolo (1993).*

**93.3.** Le diverse porzioni di curva granulometrica, determinate con i metodi sopra esposti, dovranno essere raccordate e diagrammate come nell'esempio di Figura 74. I valori numerici dovranno essere anche forniti in formato tabellare.

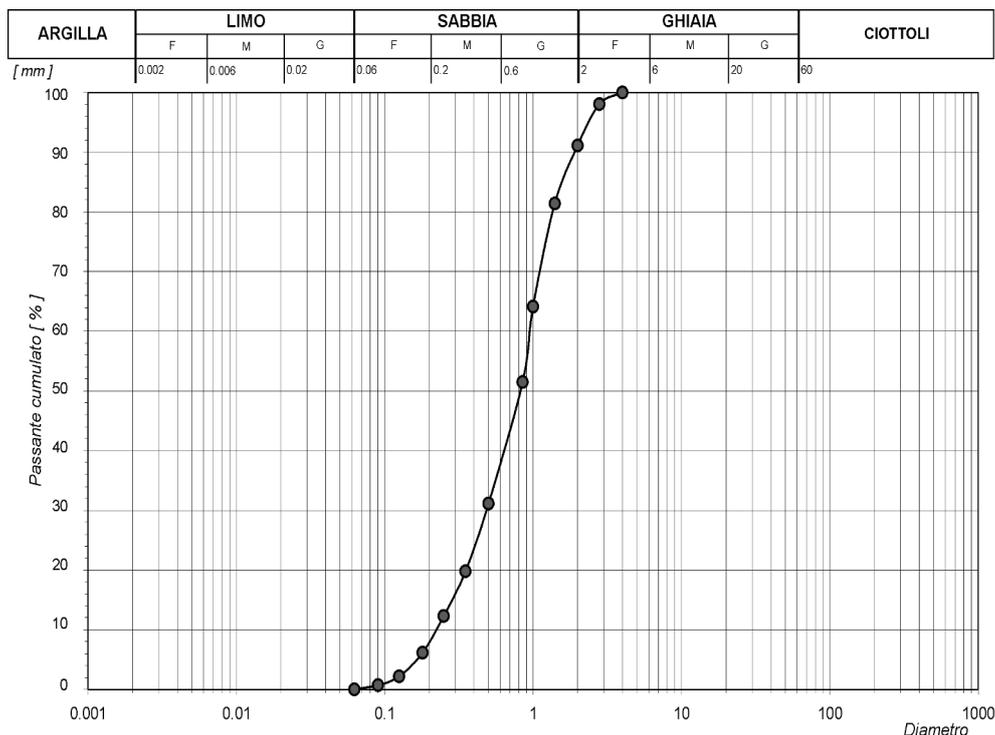


Figura 74: Esempio di rappresentazione grafica della curva granulometrica.

## Articolo 94 - Peso specifico dei grani

94.1. Per la determinazione del *peso specifico dei grani* si fa riferimento a quanto riportato nelle seguenti norme:

- ASTM D854; C127.

Il peso specifico dei granelli viene definito come il peso unitario del materiale stesso riferito alla densità dell'acqua alla temperatura di 4°C, e può essere calcolato come il rapporto tra il peso di un determinato volume di terreno e il peso del volume di acqua distillata spostato dallo stesso, come riportato dall'equazione:

$$G_s = \frac{\gamma_{mat}}{\gamma_w} = \frac{\frac{P_s}{V_0}}{\frac{P_w}{V_0}} = \frac{P_s}{P_w} \quad Eq. 20$$

dove:

- $G_s$  = peso specifico
- $\gamma_{mat}$  = peso di volume del materiale
- $\gamma_w$  = peso di volume dell'acqua a 4° C
- $P_s$  = peso delle particelle solide



## Commissario Straordinario di Governo art.1, c.154, L.145/2018

$P_W$  = peso dell'acqua a 4° C

La determinazione del volume si effettua tramite l'utilizzo di picnometri in vetro termoresistente, della capacità di 50 ÷ 100 cm<sup>3</sup>, corredati di tappo in vetro smerigliato, munito di foro per l'espulsione dell'acqua in eccesso.

La massima dimensione dei granelli del campione di terreno deve essere inferiore a 4.75 mm (passante al setaccio N°4). Nel caso le dimensioni delle particelle siano maggiori non è possibile l'uso del picnometro e si dovrà ricorrere ad altri metodi. In particolare quando è presente sia del materiale passante al setaccio N°4 sia trattenuto a tale setaccio, le due frazioni dovranno essere analizzate separatamente e il peso specifico si otterrà come media dei due valori:

$$G_S = \frac{1}{\frac{P_T}{100 \cdot G_T}} + \frac{P_P}{100 \cdot G_P} \quad \text{Eq. 21}$$

dove:

$G_S$  = peso specifico

$P_T$  = percentuale di materiale trattenuto al setaccio N°4

$P_P$  = percentuale di materiale passante al setaccio N°4

$G_T$  = peso specifico del materiale trattenuto al setaccio N°4

$G_P$  = peso specifico del materiale passante al setaccio N°4

La prova deve essere ripetuta in modo da ottenere una media di almeno tre determinazioni che non differiscano più di 0.03 g/cm<sup>3</sup> o più dello 1%.

### Articolo 95 - Contenuto naturale d'acqua

**95.1.** Per la determinazione del *contenuto naturale d'acqua* si fa riferimento a quanto riportato nelle seguenti norme:

- ASTM D2216-80; D2974-87.

Il contenuto naturale d'acqua di un terreno è definito come il rapporto tra il peso della fase liquida e il peso della fase solida e viene solitamente espresso in percentuale:

$$w = \frac{P_W}{P_S} \cdot 100 \quad \text{Eq. 22}$$

dove:

$w$  = contenuto d'acqua

$P_W$  = peso della fase liquida

$P_S$  = peso della fase solida



La procedura deve essere ripetuta per almeno tre campioni distinti e separati. Il contenuto naturale d'acqua sarà la media delle diverse determinazioni.

### **Articolo 96 - Peso di volume**

**96.1.** Per la determinazione del *peso di volume* si fa riferimento a quanto riportato nelle seguenti norme:

- **BS 1377:1975** Test 15.

Il peso di volume del terreno è definito come il rapporto tra il peso dell'intero campione ed il volume totale dello stesso comprensivo di parte solida e vuoti interni:

$$\gamma = \frac{P_U}{V} \quad \text{Eq. 23}$$

dove:

$\gamma$  (g/cm<sup>3</sup>) = peso di volume

$P_U$  (g) = peso umido del campione

$V$  (cm<sup>3</sup>) = volume complessivo del campione

La procedura deve essere ripetuta per almeno tre campioni distinti e separati. Il peso di volume sarà la media delle diverse determinazioni.

### **Articolo 97 - Limiti di Atterberg**

**97.1.** Per la determinazione dei *limiti di consistenza* o *di Atterberg* si fa riferimento a quanto riportato nelle seguenti norme:

- **AASHTO** T89; T90; T92;
- **ASTM** D2216-80; D2974-87;
- **BS 1377**: Part 2:1990;
- **CNR-UNI** 10014.

**97.2.** I limiti di Atterberg, di seguito elencati, definiscono il passaggio tra le diverse tipologie di consistenza in cui può trovarsi un terreno come mostrato in Figura 75:

- $W_S$ , limite di ritiro (di cui non è richiesta l'esecuzione);
- $W_P$ , limite di plasticità;
- $W_L$ , limite di liquidità.

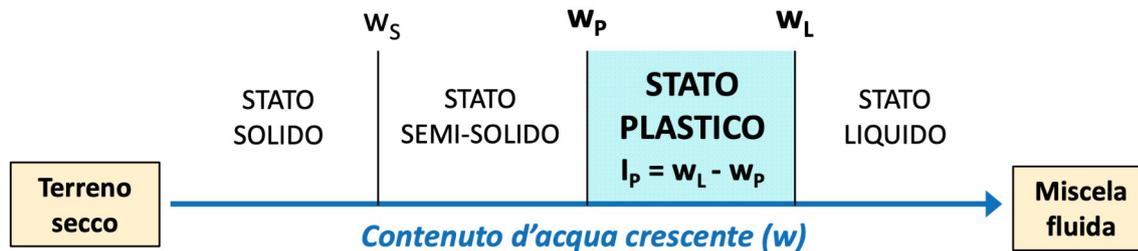


Figura 75: Definizione dei limiti di consistenza.

97.3. Il *limite di liquidità* è definito come quel contenuto d'acqua per il quale un campione di argilla, posto in una coppa di ottone di dimensioni normalizzate (

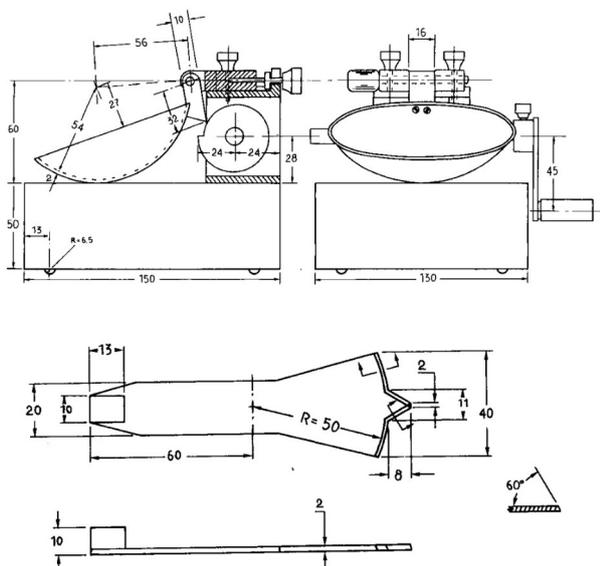


Figura 76), suddiviso in due parti da un apposito utensile solcatore e fatto rimbalzare da una altezza di 10 mm per 25 volte, determina la chiusura del solco per una lunghezza di 13 mm (Figura 77).

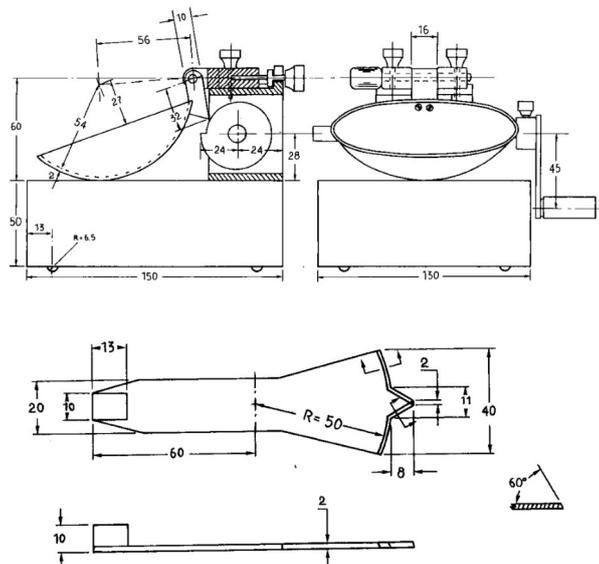


Figura 76: Dimensioni standard del cucchiaio e del solcatore.

