

Diga Santa Rosalia

4.2) Studio di Fattibilità

relativo ai servizi di architettura e ingegneria oggetto dell'appalto

REPUBBLICA ITALIANA



REGIONE SICILIANA

ASSESSORATO REGIONALE DELL'ENERGIA
E DEI SERVIZI DI PUBBLICA UTILITÀ

DIPARTIMENTO REGIONALE DELL'ACQUA E DEI RIFIUTI
SERVIZIO 4 - GESTIONE INFRASTRUTTURE PER LE ACQUE

RELAZIONE STUDIO DI FATTIBILITÀ

RIVALUTAZIONE SICUREZZA SISMICA DELLA DIGA S.ROSALIA

COMUNE DI RAGUSA

1. QUADRO CONOSCITIVO

1.1 Quadro Conoscitivo Generale e Obiettivi dell'Intervento

La presente Relazione riguarda lo studio di fattibilità per la rivalutazione sismica della diga S. Rosalia, ubicata nel territorio del Comune di Ragusa. La diga intercetta le acque del fiume Irminio, appartenente al bacino idrografico Irminio, che è un corso d'acqua del versante meridionale della Sicilia con foce sul Mare Mediterraneo. L'Ufficio Tecnico per le Dighe del M.I.T. a seguito delle lettere del Direttore Generale n. 895, del 30/01/2012 e n. 9331 del 28/04/2016, per l'importanza della struttura e in funzione dei parametri sismici del territorio in cui l'opera ricade, trovandosi la diga in "priorità uno", ha prescritto la rivalutazione della sicurezza sismica dello sbarramento, delle opere accessorie (casa di guardia, manufatti di scarico e cabine di manovra in c.a. a servizio dell'impianto) e delle sponde; pertanto occorrerà eseguire tutta una serie di indagini conoscitive e verifiche atte ad individuare la risposta sismica e il relativo grado di sicurezza che le opere oggetto del presente studio di fattibilità possono garantire.

1.2 Inquadramento territoriale e dati del Sistema Idrico

La Diga S. Rosalia in agro del Comune di Ragusa – Coordinate Geografiche (rispetto al meridiano di Roma – Monte Mario): Latitudine 36° 58' 09", 7 e Longitudine 02° 19' 12", 3 - è raggiungibile dalla S.S. 194 Ragusana al Km. 78+900, percorrendo sulla sinistra di questa un breve tratto interno di circa 500 metri, in buone condizioni. Tuttavia è possibile

raggiungere la diga anche da un ingresso secondario coincidente con la fine della strada circumlacuale che interseca la S.S. 194 da Giarratana a Ragusa al Km 74+200.

Il serbatoio è stato realizzato tra il 1976 ed il 1981. La diga è stata collaudata ai sensi del D.P.R. n. 1363 del 01-11-1959, ed è entrata in esercizio normale nel settembre del 1983.

Lo sbarramento è di forma trapezoidale in terra zonata con nucleo centrale di tenuta, con larghezza al coronamento di 9.00 m e larghezza massima alla base di 268 m circa. La quota di coronamento è di 386 m s.l.m. e l'altezza complessiva dell'opera raggiunge i 53.50 m. La quota di massimo invaso è di 382 m s.l.m., mentre la quota massima di regolazione è di 378,50 m s.l.m.. La superficie dello specchio liquido a quota massima di regolazione è di 1,25 km². Il volume di invaso a quota massima di regolazione è di 20,00 Mln mc e volume utile di regolazione 18,30 Mln mc. Portata massima di progetto degli scarichi 1.240 mc/sec.

1.3 Analisi dello stato di fatto

Lo sbarramento in materiali sciolti, del tipo in terra zonata, ha sezione trasversale di forma trapezoidale con paramento di monte a pendenza 2/1 e paramento di valle costituito da una linea spezzata anch'essa con pendenza unica 2/1, interrotta da quattro banchine. Il volume del materiale costituente lo sbarramento 1,54 Mln mc. Il nucleo centrale di tenuta, di forma a trapezio è costituito da limi sabbiosi con ghiaia, poggianti su uno strato continuo di argilla plastica a contatto con la roccia di fondazione. I rinfianchi di monte e di valle sono costituiti da materiale alluvionale, tout-venant di fiume, ghiaioso-sabbioso; tra il rinfiango di monte e il nucleo è interposta una zona di transizione costituita da materiale calcarenitico; Il sistema drenante del corpo diga è composto da un filtro sub-verticale a due strati, interposto tra il nucleo e il rinfiango di valle, collegato ad un tappeto di base sub-orizzontale che si estende sull'intera superficie di appoggio, ed è suddiviso in campi drenanti che recapitano in un cunicolo longitudinale al piede di valle della diga. Un ulteriore cunicolo di ispezione è realizzato in asse nucleo, al contatto tra questo e il terreno di fondazione, in corrispondenza di uno schermo di iniezioni per l'impermeabilizzazione superficiale e profonda della roccia. Questo cunicolo raccoglie anch'esso delle acque di drenaggio che vengono convogliate, attraverso delle canalette all'interno di un cunicolo trasversale di comunicazione, in una cabina al piede di valle della diga, posto alla base di un pozzo, su cui convergono tutte le acque di drenaggio, raccolte anche all'interno di un altro cunicolo interrato, con asse parallelo a quello della diga, in corrispondenza dell'unghia di valle e da qui le acque defluiscono naturalmente fino ad un pozzetto in destra della vasca di smorzamento. La zona di valle della diga è sede di un'ampia colmata artificiale, costituita con materiali provenienti dagli scavi.

La struttura per la vigilanza sulle opere è costituita da una casa di guardia, realizzata con struttura in C.A., ubicata sulla collina a monte dello sbarramento in sinistra idraulica, costituita da due alloggi: al primo piano per l'eventuale residenza della guardiania, ed al piano terra da alloggi adiacenti e costituenti la foresteria e gli uffici; altresì al piano terra trova collocazione un locale destinato a officina-garage.

Dal serbatoio S. Rosalia le acque possono defluire nell'alveo del fiume Irminio attraverso i seguenti sistemi:

- a) dallo **scarico di superficie** costituito da un corpo in calcestruzzo dotato di una ampia soglia sfiorante ad arco di cerchio cui segue uno scivolo convergente entro una galleria che sottopassa il rilievo di sponda sinistra, con sbocco nella vasca di smorzamento posta a valle della diga. Lo sviluppo della soglia di sfioro è pari a 84 metri e l'altezza rispetto al piano di fondazione è superiore ai 47 metri; alla quota di massimo invaso (382,00 m s.l.m.) la portata esitabile è pari a 1.170 m³/s.
- b) dallo **scarico di fondo** ubicato all'interno di una camera ricavata nel corpo dello scarico di superficie. Tale camera è collegata all'esterno tramite due rampe di scale convergenti da destra e da sinistra idraulica. Detto organo di sezionamento è presidiato da due paratoie metalliche piane verticali poste in serie, ciascuna delle dimensioni di 143 x 210 cm, manovrabili tanto con sistema oleodinamico che manuale. Il comando di tali paratoie può essere effettuato sia all'interno della detta camera di manovra nonché dalla casa di guardia di pertinenza del complesso. La portata massima esitabile è di 67,70 mc/s.
- c) dallo **scarico di esaurimento** ubicato nella camera d'accesso a valle del corpo diga della galleria di derivazione che sottopassa il rilevato della sponda destra. La portata esitabile è pari a 3 m³/s. mediante l'apertura di una valvola dissipatrice DN 800 con sbocco diretto sull'alveo di valle del fiume Irminio.
- d) l'opera di derivazione è costituita dalla stessa condotta dello scarico di esaurimento e da un imbocco a quota 345 m s.l.m., costituito da una struttura metallica tubolare verticale posta all'interno di un manufatto a torre in C.A. al di sopra dell'imbocco dello scarico. All'interno della camera di valle la condotta si biforca e la derivazione, intercettata da una saracinesca DN 1000, a movimentazione manuale, prosegue in destra, in cunicolo per circa 50 m e poi è interrata.

L'alimentazione elettrica di tutto l'impianto è garantita dalla presenza di una cabina di trasformazione e, in caso di distacco della corrente elettrica, da un gruppo elettrogeno alimentato a gasolio ubicati entrambi all'interno di un manufatto in muratura su un unico livello con copertura costituita da solaietto in C.A.. La diga è dotata di un impianto di illuminazione del paramento di valle e di monte, assicurato da 4 torri faro con 9 proiettori con lampade da 2000 W a ioduri metallici, ciascuna di altezza di circa 25 m e da lampioni con lampade a vapori di mercurio da 250 W installati sul coronamento; le gallerie sono illuminate da neon in corpi stagni con interasse di 3 m, e in particolare quella relativa allo scarico di esaurimento da proiettori con lampade da 400 W a ioduri metallici. Lo scarico di superficie è illuminato con 6 proiettori con lampade da 2000 W a ioduri metallici.

1.4 Finalità Progettuali

La valutazione della sicurezza sismica della diga Santa Rosalia in "esercizio normale", viene eseguita in applicazione dell'art. 4, comma 2 del D.L. 29.3.04, n. 79, convertito con Legge n. 139/04 e in applicazione dell'art. 2, comma 3 dell'Ordinanza PCM 3274 del 20.3.03, in quanto la stessa è considerata "opera che può assumere rilevanza in relazione alle conseguenze di un eventuale collasso". La verifica relativa alla diga in oggetto è finalizzata all'accertamento del requisito che, in caso di eventi sismici estremi, non si

verifichi la perdita dell'azione di contenimento dell'acqua di invaso, né la perdita di funzionalità degli organi necessari allo svuotamento controllato del serbatoio.

Infatti l'accumulo di grandi volumi d'acqua, che potrebbero defluire in modo rapido e incontrollato, deve essere sempre considerato come un potenziale fattore di rischio per la pubblica incolumità e anche per le conseguenze sul territorio in termini economici, ambientali e produttivi.

L'impianto di ritenuta soggetto alla verifica della sicurezza sismica è un sistema costituito dall'insieme dello sbarramento (diga o traversa), intesa come struttura di ritenuta dell'acqua, delle opere di scarico, delle opere complementari ed accessorie e dei pendii costituenti le sponde.

1.5 Modalità Gestionali

La concessione a derivare le acque e la gestione della Diga competono in atto al Dipartimento Regionale dell'Acqua e dei Rifiuti, incardinato presso l'Assessorato Regionale dell'Energia e dei Servizi di Pubblica Utilità. La manutenzione delle opere e di tutti gli impianti afferenti alla diga viene garantita dal personale tecnico dipendente che ne programma e ne progetta gli interventi e, considerati gli importi di spesa, normalmente affidati a ditte esterne con cottimo fiduciario a seguito di esperimento di gare informali, di cui all'art. 36 del D.Lgs 50/16. Per importi di maggiore entità, superiori al limite fissato, vengono predisposti appositi bandi di gara ad evidenza pubblica esperiti secondo le modalità dalla vigente normativa.

La diga, dal punto di vista della gestione ordinaria e come indicato nel F.C.E.M. della diga, è sorvegliata h24, tutti i giorni della settimana e per tutto l'anno, dal personale di guardiania e dal personale tecnico-amministrativo. A tale personale è affidato anche il compito del monitoraggio delle opere con apposite misure di controllo espletate sul corpo diga e sugli impianti accessori e dell'effettuazione di eventuali piccole manutenzioni degli stessi. Sempre a questo personale spetta il compito dell'osservazione e della vigilanza ed esecuzione delle procedure previste nelle fasi di allerta indicate nel documento di protezione civile allegato al F.C.E.M. della diga.

2. QUADRO CONOSCITIVO

2.1 Indicazioni tecniche, tipologia e localizzazione interventi

Sebbene i terremoti avvenuti in zone sismiche, anche ad alta attività, abbiano sinora evidenziato un comportamento generalmente soddisfacente delle dighe, per esse devono comunque essere adottate precauzioni superiori a quelle riservate alle costruzioni ordinarie, in quanto il collasso di una diga ha sempre conseguenze molto gravi. Comunque, anche in assenza di collasso, la presenza di danni sismici rilevanti può comportare la messa fuori esercizio dell'impianto di ritenuta per molti anni, con conseguenti ingenti oneri di ripristino.

