#### REGIONE SICILIANA



#### Assessorato regionale dell'energia e dei servizi di pubblica utilità Dipartimento regionale dell'acoua e dei rifiuti

Servizio IV: Gestione Infrastrutture per le Acque Viale Campania, 36/A, 90143 Palermo

#### ACCORDO PROT.45419 DEL 31/10/2017

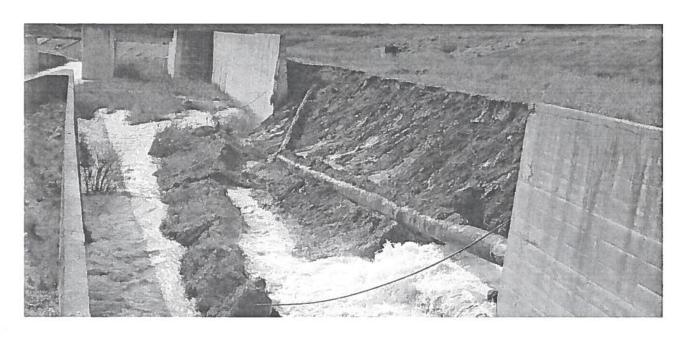
MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI – DIREZIONE GENERALE PER LE DIGHE E LE INFRASTRUTTURE IDRICHE ED ELETTRICHE

REGIONE SICILIANA – DIPARTIMENTO REGIONALE DELL'ACQUA E DEI RIFIUTI

#### DELIBERA CIPE N°54/2016 – SCHEDA N°075: DIGA GIBBESI

Progetto per l'affidamento dei servizi di ingegneria relativi allo studio di rivalutazione sismica delle opere strutturali dell'impianto, alla progettazione esecutiva della manutenzione straordinaria della strada di collegamento casa di guardia – pozzo paratoie, allo studio interpretativo e alla progettazione esecutiva del riefficientamento della strumentazione di monitoraggio e controllo

## 12 – ACCERTAMENTO DELLO STATO DI CONSISTENZA DELLA SBARRAMENTO E DELLE OPERE STRUTTURALI



Palermo, settembre 2018

Il Responsabile del Procedimento (ing. Antonino Margagliotta)

Maria as of the state of the st

Il Dirigente del Servizio 4 (ing. Francesco Greco)

¥.

REGIONE SICILIANA – Dipartimento Regionale dell'Acqua e dei Rifiuti, viale Campania, 36/A, Palermo Delibera CIPE n°54/2016. Scheda di n°075, Diga GIBBESI. Progetto di affidamento dei servizi di ingegneria

#### REGIONE SICILIANA



# ASSESSORATO REGIONALE DELL'ENERGIA E DEI SERVIZI DI PUBBLICA UTILITÀ DIPARTIMENTO REGIONALE DELL'ACQUA E DEI RIFIUTI

Servizio IV: Gestione Infrastrutture per le Acque Viale Campania, 36/A, 90143 Palermo

ACCORDO PROT.45419 DEL 31/10/2017 MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI – REGIONE SICILIANA **DELIBERA CIPE N°54/2016 – SCHEDA N°075: DIGA GIBBESI** 

Progetto per l'affidamento dei servizi di ingegneria relativi allo studio di rivalutazione sismica delle opere strutturali dell'impianto, alla progettazione esecutiva della manutenzione straordinaria della strada di collegamento casa di guardia – pozzo paratoie, allo studio interpretativo e alla progettazione esecutiva del riefficientamento della strumentazione di monitoraggio e controllo

## 12 – ACCERTAMENTO DELLO STATO DI CONSISTENZA DELLO SBARRAMENTO E DELLE OPERE STRUTTURALI

- 1. Premessa
- 2. Quadro Normativo
- 3. Elementi per un Piano di indagine
- 4. Stima dei costi

#### 1 - Premessa

La rivalutazione sismica concerne lo sbarramento in materiale sciolto, le opere in calcestruzzo armato accessorie (opportunamente elencate) e qualche opera minore in acciaio (il carroponte ubicato al piano di calpestio della torre di presa, ad esempio).

In questo elaborato, si considerano i costi da sostenere per l'accertamento dello stato di consistenza dello sbarramento e delle opere strutturali. Si tratta di un costo ineludibile che discende direttamente dalle norme sismiche, secondo il quadro normativo che viene esplicitato di seguito.