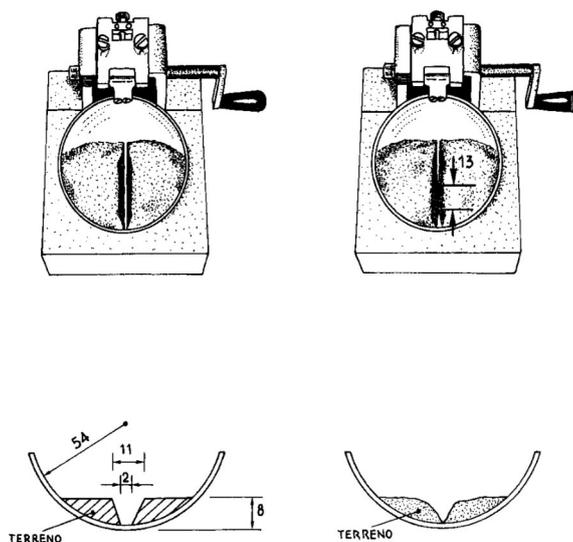


Figura 77: Fase iniziale e finale della determinazione del limite di liquidi.

Al fine di ottenere il valore del limite di liquidità si effettueranno diverse prove a contenuti d'acqua differenti misurando il numero di colpi necessari alla chiusura del solco. Se le prove sono ben eseguite, i punti relativi si dispongono lungo una retta, pertanto può essere determinato il valore di  $W_L$  sulle ordinate, in corrispondenza del valore di 25 colpi riportato in ascissa (Figura 78).

Per evitare un'eccessiva dispersione dei punti nel diagramma si ritengono valide le prove comprese tra un numero minimo di colpi pari a 10 ed un numero massimo di 50.

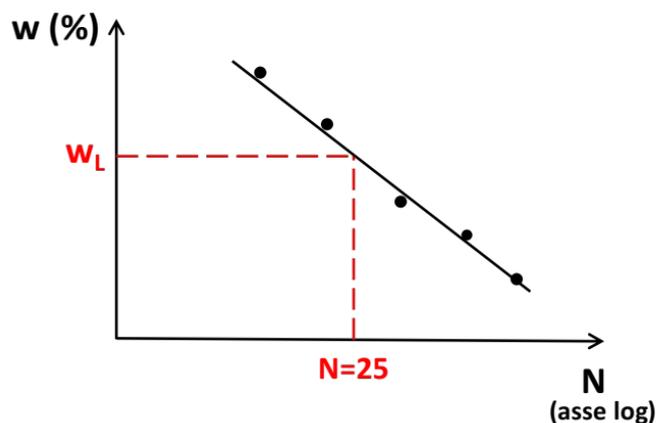


Figura 78: Determinazione di  $W_L$ .

97.4. Qualora necessario si può fare ricorso, in alternativa al cucchiaio di Casagrande, al *penetrometro a cono* (Figura 79) così come stabilito dalle norme:

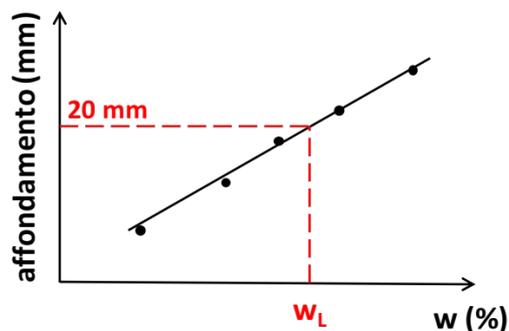
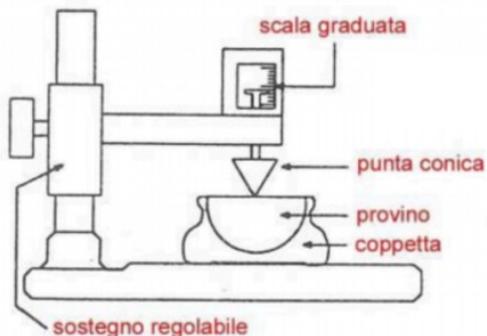
- AFNOR;
- Bureau de Normalisation Quebec;
- Swedish Standard.



Figura 79: Esempio di penetrometro a cono.



Tale prova si basa sulla misura della penetrazione di una punta conica all'interno del terreno, in particolare, il valore del limite di liquidità corrisponderà ad una penetrazione della punta pari a 20.0



mm ( )

Figura 80 e

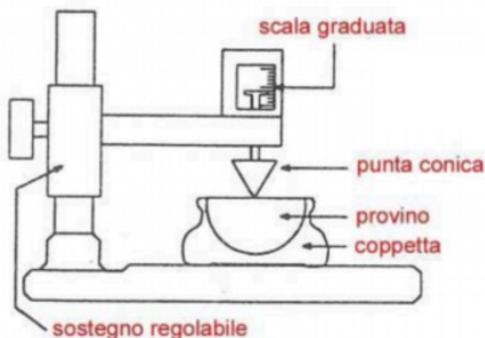


Figura 80: Penetrometro a cono: schema della prova.

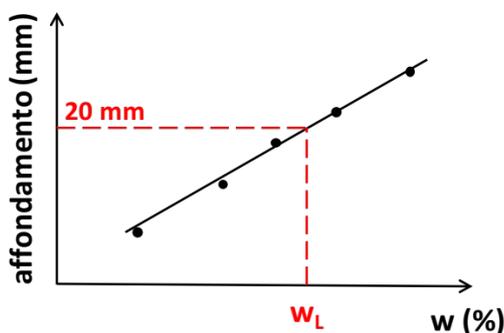


Figura 81: Penetrometro a cono: determinazione  $w_L$ .

97.5. Il *limite di plasticità* è il contenuto d'acqua per il quale un bastoncino di argilla, plasmato più volte manualmente fino a portarlo al diametro di 3 mm, tende a sbriciolarsi e a sviluppare delle



fessure a causa della riduzione di umidità (Figura 82). Sulle determinazioni eseguite si effettua quindi una media.



Figura 82: Esecuzione del limite di plasticità.

97.6. I valori del limite di liquidità dei materiali dovranno essere riportati sulla *Carta di plasticità di Casagrande*. Alcuni esempi sono riportati in Figura 70, Figura 71, Figura 83 e Figura 84.

A tale scopo andrà determinato il valore dell'indice di plasticità  $I_P$ , definito dall'Figura 84:

$$I_P = w_L - w_P \quad \text{Eq. 24}$$

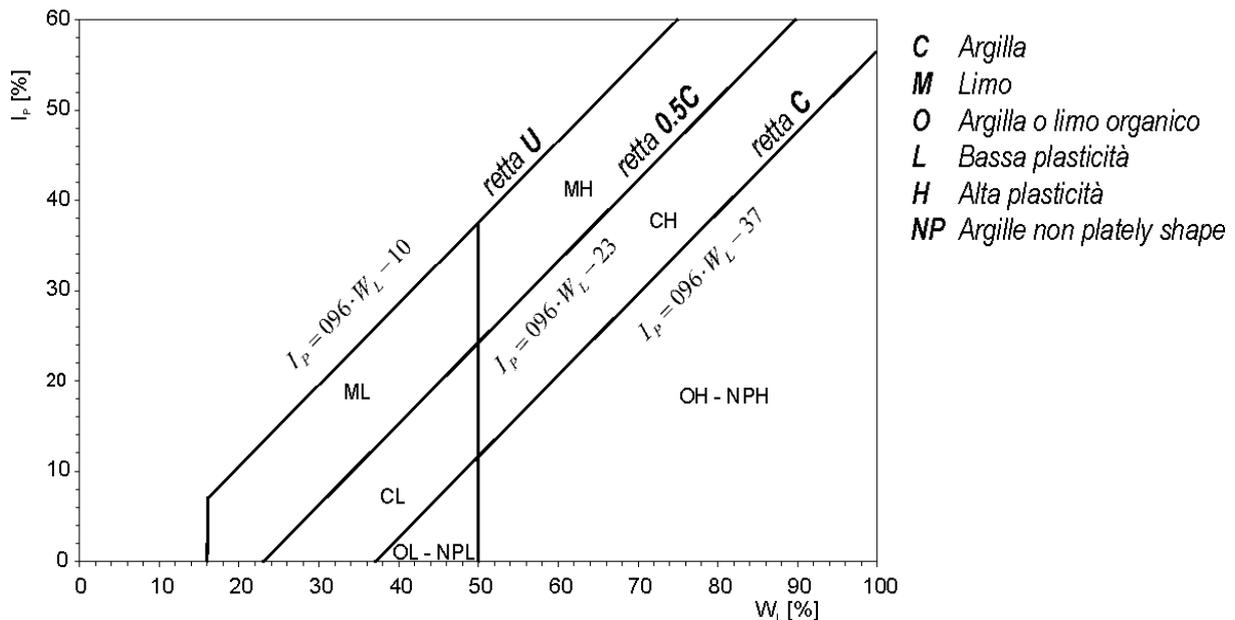


Figura 83: Carta di plasticità di Casagrande secondo Polidori & Gori (2005).

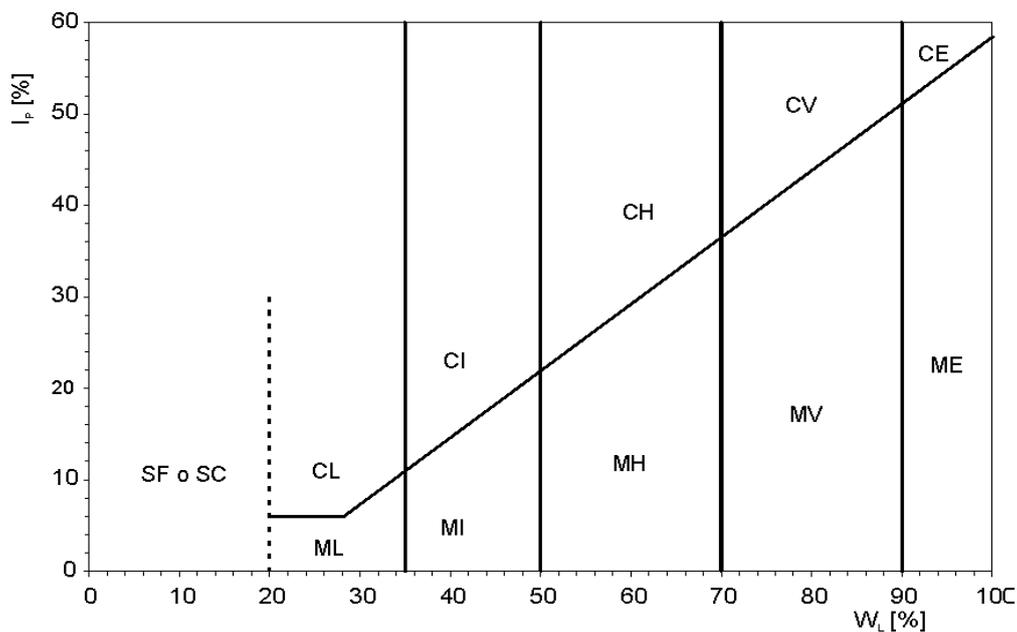


Figura 84: Carta di plasticità di Casagrande secondo le norme BS.