In base a recenti disposizioni le dighe rientrano nella categoria delle "opere rilevanti per le conseguenze di un loro collasso" qualunque sia l'utilizzazione. È necessario, quindi,

valutare la sicurezza di un impianto di ritenuta soggetto ad azioni sismiche, sia nei confronti del collasso, inteso come perdita incontrollata della capacità di contenimento dell'acqua, sia nei confronti del danno, inteso come perdita della funzione per la quale l'opera è stata realizzata.

L'analisi di sicurezza e di funzionalità di una diga esistente si basa comunque sull'esame delle effettive condizioni dell'opera e sulla determinazione delle potenziali azioni sismiche cui l'opera può essere soggetta. Tali elementi, congiuntamente alla definizione delle prestazioni richieste, costituiscono il punto di partenza per la rivalutazione della sicurezza e della funzionalità sismiche (di seguito sinteticamente definita come "valutazione o rivalutazione sismica").

Gli orientamenti della normativa internazionale al riguardo suggeriscono un approccio deterministico, con il quale si valuta quantitativamente, con strumenti analitici e numerici, la reale risposta delle strutture a terremoti di elevata o media intensità.

Tuttavia, occorre tenere presente che la risposta di una struttura ad azioni estreme, che impegnano i materiali ben oltre il campo lineare, è tanto più complessa da analizzare quanto più si voglia approssimare in modo accurato il reale fenomeno fisico.

Modelli particolarmente accurati nella valutazione della risposta, quali quelli relativi ad analisi dinamiche in campo non lineare, possono essere utilizzati se si è in grado di definire in modo adeguato ed attendibile tutti i parametri dei modelli stessi. È possibile utilizzare metodi di verifica meno impegnativi, che richiedono una definizione più semplice dei parametri del modello di comportamento, adottando adeguate cautele per tener conto della incertezza del modello stesso nella valutazione della risposta.

Occorre individuare i criteri per la valutazione della sicurezza sismica e della funzionalità sismica della diga in esercizio ordinario, ai sensi dell'art. 14 del Regolamento Dighe approvato con DPR 1363/59 ed anche se già sottoposte a verifica ai sensi del DM LL.PP. 24.3.82 in sede di progetto o successivamente.

In questo studio di fattibilità per la rivalutazione della sicurezza sismica della diga si forniscono indicazioni sulle metodologie di indagine, nonché di verifica, senza entrare nel dettaglio delle tecniche analitiche che possono rendersi necessarie nella valutazione della sicurezza delle dighe, sia nei confronti del collasso che della funzionalità.

Al fine della calibrazione di modelli di calcolo affidabili, risulta di notevole importanza l'interpretazione preventiva delle misure strumentali disponibili: la serie storica degli spostamenti, rotazioni, pressioni interstiziali, etc. in funzione delle diverse condizioni di sollecitazioni esterne, fasi costruttive, livelli di invaso, temperature, pregressi eventi sismici, etc. Per la valutazione del comportamento del serbatoio sotto l'azione sismica si definiscono le seguenti condizioni caratteristiche:

1. normale funzionamento;
2. danni riparabili, senza rilascio incontrollato di acqua;
3. danni non riparabili, senza rilascio incontrollato di acqua;
4. danni non riparabili, con rilascio incontrollato di acqua.

Il passaggio dalla condizione 1 alla condizione 2 definisce lo stato limite di danno (SLD). Il passaggio dalla condizione 2 alla condizione 3 definisce lo stato limite ultimo (SLU). Il passaggio dalla condizione 3 alla condizione 4 definisce lo stato limite di collasso (SLC). Lo stato limite di danno deve essere considerato con riferimento ad eventi sismici relativamente frequenti, mentre gli stati limite ultimo e di collasso sono da riferire ad eventi sismici poco frequenti e rari, rispettivamente.

La valutazione della sicurezza sismica deve riguardare il serbatoio nel suo complesso; devono pertanto essere presi in considerazione tutti i componenti critici nei riguardi di ciascuno stato limite. Nel definire la criticità dei diversi componenti, particolare attenzione va posta nei confronti degli organi necessari per lo svaso. Anche un modesto danneggiamento della diga può infatti comportare la necessità di uno svaso rapido del serbatoio, ancorché temporaneo e/o per motivi precauzionali, e a tal fine deve essere garantita l'efficienza degli scarichi profondi (fondo ed esaurimento).

La severità dell'azione sismica è quantificata dal periodo di ritorno, definito come il tempo medio cui corrisponde una prefissata probabilità di eccedenza in un prefissato periodo. Nella seguente Tabella 1 sono riportati i valori del periodo di ritorno significativi per la valutazione della sicurezza dei serbatoi:

Tabella 1: Periodi di ritorno dell'azione sismica

Probabilità (%) di eccedenza in 50 anni	Periodo di ritorno (anni)
≤ 40	100
≤ 20	225
≤ 10	500
≤ 5	1000
≤ 2	2500

La severità dell'azione sismica da adottare nelle verifiche per la diga S. Rosalia in esame, "non strategica", è indicata nella seguente tabella:

Tabella 2: Severità dell'azione sismica

Categoria Diga	Costruzione	Periodo di ritorno		
		SLD	SLU	SLC
Non Strategica	Esistente	100	500	1000

Poiché deve comunque essere possibile lo svuotamento della diga, il funzionamento degli organi di scarico di fondo ed esaurimento deve essere comunque garantito, nelle verifiche allo stato limite ultimo della diga gli organi di scarico profondi devono sempre soddisfare la condizione di stato limite di danno. L'azione sismica può essere descritta in termini di spettro di risposta elastico o, per analisi dinamiche non lineari, di accelerogrammi compatibili con gli spettri di riferimento.

2.1.1 Sbarramento

Terremoti intensi possono provocare vari tipi di danneggiamento alle dighe di materiali sciolti, del tipo zonato, come quella oggetto del presente studio di fattibilità. In generale i fenomeni osservati in occasione di eventi di forte intensità sono stati i seguenti:

- Instabilità dei paramenti, che si manifesta con scorrimenti superficiali o profondi, che possono coinvolgere anche le fondazioni. Può essere anche associata a fenomeni di liquefazione nel rilevato o nei terreni di fondazione (in questo caso non può verificarsi la liquefazione del terreno di fondazione trattandosi di terreno prevalentemente roccioso). L'effetto principale è il crollo dell'opera o la riduzione o l'annullamento del franco con il rischio che la diga venga tracimata.

- Spostamenti differenziali, con manifestazione di fratture pericolose per la tenuta, che possono essere indotti da una riduzione di volume del rilevato o dei terreni di fondazione. Il franco può risultarne ridotto e possono innescarsi fenomeni di erosione interna.

- Danneggiamenti delle opere accessorie e degli scarichi, con particolare riferimento a quelli che attraversano il corpo diga, nella fattispecie il cunicolo C.A. alla base del nucleo o quello trasversale di comunicazione, in una cabina al piede di valle della diga, posto alla base di un pozzo, su cui convergono tutte le acque di drenaggio del corpo diga. Altresì la galleria contenete la tubazione dello scarico di esaurimento e di derivazione idrica che in minima parte attraversa trasversalmente lo sbarramento in corrispondenza del paramento di valle, in quanto durante un terremoto, la rottura delle tubazioni e del cunicolo che le contengono può determinare il rilascio di acqua all'interno del rilevato, compromettendo l'integrità della diga. La perdita di funzionalità di un'opera di scarico (inclusa quella dei suoi organi di manovra-valvole e paratoie) può rendere difficile lo svuotamento del serbatoio. La strumentazione di controllo può andare fuori uso. Le vie di accesso possono essere danneggiate.

- Fratturazione dei terreni di fondazione e delle opere di impermeabilizzazione in fondazione (schermi). Si possono verificare fenomeni di aumento delle portate filtranti e dei gradienti di filtrazione, fenomeni di erosione e sifonamento.

Le analisi della risposta sismica della diga di materiali sciolti devono essere precedute dalla determinazione delle azioni sismiche di riferimento, in termini di parametri significativi del moto sismico atteso su affioramento rigido, e di risposta del sito alle azioni suddette. Le analisi devono riguardare la stabilità dei manufatti e dei terreni, la valutazione del campo di spostamenti e, più in generale, l'interazione tra corpo diga e terreno circostante. Le procedure di calcolo possono fare riferimento a metodi pseudostatici, ad analisi dinamiche semplificate e ad analisi dinamiche complete.

La predisposizione del piano degli accertamenti e delle indagini per identificare lo stato di fatto della diga deve tener conto dei dati acquisiti nelle fasi di progetto e di costruzione, nonché dei risultati progressivamente acquisiti tramite la strumentazione di controllo. In base a tale preliminare quadro delle conoscenze, devono essere programmate indagini integrative, indirizzate alla caratterizzazione geotecnica dei materiali

costituenti il corpo diga e i terreni di fondazione e d'imposta, con specifico riferimento alle metodologie d'analisi previste per la valutazione della vulnerabilità sismica.

Per le verifiche di stabilità dei paramenti assume interesse preminente la valutazione dei parametri di resistenza nelle condizioni di picco, post picco e residue. Le indagini debbono essere orientate a tal fine e devono anche permettere la valutazione del potenziale di liquefazione dei terreni. Per le analisi dinamiche è necessario valutare la rigidità iniziale dei materiali e le leggi di decadimento della rigidità al crescere del livello di deformazione. Allo stesso fine, è altresì necessario valutare le caratteristiche di smorzamento dei materiali.

Indagini e prove più complesse devono essere previste, se necessario, per la calibrazione di modelli costitutivi avanzati, da impiegare in analisi dinamiche complete.

Quindi ai fini della valutazione della vulnerabilità sismica gli stati limite da considerare della diga di materiali sciolti sono:

1. instabilità globale del corpo diga e dei terreni d'imposta;
2. instabilità dei paramenti;
3. liquefazione del corpo diga ed eventualmente dei terreni di fondazione;
4. lesioni nel corpo diga, nei terreni di fondazione o nelle superfici di contatto manufatto terreno, tali da provocare una filtrazione incontrollata;
5. eccessive deformazioni del corpo diga e dei terreni di fondazione, tali da causare la tracimazione;
6. fratturazione dell'elemento di tenuta idraulica in fondazione;
7. tracimazione della diga per eccessiva crescita del livello d'invaso a causa di fenomeni d'instabilità delle sponde o delle spalle.

Mentre ai fini delle verifiche di sicurezza e di funzionalità della diga di materiali sciolti sono possibili diversi strumenti d'analisi, di crescente complessità, e tali da richiedere specifiche indagini geotecniche, anch'esse di crescente complessità.

Nel caso di terremoto severo, le verifiche di stabilità dei paramenti devono essere accompagnate da verifiche di sicurezza nei confronti della tracimazione quando dai risultati delle indagini la diga risulti realizzata con materiali che, per costituzione o modalità di posa in opera, siano suscettibili di degrado delle caratteristiche meccaniche per effetto delle azioni cicliche. A questo scopo, è necessario valutare le deformazioni permanenti del manufatto effettuando un'analisi dinamica completa che tenga conto dello sviluppo di deformazioni irreversibili e dell'interazione tra le fasi solida e liquida nel terreno.

La presenza di materiali scarsamente addensati e saturi, nel corpo diga o nel terreno di fondazione, richiede anche la valutazione del potenziale di liquefazione e le corrispondenti verifiche.

