



STUDIO DI INGEGNERIA

Dott. Ing. Guido Vacca

Via Is Arrius, 11 - tel. 61268

09013 CARBONIA (Cagliari)

# COMUNE DI VILLAPERUCCIO

Provincia di Cagliari

REALIZZAZIONE DI UN INVASO COLLINARE  
DA DESTINARE AD USO IRRIGUO IN AGRO  
DI VILLAPERUCCIO

REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA  
ASSESSORATO DEI LAVORI PUBBLICI

COMITATO TECNICO AMMINISTRATIVO PROVINCIALE  
DEI LAVORI PUBBLICI - CAGLIARI

PERIZIA SUPPLETIVA E DI VARIANTE

ADUNANZA DEL 25.03.97

VOTO N. 1064

IL SEGRETARIO

(Geom. CLAUDIO SECCI)

ELABORATO N.

02

## RELAZIONE TECNICA

DATA

APRILE 1995

REV.

1

NOVEMBRE 1996

2

SCALA

FILE

IL SINDACO

Regione Autonoma della Sardegna

VISTO ASSESSORATO DEI LAVORI PUBBLICI

SERVIZIO DEL CANTIERE - CAGLIARI

Esaminato, si esprime parere favorevole per  
l'approvazione.

Cagliari, 19 MAR. 1997

IL FUNZIONARIO ADDETTO

(Ing. Alberto Piras)

VISTO IL COORDINATORE DEL CANTIERE

(Dr. Ing. Antonio Deplano)

IL PROFESSIONISTA



ORDINE INGEGNERI  
PROVINCIA CAGLIARI

N. 1365

Dr. Ing. GUIDO VACCA

## 01 - GENERALITA'

Il progetto principale prevedeva, prima della realizzazione delle opere relative ai lavori di costruzione dello sbarramento, l'esecuzione delle indagini geognostiche, che non si erano potute fare in precedenza per mancanza di fondi.

Una volta ottenuto il finanziamento dell'opera, si e' proceduto all'appalto dei lavori, che comprendevano, come detto, anche le indagini geognostiche.

Alla luce dei risultati di dette indagini, si e' reso necessario traslare lo sbarramento a monte rispetto all'ubicazione prevista nel progetto.

Per questo fatto, prima di dare avvio alla costruzione dello sbarramento, si e' dovuto predisporre una perizia suppletiva e di variante, che comprende le modifiche necessarie per lo spostamento dello sbarramento e la realizzazione di tutte quelle opere consigliate nella relazione geognostica.

Per poter accedere con i mezzi alla zona dove sono state eseguite le indagini geognostiche, e' stata effettuata l'apertura della sede della strada di accesso, che risulta collegata alla strada provinciale n. 2.4 tramite la strada comunale Is Matta-Is Marroccus, per una lunghezza di circa 900 metri (vedi allegato n. 4).

In fase di istruttoria della perizia, e' stata richiesta una seconda campagna di indagini geognostiche, al fine di approfondire la situazione in corrispondenza del nuovo sbarramento e dell'invaso.

I risultati ottenuti in questa seconda fase di indagini, hanno portato ad apportare alcune modifiche alla perizia in corso di istruttoria.

## 02 - RISULTATI DELL'INDAGINE GEOGNOSTICO-TECNICA

La realizzazione dello sbarramento era prevista, nel progetto principale, nella sezione piu' a valle indicata nella planimetria allegata alla perizia.

Da un esame preliminare dei luoghi dove era prevista la realizzazione dello sbarramento, gli incaricati delle indagini geognostiche hanno rilevato la presenza di una paleofrana molto consistente, pertanto e' stata scartata l'ipotesi di ubicare la diga dove era prevista e le indagini sono state effettuate a monte verso l'interno del bacino.

I sondaggi hanno messo in luce la presenza di una sacca di limo argilloso, che si estende dal sondaggio S1 fino al sondaggio S15, mentre a monte di S15 non e' piu' presente.

Nel paragrafo 5.0.0 della relazione geognostico-tecnica, vengono esposte le conclusioni e le proposte operative e vengono esaminati i due aspetti fondamentali: modalita' di realizzazione dello sbarramento e ubicazione dello stesso.

Per quanto riguarda il primo aspetto, nella relazione geognostico-tecnica viene proposta la seguente soluzione:

- impermeabilizzazione del lato interno dello sbarramento mediante la posa di manto impermeabile, che assolva per intero la funzione di tenuta idraulica, fino al piano campagna (soluzione A) o fino allo strato roccioso (soluzione B);
- realizzazione dello sbarramento con l'uso di geotessili con strati ripiegati "a sacco", in modo da conferire allo sbarramento stesso una maggiore consistenza e diminuire la quantita' del materiale necessario.

Per il secondo aspetto (ubicazione dello sbarramento), nella relazione vengono proposte due soluzioni, da valutare in sede progettuale: realizzazione del corpo diga totalmente a monte della sezione rappresentata nella Tav. 5, oltre la quale non e' piu' presente la sacca di limo argilloso, con rilevato che andrebbe a poggiare su terreno consistente, oppure realizzazione del corpo diga a partire dalle sezioni delle Tavole 4 e 5, in modo che solo il 30-40% del corpo diga ricada sopra lo strato di limo.

In quest'ultimo caso, pero', bisognerebbe causare l'espulsione del limo, favorendone lo scorrimento verso zone scariche all'aumentare dell'altezza del rilevato.

Questa soluzione non sarebbe compatibile con la realizzazione "a sacco", in quanto la posa del geotessile deve avere carattere definitivo e quindi sarebbe necessario asportare preventivamente la sacca di limo presente. La scelta viene, comunque, subordinata alla capacita' che avrebbe l'invaso.

In conclusione, nella relazione geognostica viene proposta l'ubicazione del piede del paramento di valle del corpo diga nell'intorno della sezione di Tav. 4, con l'asportazione della sacca di limo, la realizzazione del rilevato "a sacco" e con il manto sintetico portato fino al substrato, ancorato con cordolo in calcestruzzo, lungo il quale realizzare il diaframma di impermeabilizzazione con iniezioni di cemento.

Per quanto riguarda le iniezioni di cemento, nel paragrafo 4.0.0. viene proposta la realizzazione di due file parallele di fori distanti 50 cm una dall'altra, con interasse dei fori di 1,00 metro sfalsati.

La seconda fase di sondaggi e' stata effettuata lungo l'asse dello sbarramento previsto nella perizia e nella zona dell'invaso.

Contrariamente a quanto ipotizzato nella prima relazione, e' stato verificato che la sacca di limo argilloso si estende anche a monte del sondaggio S15 effettuato nella prima fase di sondaggi.

Questo ha portato a prevedere il risanamento del terreno sottostante lo sbarramento mediante asportazione di tutte le terre e il limo fino allo strato roccioso.

Le analisi di laboratorio sui materiali hanno verificato che gli stessi possono essere utilizzati per la fondazione e per la diga, purché l'angolo sull'orizzontale non sia superiore a 25°.