## Articolo 98 - Prova edometrica

**98.1.** Per l'esecuzione della *prova di compressione edometrica* si fa riferimento a quanto riportato nelle seguenti norme:

- ASTM D2435; D4186; D4546;
- AGI 1994.

La prova di compressione edometrica permette di:

- determinare la relazione tensione-deformazione che caratterizza le proprietà di *compressibilità e di rigonfiamento* per effetto di variazioni di stato tensionale effettivo in condizioni monodimensionali;
- determinare le caratteristiche che governano la variabilità di tali deformazioni nel tempo, per effetto dei fenomeni di *consolidazione primaria e secondaria*;
- ricostruire la *storia tensionale* del deposito naturale da cui è stato prelevato il campione.

La prova consiste nell'applicare una sequenza di carichi verticali ad un provino cilindrico confinato lateralmente per mezzo di un anello metallico, in modo che le deformazioni e il flusso dell'acqua avvengano solo in direzione verticale. Il metodo prevede l'applicazione di una sequenza di carichi, ciascuno dei quali mantenuto costante per un periodo di tempo (di norma 24h) sufficiente a garantire la completa dissipazione delle sovrappressioni dell'acqua interstiziale generate dal carico stesso. Nel corso del processo di consolidazione viene rilevata l'altezza del provino a vari istanti di



tempo, e i dati così ottenuti sono utilizzati per determinare i parametri di compressibilità e la velocità di consolidazione.

In Figura 85 si riporta il classico schema dell'apparecchiatura edometrica.

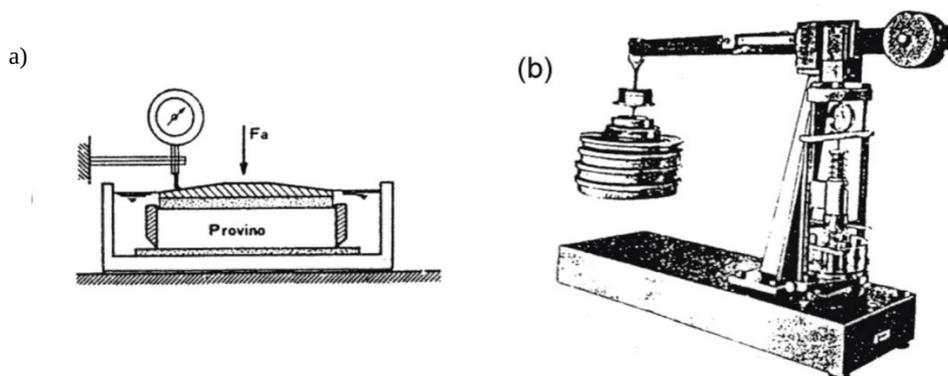


Figura 85: Prova edometrica: provino (a); schema dell'apparecchiatura.

Il provino deve avere diametro minimo di 50 mm e altezza minima di 13 mm, con rapporto D/H non inferiore a 2.5 e non superiore a 6. In nessun caso l'altezza del provino può essere inferiore a dieci volte la massima dimensione delle particelle costituenti il materiale sottoposto alla prova.

Per il campionamento del provino, il diametro del campione deve essere maggiore del diametro interno dell'anello edometrico, di almeno 10 mm. Si infigge in tale campione l'anello, e si rendono le estremità superiore e inferiore del provino complanari a quelle dell'anello. Se il provino risulta danneggiato per la presenza di inclusioni, esso va rimosso e sostituito. Il provino va preparato in una camera con umidità controllata, in modo da minimizzare fenomeni di evaporazione. In ogni caso le condizioni ambientali devono essere tali da assicurare che durante la preparazione il provino non subisca variazioni del contenuto d'acqua maggiori dell'1%. Nel corso della prova la temperatura ambiente deve essere mantenuta, per quanto possibile, costante e comunque le sue escursioni devono essere contenute in un intervallo di  $\approx 4$  °C.

L'acqua immessa nel contenitore dovrebbe idealmente avere la stessa concentrazione ionica dell'acqua contenuta nel campione. Se questa non è stata preventivamente accertata va usata acqua distillata.

Gli incrementi di pressione verticale  $\sigma_v$ , sono applicati secondo la seguente progressione geometrica:

$$10 - 20 - 50 - 100 - 200 - 400 - 800 - 1600 - 3200 - 6400 \text{ kPa}$$

A seconda del caso la prova può essere terminata a 3200 kPa o 6400 kPa.

La fase di scarico non potrà essere effettuata in un unico step e di norma va attuata con un numero di gradini pari ad almeno la metà di quelli relativi agli incrementi di carico effettuati.



## *Commissario Straordinario di Governo art.1, c.154, L.145/2018*

Cicli di carico differenti da quelli proposti dovranno essere espressamente richiesti e concordati con l'ente.

Ogni incremento di carico va mantenuto costante nel tempo finché non si sviluppa completamente la consolidazione primaria, e vengano così garantiti la dissipazione delle sovrappressioni neutre ed il trasferimento dell'incremento di tensioni totali in tensioni effettive. A tale scopo, generalmente è sufficiente una durata di 24h dell'applicazione del carico.

Le letture dei cedimenti vanno eseguite ad intervalli di tempo secondo la seguente progressione geometrica:

0.10 – 0.25 – 0.5 – 1 – 2 – 4 – 8 – 15 – 30 – 60 – 120 – 240 – 480 – 1440 min

Nel caso in cui i materiali presentino fenomeni di rigonfiamento alle condizioni di carico applicate, detti fenomeni devono essere contrastati passando al gradino di carico successivo prima delle 24 h.

L'ente potrà richiedere l'esecuzione di un ciclo di scarico-ricarico per una più attendibile determinazione dei parametri relativi alla fase di ricomprensione.

I risultati sperimentali devono in genere essere depurati degli abbassamenti prodotti dalla deformabilità dell'apparecchiatura e dai difetti di planarità delle superfici di carico e delle pietre porose.

**98.2.** Per ogni gradino di carico si diagrammano i cedimenti/rigonfiamenti in funzione del  $\log t$  (Figura 86).

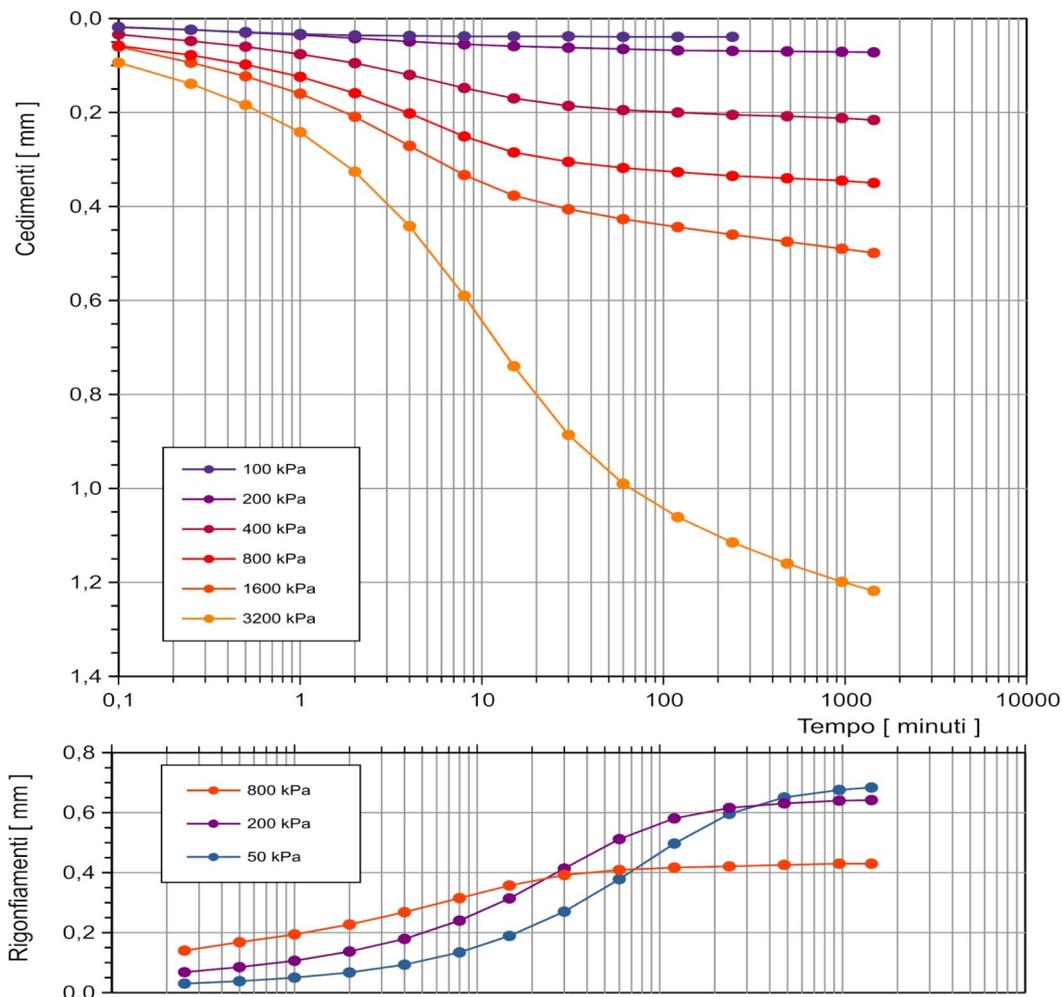


Figura 86: Esempio grafico cedimenti – tempo e rigonfiamento – tempo.