2.1.2 Scarichi e opere complementari e accessorie

Gli scarichi e le opere complementari e accessorie della diga (scarico di superficie, scarichi profondi, loro organi di intercettazione e movimentazione e strumentazione di controllo), la casa di guardia e i manufatti contenenti impianti strategici per il funzionamento della diga devono essere considerati tra i componenti nella rivalutazione sismica della diga, in quanto componenti critici, ancor più se il mancato funzionamento, il danneggiamento o la rottura di essi può portare alla perdita di controllo dell'invaso o di funzionalità del serbatoio (organi di scarico). In generale le tipologie dei danni agli scarichi sono variabili da opera ad opera e i fenomeni osservati in occasione di eventi di forte intensità sono stati i seguenti:

- lo scarico di superficie, di geometria complessa, nella fattispecie dotato di una ampia soglia sfiorante ad arco di cerchio cui segue uno scivolo convergente entro una galleria che sottopassa il rilievo di sponda sinistra, con sbocco nella vasca di smorzamento posta a valle della diga può subire danneggiamenti a seguito delle deformazioni imposte dal terreno.
- le paratoie, a seguito di deformazioni eccessive, superiori alle tolleranze meccaniche disponibili nelle parti mobili, possono causare il blocco degli organi di scarico. Il funzionamento regolare delle paratoie dipende dall'efficienza di molti componenti quali: gallerie di accesso, impianto oleo-dinamico, fonti di energia e cavidotti, edifici che ospitano gli impianti di sicurezza, ecc., nonché dai singoli componenti delle paratoie stesse quali ancoraggi, contrappesi, ecc., il cui malfunzionamento può provocare l'inefficienza dello scarico
- per lo scarico di superficie e di fondo occorre considerare che, in aggiunta al carico idraulico, le forze inerziali indotte dal sisma possono provocare l'instabilità meccanica del sistema di paratoie.
- le gallerie a valle degli scarichi e di quelle destinate all'accesso possono avere una funzione importante per la sicurezza della diga, perché nel caso dello scarico di superficie e di fondo consente lo svuotamento del serbatoio. In aggiunta, le opere di presa e di derivazione all'interno dell'impianto avendo una funzione strategica per l'approvvigionamento idrico a fini potabili o irrigui, essendo opere di elevato sviluppo longitudinale, per essi una particolare attenzione va riservata ai movimenti differenziali sia in senso trasversale che longitudinale. Le gallerie non sono in genere strutture vulnerabili al sisma, ma occorre prestare particolare attenzione alle opere di imbocco, soggette ad ostruzioni di vario tipo, quali ad esempio la caduta di massi, l'ostruzione per frane, il collasso strutturale dovuto a sovrappressioni. Nello specifico va posta particolare attenzione alla verifica di stabilità dei fronti di scavo a ridosso dei cunicoli di accesso al corpo di sfioro.
- la rottura di condutture e il conseguente rilascio di acqua può investire strutture essenziali per la sicurezza della diga.
- la crisi dei sistemi meccanici, elettrici e strumentali può dar luogo alla perdita di funzionalità dei sistemi di intercettazione e controllo.

Gli scarichi e le opere complementari e accessorie sono opere che possono rientrare tra quelle disciplinate dalle vigenti norme sismiche per le costruzioni e pertanto si possono adottare i criteri di verifica ivi considerati. Nella valutazione dell'azione sismica di verifica si dovrà tenere conto della posizione dell'opera accessoria nell'ambito dell'invaso e del corpo diga. In particolare, si dovrà adeguatamente tener conto del fatto che l'opera si trovi all'interno del corpo diga (ad esempio la galleria alla base del nucleo, la galleria trasversale di collegamento sotto il paramento di valle per il trasporto delle acque di drenaggio, la galleria per la derivazione e per lo scarico di esaurimento). La predisposizione del piano degli accertamenti e delle indagini per identificare le condizioni attuali degli scarichi deve tener conto dei dati acquisiti nelle fasi di progetto e di costruzione, a partire dai documenti progettuali, nonché dei risultati progressivamente acquisiti tramite la strumentazione di controllo.

In base a tale preliminare quadro delle conoscenze, devono essere programmate indagini, indirizzate alla caratterizzazione dei materiali costituenti gli elementi strutturali nonché i terreni di fondazione e d'imposta, con specifico riferimento alle metodologie d'analisi previste per la valutazione della vulnerabilità sismica.

Qualora sia necessario eseguire analisi della interazione terreno struttura, si rimanda a quanto indicato per la diga di materiali sciolti.

Per quanto si riferisce alla valutazione delle caratteristiche dei materiali da costruzione utilizzati, si utilizzeranno criteri di indagine distruttive e non distruttive. Qualora si utilizzino analisi non lineari sia statiche che dinamiche, le caratteristiche di deformabilità, resistenza e smorzamento saranno derivate con indagini sia dirette che indirette. In particolare, sarà necessario giustificare i dati ricavati con prove non distruttive (in genere indirette) con un adeguato numero di prove distruttive su campioni opportunamente prelevati. Sarà discusso il criterio di passaggio dalle caratteristiche derivate nelle prove a quelle utilizzate per la verifica.

Ai fini della valutazione della vulnerabilità sismica, gli stati limite da verificare dipendono dalla singola opera costituente lo scarico e precisamente:

- per gli scarichi in genere è possibile ipotizzare che lo stato limite di funzionamento sia sempre verificato se è verificato lo stato limite di danno severo o di danno grave. Pertanto sono in genere da verificare solo gli stati ultimi e quindi quello di stato limite ultimo: SLU e di stato limite di collasso: SLC. Essendo presenti elementi non strutturali necessari per il funzionamento dello scarico di superficie occorre individuarne le possibili cause di messa fuori servizio ed i criteri di verifica in relazione alle sollecitazioni localmente indotte dall'azione sismica, sia in termini di accelerazioni che di deformazioni. Le verifiche consisteranno quindi nel controllare che non si raggiungano i livelli di sollecitazioni che mettono fuori servizio tali elementi.
- per le paratoie, l'eccesso di deformazione con conseguente blocco meccanico degli organi in movimento; messa fuori uso dei singoli componenti meccanici; instabilità meccanica delle paratoie.

- per le condutture e gallerie, l'apertura di giunti tra i conci; rottura per effetto delle deformazioni indotte dal terreno; rilascio d'acqua a seguito del danneggiamento della condotta, in particolare nelle condotte in pressione.
- per gli impianti, la messa fuori servizio a seguito di accelerazioni eccessive, per rottura interna o degli ancoraggi; messa fuori servizio a seguito di deformazioni imposte eccessive.

I metodi di analisi e verifica dipendono dalla tipologia delle opere accessorie. In generale è possibile fare riferimento a quanto previsto nelle normative per le costruzioni edilizie per le opere in calcestruzzo, cemento armato ed acciaio ed in muratura.

Per le gallerie è in generale necessario considerare l'interazione con il terreno circostante, qualora dalle indagini effettuate esse risultino realizzate in terreni deformabili. A tal fine è usualmente sufficiente eseguire analisi approssimate ove viene impostata la galleria insieme ad un'adeguata porzione di terreno con la quale interagisce, considerando le deformazioni del terreno nel quali si propaga il moto sismico e valutando separatamente le onde che producono movimenti ortogonali o paralleli all'asse della galleria.

Per le opere immerse in acqua (opera di presa e tratto iniziale della galleria di derivazione e scarico di esaurimento) è in genere indispensabile tenere conto del contributo dell'acqua almeno quale massa aggiunta alla massa della struttura.

La qualificazione sismica dei sistemi meccanici, elettrici e strumentali è essenziale per la funzionalità dei sistemi di intercettazione e controllo. La qualificazione per i dispositivi considerati critici deve essere effettuata sulla base di analisi e/o prove specifiche condotte su tavola vibrante.

2.1.3 Stabilità delle sponde

Fenomeni di instabilità delle sponde lungo i versanti che delimitano l'invaso possono essere causa di gravi disfunzionamenti dell'opera di sbarramento e degli organi di scarico nonché, in rapporto ai volumi mobilitati e alle velocità delle masse di terreno in movimento, di innalzamento del livello di invaso e di formazione di onde di piena, con rischio di tracimazione della diga. Il comportamento delle sponde sotto l'azione sismica deve pertanto essere attentamente valutato individuando preliminarmente, anche con studi geomorfologici, le aree instabili o potenzialmente instabili e sottoponendo poi ad accertamenti ed analisi geotecniche le situazioni più critiche, con priorità alle aree di accertata instabilità.

Le verifiche di stabilità devono riguardare sia le condizioni statiche delle sponde, prima del sisma, sia le condizioni durante e dopo il sisma, quando possono ancora manifestarsi progressive variazioni del regime delle pressioni interstiziali e alterazioni dei parametri di resistenza.

Ai fini della predisposizione del modello geotecnico è necessario accertare:

- le caratteristiche morfologiche e stratigrafiche del pendio e la presenza di eventuali discontinuità;

- le caratteristiche fisiche e meccaniche dei terreni, in condizioni statiche e dinamiche, con particolare riguardo alle caratteristiche di resistenza di picco, post picco e residue;
- il regime delle pressioni interstiziali;
- i caratteri cinematici del movimento, in caso di pendii in frana.

Le condizioni di stabilità delle sponde possono essere valutate quantitativamente impiegando metodi pseudostatici e metodi di analisi dinamica (semplificata o avanzata).

Con i metodi pseudostatici il margine di sicurezza è valutato rispetto a una condizione di equilibrio limite, cioè a uno stato limite ultimo. Nei metodi pseudostatici si fa comunemente riferimento ad un modello di tipo rigido-plastico per il terreno, con criterio di resistenza di Mohr-Coulomb o di Tresca, a seconda che l'analisi sia svolta in termini di tensioni efficaci o di tensioni totali (per terreni a grana fina in quest'ultimo caso). Ai fini di una corretta valutazione delle condizioni di stabilità, è necessario che i parametri di resistenza dei terreni siano determinati sperimentalmente sia nelle condizioni di picco, sia nelle condizioni di post picco e residue.

L'azione sismica è rappresentata da una forza d'inerzia statica equivalente, proporzionale al peso W della massa potenzialmente instabile, le cui componenti orizzontale e verticale sono state date dalle espressioni $F_h = k_h W$ e $F_v = k_v W$. I valori dei coefficienti sismici k_h e k_v sono fissati dalla normativa. A questo proposito si deve osservare che, essendo l'azione sismica introdotta nell'analisi tramite una forza statica equivalente, l'accelerazione di calcolo $K \times g$ può essere anche notevolmente inferiore all'accelerazione massima del terremoto di progetto. L'approccio pseudostatico può essere seguito adottando i metodi globali dell'equilibrio limite o i metodi delle strisce, il cui impiego richiede in genere il ricorso a codici di calcolo automatico.

Con i metodi di analisi dinamica è possibile stimare le deformazioni indotte nel terreno dall'azione sismica e, quindi, gli spostamenti permanenti del pendio al termine della scossa. Tali metodi permettono un confronto tra valori ammissibili degli spostamenti e valori attesi per un dato evento sismico. Conseguentemente, possono essere effettuate verifiche riferite sia ad uno stato limite ultimo sia ad uno stato limite di danno.

Tra i metodi dinamici è frequentemente seguito il metodo degli spostamenti. Si tratta di un approccio semplificato che si basa sul modello del blocco rigido di Newmark. In tale approccio l'azione sismica è rappresentata da uno o più accelerogrammi, compatibili con la classificazione sismica della zona e con i relativi spettri di progetto, tenendo anche conto degli effetti stratigrafici e topografici locali.

Il metodo degli spostamenti prevede che la massa di terreno potenzialmente instabile si muova come un corpo rigido su una assegnata superficie di scorrimento tutte le volte che l'accelerazione superi un valore di soglia corrispondente al collasso incipiente ($F = 1$) e che il movimento si arresti quando l'accelerazione, cambiando di segno, induca una velocità relativa nulla tra il corpo di frana e il terreno sottostante. È evidente come lo spostamento complessivo del corpo di frana dipende dal numero di volte in cui l'accelerazione superi il valore critico di soglia e dalla durata degli intervalli di tempo in cui tale condizione si manifesti. Il confronto tra il valore dello spostamento complessivo e il

valore dello spostamento ammissibile permette di valutare un indice di prestazione sismica del pendio.