Non verra' utilizzato per i rilevati il primo strato di terreno vegetale relativo allo scoticamento.

### 03 - SCELTE PROGETTUALI

In fase di scelta definitiva delle modalita' di realizzazione dello sbarramento e di ubicazione dello stesso, sono state tenute presenti le indicazioni descritte al paragrafo precedente, cercando di adattarle alle esigenze tecniche e soprattutto economiche, trattandosi di opera gia' appaltata e con importo dei lavori gia' fissato, non potendo superare il 30% dell'importo contrattuale.

Le scelte operate, comunque, rispettano le conclusioni delle relazioni geotecniche, come meglio evidenziato nei punti che seguono.

#### a - Modalita' di realizzazione dello sbarramento

Per quanto riguarda le modalita' di realizzazione dello sbarramento, seguendo le indicazioni delle relazioni geognostico-tecniche, sono state operate le seguenti scelte:

- impermeabilizzazione del lato interno dello sbarramento mediante guaina in polietile ad alta densita' dello spessore di 2.00 mm, che assolvera' al compito di realizzare una perfetta tenuta, evitando i rischi connessi alla scelta delle terre da utilizzare per lo sbarramento, che in questo caso avranno principalmente funzioni statiche.

Per quanto riguarda l'ancoraggio della guaina, si e' preferito adottare la soluzione "B", che prevede la realizzazione del cordolo in calcestruzzo a contatto con lo strato roccioso, sopra lo schermo ottenuto con le iniezioni di cemento. In questo modo verra' creata una impermeabilizzazione continua, dallo sbarramento fino agli strati impermeabili del sottosuolo.

- realizzazione dello sbarramento con le pendenze previste in progetto, senza l'uso del geotessile a sacco.

La soluzione a sacco non e' stata possibile perche' il relativo costo sarebbe stato talmente elevato da non poter essere sopportato con le risorse finanziarie disponibili.

#### b - Ubicazione dello sbarramento

Lo sbarramento verra' realizzato totalmente a monte della sezione della Tav. 5 (1. relazione), in modo da garantire un volume di invaso accettabile.

Come detto in precedenza, con l'asportazione di tutti i materiali fino allo strato roccioso, e' garantito un piano di posa solido.

L'altezza dello sbarramento e' stata portata a 9,70 m.

Nel disegno allegato alla presente relazione vengono evidenziate le due ubicazioni dello sbarramento:

- ubicazione prevista nel progetto principale;
- ubicazione adottata in perizia.

Per quanto riguarda le iniezioni di cemento, e' stato rispettato quanto riportato nella 2. relazione geotecnica, che, a seguito delle prove di permeabilita', ha individuato una zona sulla Dx (vedi sezione allegata alla relazione) che deve essere migliorata con iniezioni di cemento per una profondita' massima di 5.00 m.

Nella 2. relazione viene consigliata una paratia di pali trivellati allineati, con l'interasse consigliato nella 1. relazione, considerando pero' quello in direzione normale al flusso idrico, cioe' di 71 cm.

Nella zona e' stato previsto, pertanto, uno schermo di fori della profondita' di 6.00 metri con interasse di 70 cm.

#### 04 - SCELTA TIPO SBARRAMENTO E MATERIALI DA UTILIZZARE

Il tipo di sbarramento e' stato individuato tra quelli non soggetti alle disposizioni delle "Norme tecniche per la progettazione e la costruzione delle dighe di sbarramento" di cui al Decreto del Ministero dei Lavori Pubblici del 24.03.1982.

Infatti solo gli sbarramenti che superano uno dei due limiti sottoindicati, 100.000 mc di invaso o 10 m di altezza, ricadono tra le opere di competenza del Ministero dei LL.PP..

Sono stati presi in considerazione due tipi di sbarramento: in materiale sciolto e in struttura muraria massiccia a gravita' in calcestruzzo.

La seconda ipotesi e' stata scartata in quanto la struttura massiccia in calcestruzzo deve necessariamente poggiare su un piano di fondazione consistente o in roccia, pertanto, in questo caso, alla luce dei risultati della relazione geognostica e di quanto detto in precedenza, si dovrebbe realizzare una fondazione sotto il piano di campagna dell'altezza media di 4-5 metri, con un costo, per la realizzazione della stessa, circa uguale a quello necessario per la realizzazione dello sbarramento sopra il piano di campagna.

Per questo motivo si e' optato per uno sbarramento costituito da una diga in materiali sciolti con coronamento rettilineo.

La stretta ricade nell'alveo del rio Bauvenu, che sottende un bacino idrologico di 1.10 kmq.

Come detto in precedenza, la funzione di tenuta idraulica verra' svolta dal telo impermeabile e dalle iniezioni di cemento, per cui lo sbarramento dovra' assolvere alla sola funzione di stabilita', gia' dimostrata in sede di progetto principale.

I materiali che verranno utilizzati per il rilevato saranno costituiti da una miscela di terra e pietrame.

La posa in opera avverrà dopo la composizione della miscela e la effettuazione delle analisi di laboratorio sui campioni miscelati, al fine di trovare la esatta composizione per ottenere un materiale omogeneo che rientri nelle classi A2-4/A2-5.

Per la formazione della miscela verranno utilizzati in parte i materiali alluvionali che si trovano all'interno dell'invaso, opportunamente miscelati e omogeneizzati.

Prima dell'inizio dell'opera verranno eseguiti, con le attrezzature di cantiere, appositi rilevati sperimentali, tendenti a stabilire le giuste percentuali, i parametri della posa in opera e le proprietà meccaniche risultanti.

Solo componendo la miscela con le attrezzature di cantiere sarà possibile ottenere la composizione che poi verrà utilizzata per la costruzione dello sbarramento, mentre analisi preventive sui singoli materiali non potranno fornire elementi definitivi sulle qualità finali del materiale.

Il volume totale delle terre necessarie per lo sbarramento è di mc 10.411,35, oltre a 1.940,97 mc necessari per la sostituzione del terreno vegetale relativo allo scoticamento.

Per il rilevato non verranno utilizzati i materiali provenienti dallo scavo di scoticamento che si effettuerà per ricavare la fondazione interrata, ma gli stessi verranno utilizzati per opere di sistemazione.

Verranno esclusi, inoltre, i materiali contenenti, in sensibile misura, residui organici o sostanze solubili.



## 05 - DISPOSITIVI E APPARECCHI DI MISURA E CONTROLLO

E' quell'insieme di apparecchiature che riguarda il controllo degli spostamenti elastici dello sbarramento, assestamenti del rilevato e quote di invaso.

Per la misura degli spostamenti vengono posizionati un collimatore e la mira fissa all'esterno dello sbarramento su due basamenti in calcestruzzo, ubicati nei punti indicati nella planimetria. Lungo il coronamento verranno ubicate cinque mire mobili, ubicate a distanza di 20 metri una dall'altra, come indicato nella planimetria. Dalle basi fisse vengono rilevati eventuali variazioni di quota ed eventuali spostamenti orizzontali rispetto alla linea di collimazione.