Successivamente con il cedimento massimo misurato per ogni carico si calcolerà il valore dell'indice dei vuoti  $e$ :

$$e = e_0 - \varepsilon_v \cdot (1 + e_0) \quad \text{Eq. 25}$$

dove:

$e$  = indice dei vuoti

$$e_0 = \text{indice dei vuoti iniziale } e_0 = \frac{G_s}{\gamma_d} - 1$$

$G_s$  = peso specifico dei grani

$\gamma_d$  = peso di volume secco iniziale

$$\varepsilon_v = \text{deformazione verticale } \varepsilon_v = \frac{\delta H}{H} \cdot 100$$

$\delta H$  = cedimento alla fine di ogni carico

$H$  = altezza iniziale del provino



I risultati della prova edometrica sono in genere diagrammati nel piano semilogaritmico, come mostrato in Figura 87.

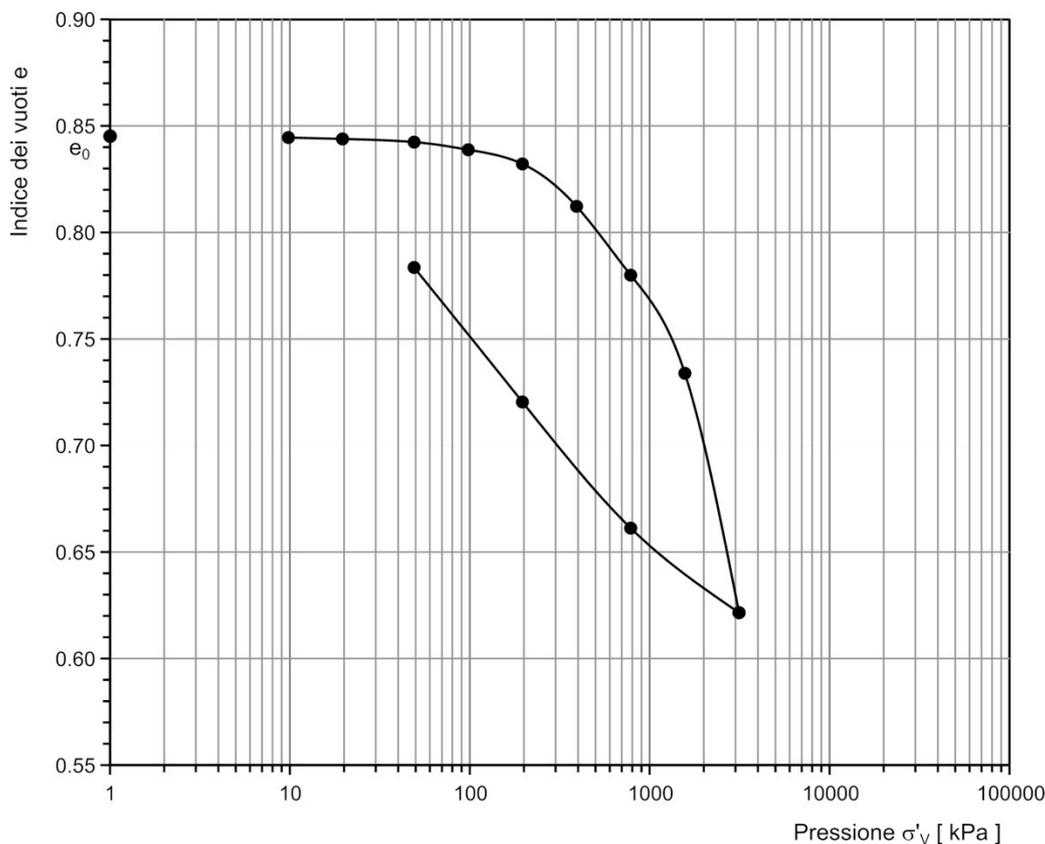


Figura 87: Esempio di grafico indice dei vuoti – tensione verticale efficace applicata.

Dall'interpretazione dei risultati possono essere dedotti i tre parametri sintetici: il coefficiente di ricomprensione  $C_r$ , di comprimibilità  $C_c$  e di scarico  $C_s$  (Figura 88).

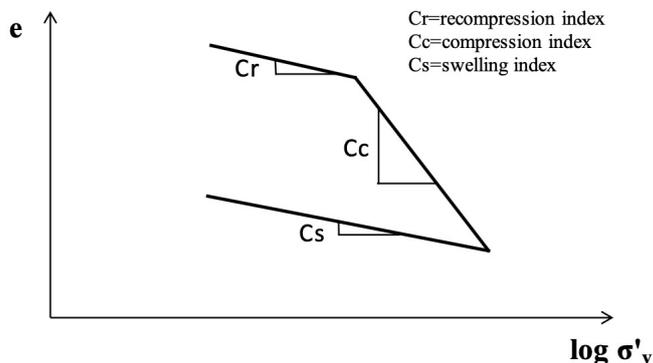


Figura 88: Rappresentazione dei parametri sintetici della prova edometrica.

Per ogni gradino di carico può essere determinato il modulo edometrico, il coefficiente di consolidazione primaria mediante il Metodo di Casagrande o di Taylor, ed il coefficiente di permeabilità  $k$ .



**98.3.** Per la prova edometrica si dovrà pertanto produrre:

- 1 profondità, posizione e orientamento del provino all'interno del campione;
- 2 identificazione dell'apparecchiatura (anello fisso/flottante, drenaggio doppio/singolo, uso di carta da filtro, lubrificazione dell'anello, taratura della deformabilità del sistema, ecc...);
- 3 dimensioni iniziali del provino e metodo di preparazione;
- 4 contenuto d'acqua iniziale, peso di volume umido e secco;
- 5 indice dei vuoti e grado di saturazione iniziali;
- 6 temperatura di esecuzione della prova;
- 7 grafico della curva di compressibilità, rappresentando in scala semi-logaritmica la tensione applicata in funzione della variabile prescelta per la deformazione (e o  $\epsilon_z$ ), inclusi eventuali rami di scarico e ricarico;
- 8 curve di consolidazione (cedimenti in funzione del logaritmo o della radice quadrata del tempo) per ogni incremento di carico;
- 9 parametri di compressibilità e rigonfiamento, insieme al metodo di calcolo;
- 10 coefficienti di consolidazione primaria  $C_v$  e metodo usato per la determinazione;
- 11 coefficienti di compressione secondaria  $C_s$  e metodo usato per la determinazione;
- 12 tensione di preconsolidazione e metodo usato per la determinazione;
- 13 permeabilità calcolata in maniera indiretta e relazione usata per la determinazione.

### **Articolo 99 - Prova triassiale - Generalità**

**99.1.** Per l'esecuzione delle *prove di compressione triassiale*, si fa riferimento a quanto riportato nelle seguenti norme:

- ASTM D2850; D4767;
- AGI 1994 – cap. 4;
- ASTM D5311; D3999.

La prova triassiale viene eseguita con lo scopo di determinare le caratteristiche di resistenza a taglio e deformabilità di un terreno, descrivendone lo stato tensionale nell'intero corso della prova.

In questo tipo di prova, un provino cilindrico posto in una membrana di lattice viene messo in una cella a tenuta stagna nella quale viene sottoposto ad una pressione sferica per mezzo di un fluido (in genere acqua). Si applica quindi un carico assiale per mezzo di un pistone situato nella parte superiore della cella. In queste condizioni la tensione assiale è la principale massima che, com'è



## *Commissario Straordinario di Governo art.1, c.154, L.145/2018*

noto, si indica con  $\sigma_1$ ; la tensione principale intermedia  $\sigma_2$  e la principale minima  $\sigma_3$  sono tra di loro uguali e pari alla pressione esercitata dal fluido. Il provino, attraverso dei tubicini e delle connessioni munite di rubinetti, può essere messo in comunicazione con l'esterno in modo da permettere il drenaggio o la misura delle pressioni neutre. L'apparecchiatura di prova è rappresentata in Figura 89.

La prova si articola in tre fasi:

- **fase applicazione della back pressure e saturazione del provino;**
- **fase di compressione isotropa** effettuata mediante applicazione di uno stato tensionale sferico;
- **fase di rottura**, effettuata tramite compressione ed estensione assiale (in caso di prova ciclica).

In base alle condizioni di drenaggio sono classificate in:

- **Prove non consolidate non drenate (UU):** il drenaggio è impedito, e quindi non si ha dissipazione delle pressioni neutre, sia nella fase isotropa che nella fase di rottura;
- **Prove consolidate non drenate (CU):** il drenaggio è consentito durante la fase isotropa, mentre è impedito durante la fase di rottura;
- **Prove consolidate drenate (CD):** il drenaggio è consentito sia durante la fase isotropa sia durante la fase di rottura.

Le dimensioni del provino devono avere un diametro minimo di 30 mm e le particelle più grandi contenute nel campione di prova devono essere più piccole di un decimo del diametro del campione. Per provini che hanno un diametro di 72 mm o maggiore, il diametro della particella più grande deve essere più piccolo di un sesto del diametro del provino. Il rapporto altezza-diametro deve essere compreso tra 2.0 e 2.5. Se, dopo il completamento della prova su un campione indisturbato, si accerta, sulla base di osservazione visiva, che sono presenti particelle più grandi di quelle consentite, lo si deve indicare nella sezione commenti del rapporto di prova.

I campioni indisturbati vanno maneggiati con cura per prevenire disturbi, variazioni della sezione, o perdita di contenuto di acqua.

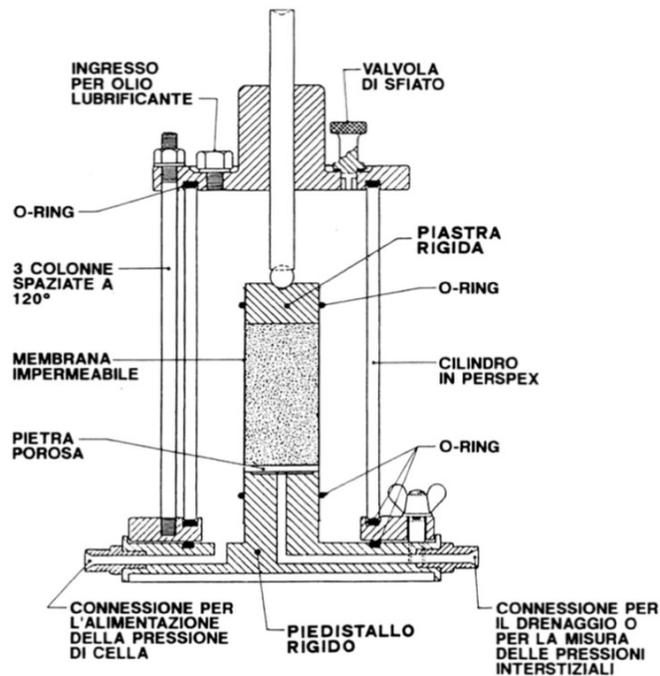


Figura 89: Apparecchiatura triassiale standard.