Si sottolineano due caratteristiche dell'impianto "diga Gibbesi" che per le finalità di questo appalto sono fondamentali:

- la scarsità del materiale documentale in archivio (risultato dell'incuria delle passate gestioni e della tormentata storia amministrativa della diga);
- La rilevantissima dispersione dei manufatti da verificare che obbliga ad indagare geognosticamente differenti aree.

I costi vengono riferiti ad un computo metrico di massima; quest'ultimo, tuttavia, ha solo valore indicativo dei costi e non vincola in alcun modo la redazione del piano di indagine da parte del professionista incaricato. Di ciò si tiene conto nella redazione del disciplinare descrittivo e prestazionale, quindi nello schema di contratto.

#### 2 - Quadro Normativo

Le fonti normative sono le seguenti:

D.M. 26/06/2014 "Norme tecniche per la progettazione e la costruzione degli sbarramenti di ritenuta (dighe e traverse)" (NTC14)



- "H.1 La valutazione della sicurezza e la progettazione degli interventi sulle dighe esistenti devono essere conformi ai criteri generali stabiliti dalle vigenti NTC ed in particolare devono essere basate sulle informazioni, <u>le indagini e le misure acquisite</u> nel corso della costruzione e dell'esercizio della diga e su quelle acquisite <u>a seguito di specifiche indagini per identificare le condizioni attuali dell'opera</u>".
- "H.3.2 Caratterizzazione meccanica dei materiali. Dighe di materiali sciolti. Si dovranno accertare, mediante prove in sito ed in laboratorio su campioni prelevati dal corpo diga, le caratteristiche dei materiali componenti e la loro variabilità nell'ambito del corpo diga stesso, ricostruendo la situazione di fatto. Dovranno essere altresì identificati i fenomeni di filtrazione attraverso il corpo diga e in fondazione".

## D.M. 17/01/2018 "Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni" (NTC18)

"8.5.1. ANALISI STORICO-CRITICA

Ai fini di una corretta individuazione del sistema strutturale e del suo stato di sollecitazione è importante ricostruire il processo di realizzazione e le successive modificazioni subite nel tempo dalla costruzione, nonché gli eventi che l'hanno interessata.

8.5.2. RILIEVO

Il rilievo geometrico-strutturale dovrà essere riferito alla geometria complessiva, sia della costruzione, sia degli elementi costruttivi, comprendendo i rapporti con le eventuali strutture in aderenza. Nel rilievo dovranno essere rappresentate le modificazioni intervenute nel tempo, come desunte dall'analisi storico-critica.

Il rilievo deve individuare l'organismo resistente della costruzione, tenendo anche presenti la qualità e lo stato di conservazione dei materiali e degli elementi costitutivi.

Dovranno altresì essere rilevati i dissesti, in atto o stabilizzati, ponendo particolare attenzione all'individuazione dei quadri fessurativi e dei meccanismi di danno.

8.5.3. CARATTERIZZAZIONE MECCANICA DEI MATERIALI

Per conseguire un'adeguata conoscenza delle caratteristiche dei materiali e del loro degrado, ci si baserà sulla documentazione già disponibile, su verifiche visive in situ e su indagini sperimentali. Le indagini dovranno essere motivate, per tipo e quantità, dal loro effettivo uso nelle verifiche; [...] I valori di progetto delle resistenze meccaniche dei materiali verranno valutati sulla base delle indagini e delle prove effettuate sulla struttura, tenendo motivatamente conto dell'entità delle dispersioni, prescindendo dalle classi discretizzate previste nelle norme per le nuove costruzioni. Per le prove di cui alla Circolare 08 settembre 2010, n. 7617/STC o eventuali successive modifiche o interazioni, il prelievo dei campioni dalla struttura e l'esecuzione delle prove stesse devono essere effettuate a cura di un laboratorio di cui all'articolo 59 del DPR 380/2001".

E ancora, allegato alla nota UTD prot.19266 del 29/08/2018:

## Verifiche sismiche delle grandi dighe ai sensi delle NTD14 e delle NTC18:

"1.4 Caratterizzazione dei materiali della diga e della fondazione.