Si installeranno, inoltre, su una sponda, dei punti fissi, costituiti da piccoli basamenti in calcestruzzo, per ricavare una scala idrometrica, nel numero di uno ogni metro di quota a partire dalla quota di coronamento.

## 06 - IMPERMEABILIZZAZIONE SCARPATA A MONTE

La scarpata dello sbarramento a monte, che sara' a diretto contatto con l'acqua, verra' impermeabilizzata, come gia' detto in precedenza, mediante posa di telo in Polietilene ad alta densita', dello spessore di 2,00 mm, fornito in opera in teli sovrapposti ai bordi e uniti tramite idonea saldatura in modo da evitare qualsiasi perdita.

Al fine di evitare le controspinte dovute all'acqua, nella parte sottostante il manto impermeabile verra' predisposta una geogriglia, che avra' la funzione di evitare il diretto contatto della guaina con la terra che forma lo sbarramento e di creare uno spazio dove smaltire eventuale acqua sotto il telo.

Nella parte bassa del paramento verra' collocata una tubazione in polietilene del diametro di 200 mm per la raccolta delle acque alla base del paramento a monte, convogliando le stesse a valle dello sbarramento.

La parte di tubo che risultera' sotto la diga sara' forato per facilitare la raccolta dell'acqua e verra' rivestito con ghiaia per evitare l'intasamento.

Questo permettera' di tenere sotto controllo eventuali perdite della guaina, consentendo un pronto intervento per la riparazione di eventuali parti danneggiate.

Per facilitare il deflusso verso il tubo delle acque che per qualunque motivo arrivassero sotto lo sbarramento, e' stato predisposto un sistema di drenaggi in pietrame, con la configurazione planimetrica riportata nell'elaborato n. 13.

Le parti terminali del telo verranno ancorate, sia nel coronamento che nelle sponde dello sbarramento, con un getto in calcestruzzo, delle dimensioni riportate nel particolare costruttivo.

Nelle sponde il blocco di ancoraggio in calcestruzzo verra' realizzato a contatto con la roccia, in corrispondenza dei fori dello schermo impermeabile, in modo da creare la continuita' tra lo schermo e la guaina.

La guaina verra' posata anche nella parte interrata fino al raggiungimento della roccia. In questa parte, essendo completamente incassata nel terreno, la pendenza della stessa sara' di 1:1.

## 07 - IMPERMEABILIZZAZIONE STRATO IN ROCCIA SOTTOSTANTE

Nella 2. relazione geognostica viene posto in evidenza il fatto che lo strato di roccia sottostante la zona Dx di imposta della diga non garantisce una idonea tenuta.

Nella stessa viene proposta l'esecuzione di una serie di fori posti a interasse di 71 cm circa, con successivo riempimento con miscela di cemento e idoneo fluidificante, in modo da favorire l'infiltrazione della stessa nelle fratture e creare uno schermo impermeabile.

Lo spessore massimo dello strato e' di 5.00 m, ma nella stessa relazione si consiglia di realizzare i fori piu' profondi, in modo da ottenere la continuita' tra lo strato sottostante e lo schermo creato.

I fori verranno realizzati di diametro pari a 86 mm e posti ad interasse di 70 cm, secondo la disposizione indicata nell'elaborato n. 11.

## 08 - CALCOLO DELLA PORTATA DI PIENA

In assenza di osservazioni dirette si e' deciso di far riferimento a due metodi indiretti per il calcolo della portata di piena: il metodo proposto dal Sirchia e il metodo cinematico.

Il metodo del Sirchia, rielaborato ed aggiornato dal Fasso', propone, sulla base delle piene verificatesi in un lungo periodo in diversi bacini della Sardegna, di valutare le portate di piena in funzione della sola superficie del bacino.

La curva interpolante i dati osservati dal Sirchia e rielaborato da Fasso', per bacini inferiori a 21 kmq, assume l' espressione:

$$Q = C * 45.80 * A * 1/A^{0.106} \quad \text{in cui:}$$

A = superficie del bacino in kmq;

C = coefficiente riduttivo che tiene conto delle caratteristiche idrologiche del bacino con riguardo soprattutto al regime delle precipitazioni intense della zona in cui e' ubicato il bacino.

Secondo le indicazioni della pubblicazione del Fasso', il coefficiente C per i bacini in esame assume un valore pari a 0.80, per cui si ottiene un valore di Q pari a 36.28.

Al fine di valutare il periodo di ritorno da assegnare alla portata di massima piena, si e' preferito, inoltre, calcolare la piena col metodo cinematico.

Il metodo piu' adatto per stimare le portate di piena e' quello di calcolare le portate a partire dalle piogge critiche, applicando il metodo cinematico, in base al quale l'espressione che fornisce la massima piena e' la seguente:

$$Q = \frac{D * A * htc}{3,6 * tc}$$

con: Q = portata di piena espressa in mc/sec;

D = coefficiente di deflusso;

A = area del bacino idrografico in kmq;

tc = tempo di corrivazione del bacino in ore;

htc = altezza critica della precipitazione di durata tc in mm.

Il metodo cinematico solitamente ben si adatta alle stime di portata di piena dei piccoli bacini, fra i quali possono essere classificati in bacini di estensione massima pari a qualche centinaio di kmq, mentre, per bacini di maggiori dimensioni, fornisce risultati sovrastimati.

L'altezza critica viene valutata con le curve di possibilità pluviometrica della zona in esame, i cui valori, quando sono ricavati in base a lunghi periodi di osservazione, si riferiscono al centro di scroscio dell'evento critico. All'aumentare dell'area interessata l'altezza critica di precipitazione ragguagliata diminuisce. Per tale motivo qualche autore ha suggerito di modificare le espressioni delle curve di possibilità pluviometrica in modo che i parametri che le caratterizzano varino in funzione dell'area interessata.

Tali espressioni sono però valide solo per le zone per cui sono state ricavate, mentre in generale mancano adeguati studi per la loro applicazione ad altre zone.

L'espressione precedente fornisce valori tanto più attendibili quanto più attendibili sono le stime del tempo di corrivazione, del coefficiente di deflusso e della pioggia critica.

Una valutazione della precipitazione critica la si può ottenere, mediante l'uso delle formule ricavate dai ricercatori dell'Università di Cagliari, dalla elaborazione statistica di tutti i dati delle precipitazioni intense di durata compresa fra 5' e un giorno registrate dalla rete pluviometrica regionale.

Per il bacino relativo al presente progetto, le curve di possibilità pluviometrica sono rappresentate da quelle del I gruppo, valide in genere per tutte le zone del versante sud-occidentale della Sardegna.

L'espressione matematica delle curve è la seguente:

$$htc = h_1 * t^{(0.31354 - 0.00183 * u)}$$

$$\text{con } \log h_1 = 1.28174 + 0.17609 * u$$

Nelle precedenti espressioni "h<sub>1</sub>" rappresenta la pioggia critica di durata oraria, espressa in mm/ora, "htc" la pioggia critica di durata "tc" ore espressa in mm, "u" il frattile della distribuzione normale standardizzata.