99.2. La saturazione del campione viene effettuata mantenendo costante la tensione efficace iniziale, attraverso piccoli incrementi della pressione di cella e della back pressure, fino a raggiungere la back pressure desiderata. La saturazione del provino viene verificata calcolando il parametro B di Skempton (Tabella 31):

$$\delta U = B \cdot [\delta \sigma_3 + A \cdot (\delta \sigma_1 - \delta \sigma_3)] \text{ in condizioni sferiche } \delta U = B \cdot \delta \sigma_3 \rightarrow B = \frac{\delta U}{\delta \sigma_3} \quad \text{Eq. 26}$$

in cui:

$\delta U$  = variazione pressione interstiziale

$\sigma_1$  = tensione verticale

$\sigma_3$  = pressione di confinamento

$A, B$  = parametri delle pressioni interstiziali



Terreno	Grado di saturazione (%)		
	100	99.5	99.0
Argille normalmente consolidate	0.9998	0.992	0.986
Argille debolmente sovraconsolidate Limi e argille compatte	0.9988	0.963	0.930
Argille consistente Sabbie mediamente addensate	0.9877	0.690	0.510
Argille molto consistenti Sabbie fortemente addensate Argille compatte Argille fessurate Terreni cementati	0.913	0.200	0.100

Tabella 31: Parametro B di Skempton per le diverse litologie.

99.3. Terminata la fase di saturazione si incrementa la pressione di cella  $\sigma_3$  fino ad ottenere la pressione efficace richiesta; si attende fino alla stabilizzazione della pressione dei pori e si avvia la fase di consolidazione in cui avverrà la dissipazione delle sovrappressioni neutre sviluppatesi.

$$\sigma'_3 = \sigma_3 - P_B \quad \text{Eq. 27}$$

in cui  $P_B$  = back pressure

Per le prove consolidate la velocità con cui eseguire la fase di rottura può essere calcolata in funzione del  $t_{100}$ , del coefficiente di consolidazione  $C_V$ , calcolati in fase di consolidazione e il tempo di rottura del provino  $t_f$ , mediante le relazioni in Eq. e Tabella 32:

$$V = \frac{L_C \cdot \varepsilon_f}{100 \cdot t_f} \quad \text{Eq. 28}$$

Prova CD		Prova CU <sub>PN</sub>	
Una base	Due basi	Una base	Due basi
$C_V = \frac{\pi \cdot h^2}{t_{100}}$	$C_V = \frac{\pi \cdot h^2}{4 \cdot t_{100}}$	$C_V = 5.236 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{4 \cdot r^2}{t_{100}}$	
$t_f = \frac{20 \cdot h^2}{0.75 \cdot C_V}$	$t_f = \frac{3 \cdot h^2}{0.75 \cdot C_V}$	$t_f = \frac{1.6 \cdot h^2}{C_V}$	

Tabella 32: Determinazione del coefficiente  $C_V$  e del tempo di rottura  $t_f$ .

dove:

$t_f$  = deformazione assiale prevista a rottura

$L_C$  = lunghezza dopo la consolidazione



*Commissario Straordinario di Governo art.1, c.154, L.145/2018*

$V$  = velocità di deformazione

$r$  = raggio del provino

$h$  = altezza del provino

Pertanto, sostituendo i rispettivi valori all'interno delle varie formule si ottiene il valore della velocità in funzione del  $t_{100}$ :

- **prova CD** 
$$V = \frac{L_C \cdot \varepsilon_f}{100 \cdot 8.488 \cdot t_{100}} \quad \text{Eq. 29}$$

- **prova CU<sub>PN</sub>** 
$$V = \frac{L_C \cdot \varepsilon_f}{100 \cdot 0.509 \cdot t_{100}} \quad \text{Eq. 30}$$

La deformazione assiale a rottura, si può dedurre dalla Tabella 33:

Terreno	$\varepsilon_f$ (%)
Argilla normalconsolidata	15 ÷ 20
Argilla sovraconsolidata	4 ÷ 15
Argilla fortemente sovraconsolidata	4 ÷ 6
Argilla rimaneggiata	20 ÷ 25
Limo sabbioso compatto	10 ÷ 15
Sabbia addensata satura	5 ÷ 7
Sabbia sciolta satura	15 ÷ 20

Tabella 33: Deformazione assiale prevista per le diverse litologie.

Terminata la fase di consolidazione si portano i provini (in numero minimo di 3 a differenti pressioni di cella) a rottura o fino alla deformazione massima ammissibile. Per ogni provino si tracciano i cerchi di Mohr in termini di tensioni totali e/o efficaci.

Andranno inoltre calcolati e diagrammati i valori dello stress path (percorso di carico) definito dalle formule in Eq. e Eq. (LAMBE, 1967).

$$\text{Tensioni totali } t = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} ; s = \frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2} \quad \text{Eq. 31}$$

$$\text{Tensioni totali } t' = \frac{\sigma'_1 - \sigma'_3}{2} = t ; s' = \frac{\sigma'_1 + \sigma'_3}{2} \quad \text{Eq. 32}$$

con  $t$  = raggio del cerchio di Mohr e  $s$  = centro del cerchio di Mohr

**99.4.** Per ogni prova è necessario restituire grafici e tabelle in formato editabile con tutti i valori registrati durante la specifica prova, quali:



- 1 tipo di apparecchiatura usato (incluso condizioni di drenaggio, tipo di connessione pistone-testa di carico, possibili cinematismi di quest'ultima, ecc.);
- 2 profondità, posizione e orientamento del provino all'interno del campione;
- 3 modalità di prova;
- 4 metodo di preparazione dei provini;
- 5 dimensioni iniziali del provino;
- 6 contenuto d'acqua iniziale e finale;
- 7 peso di volume umido e secco iniziali;
- 8 indice dei vuoti iniziale;
- 9 valore dei parametri di Skempton;
- 10 valore della back pressure;
- 11 tensioni di consolidazione applicate;
- 12 velocità di deformazione assiale (possibilmente in %/h) e criteri utilizzati per la determinazione;
- 13 i parametri di resistenza in termini di tensioni effettive;
- 14 schizzo o foto che mostra il tipo di meccanismo di rottura;
- 15 il modulo secante  $E_{50}$ ;
- 16 Il report di prova andrà completato con elaborati grafici:
- 17 curve di consolidazione;
- 18 deformazioni volumetriche;
- 19 tensione deviatorica ( $t$  o  $q$ ) in funzione della deformazione assiale ( $\epsilon_a$ );
- 20 deformazione di volume (prove CD) o sovrappressione neutra (prove CU) in funzione della deformazione assiale ( $\epsilon_a$ );
- 21 percorso di tensioni effettive in uno dei piani:  $(\sigma'_3, \sigma'_1)$ ;  $(\sigma', \tau)$ ;  $(s', t)$ ;  $(p', q)$ .

#### **Articolo 100 - Prova triassiale consolidata drenata (CD)**

**100.1.** Come detto in precedenza la fase isotropa e quella deviatorica vengono eseguite in condizioni drenate.

La prova viene condotta con velocità ridotta in modo che possa essere considerata effettivamente drenata, le sollecitazioni sono applicate in modo così lento che le tensioni interstiziali hanno modo di dissiparsi.



Durante l'esecuzione della fase di rottura si determinano molteplici parametri, tra cui la deformazione assiale, la sezione media e la tensione deviatorica.

Le letture vanno eseguite/registrate a intervalli prestabiliti o almeno ogni 0.5 mm di deformazione.

La prova si considera conclusa quando tutti i provini hanno raggiunto una delle tre condizioni:

- lettura del carico decrescente in maniera sensibile;
- il carico rimane costante per almeno quattro letture consecutive;
- si è raggiunta una deformazione superiore al 20%.

Terminata la prova si effettua uno schizzo, o una fotografia, dei tre provini dopo la rottura.

Esempi di elaborazioni dei risultati di prova sono riportati in Figura 90.

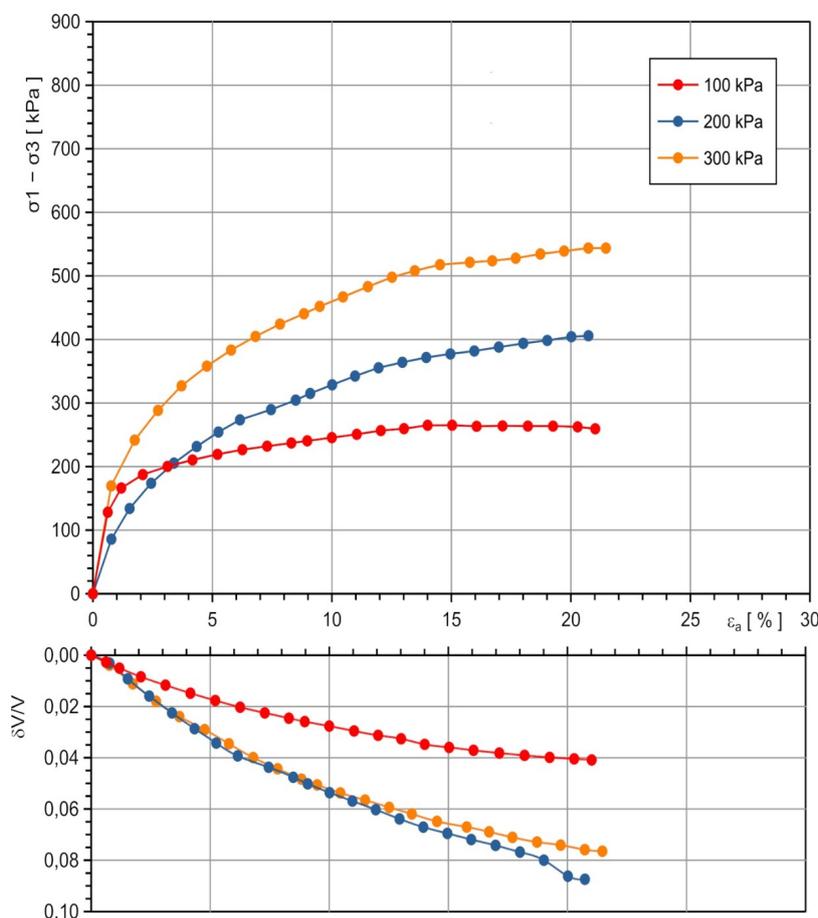


Figura 90: Esempio di diagramma sforzo deviatorico/deformazione volumetrica – deformazione assiale in una prova CD.

A completamento della prova vanno costruiti e diagrammati i cerchi di Mohr e lo stress path per ogni provino (Figura 91 e Figura 92).