Non è generalmente sufficiente una caratterizzazione dei materiali basata unicamente sugli atti di progetto o di collaudo. E' preferibile effettuare campagne di indagine integrative, programmate con specifico riferimento alle valutazioni oggetto di studio e proporzionate all'importanza della diga. A tale scopo, si raccomanda la massima interazione tra i diversi soggetti coinvolti nelle seguenti attività: pianificazione delle indagini, esecuzione, caratterizzazione dei materiali e geotecnica, redazione del modello di calcolo, interpretazione dei risultati. In pratica, le indagini devono consentire la caratterizzazione delle grandezze necessarie per le successive valutazioni, in funzione delle specifiche procedure adottate per le valutazioni stesse

III.3.2 In presenza di parametri fisico-meccanici di incerta caratterizzazione sperimentale (ad es., la resistenza per attrito delle interfacce), è necessario individuare un intervallo di valori che il parametro può assumere. I limiti di questo intervallo possono essere stabiliti con riferimento ad indicazioni di letteratura, avendo cura di effettuare analisi parametriche per valutare l'importanza dei singoli fattori sui risultati (v. NTD14 §D.1.3 – Analisi sismiche "per tenere conto, in modo cautelativo, della incertezza nella determinazione dei parametri del modello").

3. Dighe di materiali sciolti.

La caratterizzazione dei materiali in campo dinamico deve essere effettuata con specifiche prove in sito o in laboratorio; di particolare interesse, nel caso di forti deformazioni angolari indotte da sismi di intensità elevata, sono le prove che consentono di di determinare le variazioni volumetriche e l'aumento delle pressini interstiziali durante i carichi ciclici, nonché l'eventuale decadimento della resistenza al crescere delle deformazioni. In mancanza di prove, o nell'impossibilità di effettuarle per terre a granulometria grossolana, occorre considerare l'influenza della possibile variazione dei parametri di maggiore importanza.

I terreni considerati nel modello (diga e fondazione) devono essere caratterizzati nei riguardi delle deformazioni volumetriche: se risultano avere comportamento contraente, occorre definire l'entità delle sovrappressioni interstiziali che possono manifestarsi in funzione del n° di cicli e dell'intensità della deformazione; se il comportamento è dilatante, occorre considerare la possibile riduzione della resistenza verso valori residui.

È necessario effettuare verifiche a liquefazione per tutti i materiali della diga o della fondazione con caratteristiche granulometriche critiche, specie in presenza di modeste caratteristiche meccaniche"

#### Infine:

<u>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)</u>" della Divisione VI – Strutture e Geotecnica della Direzione Generale per le dighe e le infrastrutture idriche ed elettriche, luglio 2018.

"III.1.2 Il riesame della sicurezza delle dighe esistenti ha come oggetto opere già definite in geometria, proprietà fisiche dei materiali, comportamento meccanico dei materiali e schemi di funzionamento. Le proprietà dei materiali, intrinseche e/o di stato, sono spesso mutate nel corso dell'esercizio dell'opera e devono pertanto essere preliminarmente caratterizzate eventualmente integrando (o controllando) quanto noto dalle fasi progettuali e costruttive con nuove prove di sito e di laboratorio. Non è sufficiente dunque il riferimento alla documentazione delle fasi progettuali e costruttive. Parimenti, possono essere variati nel tempo gli schemi di funzionamento dell'opera. Da un attento esame interpretativo dei dati strumentali dedotti dalla documentazione disponibile deve essere desunto lo schema corrente di funzionamento dell'opera. In particolare, anche attraverso l'esame della documentazione disponibile, occorre:

- caratterizzare i materiali a mezzo di prove in sito e prove di laboratorio;
- controllare il comportamento dell'opera mediante l'esame della serie storica dei dati di monitoraggio;
- considerare i vari aspetti riguardanti la sicurezza (interrimento, opere di scarico, casa di guardia, potenziali situazioni critiche delle sponde, altre opere rilevanti);
- porre attenzione all'esame della risposta della diga agli eventi sismici avvenuti durante l'esercizio.