Il valore di "u" e' in funzione della probabilita' o, che e' lo stesso, del periodo di ritorno, e pertanto le espressioni precedenti consentono di ricavare l'altezza di precipitazione critica relativa ad un evento avente un prefissato periodo di ritorno. Nel caso in esame "u" e' pari a 3.090, per un tempo di ritorno pari a 1000 anni.

Piu' incerta e' la valutazione del coefficiente di deflusso e del tempo di corrivazione. Per quanto concerne quest'ultimo, dapprima e' stata eseguita la stima mediante l'applicazione della formula del Ventura:

$$t_c = 0.1272 * \sqrt{A/i} \quad (\text{ore})$$

nella quale "A" rappresenta la superficie de bacino in kmq e "i" rappresenta la pendenza media del bacino che puo' essere calcolata con la formula:

$$i = \frac{L}{\sum k (L_k / i_k)}$$

dove i valori di "ik" ed "Lk" rappresentano rispettivamente la pendenza e la lunghezza dei tratti nei quali la pendenza dell'alveo puo' considerarsi uniforme; "L" rappresenta la lunghezza complessiva dell'asta principale ed e' uguale alla sommatoria delle "Lk".

I valori cosi' ottenuti sono stati confrontati con la formula indicata dal Viparelli, che assume una velocita' della corrente di piena pari a 1 m/s:

$$t_c = L/3600 \quad (\text{ore})$$

Si sono assunti cautelativamente i valori di "tc" piu' bassi e quindi i valori delle portate istantanee maggiori.

Infine, per quanto concerne il coefficiente di deflusso, si e' considerato che questo, per fenomeni di carattere eccezionale quali sono le piene, dipenda piu' che dalle caratteristiche geologiche del bacino, dalle condizioni di umidita' del suolo e dall'intensita' della precipitazione.

Si puo' ritenere che entrambi i fattori diventino piu' critici all'aumentare del tempo di ritorno. Infatti, non solo i valori della precipitazione sono maggiori all'aumentare di questo, ma si puo' verosimilmente ritenere che l'evento stesso accada in condizioni critiche del terreno sia riguardo alle condizioni di saturazione del suolo che alle condizioni degli invasi superficiali.

Le condizioni critiche del bacino dipendono anche dalla sua estensione, nel senso che in un piccolo bacino, proprio per la sua limitata estensione, e' piu' probabile che un evento, anche non del tutto eccezionale, possa considerarsi critico.

Mentre per un grande bacino la precipitazione critica puo' assumere intensita' molto variabili da zona a zona cosi' come il contenuto di umidita' del suolo puo' essere assai diverso, talche' si verifica sempre una mediazione dei fattori critici; per i piccoli bacini la precipitazione puo' essere critica su tutta l'estensione e l'evento puo' piu' facilmente verificarsi dopo altri eventi di minore intensita' che hanno interessato tutto il bacino creando condizioni critiche nello stesso.

Tutto cio' considerato, si e' ritenuto che la determinazione dei coefficienti di deflusso debba essere fatta tenendo soprattutto conto del tempo di ritorno dell'evento di piena preso in esame e delle dimensioni del bacino. Il coefficiente di deflusso e' stato posto pari a 1.00 per gli eventi di piena con periodo di ritorno di 1000 anni, mentre e' stato fissato pari a 0.80 per periodi di ritorno  $\leq$  500 anni.

Il calcolo della piena, e' stato eseguito, come gia' detto, per un periodo di ritorno pari a 1000 anni.

Nella tabella relativa ai calcoli delle portate di piena eseguite con l'applicazione della formula (1), compaiono anche tutti i dati utili per la stima del tempo di corrivazione quali: la pendenza "i", l'altitudine media Hm; la lunghezza dell'asta principale L e la estensione del bacino A. Viene riportato, inoltre, il tempo di corrivazione calcolato con le formule sopra indicate.

Vengono poi indicati i valori della precipitazione critica relativa al tempo di corrivazione del bacino per il periodo di ritorno prefissato ed il valore del coefficiente di deflusso.

Nell'ultima colonna sono riportati, infine, i valori della massima piena relativa al periodo di ritorno preso in considerazione.

# TABELLA RISULTATI OTTENUTI

- Area del bacino (Kmq)	1.10
- Altitudine media (m s.l.m.)	369.75
- Lunghezza asta principale (m)	1350
- Pendenza media (%)	3.04
- Coefficiente di deflusso	1.00
- Curve di possibilita' pluviometrica del I GRUPPO	

I risultati della prima riga sono stati ottenuti con la formula del Ventura, mentre quelli riportati nella seconda riga derivano dal calcolo effettuato con la formula del Viparelli.

Tr	tc	h1	htc	Qmax
1000	0.767	66.967	61.73	24.59
1000	0.375	66.967	49.56	40.38

in cui: Tr = tempo di ritorno (anni)  
tc = tempo di corrivazione (ore)  
h1 = pioggia critica di durata oraria (mm)  
htc = pioggia critica di durata tc (mm)  
Qmax = portata massima piena (mc/sec)



## 09 - SCARICO DI FONDO E DI ESAURIMENTO IN FASE DI ESERCIZIO E DI COSTRUZIONE

Lo scarico di fondo e' ricavato sotto la fondazione del corpo diga e scarica direttamente nell'aveo del fiume a valle.

Esso e' costituito da una condotta del diametro di 500 mm in acciaio rivestita completamente in calcestruzzo e posta sotto la fondazione dello sbarramento.

L'adozione di una sola condotta e' sufficiente, dato il volume relativamente modesto del lago.

La chiusura dello scarico e' realizzata mediante due saracinesche a corpo piatto.

Il pozzetto di manovra, dove e' ricavata la camera di manovra e' ubicato a valle dello sbarramento.

Le caratteristiche dello scarico di fondo restano quelle previste nel progetto principale.

Il metodo adottato per il calcolo del tempo necessario per lo svuotamento del serbatoio attraverso gli scarichi di fondo e di superficie e' quello classico che, nota la legge che lega il volume dell'invaso all'altezza d'acqua, nonche' le equazioni relative agli scarichi, esprime la variazione di volume in funzione delle portate in uscita.

La curva di invaso e' stata ottenuta con la misura diretta delle aree e dei volumi.

La portata affluente dallo scarico di fondo e' espressa dalla formula:

$$Q = \frac{A \cdot \sqrt{(2g \cdot Y)}}{(1/C_v^2 + 8g \cdot L/B^2 \cdot D)} \quad (\text{mc/sec})$$

in cui:

D = diametro di scarico di fondo in m;

A = sezione della condotta =  $0.50 \cdot 0.50 \cdot 3.14/4 = 0,196 \text{ mq}$ ;

Y = altezza misurata tra il livello al tempo "t" a monte e la quota dello sbocco a valle della condotta di scarico;

L = lunghezza della condotta in m;

B =  $87 \cdot \sqrt{R/(\tau + R)}$  con  $\tau = 0.16$  ed  $R = D/4$  raggio idraulico

Cv = coefficiente di contrazione assunto pari a 0,61.