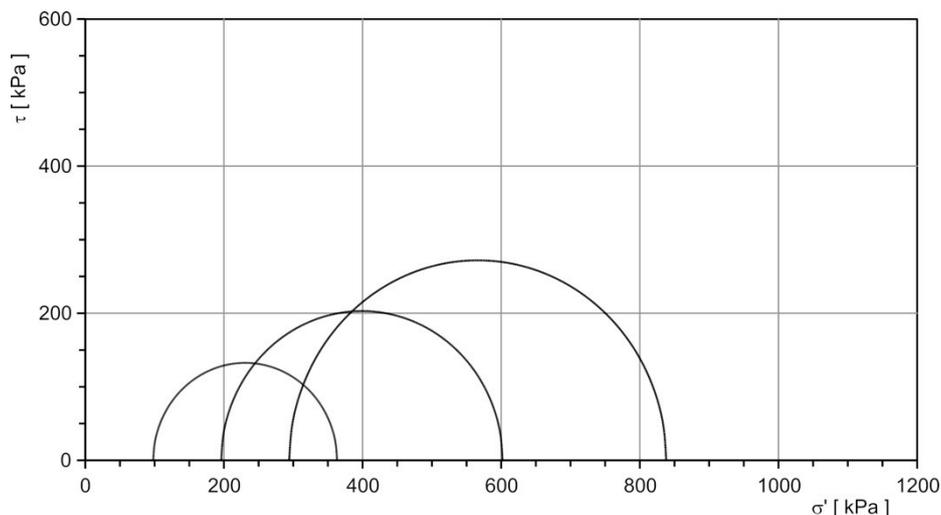


Figura 91: Esempio di costruzione dei cerchi di Mohr in una prova CD.

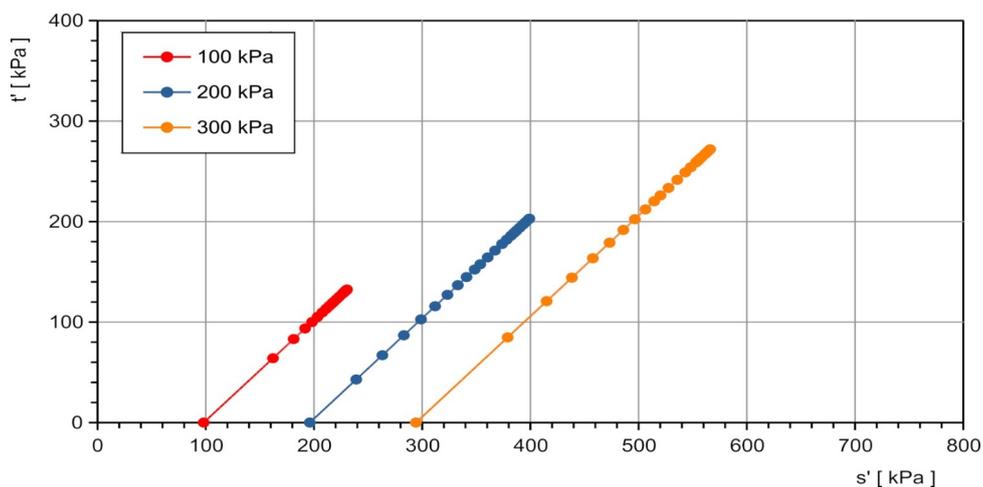


Figura 92: Esempio di costruzione dello stress path in una prova CD.

## Articolo 101 - Prova triassiale consolidata non drenata con misura delle pressioni neutre (CU<sub>PN</sub>)

**101.1.** Nelle prove CU la fase isotropa avviene in condizioni drenate: con l'applicazione della pressione di cella, essa immediatamente si trasferisce sull'acqua, i rubinetti sono aperti e l'acqua incomincia a defluire; quando le sovrappressioni sono completamente dissipate il fenomeno cessa e contestualmente si ha una riduzione di volume.

Nella fase a rottura, in cui si ha l'applicazione della compressione deviatorica, i rubinetti vengono chiusi, realizzando così le condizioni non drenate con deformazioni volumetriche nulle e viene registrata la variazione delle pressioni neutre nel provino. Il taglio è applicato attraverso un deviatore: lo sforzo assiale risulta maggiore di quello radiale.



## *Commissario Straordinario di Governo art.1, c.154, L.145/2018*

Durante l'esecuzione della fase di rottura si determinano molteplici parametri, tra cui la deformazione assiale, la sezione media, la tensione deviatorica, la variazione della pressione interstiziale, tensioni principali efficaci, parametro  $A$  di Skempton.

Le letture vanno eseguite/registrate a intervalli prestabiliti o almeno ogni 0.5 mm di deformazione.

La prova si considera conclusa quando tutti i provini hanno raggiunto una delle tre condizioni:

- lettura del carico decrescente in maniera sensibile;
- il carico rimane costante per almeno quattro letture consecutive;
- si è raggiunta una deformazione superiore al 20%.

Esempi di elaborazioni dei risultati di prova sono riportati in Figura 93 (tensione deviatorica  $\sigma_1 - \sigma_3$  in funzione della deformazione assiale  $\delta_a$ , variazione di sovrappressione neutra  $U - U_0$  in funzione della deformazione assiale e  $A$  di Skempton in funzione della deformazione assiale).

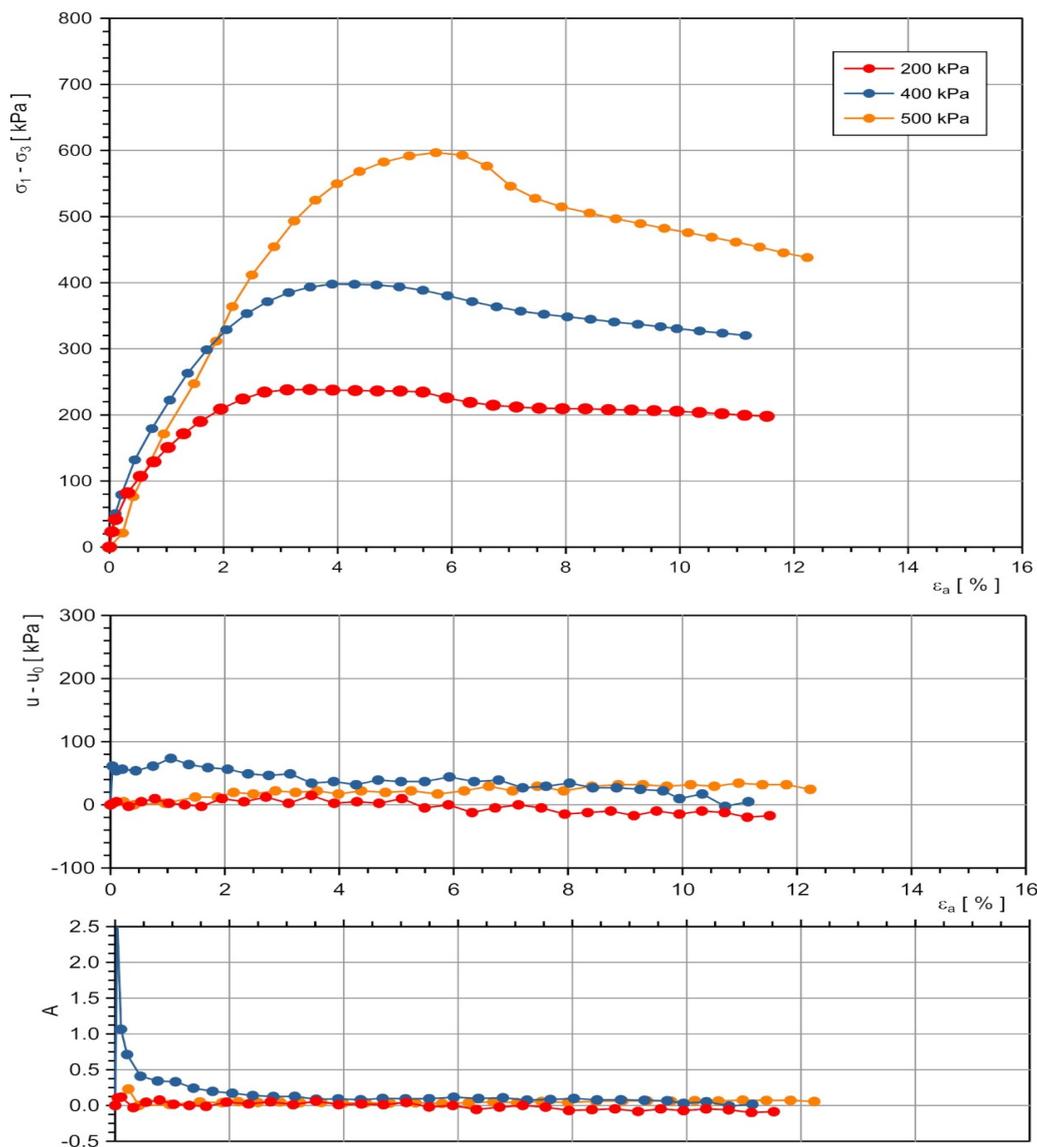


Figura 93: Esempio di grafici di una prova CU.

A completamento della prova vanno costruiti e diagrammati i cerchi di Mohr e lo stress path per ogni provino (Figura 94 e Figura 95).

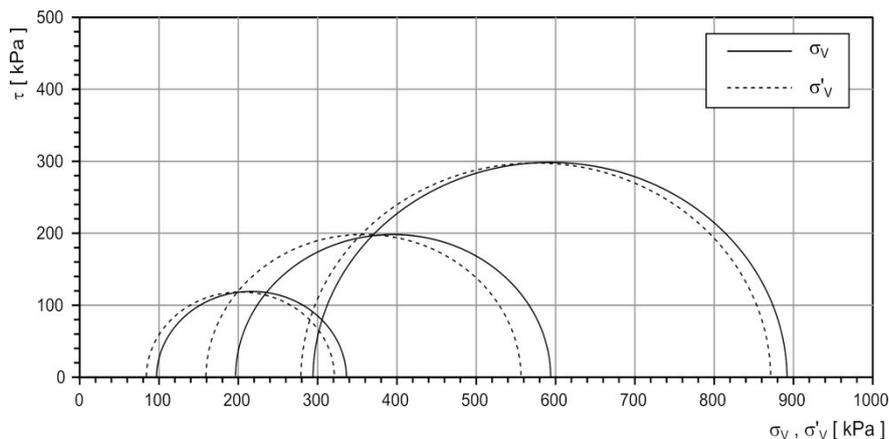


Figura 94: Esempio di costruzione dei cerchi di Mohr in una prova CU.