I luoghi di intervento si raggiungono dalla SS. 194 al Km 78 + 900 percorrendo sulla sinistra di questa un breve tratto interno di circa 500 mt a valle dello sbarramento; per ogni altra descrizione di dettaglio si rimanda al foglio condizioni per l'esercizio e la manutenzione della diga.

2.2 Stima sommaria dei costi di valutazione della sicurezza sismica

Il corrispettivo complessivo presunto per lo studio, le indagini e le verifiche di valutazione della sicurezza sismica così come descritte al punto precedente è pari in totale ad Euro 200.000,00 determinato in base a quotazioni di mercato di incarichi similari comprensivo degli oneri accessori e degli oneri fiscali e previdenziali, compreso di IVA, come specificato nella seguente tabella:

A)	Lo studio sismico e le relative verifiche tecniche, compresi compensi accessori, oneri previdenziali, cassa professionisti, ecc., compresa IVA	€ 100.000,00
B)	Le indagini, le prove e gli accertamenti di laboratorio, compresi compensi accessori, oneri previdenziali, cassa professionisti, ecc., compresa IVA	€ 100.000,00
C)	TOTALE [A) + B)]	€ 200.000,00

Quantità di personale stimata per lo svolgimento del servizio in oggetto:

- personale tecnico minimo, necessario allo svolgimento dell'incarico è di 1 unità e dovrà avere le seguenti professionalità minime: ingegnere civile o equipollente;

3. COMPATIBILITÀ URBANISTICA AMBIENTALE E PAESAGGISTICA

3.1 Vincoli vigenti nell'area

L'invaso artificiale di Santa Rosalia ricade in zona SIC e ZPS siti della "Rete di Natura 2000" (Decreto 3 settembre 2002 del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio). La Regione Siciliana assicura per i siti della Rete Natura 2000 (ZSC, SIC e ZPS) opportune misure di conservazione e tutela per evitare il degrado degli habitat naturali e degli habitat di specie come previsto dal Regolamento di attuazione della direttiva 92/43/CEE (DPR n.397/1997) attraverso specifici Piani di Gestione redatti secondo le Linee Guida per la gestione dei siti Natura 2000.

I progetti degli interventi, se ricadenti all'interno dei beni paesaggistici di cui all'art.134 del Codice, quando compatibili con le norme di cui ai singoli Paesaggi Locali di cui al Titolo III, impartite nel rispetto dell'art. 20 delle presenti norme, sono soggetti ad

autorizzazione da parte della Soprintendenza ai Beni Culturali e Ambientali con le procedure di cui all'art. 146 del Codice.

Le misure di conservazione funzionale e strutturale dei siti della rete di Natura 2000, ai sensi del DPR 357/97 e del Decreto 3 settembre 2002 del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, individuate nei relativi Piani di Gestione definiscono opportune misure di conservazione della risorsa. Per la diversità biologica e culturale, è fondamentale valutare il paesaggio non solo in termini percettivi, ma come sintesi delle caratteristiche e dei valori fisici, biologici, storici e culturali.

Inoltre l'invaso artificiale di Santa Rosalia, per quanto riguarda la salvaguardia dell'assetto idrogeologico, ricade in una zona di vincolo idrogeologico. Infine sussiste in questa zona un vincolo di inedificabilità di cui all'art.15 L.R. n.78/1976 relativamente alla fascia di 100 mt. dalla battigia dei laghi.

3.2 Descrizione eventuali impatti ambientali e paesaggisti

Per gli interventi di studio, di indagine e di verifica necessari alla valutazione della sicurezza sismica della diga Santa Rosalia non sono previsti impatti di alcuna natura e qualora in fase di progettazione esecutiva dello studio di valutazione della sicurezza sismica della diga si dovesse rendere necessaria la redazione di studi di impatto ambientale, quest'ultimi dovranno tener conto dei vincoli di cui al punto precedente.

4. SOSTENIBILITÀ FINANZIARIA

4.1 Definizione del bacino di utenza della diga S. Rosalia

Il progetto dell'invaso artificiale di Santa Rosalia inizia il 15/07/1964 ed ottiene l'approvazione definitiva il 16/12/1976. L'ultimazione dei lavori avviene in data 14/11/1981, mentre l'inizio d'invaso in esercizio sperimentale risale già al febbraio 1981; nel settembre 1983 inizia l'invasamento in esercizio normale e il 12/09/1983 si rilascia il Collaudo definitivo dell'opera. La diga nasce per la necessità di utilizzare le acque invase per fini irrigui e per le zone della fascia trasformata costiera a sud della Provincia di Ragusa per un'estensione di circa 4000-5000 Ha di terreno, con una dotazione di circa 3000 mc/Ha. L'opera nasce anche per l'integrazione dei fabbisogni idrico-potabili della città di Ragusa ed anche per l'alimentazione di un acquedotto a servizio degli insediamenti rurali situati nei Comuni di Modica, Ragusa e Scicli. In realtà ad oggi è stato realizzato solo l'acquedotto rurale di Modica e Ragusa, infatti negli anni '99 - '00 è stato costruito l'impianto di potabilizzazione, ubicato subito a valle dello sbarramento, che alimenta tale acquedotto. La realizzazione delle opere di adduzione dei territori a valle della diga, su menzionati, si è completata e collaudata solo in data 01-06-2010.

Le portate utilizzabili stimate per i fini suddetti, ammontano a circa 140-160 l/sec così distribuite:

- 50-60 l/sec potabilizzatore, per territori ricadenti nel Comune di Modica e Ragusa;
- 90-100 l/sec acquedotto rurale, Comuni di Scicli e Ragusa.

È da considerare che questi volumi non corrispondono alle portate del Fiume Irminio, infatti è noto che le portate del fiume in fase di magra e non in sub-alveo sono circa di 30 – 40 l/sec.

4.2 Cronoprogramma della valutazione della sicurezza sismica della diga S. Rosalia

Per la redazione e pubblicazione del bando di progettazione (preliminare, definitiva ed esecutiva) relativa alla valutazione della sicurezza sismica della diga S. Rosalia e per l'affidamento della redazione dello studio di valutazione si prevede il termine massimo di 180 (centottanta) giorni naturali e consecutivi decorrenti dalla data di approvazione del presente studio di fattibilità.

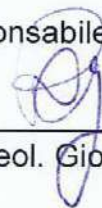
Per l'esecuzione delle singole prestazioni: lo studio, le indagini e le relative verifiche, nonché le prove e gli accertamenti di cui al precedente paragrafo, si prevede il termine massimo di 240 (duecentoquaranta) giorni naturali e consecutivi decorrenti dalla data di affidamento, emergente da apposito verbale. Altre scadenze intermedie sono dettagliate nello Schema di Disciplinare di Incarico. Qualora lo svolgimento dell'incarico subisse ritardi, per cause imputabili all'affidatario, rispetto ai termini di cui sopra, sarà applicata una penale pari al 0,1% dell'importo del compenso professionale di cui al precedente paragrafo del presente Disciplinare, per ogni giorno naturale e consecutivo di ritardo, che sarà trattenuta sul saldo del compenso professionale.

4.3 Piano Finanziario

Per la redazione dello studio della valutazione della sicurezza sismica della diga S. Rosalia, per le relative indagini e verifiche, le prove e gli accertamenti di cui al paragrafo precedente, si accederà ai finanziamenti provenienti dal Piano Nazionale per le Dighe – Interventi Finanziabili con FSC 2014 – 2020 (DEL. CIPE n. 26/16). Tali finanziamenti permettono di superare le prescrizioni relative a criticità infrastrutturali riscontrate nell'impianto di cui trattasi, nonché di ottemperare all'aggiornamento delle prestazioni che deve garantire l'infrastruttura idrica rispetto alle attuali norme tecniche vigenti.