L'integrazione dell'equazione precedentemente indicata e' stata effettuata alle differenze finite assumendo come condizione iniziale all'istante  $t=0$ ,  $H$  = quota massima di regolazione.

I risultati sono riportati nella tabella allegata. Da essi si desume il tempo necessario per vuotare il lago fino alla quota delle acque morte, con un volume residuo praticamente nullo, risultato pari a 15,78 ore per il volume netto senza la asportazione di terra per lo sbarramento e di 24,00 ore nell'ipotesi di asportazione di mc 12.532,32 di terre per lo sbarramento dall'interno dell'invaso.

Lo scarico di fondo verra' ubicato sotto la fondazione dello sbarramento e di conseguenza la sua realizzazione avverra' prima della costruzione dello sbarramento.

Questo consente di utilizzare lo scarico di fondo per lo smaltimento delle acque durante la fase di costruzione dello sbarramento fino al riempimento dell'invaso.

TABELLA TEMPI DI SVUOTAMENTO

$H_i$ (m)	$H_f$ (m)	$V$ (mc)	$V_1$ (mc)	$Q$ (mc/h)	$t$ (ore)	$t_1$ (ore)
165.00	164.00	8.986	9.875	1.689	5.32	5.83
164.00	163.00	6.850	8.700	1.592	4.30	5.46
163.00	162.00	4.911	7.550	1.489	3.30	5.07
162.00	161.00	2.811	6.700	1.379	2.04	4.86
161.00	160.00	1.033	3.500	1.259	0.82	2.78
TEMPO TOTALE (ore)					15.78	24.00

in cui:  $H_i$  = quota iniziale invaso  
 $H_f$  = quota finale invaso  
 $V$  = Volume da scaricare (senza asportaz. terre)  
 $V_1$  = Volume da scaricare (dopo asportaz. terre)  
 $Q$  = portata della condotta di scarico  
 $t$  = tempo parziale di scarico del volume  $V$   
 $t_1$  = tempo parziale di scarico del volume  $V_1$

## 10 - SFIORATORE

Lo scarico di superficie e' costituito da una soglia tracimante (sfioratore) seguita da un canale, che ha il compito di allontanare le acque sfiorate, scaricandole a valle dello sbarramento senza interessare la base dello stesso.

Lo sfioratore e il canale di scarico sono ubicati all'esterno del corpo diga, su terreno consistente, in modo da evitare eventuali fenomeni di erosione.

La soglia dello sfioratore ha una larghezza, misurata lungo la linea di contatto con l'acqua, di metri 9,00, mentre se si misura in senso ortogonale all'asse, la larghezza e' di metri 6,00, che si riduce progressivamente a metri 4,00 dopo una lunghezza di 10 metri. In questo punto incomincia il canale di scarico, che e' composto da un primo tratto con pendenza pari al 3,00% e larghezza metri 4,00 e da un secondo tratto di larghezza metri 2,50 e pendenza pari al 12,90%.

Il tratto finale e' caratterizzato da una larghezza crescente da 2,50 a 4,50 metri, al fine di ridurre la velocita' dell'acqua in uscita dal canale ed evitare fenomeni locali di erosione.

Nel punto di recapito all'alveo del rio, nella sponda opposta, e' previsto un muro in pietre che consentira' di evitare qualsiasi fenomeno erosivo dovuto alla velocita' dell'acqua.

Sia lo sfioratore che il canale di scarico verranno realizzati in calcestruzzo con sottofondo in tout-venant dello spessore di cm 15.

Sia le pareti che il fondo avranno uno spessore di cm 30.

Lo sfioratore e' stato calcolato in modo tale che l'altezza del carico d'acqua non superi mai il valore massimo di 1,00 metro, conservando sempre il franco della diga pari a 1,50 metri. In questo modo si eviteranno, in ogni caso, eventuali pericolose tracimazioni lungo il coronamento della diga.

Le pareti in calcestruzzo avranno un'altezza di due metri.

Le velocità dei due tratti del canale, viene calcolata con la nota formula di Chezy

$$V = B * \sqrt{(Rj)}$$

dove:  $V$  = velocità dell'acqua nel canale (m/sec)  
 $B = 87/\sqrt{R/(\tau + \sqrt{R})}$ : formula di Bazin;  
 $R$  = raggio idraulico (m);  
 $j$  = pendenza del tronco di canale considerato;  
 $\tau$  = coefficiente di scabrezza (formula di Bazin)  
per il cemento non liscio = 0,16.

mentre la portata "Q" è uguale a:

$$Q = V * S$$

con  $S$  = sezione della corrente liquida.

Per il primo tratto si ottiene:

Larghezza canale = 4,00 m  
Altezza carico acqua = 1,00 m  
Raggio Idraulico  $R = 0,67$  m  
 $B = 72,80$   
 $V = 10,32$  m/sec  
 $Q = 42,28$  mc/sec

Per il secondo tratto si ha:

Larghezza canale = 2,50 m  
Altezza carico acqua = 1,00 m  
Raggio Idraulico  $R = 0,56$  m  
 $B = 71,70$   
 $V = 19,27$  m/sec  
 $Q = 48,18$  mc/sec

Dai risultati ottenuti si può concludere che le opere di scarico superficiale sono di caratteristiche tali da poter smaltire le portate di massima piena, il cui valore massimo risulta, calcolato secondo il metodo del Viparelli, pari a 40,38 mc/sec, per un tempo di ritorno di 1.000 anni.

## 11 - STUDIO IDROLOGICO

Per quanto concerne la valutazione delle risorse idriche, in questa sede si forniscono alcuni elementi di carattere generale in relazione al problema della stima delle risorse disponibili.

Per la stima di massima delle risorse, sembra sufficiente, in questa sede, fornire alcune indicazioni sui valori sia dei deflussi medi annui che dei deflussi minimi annui che si potranno avere nel bacino.

Poiche mancano del tutto misure dirette di portata per i piccoli bacini, si possono seguire solamente dei metodi indiretti.

In generale, ci si e' riferiti agli afflussi o ai deflussi di sezioni o stazioni note e/o per i quali e' stata ricostruita la serie storica dei dati nell'ambito dello studio dell'Idrologia Superficiale della Sardegna (S.I.S.S.), che rappresenta uno degli studi prodromici del Piano delle Acque Sardegna.

In particolare sono stati presi in considerazione gli afflussi della stazione di Pantaleo, ricostruiti nel S.I.S.S., analizzando sia i valori medi che il valore minimo storico o il valore corrispondente ad una prefissata probabilita' di non superamento.

Nel caso dello studio in oggetto, ha interesse conoscere il valore minimo del deflusso, in quanto si deve raggiungere la sicurezza che gli invasi si riempiano anche negli anni in cui il deflusso e' minimo. In generale si e' controllato che la superficie del bacino scolante sia abbastanza grande da garantire sempre il riempimento dell'invaso.