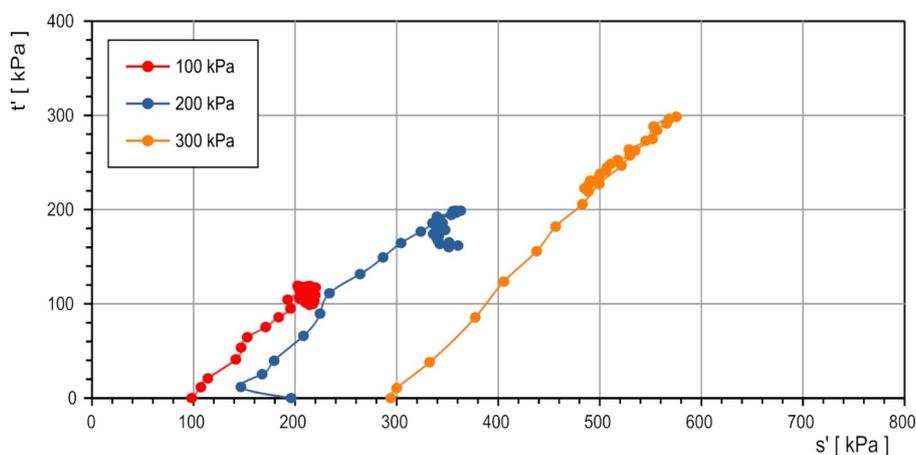


Figura 95: Esempio di costruzione dello stress path in una prova CU.

## Articolo 102 - Prove dinamiche e cicliche - generalità

**102.1.** Le *prove cicliche* di laboratorio permettono la misura delle proprietà dinamiche del terreno a vari livelli di deformazione e della resistenza a rottura in condizioni di carico dinamico e ciclico (Figura 96).

Le finalità delle prove sono:

- determinare il modulo di taglio  $G_0$  e il rapporto di smorzamento  $D_0$ ;
- determinare la variazione del modulo di taglio  $G_{(dyn)}$  e il rapporto di smorzamento  $D_{(dyn)}$  in funzione della deformazione  $\gamma$ ;
- determinare la variazione del modulo di taglio  $G_{(dyn, N)}$  e il rapporto di smorzamento  $D_{(dyn, N)}$  in funzione della deformazione  $\gamma$  del numero di cicli  $N$ ;
- determinare la resistenza ultima del terreno in condizioni monotone  $\tau_{dyn}$  e cicliche  $\tau_{cyc}$ ;
- analizzare il comportamento post ciclico.

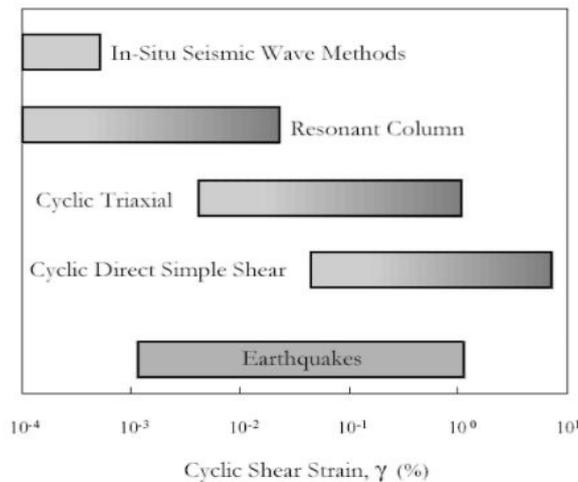


Figura 96: Intervallo di deformazione per diversi fenomeni naturali e di laboratorio (ISHIHARA, 1996).

In Figura 97 si riportano le curve di decadimento in funzione della deformazione e valori di soglia.

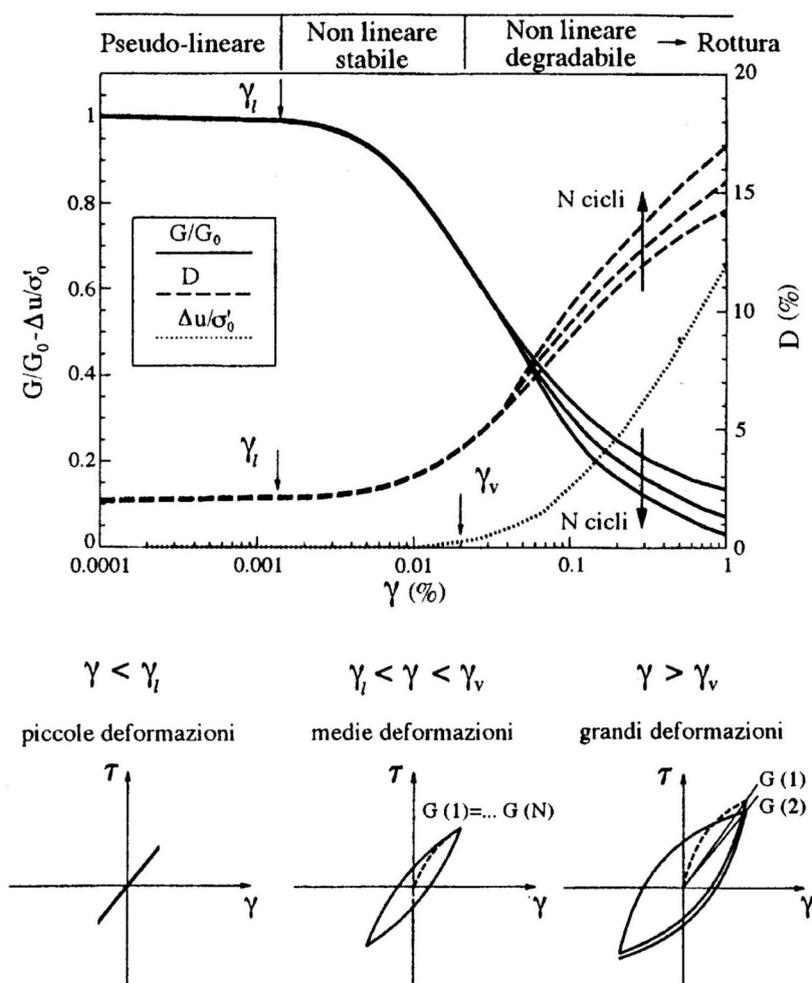


Figura 97: Curve di decadimento in funzione della deformazione e valori di soglia (VUCETIC, 1994).



**102.2.** Il fattore di smorzamento  $D$  può essere misurato con due differenti metodologie:

- 1 *SS – Steady State Method*: viene considerato il fattore di amplificazione di risonanza;
- 2 *AD – Amplitude Decay Method*: si interrompe l'eccitazione e si analizza il decadimento delle vibrazioni libere.

**102.3.** Una sintesi delle prove di laboratorio più diffuse è riportata in Tabella 2, dove, per ciascuna prova sono indicati i livelli deformativi investigati, le frequenze di prova, una sommaria descrizione delle grandezze misurate e delle proprietà da esse derivate.

Prova	Deformazioni $\gamma$ %	Frequenze $f$ Hz	Parametri					
			Rigidezza		Smorzamento		Rottura	Post ciclico
			Mis.	Der.	Mis.	Der.		
Bender element	$< 10^{-3}$	$> 100$	$V_s$	$G_0$	-	-	-	-
Colonna risonante	$10^{-4} \div 1$	$> 10$	$f_0$	$G_0 G_{(\gamma)}$	AD SS	$D_0 D_{(\gamma)}$	-	-
Taglio torsionale ciclico	$10^{-4} \div 1$	$0.001 \div 1$	$\tau_{(\gamma)}$	$G_0 G_{(\gamma)}$	$\Delta W W$	$D_0 D_{(\gamma)}$	-	-
Taglio semplice ciclico	$> 10^{-2}$	$0.001 \div 1$	$\tau_{(\gamma)}$	$G_0 G_{(\gamma, N)}$	$\Delta W W$	$D_0 D_{(\gamma, N)}$	$\tau/\sigma'_v(N)$	$S_{UC}$
Triassiale ciclica	$< 10^{-3}$	$> 100$	$q_{(ea)}$	$G_0 G_{(\gamma, N)}$	$\Delta W W$	$D_0 D_{(\gamma, N)}$	$q/p'(N)$	$S_{UC}$

*Tabella 34: Sintesi principali prove dinamiche e cicliche.*

### Articolo 103 - Prova triassiale ciclica

**103.1.** La prova triassiale ciclica si basa sull'applicazione di un carico verticale dinamico e ciclico ad un provino cilindrico di terreno di piccole dimensioni, preventivamente saturato e consolidato, e si misura la risposta del provino alla sollecitazione applicata. La frequenza del carico dinamico applicato varia di norma tra 0.1 e 2 Hz. L'apparecchiatura è molto simile a quella impiegata nelle prove triassiali di tipo statico, con opportune modifiche per l'applicazione del carico assiale ciclico e per la registrazione di carichi, deformazioni e pressioni neutre.

Le prove possono essere a deformazione controllata o a carico controllato. In relazione ai parametri da determinare la prova può essere eseguita in due o quattro fasi:

- 1 il provino, dopo la fase di saturazione, è sottoposto ad una fase di consolidazione isotropa o anisotropa;



- 2 in condizioni non drenate, viene applicato al provino un carico ciclico verticale di ampiezza prefissata, che varia generalmente con legge armonica; il carico può essere applicato per un numero di cicli prefissato o fino a rottura;
- 3 il provino è sottoposto a riconsolidamento per consentire la dissipazione dell'eventuale eccesso di pressioni interstiziali accumulate nella seconda fase;
- 4 il provino viene portato a rottura con carico assiale applicato monotonicamente.

In Figura 98 è riportato un esempio di diagramma relativo alla prova triassiale ciclica.

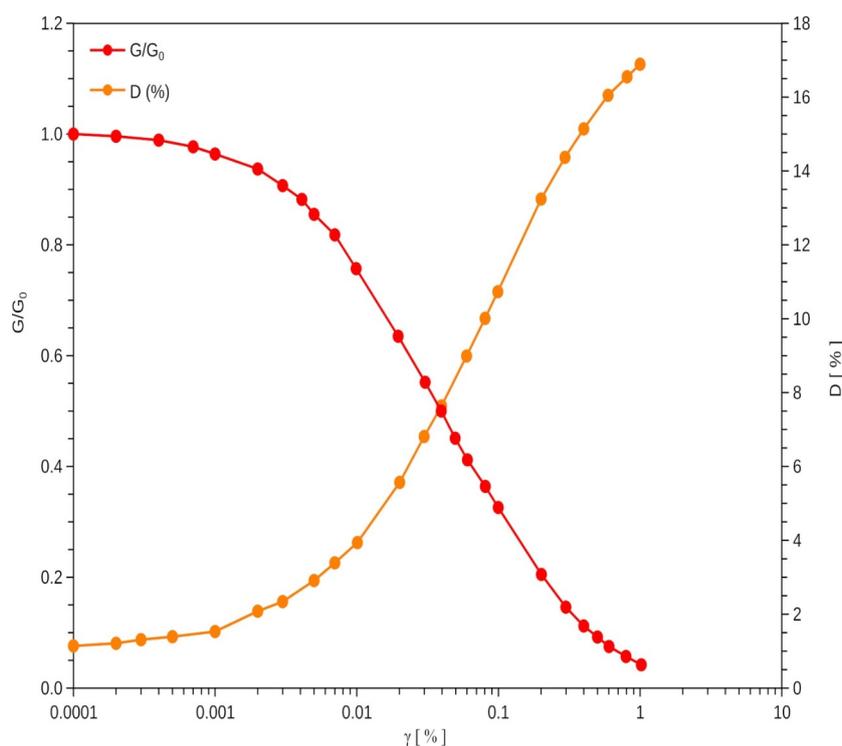


Figura 98: Esempio di diagramma relativo alla prova triassiale ciclica.