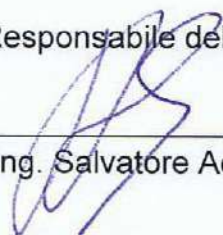
I Progettisti incaricati

Il Responsabile d'Impianto



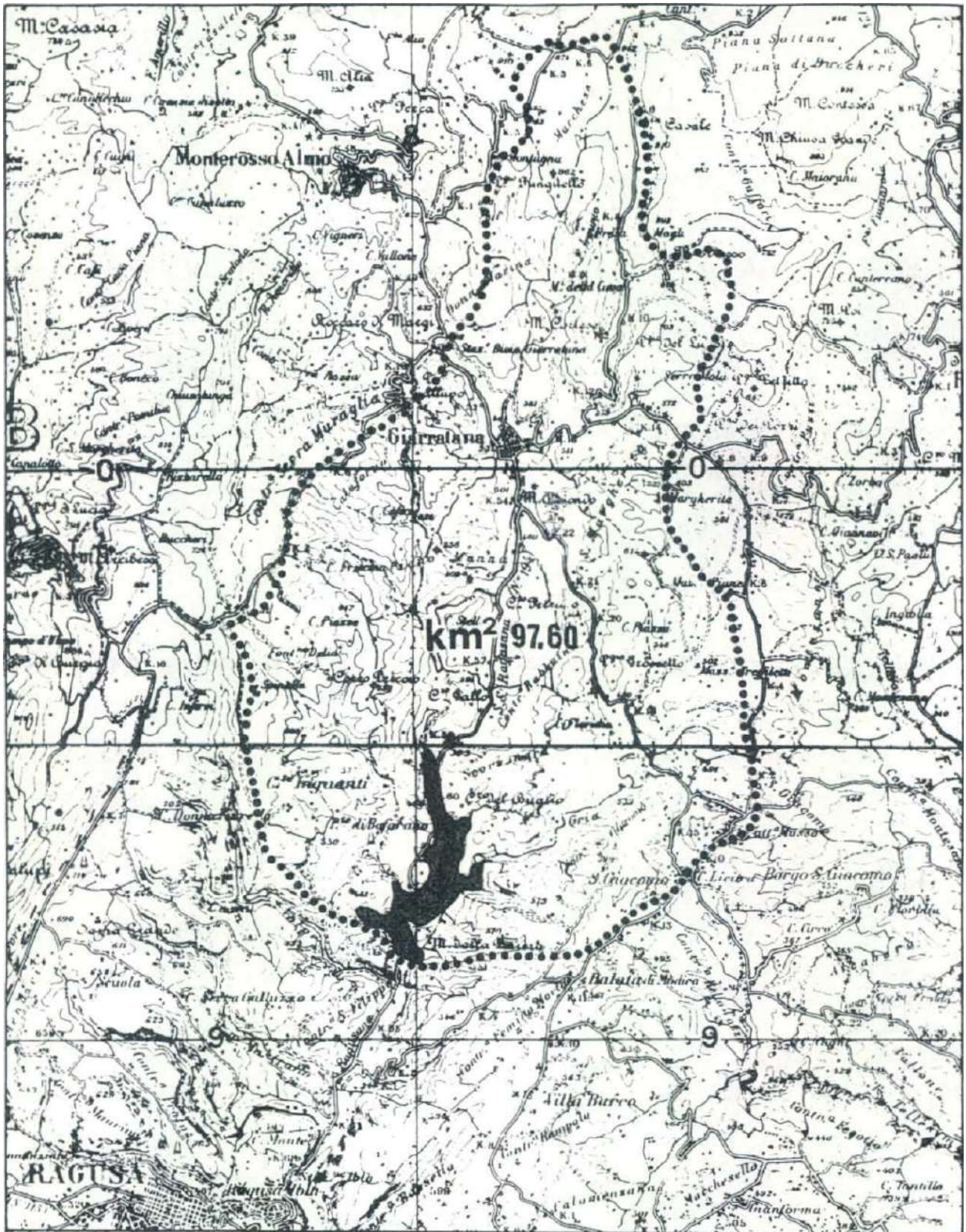
Dott. Geol. Giorgio Pisana

L'Ing. Responsabile della Diga

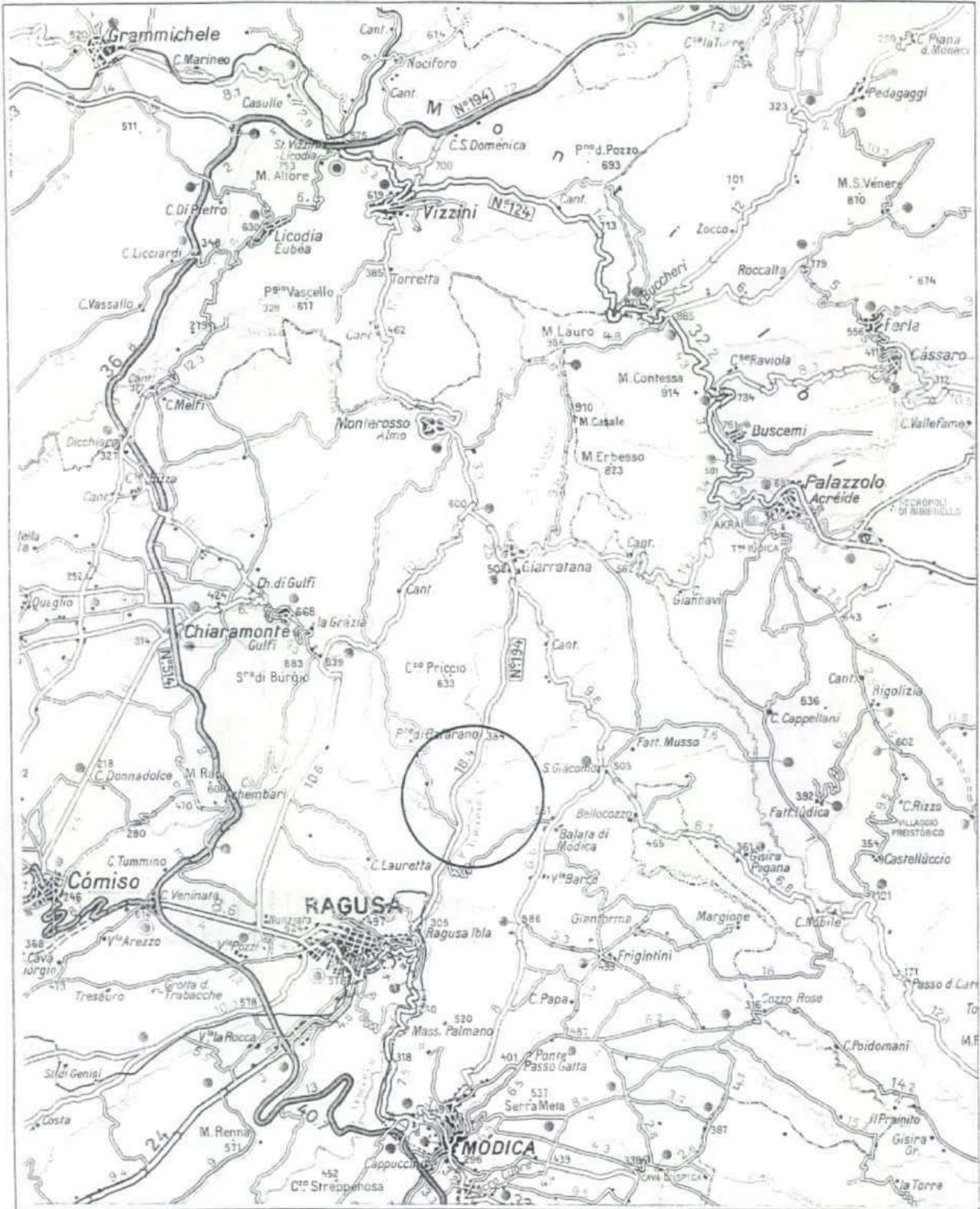


Dott. Ing. Salvatore Accetta

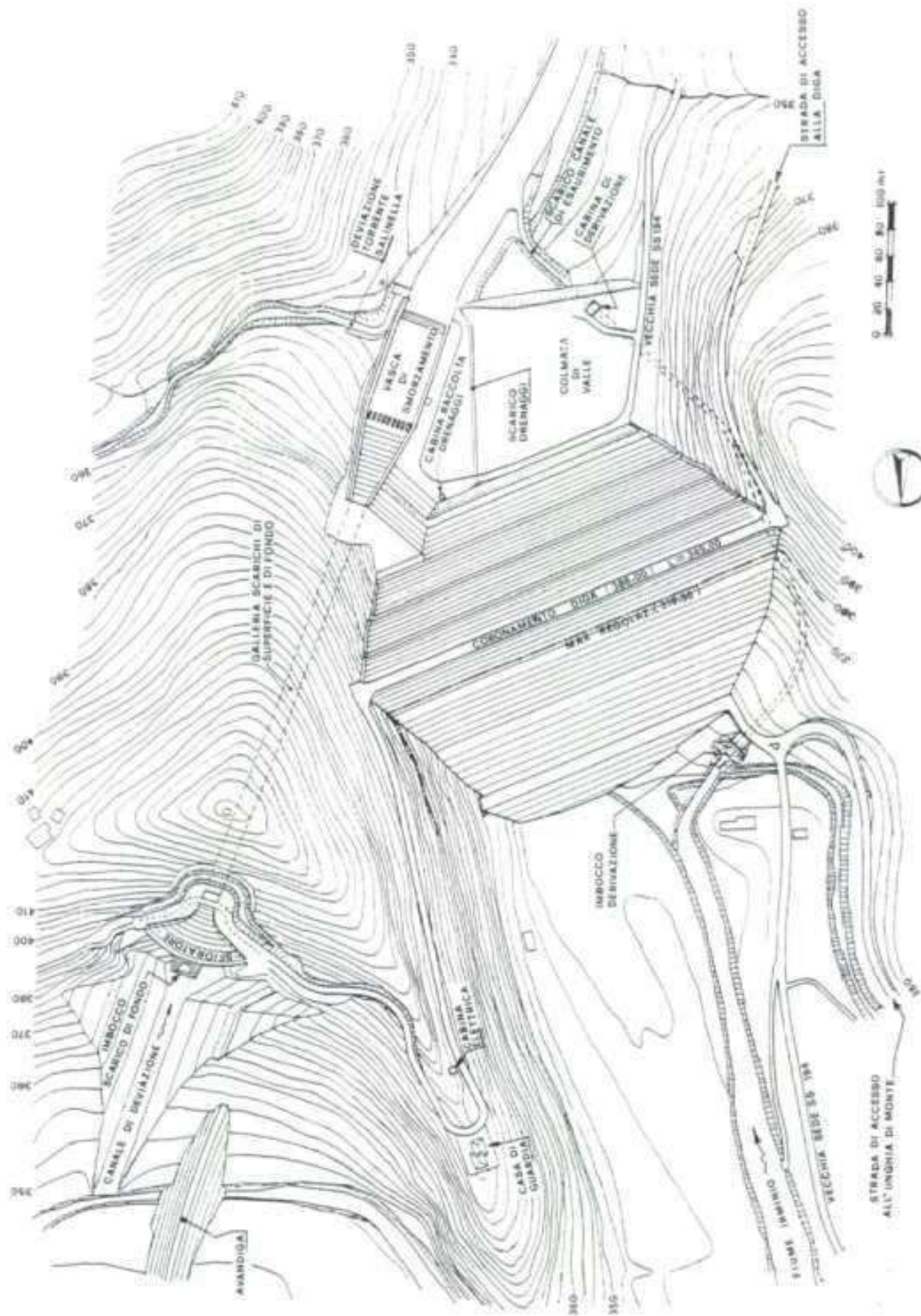
5. ALLEGATI GRAFICI E DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Corografia Bacino imbrifero (I.G.M.)