Tali valori possono essere garantiti anche da bacini molto piccoli, in quanto per una estensione di 1 kmq e' sufficiente che si verifichi una altezza di deflusso superficiale pari a 50+80 mm, per garantire il riempimento di un invaso di capacita' pari a 37.000 mc.

E' importante affrontare la tematica della valutazione della domanda d'acqua e dei fabbisogni da soddisfare, sia perche' sono i piu' rilevanti in termini quantitativi, sia perche' gli altri usi sono piu' incerti.

Nella relazione tecnica del progetto principale e' stata analizzata la scelta del metodo di determinazione dei fabbisogni irrigui da adottare e la definizione degli

ordinamenti colturali da ipotizzare per il futuro assetto irriguo delle aree interessate, essendo presenti, nel comune Villaperuccio, insediamenti produttivi prevalentemente agricoli.

Sotto il profilo climatico il territorio presenta una leggera variabilita' di condizioni.

Uno dei principali aspetti del clima e' costituito dalle escursioni estive/invernali, con una stagione piovosa invernale e una stagione estiva siccitosa e spesso ventosa: gli effetti del vento, di elevata frequenza e intensita' (soprattutto provenienti dal quadrante Nord-occidentale) e la ricorrente aleatorietà delle precipitazioni in taluni periodi critici dell'anno, mettono in crisi le attivita' agricole.

Simile caratterizzazione generale subisce, a livello locale, l'influenza piu' o meno rilevante delle condizioni morfologiche di giacitura e di esposizione in cui si trova il territorio.

I dati climatici disponibili piu' numerosi e meglio distribuiti territorialmente sono quelli relativi alle precipitazioni, che risultano di norma, concentrate nei mesi autunno-primaverili, essendo assai poco significative quelle che cadono nei mesi estivi. Scorrendo tali dati, che ai fini del presente studio e di quello idrologico hanno formato l'oggetto delle speciali elaborazioni di cui si fara' cenno piu' avanti, si e' potuto rilevare che le precipitazioni annue oscillano fra i 520,90 mm e i 1.385,50 mm.

Sugli altri aspetti climatici bastera' accennare:

a) che la ventosita', pur costituendo un fattore dominante nella climatologia, esercitando una notevole influenza sulla evaporazione (e quindi sulla evapotraspirazione), non e' conosciuta in una misura statisticamente valida, poiche' i dati di misura, oltre ad essere disponibili sotto forma di medie mensili, scarsamente significative, sono rilevati, di norma, presso poche stazioni, per lo piu' ubicate in posizioni di particolare interesse climatologico generale, ma che non coincidono quasi mai con i singoli comprensori;

b) che altri fattori climatici di considerevole interesse agronomico (insolazione e umidita' relativa dell'aria) sono disponibili solo in misura assai limitata, anche nel territorio regionale poiche' il loro rilevamento viene effettuato soltanto da poche stazioni che non possono considerarsi rappresentative dei comprensori irrigabili;

c) che tutti gli altri fattori climatici (radiazione solare, pressione di saturazione del vapore al punto medio di rugiada, pressione di saturazione del vapore alle temperature medie dell'aria, temperatura dell'aria al punto di rugiada), non sono quasi mai disponibili nei comprensori per cui il loro eventuale impiego ai fini agronomici (valutazione dei fabbisogni irrigui, ad esempio), non puo' che basarsi su determinazioni indirette.

In conclusione, pero', si puo' dire che il clima, con i suoi numerosi microclimi, si presenta generalmente favorevole per l'agricoltura, facendo salve le limitazioni locali dovute a sfavorevoli esposizioni o ad accenni di continentalita' che costituiscono fattori preclusivi per talune colture piu' esigenti.

#### Calcolo della evaporazione

Tutti i dati riportati sono stati attinti dallo studio S.I.S.S. (Studio della Idrologia Superficiale della Sardegna).

In tale studio sono stati raccolti e memorizzati, oltre ai valori delle precipitazioni, tutti i valori mensili ed annui delle temperature registrate da tutte le stazioni termometriche operanti in Sardegna nel periodo che va dal 1924 al 1975 ed e' stata costruita una rete triangolare per il ragguaglio delle temperature.

La stazione termometrica piu' vicina, di cui si disponga dei dati, e' quella di Palmas Suergiu, che si puo' ritenere significativa anche per il sito in questione.

I valori medi mensili delle temperature sono i seguenti:

Maggio	18.7	gradi
Giugno	22.3	gradi
Luglio	24.9	gradi
Agosto	25.5	gradi
Settembre	23.1	gradi

Per il calcolo della evaporazione e' stata utilizzata la formula Conti-Romita, che fornisce l'evaporazione media mensile in mm, in funzione della temperatura media (Tm) mensile dell'aria, della pressione Pm in mm di mercurio e di un coefficiente C, che varia per ogni mese (Mag.: 6.2, Giu.: 6.4, Lug.: 6.3, Ago: 5.9, Set.: 5.9:

$$Hm = C * (760/Pm) * (2.08 + 0.042 * (Tm + 10)^{1.75})$$

Non essendoci valori attendibili per le pressioni e considerata la scarsa influenza sul risultato, si considera Pm=760 mm.

Si ricavano le seguenti evaporazioni medie:

Maggio	105.6 mm
Giugno	130.9 mm
Luglio	145.7 mm
Agosto	140.2 mm
Settembre	125.4 mm

Considerando una superficie media dello specchio liquido pari a 28.500 mq (invaso a meta' della capacita' massima), si avranno le seguenti perdite mensili per evaporazione:

Maggio	3.010 mc
Giugno	3.730 mc
Luglio	4.152 mc
Agosto	3.996 mc
Settembre	3.574 mc
TOTALE	18.462 mc



## Precipitazioni ragguagliate e piogge utili

Invece di determinare le altezze di pioggia che possono ricorrere nell'ambito del comprensorio, si e' ritenuto sufficiente utilizzare, come valori ragguagliati delle precipitazioni, con un soddisfacente grado di attendibilita', i valori relativi alla stazione di Pantaleo, che e' la piu' vicina e che per la altitudine, esposizione e localizzazione, meglio rappresenta la situazione della zona oggetto del presente studio.

Detti valori sono stati ricavati dal citato studio S.I.S.S. e sono riportati nella tabella allegata.

Nel caso in esame, essendo l'area del bacino imbrifero pari a 1,10 Km<sup>2</sup>, per avere la sicurezza che l'invaso, della capacita' di 37.000 mc, si riempia anche nell'anno in cui il deflusso e' minimo, e' sufficiente che si verifichi una altezza di deflusso annua utile superficiale pari a circa 45 mm.

Il bacino imbrifero ha una forma quasi rettangolare, con lati di circa 1.400 e 800 m, per una superficie di 1,10 Km<sup>2</sup> e si estende da quota 159.50 m s.l.m. alla quota di 480 m s.l.m. di monte Narcao.

La stima delle risorse consente di valutare che il deflusso del bacino scolante e' tale da garantire il riempimento dell'invaso anche nell'anno magro.