## III.3 CARATTERIZZAZIONE DEI MATERIALI DELLA DIGA E DELLA FONDAZIONE

III.3.1 Non è generalmente sufficiente una caratterizzazione dei materiali basata unicamente sugli atti di progetto o di collaudo. Si ritiene opportuno effettuare campagne di indagine integrative, programmate con specifico riferimento alle valutazioni oggetto di studio e proporzionate all'importanza della diga. A tale scopo, si raccomanda la massima interazione tra i diversi soggetti coinvolti nelle seguenti attività: pianificazione delle indagini, esecuzione, caratterizzazione dei materiali e geotecnica, redazione del modello di calcolo, interpretazione dei risultati. In pratica, le indagini devono consentire la caratterizzazione delle grandezze necessarie per le successive valutazioni, in funzione delle specifiche procedure adottate per le valutazioni stesse.

III.3.2 In presenza di parametri fisico-meccanici di incerta caratterizzazione sperimentale (ad es., la resistenza per attrito delle interfacce), è necessario individuare un intervallo di valori che il parametro può assumere. I limiti di questo intervallo possono essere stabiliti con riferimento ad indicazioni di letteratura, avendo cura di effettuare analisi parametriche per valutare l'importanza dei singoli fattori sui risultati (v. NTD14 §D.1.3 – Analisi sismiche "per tenere conto, in modo cautelativo, della incertezza nella determinazione dei parametri del modello").

III.3.3 Il volume di terreno di fondazione interessato dall'opera deve essere correttamente ed approfonditamente indagato, fornendo una accurata caratterizzazione meccanica e idraulica dei materiali. Per le dighe fondate su ammassi rocciosi, oltre alla attenta caratterizzazione idraulica dei sistemi di fratture e di microfratture, la caratterizzazione geomeccanica dell'ammasso di fondazione e delle spalle va eseguita ponendo particolare attenzione ai valori "operativi" da assumere per il modulo elastico della roccia nelle condizioni statiche e sismiche, che vanno giustificati sulla scorta di indagini e dati pregressi ovvero di nuove



indagini integrative. Analoga attenzione va posta nella definizione delle discontinuità dell'ammasso. In particolare:

- specifiche indagini devono essere rivolte alla individuazione ed alla caratterizzazione dei principali giunti che interessano le rocce dell'area di imposta della diga al fine di identificare e valutare possibili instabilità lungo superfici di rottura ad orientamento sfavorevole rispetto all'imposta della diga. Indagini e studi in tale ottica dovranno essere estesi ad un volume sufficientemente ampio (volume significativo), tale da permettere di individuare l'innesco di cinematismi di blocchi o cunei (sia in fondazione, sia in corrispondenza delle spalle) dovute alle azioni trasmesse dalla diga in fase sismica;

- non è accettabile una caratterizzazione dei sistemi di discontinuità presenti nell'ammasso roccioso puramente qualitativa (es: non conforme alle Raccomandazioni della International Society of Rock

Mechanics);

- l'adozione di valori particolarmente bassi dei moduli statici e dinamici per l'ammasso di fondazione, se da un canto appare penalizzante per la stima degli spostamenti indotti dal sisma, può risultare a sfavore di sicurezza per quanto riguarda le forze e le sollecitazioni trasmesse alla sezione di base della diga e all'ammasso stesso. Pertanto è sempre opportuno condurre analisi di sensibilità sui valori del modulo elastico da utilizzare nelle verifiche;
- la resistenza a trazione dell'ammasso di fondazione va sempre specificata e confrontata con i valori delle trazioni ottenute dalle verifiche;
- qualora sia necessario assumere per l'ammasso di fondazione un comportamento elasto-plastico, vanno valutati ed adottati prudenziali parametri di resistenza al taglio e a trazione, che tengano debitamente conto dell'orientamento e delle caratteristiche delle discontinuità. Analoghi prudenziali parametri vanno assunti anche per l'interfaccia tra roccia e pulvino di fondazione.

[...]