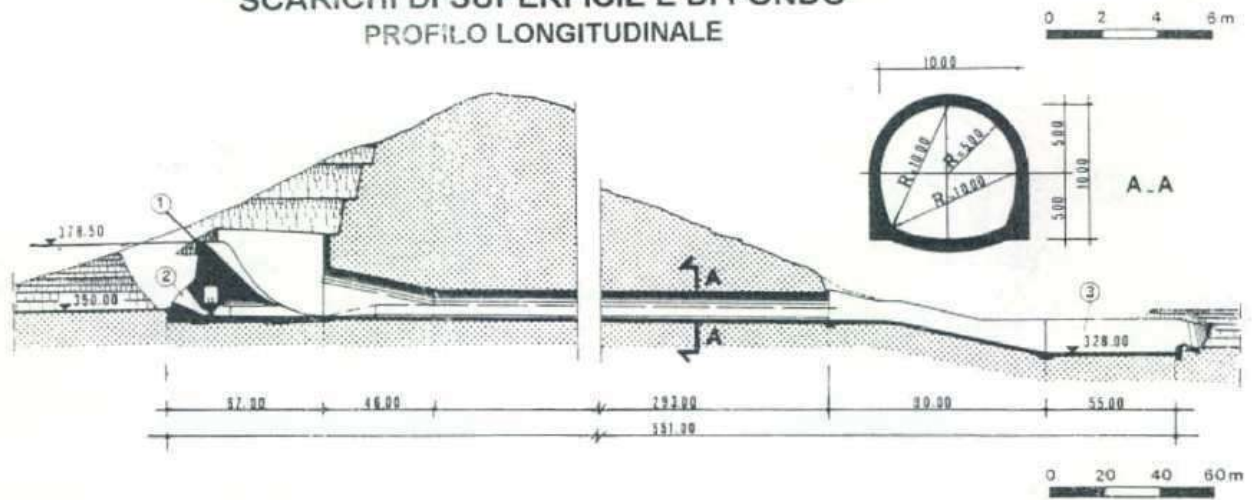


Planimetria strade di accesso all'Impianto Santa Rosalia

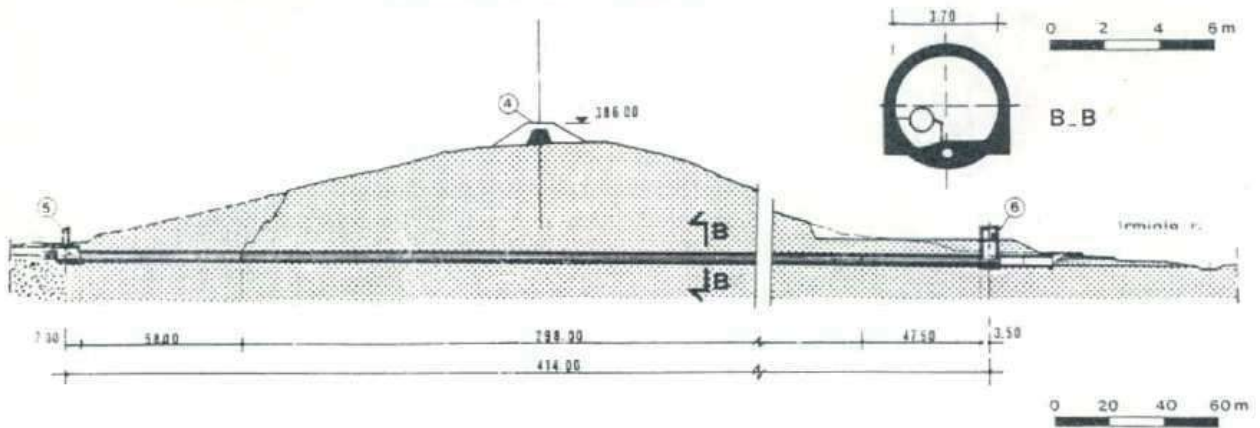


Planimetria dell'Impianto Santa Rosalia

**SCARICHI DI SUPERFICIE E DI FONDO
PROFILO LONGITUDINALE**

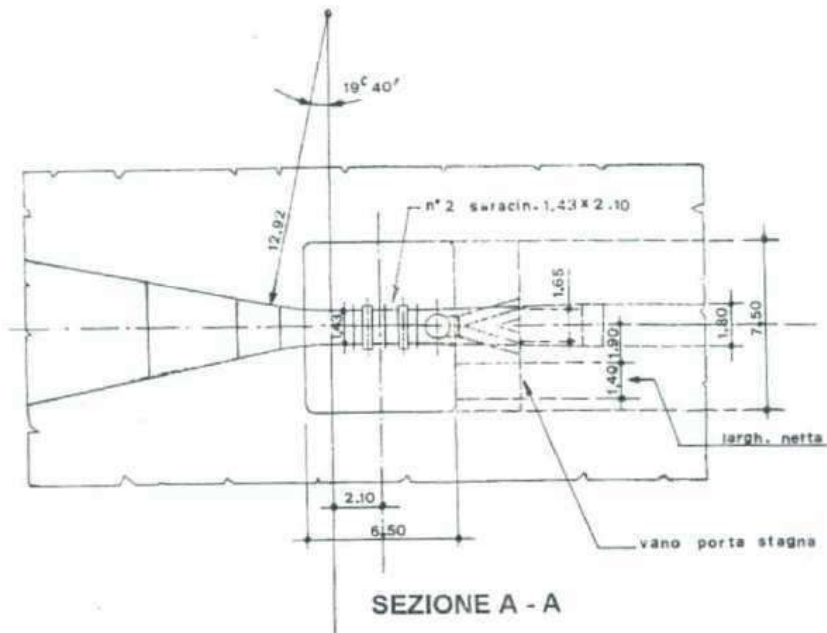
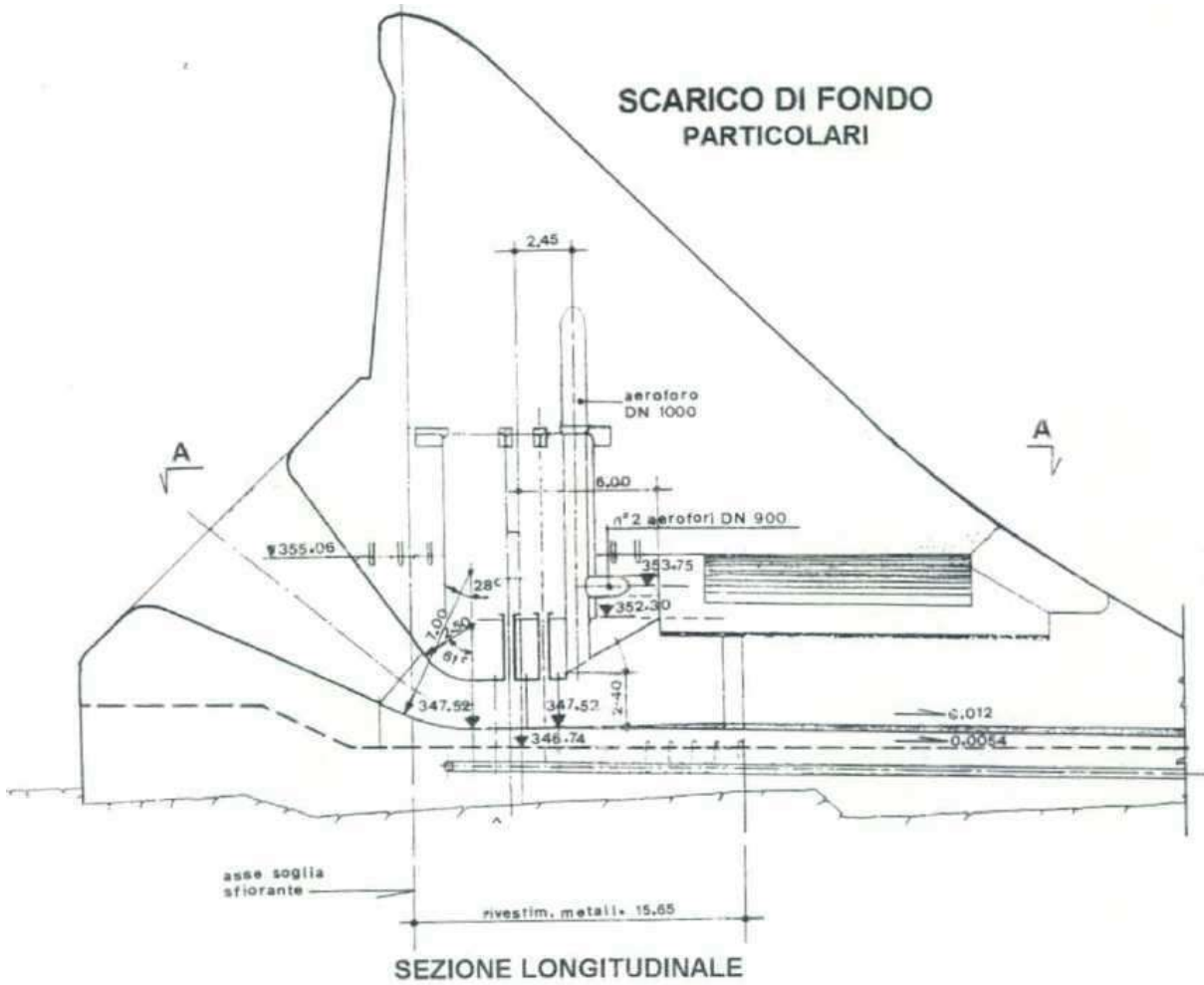


**SCARICO DI ESAURIMENTO E DERIVAZIONE
PROFILO LONGITUDINALE**

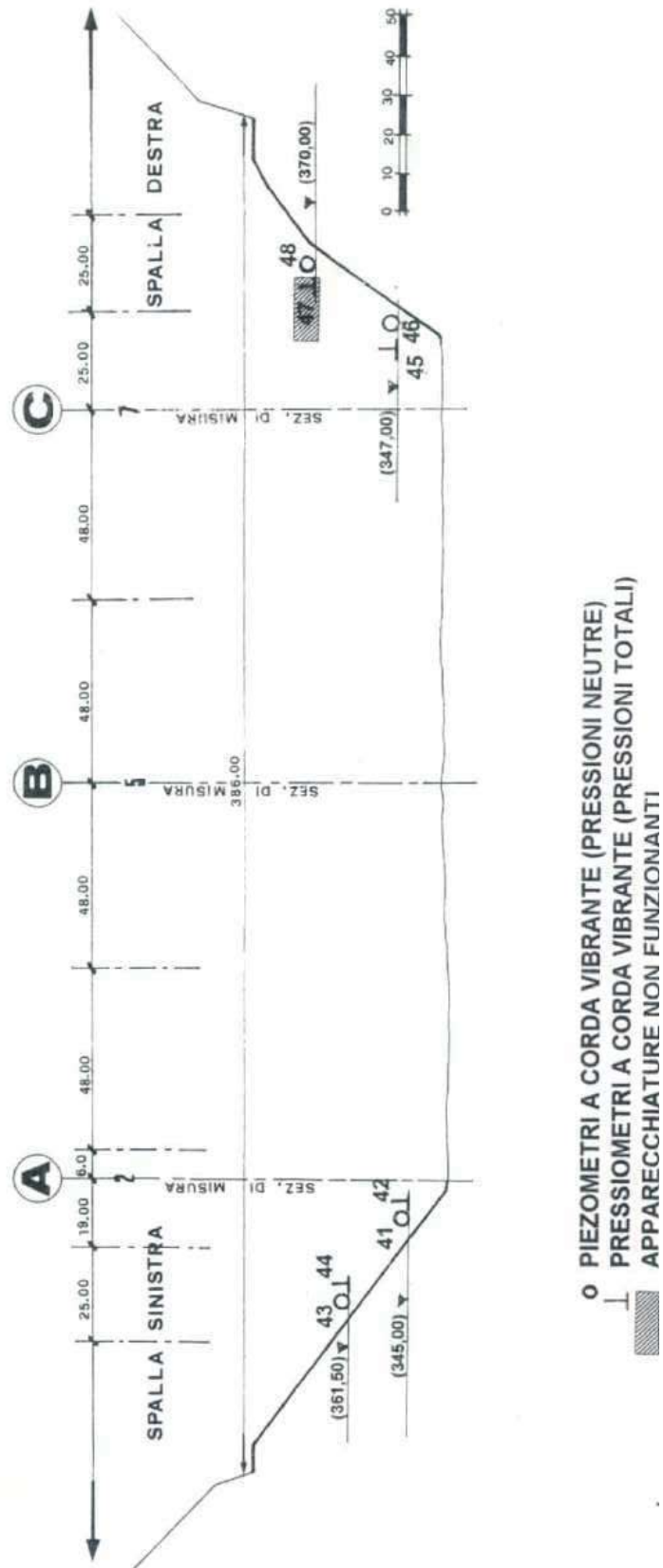


- 1 - Sfiatore
- 2 - Imbocco scarico di fondo
- 3 - Vasca di dissipazione
- 4 - Diga
- 5 - Torre di presa
- 6 - Casotto di manovra

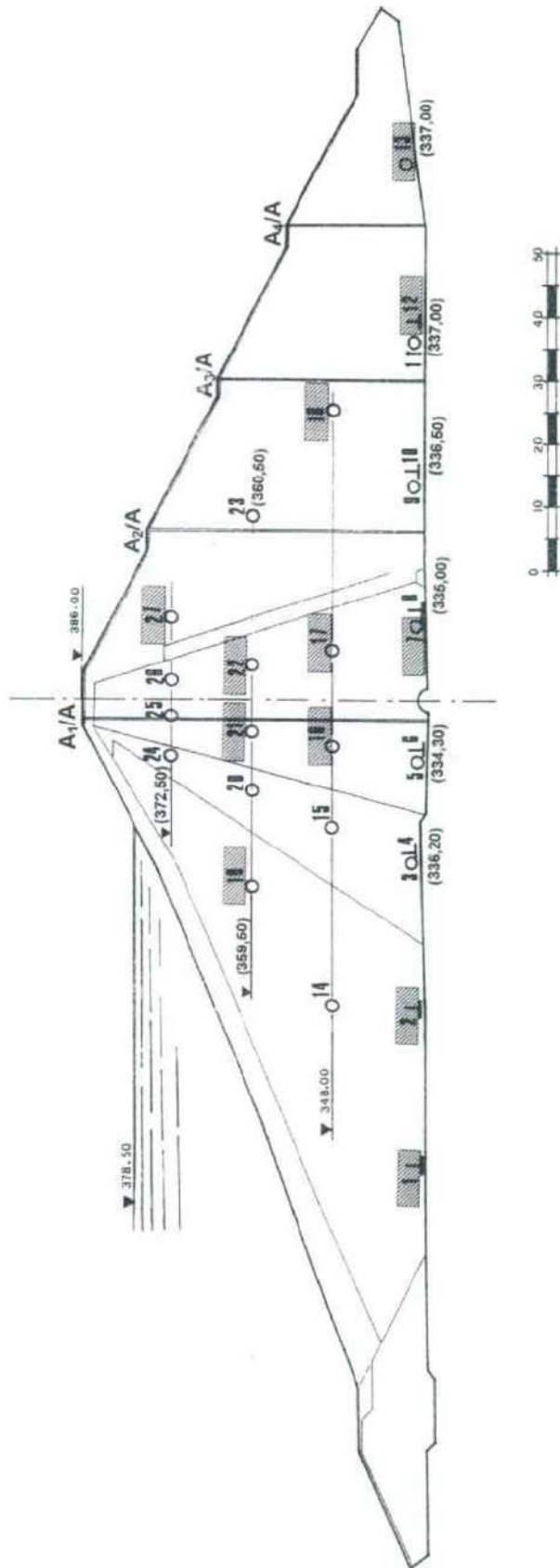
Profili longitudinali degli scarichi dell'invaso di Santa Rosalia