La stazione pluviometrica di riferimento utilizzata e' quella di Pantaleo, per la quale si ha a disposizione una serie storica di precipitazioni di 54 anni, come tutte le stazioni considerate nell'ambito del S.I.S.S..

Le altezze medie di pioggia, in mm, dei 54 anni sono le seguenti:

GEN.	FEB.	MAR.	APR.	MAG.	GIU.
122.22	117.83	89.24	59.40	49.13	14.40
LUG.	AGO.	SET.	OTT.	NOV.	DIC.
4.09	10.66	45.26	105.96	121.15	149.94

La media annua del periodo e' pari a 889,28 mm, mentre l'afflusso minimo annuo e' stato registrato nel 1945, con 520.9 mm.

Il deflusso medio alla sezione in progetto, se si valuta un coefficiente di deflusso medio pari a 0.40, risulta di 391.283 mc/anno, mentre considerando la precipitazione minima del 1945, si ottiene il valore di 229.200 mc/anno.

Considerando le precipitazioni del periodo Maggio-Settembre, si ha che, nell'80% dei casi, l'afflusso complessivo del periodo non e' inferiore a 89,7 mm. Utilizzando un coefficiente di deflusso pari a 0.3, il deflusso alla sezione puo' essere valutato pari a circa 29.600 mc.

Sulla base di questa stima si e' ipotizzato di poter partire all'inizio della stagione irrigua a invaso pieno, con 37.000 mc, e di poter contare sulla regolazione di circa 12.000 mc nella stagione irrigua, anche tenendo conto dell'evaporazione dallo specchio liquido, calcolata in precedenza.

Il volume utile risulta, quindi, pari a circa 49.000 mc.

Per il tipo di coltura ipotizzato, per il periodo Maggio-Settembre, nella relazione tecnica del progetto principale, si ipotizza una dotazione specifica di 2.170 mc/ha, pertanto i 49.000 mc sono sufficienti per irrigare una superficie netta di circa 22 ettari.

Se si tiene conto di un coefficiente correttivo di 0.729, che e' pari al prodotto dei rapporti:

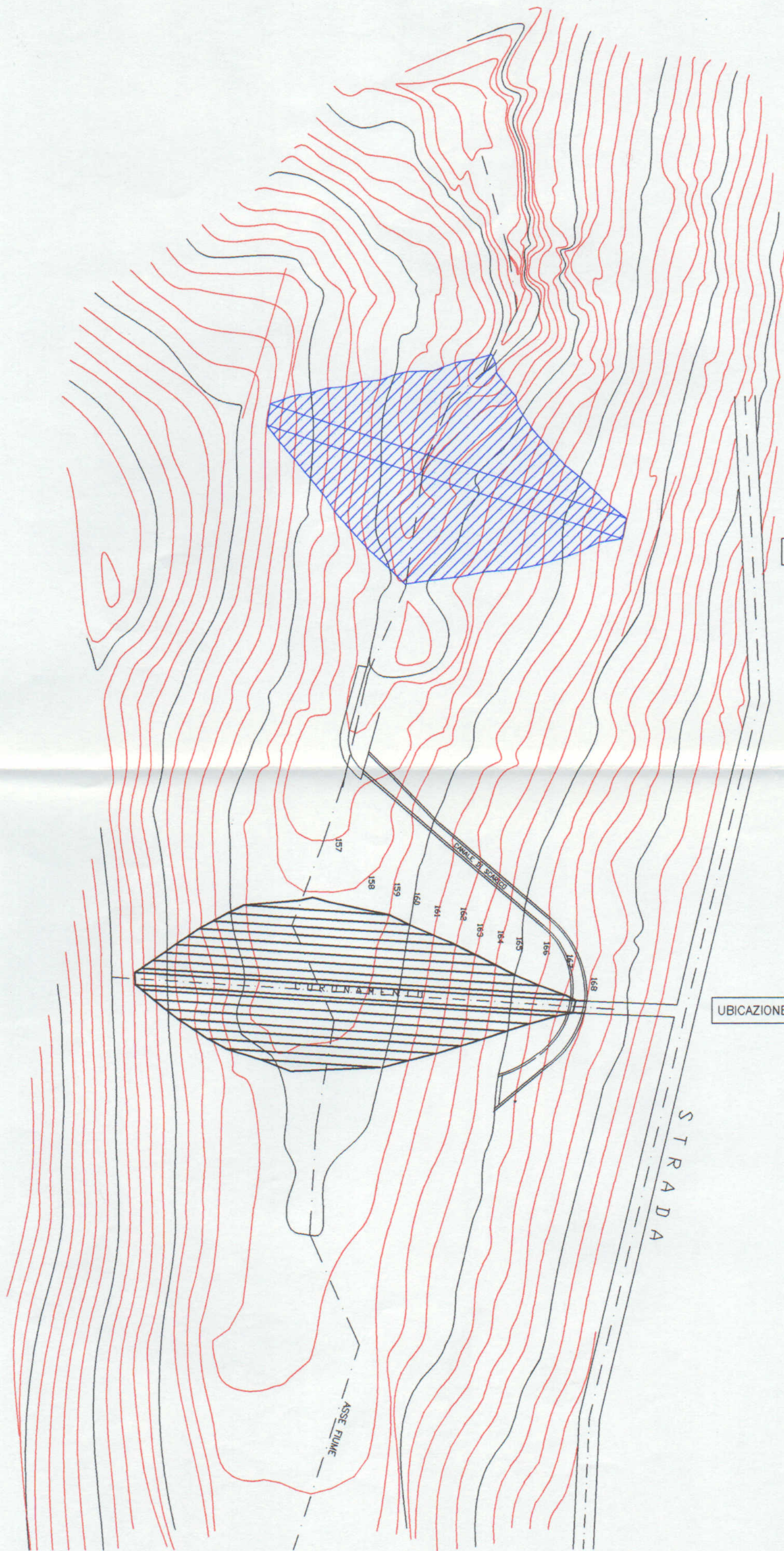
sup. territ/sup. irrigabile	0.9
sup. irrigabile/sup. irrigata	0.9
sup. irrigata/sup. netta irrigata al campo	0.9

si ottiene una superficie territoriale irrigabile di circa 30 ettari.