#### V. DIGHE DI MATERIALI SCIOLTI

#### V.1 MATERIALI

V.1.1 La caratterizzazione dei materiali in campo dinamico deve essere effettuata con specifiche prove in sito o in laboratorio; le prove di laboratorio (prove dinamiche e prove cicliche) devono consentire di determinare, in aggiunta al modulo di taglio G0, il rapporto di smorzamento iniziale D0 e le variazioni di G e D in funzione della deformazione tangenziale γ. In mancanza di prove, o nell'impossibilità di effettuarle per terre a granulometria grossolana, occorre considerare l'influenza della possibile variazione dei parametri di maggiore importanza conducendo opportune analisi di sensitività. Per la definizione dei parametri di modelli complessi si dovranno condurre adeguate prove di laboratorio: in questo ambito, quando le deformazioni angolari superano la soglia volumetrica, sono di particolare importanza le prove che consentono di determinare le variazioni volumetriche e l'aumento delle pressioni interstiziali durante i carichi ciclici, quantificando, nel caso di comportamenti contraenti, l'entità delle sovrappressioni in funzione del numero di cicli o dell'intensità della deformazione distorsionale, nonché, nel caso di comportamenti dilatanti, la riduzione della resistenza al crescere delle deformazioni.

V.1.2 È necessario effettuare verifiche a liquefazione per tutti i materiali della diga o della fondazione con

caratteristiche granulometriche critiche.

V.1.3 Per dighe in esercizio da molti anni è necessario verificare la granulometria delle diverse zone del corpo diga. Nel caso di una diga zonata la definizione della distribuzione granulometrica delle diverse zone dello sbarramento non può essere acquisita da prove realizzate all'epoca del progetto e della costruzione, ma deve costituire un approfondimento sperimentale propedeutico alle diverse finalità della verifica sismica (verifica dei filtri, verifiche alla liquefazione, previsione del campo di spostamenti, previsione delle condizioni di stabilità)".

#### 3. Elementi per un Piano di indagine

Il Piano di Îndagine da redigere in fase esecutiva a cura del soggetto incaricato, comunque prima dell'elaborazione di calcolo, dovrà comprendere:

indagini in situ: misurazioni e rilievo geodetico; indagini geognostiche; indagine pacometrica; prove

sclerometriche (non distruttive);

• prove di laboratorio: caratterizzazione meccanica dei materiali sciolti costituenti il corpo dello sbarramento, dei terreni, dei calcestruzzi, degli acciai d'armatura ed eventualmente delle opere in ferro (carroponte torre opere di presa e scarico di fondo).

Le opere soggette al Piano di Indagine sono le seguenti:

## ELENCO A - OPERE DA INDAGARE

- 1. sbarramento
- 2. spalla sinistra
- 3. spalla destra
- 4. sponde
- 5. casa di guardia
- 6. sfioratore a calice sinistro
- 7. sfioratore a calice destro
- 8. torrino aeroforo sinistro
- 9. torrino aeroforo destro
- 10. torrino paratoie scarico di fondo e derivazione
- 11. opera di imbocco galleria scarico di fondo
- 12. galleria scarico di fondo primo tratto (dall'imbocco al torrino paratoie scarico di fondo)
- 13. galleria scarico di fondo secondo tratto (dal torrino paratoie scarico di fondo allo sfioratore a calice destro)
- 14. galleria scarico di fondo terzo tratto (dallo sfioratore a calice destro alla vasca di dissipazione)
- 15. galleria scarico di superficie (dallo sfioratore a calice sinistro alla vasca di dissipazione)
- 16. vasca di dissipazione
- 17. canale di restituzione in alveo
- 18. torrino discenderia ai canali di raccolte delle acque di drenaggio
- 19. cunicoli d'ispezione delle acque di drenaggio
- 20. pozzetti di ispezione colmata di valle
- 21. muri di sostegno asserviti alla strada di accesso al coronamento
- 22. opere murarie minori (muri e tombini) a protezione delle strada di collegamento piazzale casa di guardia piazzale torre di presa.

#### 3.1 INDAGINI IN SITU

- 3.1a Definizione delle geometrie, mediante misurazione e rilievo geodetico, di tutte le opere di cui all'ELENCO A.
- **3.1b** Rilievo pacometrico (barre di armatura), carotaggi, asportazione copriferro e prelievo di campioni di barre di armatura, prove sclerometriche, prospezioni radar, nelle seguenti opere in c.a.: ELENCO B
  - 5. casa di guardia
  - 6. sfioratore a calice sinistro
  - 7. sfioratore a calice destro
  - 8. torrino aeroforo sinistro
  - 9. torrino aeroforo destro
  - 10. torrino paratoie scarico di fondo e derivazione
  - 11. opera di imbocco galleria scarico di fondo
  - 12. galleria scarico di fondo primo tratto (dall'imbocco al torrino paratoie scarico di fondo)
  - 13. galleria scarico di fondo secondo tratto (dal torrino paratoie scarico di fondo allo sfioratore a calice destro)
  - 14. galleria scarico di fondo terzo tratto (dallo sfioratore a calice destro alla vasca di dissipazione)
  - 15. galleria scarico di superficie (dallo sfioratore a calice sinistro alla vasca di dissipazione)
  - 16. vasca di dissipazione
  - 17. canale di restituzione in alveo
  - 18. torrino discenderia ai canali di raccolte delle acque di drenaggio
  - 19. cunicoli d'ispezione delle acque di drenaggio
  - 20. pozzetti di ispezione colmata di valle



