



AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME PO  
PARMA

---

## **Specifica tecnica delle attività**

*Studio di fattibilità della sistemazione idraulica  
dei corsi d'acqua del bacino del fiume Po*

**Specifica per le indagini e le prove geotecniche per  
la caratterizzazione degli argini**

## **INDICE**

1. Oggetto della specifica .....	3
2. Modalità di impostazione delle indagini .....	3
3. Modalità di esecuzione delle indagini .....	4
3.1. Prospezioni geofisiche .....	4
3.2. Sondaggi a rotazione e carotaggio continuo .....	5
3.3. Prove di laboratorio .....	5
3.4. Prove penetrometriche con piezocono .....	5
4. Restituzione dei dati .....	5

## **1. Oggetto della specifica**

La specifica è relativa ai criteri di impostazione e di esecuzione di campagne di indagine per la caratterizzazione geotecnica del sistema argini – fondazioni.

Il Programma delle indagini geotecniche da effettuare è definito a seguito di una attività preliminare di raccolta e organizzazione delle informazioni disponibili, costituite principalmente da:

- indagini geotecniche eseguite sul corpo arginale e sulle fondazioni nell'ambito di progettazioni e/o esecuzione di interventi di adeguamento dell'argine;
- osservazioni registrate sui fenomeni di instabilità del corpo arginale nel corso di eventi di piena osservati;
- condizioni attuali del sistema arginale.

Le conoscenze acquisite, relative alle condizioni del sistema arginale, devono orientare la definizione delle indagini geotecniche da eseguire, secondo il criterio generale di costruire un primo quadro di conoscenza, omogeneo sull'intera estensione dei rilevati arginali di un corso d'acqua.

I criteri di impostazione delle indagini devono essere pertanto orientati ad ottenere una prima caratterizzazione, attraverso prove speditive ed espletabili nell'ambito del ridotto quadro temporale disponibile, il più possibile omogenea per tutti i tratti del sistema arginale in studio che risultano, sulla base delle conoscenze empiriche disponibili, in condizioni di sicurezza critiche.

A tale scopo occorre prevedere, sulla base dell'analisi della documentazione esistente sopra richiamata, una campagna di indagine costituita da:

- indagini geofisiche eseguite con metodi sismici ( sismica a rifrazione per onde P e per onde SH, metodo SASW basato sulla propagazione delle onde superficiali) o con metodi elettrici (tomografia elettrica), con la funzione di caratterizzazione della stratigrafia dei terreni di fondazione di tratti significativi delle arginature;
- “set” di prove su singoli siti, costituiti da sondaggi diretti e da profili penetrometrici, eseguiti con il piezocono, adeguati alla caratterizzazione geotecnica dei terreni di fondazione di una sezione di indagine.

## **2. Modalità di impostazione delle indagini**

La prima fase delle attività riguarda la raccolta e l'organizzazione delle indagini geotecniche disponibili presso il Magistrato per il Po; devono inoltre essere raccolte presso lo stesso Ente le informazioni registrate, nel corso di tutti gli eventi di piena osservati, sui fenomeni ricorrenti di instabilità del corpo arginale.

Inoltre la raccolta delle informazioni deve essere estesa, per i tratti in adiacenza ai centri abitati, anche ai dati derivanti dalle indagini e prove geotecniche effettuate dagli enti locali (soprattutto i comuni) a scopo diverso.

Le informazioni sui fenomeni di instabilità censiti devono essere confrontate con lo stato attuale delle arginature, quale risulta dal catasto delle opere idrauliche, al fine di valutare il possibile permanere di tali fenomeni nelle attuali condizioni.

Poichè i rischi connessi ai fenomeni di sifonamento sono determinati, contestualmente a livelli idrici elevati sul paramento a fiume, dalla presenza di contrasti di conducibilità idraulica tra il primo orizzonte di limi sabbioso-argillosi e il secondo orizzonte di sabbie fini, il Programma di indagini geotecniche ha la finalità di ottenere una prima caratterizzazione geotecnica dei terreni di fondazione, curando in particolare “il profilo stratigrafico” in termini di peculiarità macrostrutturali. I tratti arginali prioritari su cui programmare ed eseguire le indagini sono quelli a diretta difesa di centri abitati in corrispondenza dei quali si è riscontrata la ricorrenza di fenomeni di instabilità del corpo arginale.

I criteri di impostazione delle indagini devono pertanto essere orientati all’impiego di prove speditive, espletabili nell’ambito del ridotto quadro temporale disponibile, atte a caratterizzare a livello preliminare ed in modo il più possibile omogeneo tutti i tratti del sistema arginale in studio che risultano, sulla base delle conoscenze empiriche disponibili, in condizioni di sicurezza critiche.

A tale scopo occorre prevedere una campagna di indagine costituita da:

- indagini geofisiche eseguite con metodi sismici (sismica a rifrazione per onde P e per onde SH, metodo SASW basato sulla propagazione delle onde superficiali) o con metodi elettrici (tomografia elettrica);
- “set” di prove su singoli siti, costituiti da sondaggi diretti e da profili penetrometrici, eseguiti con il piezocono, adeguati alla caratterizzazione geotecnica dei terreni di fondazione di una sezione di indagine.

L’indagine geofisica può giovare dell’attività di ricostruzione stratigrafica orientativa lungo il tracciato dell’argine, effettuata tramite la raccolta delle informazioni esistenti relative a indagine e a prove geotecniche effettuate dal Magistrato per il Po oltre che dagli enti locali (soprattutto i comuni) a scopo diverso.