### 13 - TABELLA RIASSUNTIVA DATI TECNICI

- Altezza della diga	m	9,70
- Quota di massimo invaso s.l.m.	m	166,00
- Altezza di massima ritenuta	m	6,67
- Quota di sfioro scarico superficie s.l.m.	m	165,00
- Quota di massima regolazione s.l.m.	m	165,00
- Quota imbocco scarico di fondo s.l.m.	m	160,00
- Quota imbocco opera di presa s.l.m.	m	161,00
- Quota coronamento	m	167,50
- Quota piu' basso dello sbarramento	m	157,80
- Quota fondo invaso s.l.m.	m	159,20
- Franco	m	1,50
- Lunghezza del coronamento	m	107,80
- Larghezza massima alla base	m	42,00
- Larghezza massima in sommita'	m	3,00
- Volume terra sbarramento (fuori terra)	mc	10.411,35
- Capacita' invaso (senza asport. terre)	mc	24.692,69
- Volume terre da asportare	mc	12.352,32
- Capacita invaso dopo asportazione terre	mc	37.045,01
- Volume minimo invaso	mc	4.250,00
- Volume utile di regolazione	mc	32.795,01
- Sup. specchio liquido quota max. invaso	mq	13.402,00
- Sup. specchio liquido quota min. invaso	mq	2.343,00
- Perimetro specchio liq. quota max. invaso	m	533,00
- Perimetro specchio liq. quota min. invaso	m	240,00
- Superficie del bacino sotteso	Kmq	1,10





UBICAZIONE DI PROGETTO

UBICAZIONE DI PERIZIA

STRADA

ASSE FLUME

CURVA AMENTI

CANALE DI SCAVO



anno	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settem.	Ottobre	Novembre	Dicembre	TOTALI
1922	115,6	148,4	125,4	42,7	19,6	46,2	1	1	44	50,9	64	89	747,8
1923	141,2	148,4	118,2	102,4	11,5	30,3	0	0	109,8	37,8	144	184,3	1027,9
1924	73	153	100,3	25,7	8,3	9,2	0	0	17	45,9	71	154,6	658
1925	17,7	88,7	128,4	93,4	75,7	3,3	11,4	0	71,1	157,9	134,4	49,4	831,4
1926	64,3	33,7	21,1	96,7	111,9	21,2	5,3	22,1	0	21,6	122,3	92,3	612,5
1927	179,3	48,5	71,5	0	19,8	5,5	0	0	29,8	38,4	162,6	401	956,4
1928	140,5	26	195,2	70,2	43,4	0	0	3,2	143,5	129,9	93,4	154,7	1000
1929	149,9	102	35,4	31,8	56,9	6,2	0	70,3	64,3	87,5	172,8	103,7	880,8
1930	290,3	128,6	82,8	175,5	72,5	21,5	0	0	60,4	62,1	31,6	290,9	1216,2
1931	47,9	103,6	47,7	12,2	38,5	0	0	0	32,5	40	185,5	81,4	589,3
1932	69,5	118	35,7	32	0	2,2	3,9	7,2	26	126	103,5	272,2	796,2
1933	128	101,2	36,9	15	13,5	8,1	0	12,5	52	48,3	370,5	150,5	936,5
1934	137,5	76,4	145,7	113,2	71,5	31	0	14,4	122,9	13,8	127,4	213,9	1067,7
1935	137,7	33,7	132,1	52,3	141,9	0	6	2,6	12,6	142,6	177,9	107,4	946,8
1936	47,5	102,7	140,9	139,1	121,7	32,1	0	16	22,7	183,2	149,3	91,3	1046,5
1937	89,1	91,8	140,1	40,4	29,5	10,2	0	2,6	47,4	59,5	38	218,8	767,4
1938	65	49,4	18,2	33,7	82,9	0	0	13,6	60	37,9	94,6	182,2	637,5
1939	75,8	76,5	97,9	42,2	151,5	1,5	0	23	96,9	96,3	100	163,9	925,5
1940	254,8	28,4	24,5	27,3	77,7	56,9	2	0	5	278	98,3	120,2	973,1
1941	196,1	156	49,2	98	59	3	1	2	11,5	87,6	124,2	61	848,6
1942	183,1	300,2	44,3	118,4	42,1	53,1	0	1	103,3	7	198,7	117,5	1168,7
1943	114	111	174	14,1	26,2	2,2	0	0	43	66	200	125	875,5
1944	7	154,1	53	38,1	42	8	2	37	40,1	124,1	64,1	230,4	799,9
1945	197	14	8	21	7	0	2	0	15	56	70	130,9	520,9
1946	179	31	79	75	43	5	0	0	0	276	85	219	992
1947	80	134	44	36	27	0	0	79	37	230	58	123	848
1948	197	471	0	72	89	35	15	0	28	89	2	219	1217
1949	181	112	57	25	107	0	28	37	0	81	189	71	888
1950	54	88	41	167	12	16	0	0	67	63	66	224	798
1951	141	89	99	28	90	11	0	11	80	505	149	88	1291
1952	83	89	37	50	19	3	3	5	58	65	58	112	582
1953	137	74	305	19	113	71	7	7	11	80	52	72,2	948,2
1954	131	102	118	55	46	54	3	21	18	13	76	44	681
1955	198	89	194	37	3	4	0	21	119	43	52	75	835
1956	74	218	163	67	25	2	0	0	96	46	118	57	866
1957	244	11	5	52	76	26	0	3	7	271	152	221	1068
1958	84,6	19	69	61	9	1	0	0	8	183	219	188	841,6
1959	49	252	95	69	61	2,7	29,6	3,4	19,5	247,4	143,9	111,4	1083,9
1960	111,9	57,4	158,5	68,1	19	1,3	1,4	1,3	88	84,2	81,8	317,1	990
1961	206,5	21,3	3,2	26,5	8,2	34,1	0	0	4,5	145,8	205,9	97,1	753,1
1962	19,2	55,5	194	38,5	10,8	53,6	0	0	44,1	84,9	408,5	206,5	1115,6
1963	179,8	472,9	39,8	86,5	47,2	18,4	64,9	9,3	122,9	33,4	50,7	259,7	1385,5
1964	40,2	108,8	62,1	67,7	7,3	2,4	0	53,2	42	163,2	116,8	246,1	909,8
1965	257,3	124,8	100,4	30,3	7,3	1,2	0	6,3	91	239,8	141,6	76,3	1076,3
1966	160,6	44,5	41,9	57,4	81,3	18,9	0	0	9	175,6	100	71,8	761
1967	50,2	257,5	17,3	93,1	14	1,2	0	6	35,5	0	96,5	227,6	798,9
1968	45	82,8	28,7	53	8,5	7	0	0,5	0,8	19	185,8	188,1	619,2
1969	58,5	127,1	109,1	87,3	52	13,8	25,5	17,8	43	183	66,8	154,8	938,7
1970	146,8	53,5	46,3	21,5	57,2	0,5	0	0	0	72	27,6	155,8	581,2
1971	92,3	51,2	101	74,5	33	0	5,5	0	64,5	30,5	332,8	99,3	884,6
1972	125,1	267	66,4	54,3	205	14	1,3	4,8	45	34,6	27,1	267,4	1112
1973	299,7	113,9	204,4	29,8	0	17,8	0	4	43,8	67,3	22,3	49,7	852,7
1974	41,1	214	199,8	142,2	4,2	0	2	0	18,8	140,7	51	22,5	836,3
1975	11,5	137,5	113,3	28,2	53,6	11,2	0	56,3	12	57,3	108,7	46	635,6
TOTALI	6600,1	6363	4818,7	3207,3	2653,2	777,8	220,8	575,4	2444,2	5722	6541,9	8096,9	48021,3
MEDIE	122,2240	117,8333	89,23518	59,39444	49,13333	14,40370	4,088888	10,65555	45,26296	105,9629	121,1462	149,9425	889,2833