- 21. muri di sostegno asserviti alla strada di accesso al coronamento
- 22. opere murarie minori (muri e tombini) a protezione delle strada di collegamento piazzale casa di guardia piazzale torre di presa.
- 3.1c Caratterizzazione sismica e meccanica dei terreni di fondazione delle seguenti aree: ELENCO C aree di indagine geognostica (perforazioni con trivella per colonne stratigrafiche, Down-Hole, prelievo di campioni da provare in laboratorio, prove sismiche di superficie tipo MASW, trincee esplorative nei versanti 2, 3, 4)
  - 1. sbarramento
  - 2. spalla sinistra
  - 3. spalla destra
  - 4. sponde
  - 5. casa di guardia
  - 6. area sfioratori di superficie e torrini aerofori
  - 7. torrino paratoie scarico di fondo e derivazione
  - 8. opera di imbocco galleria scarico di fondo
  - 9. vasca di dissipazione
  - 10. canale di restituzione in alveo
  - 11. strada di collegamento piazzale casa di guardia piazzale torre di presa.

### 3.2 PROVE DI LABORATORIO

- 3.2a Schiacciamento cubetti di calcestruzzo secondo la prova UNI-EN12390-3
- 3.2b Trazione delle barre di armatura secondo la prova UNI EN ISO 15630-1
- 3.2c Caratterizzazione meccanica dei campioni di terra estratti da fustella comprendenti: determinazione del contenuto d'acqua naturale, determinazione del peso dell'unità di volume, determinazione del peso specifico dei granuli, analisi granulometrica mediante sedimentazione, determinazione dei limiti di plasticità e di liquidità, prove di consolidazione edometrica, con misura dei valori del modulo edometrico, del coefficiente di consolidazione, del coefficiente di permeabilità e del modulo di compressibilità edometrica, compresa la preparazione dei diagrammi cedimenti/tempo e Cv log sv da effettuare per ogni incremento di carico, prove di taglio diretto mediante scatola di Casagrande con rilievo e diagramma delle curve cedimenti-tempo e tensioni-deformazioni, prove triassiali non consolidate non drenate (UU), prova di colonna risonante con determinazione dello smorzamento e della curva di decadimento del modulo di taglio, prova di taglio torsionale ciclico, prova triassiale ciclica.

#### 3.3 Annotazioni operative

## A – AREE DA INDAGARE CON TRINCEE ESPLORATIVE

- 2. spalla sinistra
- 3. spalla destra
- 4. sponde

## **B - OPERE DA INDAGARE CON CAROTIERE**

- 5. casa di guardia
- 12. galleria scarico di fondo primo tratto (dall'imbocco al torrino paratoie scarico di fondo)
- 13. galleria scarico di fondo secondo tratto (dal torrino paratoie scarico di fondo allo sfioratore a calice destro)
- 17. canale di restituzione in alveo
- 18. torrino discenderia ai canali di raccolte delle acque di drenaggio
- 19. cunicoli d'ispezione delle acque di drenaggio

- 20. pozzetti di ispezione colmata di valle
- 21. muri di sostegno asserviti alla strada di accesso al coronamento
- 22. opere murarie minori (muri e tombini) a protezione delle strada di collegamento piazzale casa di guardia piazzale torre di presa.