In via orientativa, il set di prove su singoli siti può essere costituito dalle seguenti indagini e prove:

- n. 1 sondaggio a rotazione e carotaggio continuo spinto a profondità adeguata rispetto alle caratteristiche del corpo arginale (ordine di grandezza 20 m);
- n. 2 prove penetrometriche statiche con piezocono a profondità adeguata rispetto alle caratteristiche del corpo arginale (ordine di grandezza 20 m);
- prove di laboratorio sui campioni prelevati dai sondaggi (granulometria, permeabilità).

### **3. Modalità di esecuzione delle indagini**

#### **3.1. Prospezioni geofisiche**

Le prospezioni geofisiche devono essere eseguite allo scopo di ottenere una prima caratterizzazione geotecnica dei terreni di fondazione dei rilevati arginali.

I principali metodi ai quali fare riferimento sono i seguenti:

- **metodi sismici** ( sismica a rifrazione per onde P e per onde SH, metodo SASW basato sulla propagazione delle onde superficiali);
- **metodi elettrici** (tomografia elettrica ).

Sulla base degli esiti di tali prospezioni geofisiche devono essere individuate i tratti a maggior criticità sui quali eseguire le indagini dirette nel seguito descritte.

### **3.2. Sondaggi a rotazione e carotaggio continuo**

I punti di sondaggio devono essere ubicati su supporto cartografico o su ortoimmagine, con precisione planimetrica di  $\pm 1$  m e altimetrica di  $\pm 5$  cm; il sondaggio deve essere eseguito con attrezzature adatte, in condizioni perfette e tali da assicurare la massima qualità di esecuzione, nel rispetto di tutte le norme specifiche.

Nei casi in cui non sia prevista l'installazione di strumenti, al termine dell'esecuzione il foro di sondaggio deve essere riempito con una miscela cemento – bentonite – acqua, immessa nel foro dal fondo, con modalità opportune.

Durante le operazioni di perforazione devono essere prelevati campioni (indicativamente n. 3 campioni per foro), agli intervalli utili a discriminare i passaggi stratigrafici significativi, da destinare alle analisi di laboratorio (campioni indisturbati su terreni coesivi, campioni semidisturbati su terreni coerenti, campioni rimaneggiati nei terreni granulari non campionabili allo stato indisturbato).

### **3.3. Prove di laboratorio**

I campioni, prelevati e conservati in ambiente idoneo, devono essere sottoposti alle prove di laboratorio necessarie a determinare i seguenti parametri:

- peso specifico della parte solida;
- limiti di Atterberg;
- classe granulometrica di appartenenza.

Le prove devono essere effettuate facendo riferimento alle più importanti normative nazionali ed internazionali esistenti (C.N.R. - U.N.I. – A.S.T.M. - A.A.S.H.T.O. - B.S.) ed alle raccomandazioni A.G.I.sulle prove geotecniche di laboratorio (1990).

### **3.4. Prove penetrometriche con piezocono**

Le prove devono essere eseguite secondo le prescrizioni illustrate nelle Raccomandazioni AGI (1977), nella norma ASTM D.3441/86 "Deep, quasi-static, cone and friction cone penetration tests of soil" e nel "Report of the ISSMFE, Technical Committee Penetration Testing of Soils - TC 16 - with Reference Test Procedures: CPT" (1988).

## **4. Restituzione dei dati**

Devono essere forniti su supporto cartaceo i seguenti elaborati:

- relazione di sintesi su tutte le informazioni acquisite dall'attività di consultazione dei vari Enti;
- cartografia con ubicazione delle indagini geotecniche eseguite dagli Enti consultati e di tutte le informazioni registrate, nel corso di tutti gli eventi di piena osservati, sui fenomeni ricorrenti di instabilità del corpo arginale;
- relazione di sintesi sulle metodologie di indagine, sulle caratteristiche della strumentazione usata e sulle prove geotecniche condotte;
- cartografia con ubicazione dei punti di sondaggio, di esecuzione delle prove penetrometriche e degli stendimenti delle indagini geofisiche;

- restituzione dei risultati dei sondaggi, costituiti da:
  - caratteristiche dei terreni (secondo la nomenclatura e la simbologia prevista nelle Raccomandazioni A.G.I. – 1977);
  - osservazioni relative alla falda (presenza di falda, altezza della falda misurata giornalmente, all’inizio e al termine della perforazione);
  - osservazioni relative al fluido di circolazione (quote alle quali si sono riscontrate perdite del fluido di circolazione);
  - profondità di prelevamento dei campioni indisturbati;
  - osservazioni utili all’interpretazione delle caratteristiche dei terreni attraversati;
  - risultati delle prove di laboratorio;
- restituzione dei risultati delle prove penetrometriche con piezocono, costituiti da:
  - copia del grafico di cantiere, con riportate le scale;
  - grafico delle resistenze qc e fs, del loro rapporto, della pressione interstiziale e della deviazione dalla verticale della punta;
  - grafico, per ogni prova di dissipazione, dell’andamento della pressione neutra in funzione del tempo e tabulato delle letture eseguite ai vari tempi, con riportata la misura del livello piezometrico di falda;
  - interpretazione dei profili penetrometrici;
- restituzione dei risultati delle indagini geofisiche, costituiti da:
  - relazione di sintesi sulle metodologie di indagine, sulle caratteristiche della strumentazione usata;
  - elenco dei parametri acquisiti e dei relativi valori;
  - interpretazione dei dati.

Tutti gli elaborati sopra richiesti devono essere forniti anche su supporto magnetico, secondo formati numerici fissati nell’Allegato 7 “ Specifica per la consegna degli elaborati su base cartacea e numerica”.