Sezione dello scarico di fondo dell'invaso di Santa Rosalia



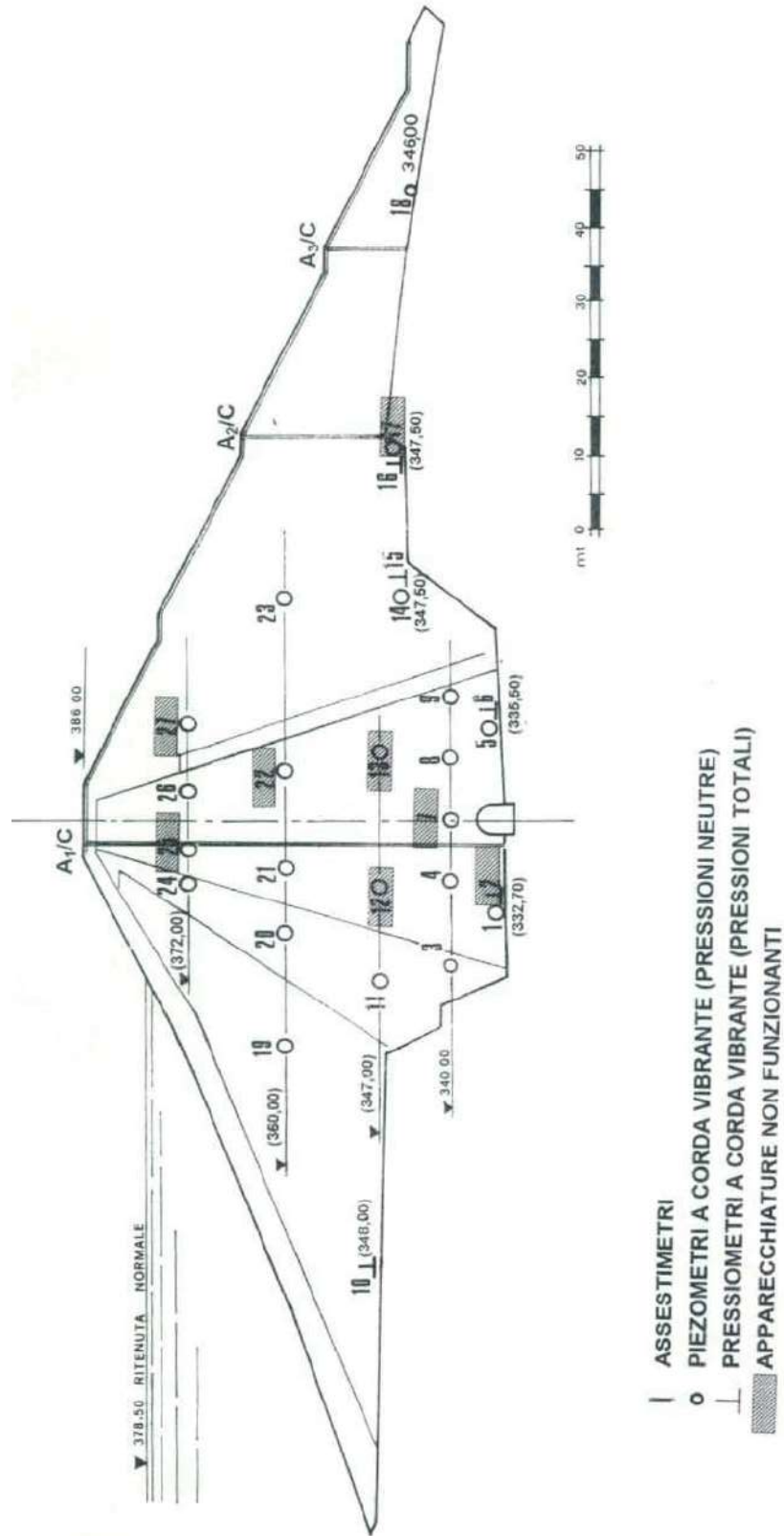
Ubicazione delle apparecchiature di controllo (Piezometri e Pressiometri) della Sezione strumentata longitudinale dello sbarramento dell'invaso di Santa Rosalia



- || ASSESTIMETRI
- PIEZOMETRI A CORDA VIBRANTE (PRESSIONI NEUTRE)
- ⊥ PRESSIOMETRI A CORDA VIBRANTE (PRESSIONI TOTALI)
- APPARECCHIATURE NON FUNZIONANTI

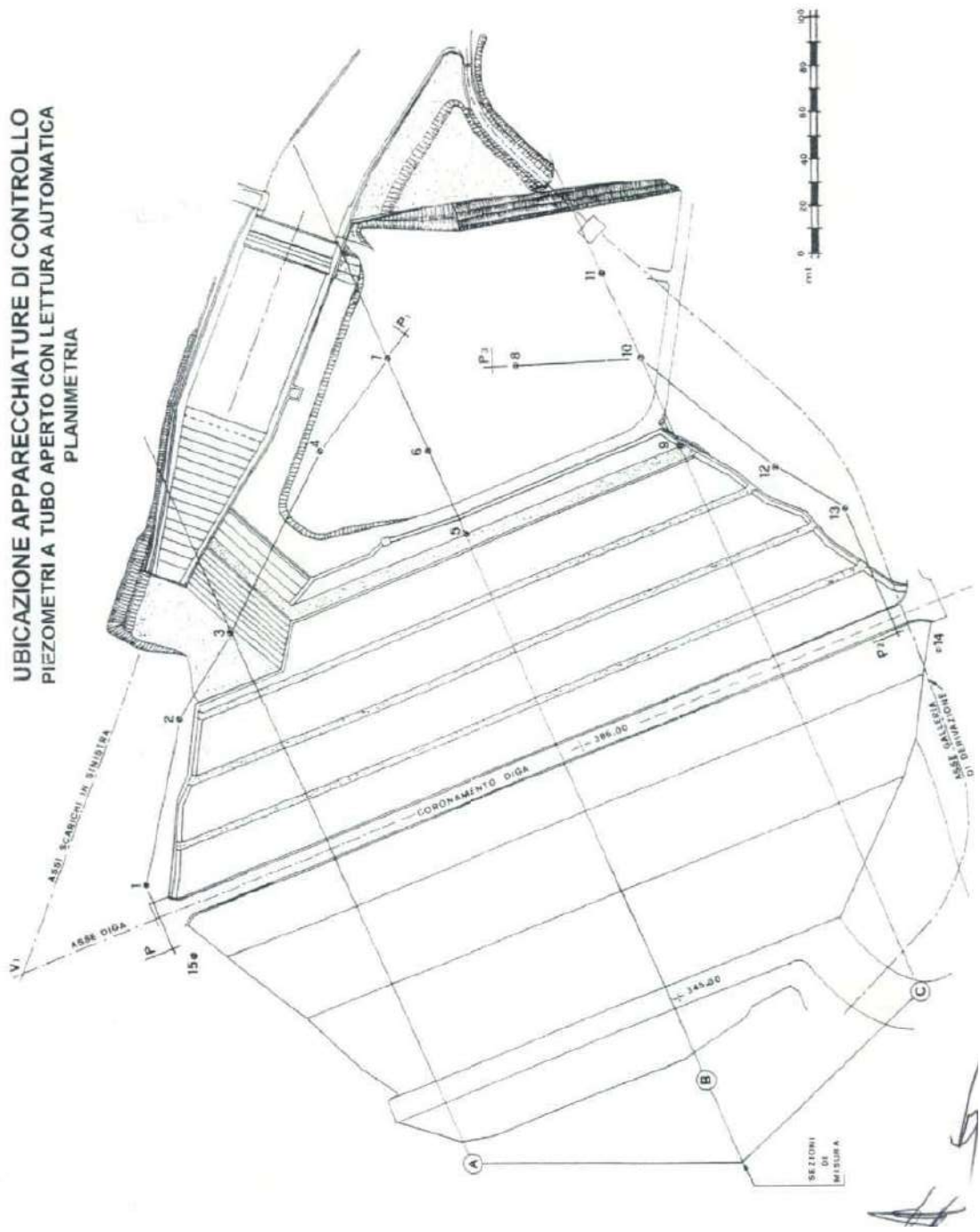
[Handwritten signature]

Ubicazione delle apparecchiature di controllo (Piezometri Pressiometri e Assestimetri) della Sezione strumentata A dello sbarramento dell'invaso di Santa Rosalia

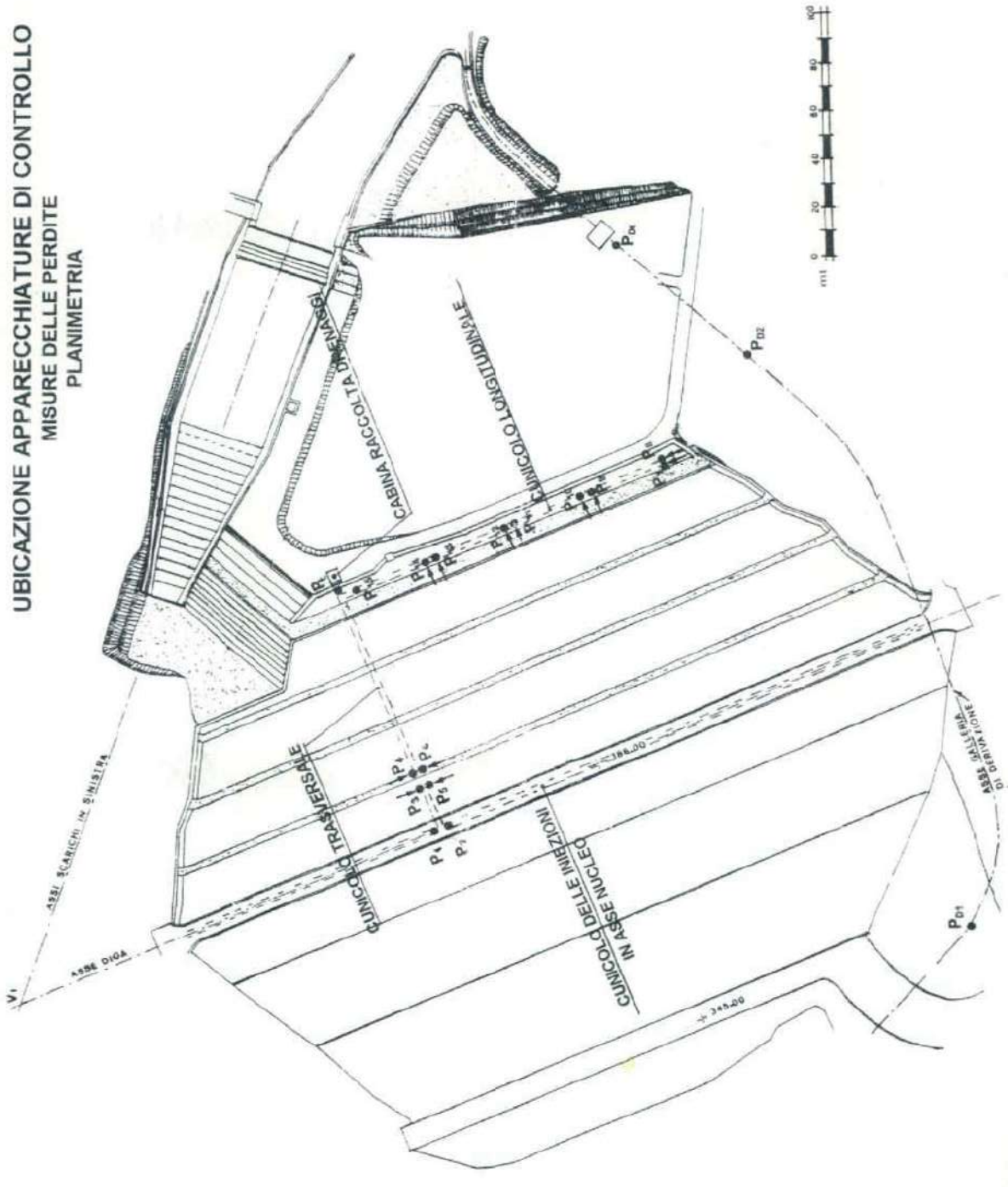


Ubicazione delle apparecchiature di controllo (Piezometri Pressiometri e Assestimetri) della Sezione strumentata C dello sbarramento dell'invaso di Santa Rosalia