**103.2.** Nel report di prova andranno riportati i grafici e i dati relativi:

- 1 alla fase di consolidazione;
- 2 all'incremento delle pressioni interstiziali;
- 3 ai cicli di isteresi per ogni carico;
- 4 al numero di cicli che ha determinato la liquefazione (nel caso di prova triassiale ciclica per ottenere il potenziale di liquefazione).

Il report di prova sarà completo con dati e parametri come espressamente presenti nelle normative sopracitate.



---

#### **Articolo 104 - Prova di Colonna Risonante**

**104.1.** La colonna risonante è una prova dinamica di laboratorio che viene utilizzata per investigare il comportamento del laboratorio a valori deformativi medio bassi ( $\epsilon = 10^{-6} \div 10^{-2}$ ). Per la sua esecuzione si può fare riferimento alla norma:

- **ASTM D4015-07**

In funzione della tipologia di carichi applicati si potranno utilizzare due tipologie di apparecchiatura:

- 1 *apparecchio di Hardin* (HARDIN & MUSIC, 1965) dove è possibile applicare al provino sia vibrazioni longitudinali e sia torsionali; e dove è possibile effettuare una consolidazione anisotropa del provino.
- 2 *apparecchio di Stokoe* (ISENHOWER, 1979) dove si applicano delle vibrazioni torsionale e la consolidazione è di tipo isotropo.

in tutti i casi non è possibile portare il provino a rottura.

**104.2.** per quanto concerne i diagrammi e le tabelle da produrre si rimanda a quanto detto per le prove triassili cicliche.

#### **Articolo 105 - Riferimenti bibliografici**

- 1 A.G.I. – ASSOCIAZIONE GEOTECNICA ITALIANA (1963). *Nomenclatura geotecnica e classifica delle terre. Geotecnica, V 10.*
- 2 A.G.I. – ASSOCIAZIONE GEOTECNICA ITALIANA (1977). *Raccomandazioni sulla Programmazione ed Esecuzione delle Indagini Geotecniche.*
- 3 A.G.I. – ASSOCIAZIONE GEOTECNICA ITALIANA (1994). *Raccomandazioni sulle prove geotecniche di laboratorio.*
- 4 ALBARELLO D. & CASTELLARO S. (2011). *Tecniche sismiche passive: indagini a stazione singola.* Ingegneria Sismica Anno XXVIII, 32-49.
- 5 A.A.S.H.T.O. - AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS (2020). *T27 Standard Method of Test for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates.*
- 6 A.A.S.H.T.O. - AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS (2020). *T88 Standard Method of Test for Particle Size Analysis of Soils.*
- 7 A.A.S.H.T.O. - AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS (2013). *T89, Standard Method of Test for Determining the Liquid Limit of Soils.*



*Commissario Straordinario di Governo art.1, c.154, L.145/2018*

---

- 8 A.A.S.H.T.O. - AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS (2020). *T90 Standard Method of Test for Determining the Plastic Limit and Plasticity Index of Soils.*
- 9 A.A.S.H.T.O. - AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS (1997). *T92 Standard Method of Test for Determining the Shrinkage Factors of Soils.*
- 10 ASTM C127. *Standard Test Method for Relative Density (Specific Gravity) and Absorption of Coarse Aggregate.*
- 11 ASTM D2216 (1980). *Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil & Rock by Mass, Standard Test.*
- 12 ASTM D2345. *Methods of Test for Interlaminar Shear Strength of Reinforced Plastic Structures at Subnormal and Supernormal Temperature (Withdrawn 1968).*
- 13 ASTM D2466 (1991). *Standard Specification for Poly(Vinyl Chloride) (PVC) Plastic Pipe Fittings, Schedule 40.*
- 14 ASTM D2488. *Standard Practice for Description and Identification of Soils (Visual-Manual Procedures).*
- 15 ASTM D2850. *Standard Test Method for Unconsolidated-Undrained Triaxial Compression Test on Cohesive Soils.*
- 16 ASTM D2974 (1987). *Test methods for moisture, ash and organic matter of peat and other organic soils*
- 17 ASTM D3080/D3080M (2011). *Standard Test Method for Direct Shear Test of Soils Under Consolidated Drained Conditions (Withdrawn 2020).*
- 18 ASTM D3999/D3999M. *Standard Test Methods for the Determination of the Modulus and Damping Properties of Soils Using the Cyclic Triaxial Apparatus (Withdrawn 2020).*
- 19 ASTM D4015 (2007). *Standard Test Methods for Modulus and Damping of Soils by Resonant-Column Method.*
- 20 ASTM D4186 / D4186M (2020). *Standard Test Method for One-Dimensional Consolidation Properties of Saturated Cohesive Soils Using Controlled-Strain Loading.*
- 21 ASTM D4546. *Standard Test Methods for One-Dimensional Swell or Collapse of Soils.*
- 22 ASTM D4767-11 (2020) *Standard Test Method for Consolidated Undrained Triaxial Compression Test for Cohesive Soils.*
- 23 ASTM D5311 / D5311M. *Standard Test Method for Load Controlled Cyclic Triaxial Strength of Soil.*
- 24 ASTM D854. *Standard Test Methods for Specific Gravity of Soil Solids by Water Pycnometer.*



*Commissario Straordinario di Governo art.1, c.154, L.145/2018*

- 
- 25 ASTM D1586 (1984). *Standard test method for penetrating test and split-barrel sampling of soil.*
- 26 BS 1377 (1975). *Methods of test for soils for civil engineering purposes.*
- 27 BS 1377-2 (1990). *Methods of test for soils for civil engineering purposes. Classification tests.*
- 28 CNR UNI 10014:1964. *Prove sulle terre. Determinazione dei limiti di consistenza (o di Atterberg) di una terra.*
- 29 CNR-UNI 10006 (1963). *Costruzione e manutenzione delle strade - Tecnica di impiego delle terre.*
- 30 HARDIN B. G. & MUSIC J. (1965). *Apparatus for vibrati of soil specimens during the triaxial test.* Instruments and Apparatus for Soil and Rock Mechanics. ASTM STP 392, 55-24.
- 31 HOULSBY A. C. (1976). *Routine interpretation of the Lugeon water-tesq.* Quarterly Journal of Engineering Geology, pp. 303-313.
- 32 HVORSLEV J. M. (1951). *Time lag and soil permeability in groundwater observations.* Bull. 36, 50 pp., .S. Corps of Eng., Waterways Exp. Sta., Vicksburg, Miss.
- 33 INTERNATIONAL STANDARD - UNI EN ISO 22476-12:2009, “*Geotechnical investigation and testing - Field testing - Part 12: Mechanical cone penetration test (CPTM)*”.
- 34 INTERNATIONAL STANDARD - UNI EN ISO 22476-2:2005, “*Geotechnical investigation and testing - Field testing - Part 2: Dynamic probing*”.
- 35 ISENHOWER W. M. (1979). *Torsional simple shear/Resonant column of San Francisco Bay mud.* Ph. D. Thesis, The University of Texas, Austin.
- 36 ISHIHARA, K. (1996). *Soil behaviour in earthquake geotechnics.* Oxford University Press, Oxford, UK.
- 37 ISSMFE TECHN. COMMITTEE (1985-1988). *Standard Penetration Test (SPT): International Reference Test Procedure.* ISOPT-1, Orlando (USA).
- 38 LAMBE T. W. (1967) - *Stress path method.* Jour. Soil Mech.Div., ASCE, Vol.93, BM6, 309- 331.
- 39 MENARD L. (1957): “*Mesure un situ des propriétés physiques des sols*”, Ann. Ponts Chauss, Vol. 127, N. 14, pp. 356-377;
- 40 NAKAMURA Y. (1989). *A method for dynamic characteristics estimates of subsurface using microtremor on the round surface.* QR of RTRI, 30, p. 25-30.
- 41 NOGOSHI M. & IGARASHI T. (1970). *On the propagation characteristics of the microtremors.* Journal of the Seismological Society of Japan, 24, 24-40.
- 42 POLIDORI E. & GORI U. (2005). *Classificazione dei terreni argillosi.* Giornale di Geologia Applicata 2, 249-254.



- 
- 43 POWERS M. C. (1953). *A new roundness scale for sedimentary particles*. Journal of Sedimentary Petrology, 23:117-119.
- 44 POWERS M.C. & JOHNSON M. (2009). *Comparison charts for estimating roundness and sphericity*. In The Geoscience Handbook: AGI Data Sheets, 4th Edition Revised, (American Geological Institute), pp. 167–168.
- 45 RAVIOLO P. L. (1993). *Il laboratorio geotecnico: Procedure di prova – Elaborazione – Acquisizione dati*. Editrice Controls.
- 46 TORNAGHI R. (1983). *Metodo pressiométrico Menard*, Politecnico di Torino – Ingegneria – Atti dell'istituto di Scienza delle costruzioni, N. 610, pp. 71;
- 47 U.S.C.S UNIFIED SOIL CLASSIFICATION SYSTEM, CORPS OF ENGINEERS (1953). U.S. Army Technical Memorandum No. 3-357, Vol. 1, March, 1953 (Revised April, 1960).
- 48 VUCETIC M. (1994). *Cyclic threshold shear strains in soils*. Journal of Geotech. Eng., ASCE, Vol. 120.
- 49 WADEL N. (1932). *Volume, shape, and roundness of rock particles*. Jour. Geology, v. 40, p. 443-451.
- 50 ZINGG T. (1935) - *Beitrag Zur Schotteranalyse*. Schweiz. mineral. petrogr. Mitt. 15: 39-140.

**Il Responsabile Unico del Procedimento**

ing. Giuseppe Maria GRIMALDI