## C - OPERE DA INDAGARE IN QUOTA CON CAROTIERE E PONTEGGIO/TRABATTELLO

- 6. sfioratore a calice sinistro
- 7. sfioratore a calice destro
- 8. torrino aeroforo sinistro
- 9. torrino aeroforo destro
- 10. torrino paratoie scarico di fondo e derivazione
- 11. opera di imbocco galleria scarico di fondo
- 14. galleria scarico di fondo terzo tratto (dallo sfioratore a calice destro alla vasca di dissipazione)
- 15. galleria scarico di superficie (dallo sfioratore a calice sinistro alla vasca di dissipazione)
- 16. vasca di dissipazione
- 17. canale di restituzione in alveo

#### 4. Stima dei costi

Sono stati adoperati i seguenti prezzi unitari di stima, elaborati a partire dal vigente Prezzario regionale Sicilia 2018:

### Gli elementi di valutazione quantitativa sono i seguenti:

- montaggio/smontaggio ponteggio presso i n°2 sfioratori a calice e i n°2 aerofori;
- servizi di topografia: riguardano tutte le opere di cui all'ELENCO A;
- trincee esplorative di indagine delle sponde lungo il lato nord dell'invaso;
- prospezione radar per accertamento della consistenza dei manufatti in c.a. non rilevabili, fondazioni o parti interrate delle seguenti strutture: muri andatori perimetrali longitudinali della vasca di dissipazione, fondazione della casa di guardia, delle opere di presa all'imbocco della galleria;
- prova sismica MASW per la caratterizzazione sismica del suolo, da effettuare nelle aree che si elencano (esclusa la zona "vasca di dissipazione" di cui si possiedono i dati ottenuti da Sidercem srl): sbarramento, spalla sinistra, spalla destra, casa di guardia, piazzola pozzo paratoie, opere di presa all'imbocco della galleria, canale di restituzione in alveo, zona sfioratori a calice ed aerofori, sponde lato nord).
- prova Down-Hole per l'indagine in profondità dei suoli, la localizzazione di eventuali discontinuità, la determinazione di moduli elastici, di incompressibilità, di taglio;
- sondaggi per indagine geognostica (elaborazione colonna stratigrafica e prelievo di campioni, anche indisturbati) nelle seguenti aree e con i criteri riportati:
  - o sbarramento: n°9 sezioni di indagine, comprendenti le n°3 sezioni strumentate;
  - spalla sinistra: n°2 sezioni di indagine;



- spalla destra: n°3 sezioni di indagine;
- o sponde: n°7 sezioni indagate con prova MASW; n°1 foro a sezione;
- o area sfioratori a calice e aerofori: nº4 fori;
- casa di guardia: la sezione di indagine è la stessa del versante in spalla sinistra;
- vasca di dissipazione: informazioni già ricavate da Sidercem srl;
- o canale di restituzione in alveo: nº2 fori;
- o strada casa di guardia pozzo paratoie: nessuno
- o area pozzo paratoie: un foro nel piazzale, coincidente con una delle sezioni di sponda;
- o strada di accesso in spalla destra diga: nessuno.

STIMA DEI COSTI		quantità	u.m.	p.u.	costo
	misurazioni e rilievo geodetico	70	h	€ 90	€ 6.300
2	rilievo pacometrico e restituzione	180	m	€ 50	€ 9.000
3	prova sclerometrica	60	cad	€ 35	€ 2.100
4	trincee esplorative sponde	60	m	€ 50	€ 3.000
5	prospezione radar assetto monostatico	290	m	€ 10	€ 2.900
6	prova MASW	12	corpo	€ 1.100	€ 13.200
7	prova Down-Hole	24	corpo	€ 345	€ 8.280
8	sondaggi a rotazione per geognostica	1075	m	€ 80	€ 86.000
9	prelievo campione terra indisturbato	25	cad	€ 105	€ 2.625
	prove di laboratorio su campioni terra	25	cad	€ 800	€ 20.000
10	carotaggio campioni calcestruzzo	20	cad	€ 300	€ 6.000
11		40	cad	€ 27	€ 1.080
12	I a second	19	cad	€ 355	€ 6.745
13		19	cad	€ 72	€ 1.368
	prove trazione barre di armatura			€ 180	€ 1.440
15	montaggio/smontaggio ponteggi	8	corpo	C 160	€ 170.038
	SOMMANO				C 1/0.050

In cifra tonda, considerate le approssimazioni, € 170.000,00 (centosettantamila euro).

Palermo, settembre 2018

Il redattore Responsabile del Procedimento ing. Antonino Margagliotta