UBICAZIONE APPARECCHIATURE DI CONTROLLO
 PIEZOMETRI A TUBO APERTO CON LETTURA AUTOMATICA
 PLANIMETRIA



Planimetria con l'ubicazione delle apparecchiature di controllo (Piezometri a tubo aperto) sulle spalle e sulla zona di colmata a valle dello sbarramento dell'invaso di Santa Rosalia



Planimetria con l'ubicazione delle apparecchiature di controllo (Punti di raccolta e misura delle perdite) provenienti dai campi drenanti a valle del nucleo dello sbarramento dell'invaso di Santa Rosalia

Legenda

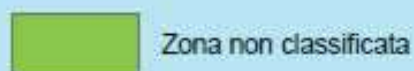
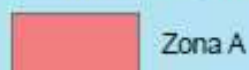


Rete Natura 2000



Aree Naturali Protette

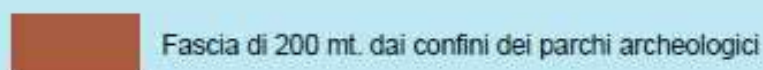
Riserve regionali (L.r. n.98/1981)



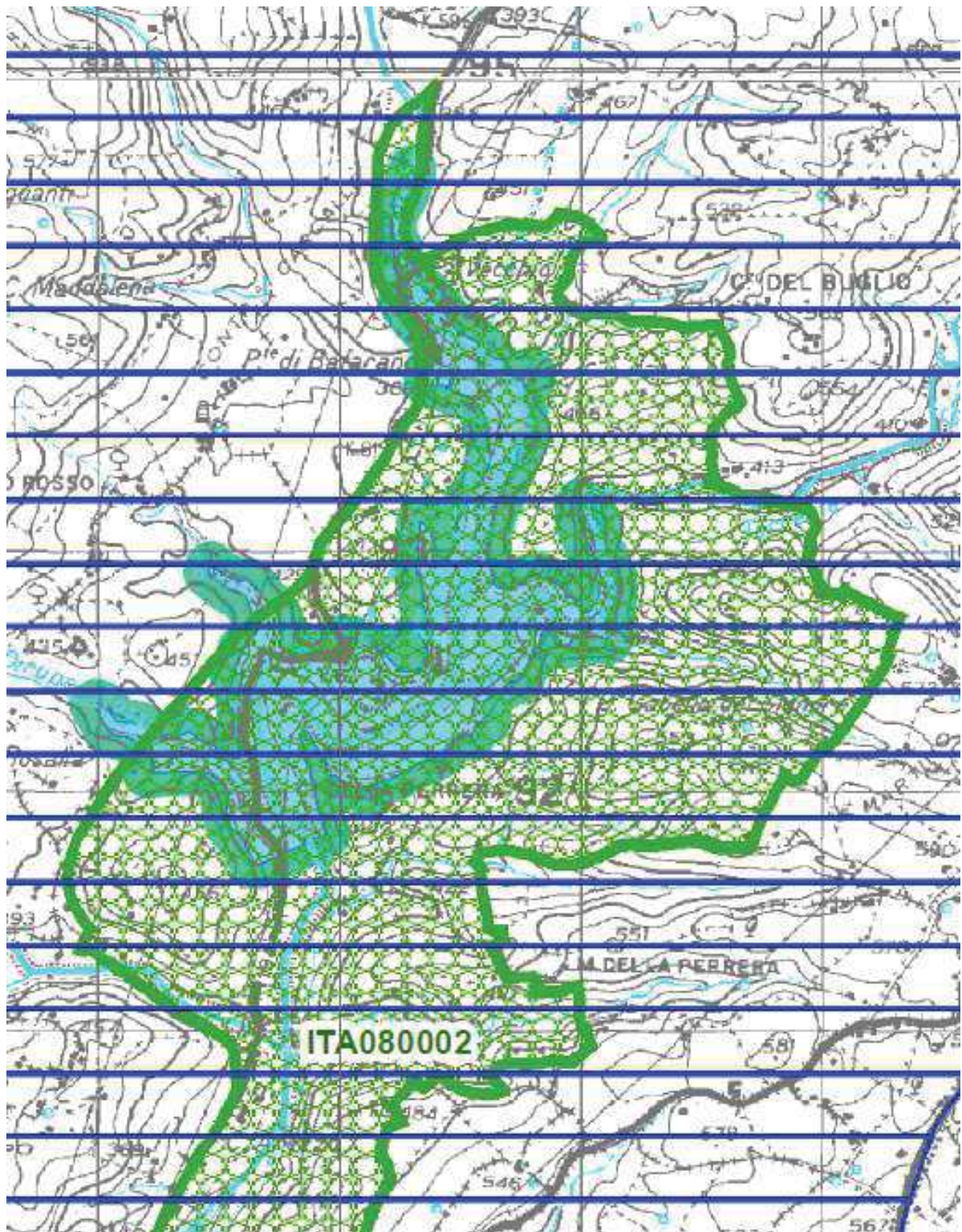
Salvaguardia dell'assetto idrogeologico



Vincoli di inedificabilità art.15 L.r. n.78/1976



Legenda Piano Paesaggistico Regione Siciliana per gli ambiti 15, 16 e 17 ricadenti nella Provincia di Ragusa



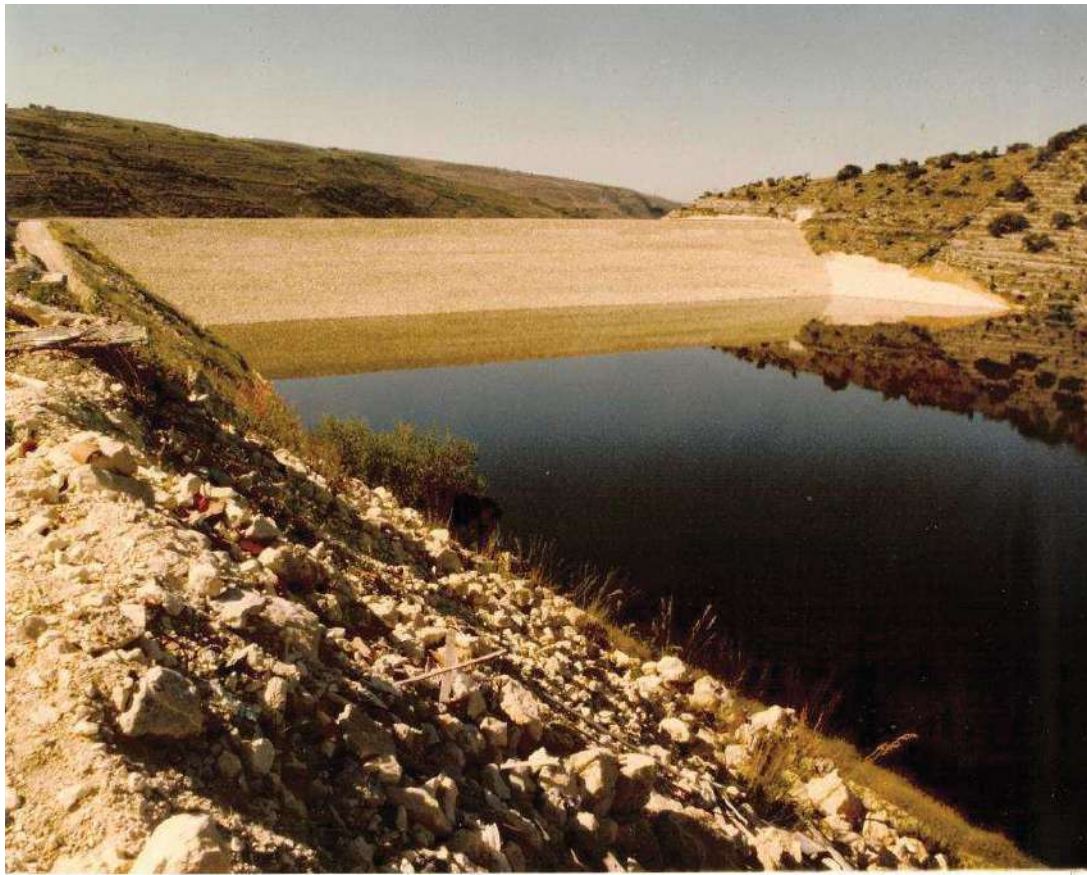
Carta dei vincoli del Piano Paesaggistico Regione Siciliana per la diga Santa Rosalia ricadente nel Comune di Ragusa



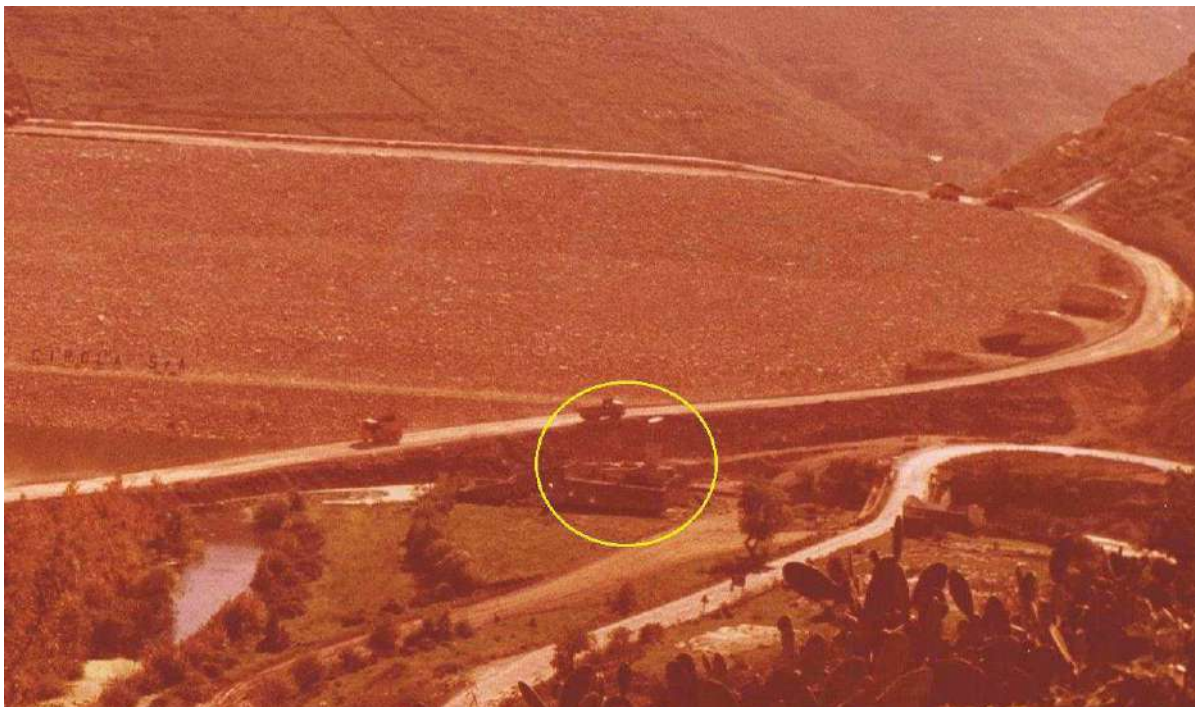
Vista d'insieme della diga Santa Rosalia ricadente nel Comune di Ragusa a seguito del completamento dei lavori di realizzazione



Cunicolo alla base del nucleo dello sbarramento e cunicolo trasversale di collegamento



Sbarramento lato monte



Torrino di presa derivazione e presa scarico di esaurimento alla base del paramento di monte dello sbarramento



Camera di manovra interna al cunicolo di derivazione –scarico di esaurimento in corrispondenza del torrino di presa derivazione e presa scarico di esaurimento



Cunicolo di derivazione –scarico di esaurimento



Scarico di superficie e scarico di fondo lato monte



Scarico di superficie e scarico di fondo lato valle



Sbocco galleria a valle dello scarico di superficie – scarico di fondo e vasca di calma



Cunicolo raccolta acque di drenaggio alla base dell'imposta del paramento di valle