



AMMINISTRAZIONE PROVINCIALE DI CUNEO

**RAPPORTO SUGLI STUDI PRELIMINARI
PER LA REALIZZAZIONE DI UN SERBATOIO
SULLA STURA DI DEMONTE PRESSO MOIOLA
1969 - 1972**

RELAZIONE GENERALE

GRUPPO DI STUDIO:

dott. ing. G. Baldovin

prof. ing. L. Peretti

prof. ing. G. Tournon

COORDINATORE :

dott. ing. S. G. Selleri

COMITATO ENTI PROMOTORI

AMMINISTRAZIONE PROVINCIALE

RILIEVI PRELIMINARI
PER LA
DIGA DI MOIOLA

DI CUNEO

RAPPORTO

sugli studi preliminari per la realizzazione di
un serbatoio sulla Stura di Demonte presso Moiola

1969 - 1972

QUADERNO N.4

(dicembre 1972)

Cuneo, Maggio 1973

L'esigenza di potenziare le risorse idriche si va facendo in generale sempre più impellente per far fronte a consumi in rapido incremento per gli usi potabili, irrigui ed industriali.

Per la nostra Provincia tale necessità si avverte principalmente nel settore agricolo, nel quale, anche per la concorrenza delle produzioni comunitarie, si richiede, urgente ed indispensabile, un salto di qualità in modo da portare le nostre aziende ad un grado di efficienza e di produttività tali da renderle competitive non solo sul piano delle attività primarie ma nel quadro delle attività economiche in genere.

L'Amministrazione Provinciale ritiene che il conseguimento di questo importante obiettivo sia rigorosamente subordinato ad un regolare ed adeguato rifornimento idrico tale da rimuovere le strozzature da cui sono comprese le potenziali capacità produttive di vastissime superfici irrigue.

In base a tale convincimento ed in linea col suo programma, il Consiglio Provinciale deliberò, nel marzo 1968, l'affidamento dell'incarico ai Proff. Ingg. Tournon e Peretti del Politecnico di Torino ed all'Ing. Baldovin di Milano di riprendere gli studi, già svolti in passato, al fine di verificare le concrete attuali possibilità di realizzazione dello sbarramento sulla Stura di Demonte con la conseguente formazione di un capace serbatoio artificiale.

Al fine di consentire l'attuazione del vasto programma di lavori preliminari, comprendente fra l'altro rilievi topografici, sondaggi geognostici, indagini geofisiche e prove

geotecniche, è stato richiesto il concorso finanziario ai seguenti Enti:

Camera di Commercio	di	Cuneo
Cassa di Risparmio	di	Cuneo
" "	"	Torino
" "	"	Bra
" "	"	Fossano
" "	"	Saluzzo
" "	"	Savigliano

Istituto Federale di Credito Agrario per il Piemonte e la Liguria

Istituto Bancario S. Paolo di Torino.

I predetti Enti hanno demandato ad un Comitato ristretto, di cui fanno parte l'Assessore Provinciale On.le Carlo Baldi ed i Presidenti della Camera di Commercio e della Cassa di Risparmio di Cuneo, il compito di provvedere con la necessaria prontezza alla gestione dei fondi messi a disposizione.

Ultimato il programma di rilievi ed indagini preliminarmente stabilito, salvo gli aggiornamenti che si sono resi opportuni durante l'esecuzione dei lavori, il gruppo degli Esperti ha presentato all'Amministrazione Provinciale ed ai rappresentanti degli Enti che hanno contribuito al finanziamento dei lavori preliminari, durante un'apposita riunione tenutasi il 16 aprile u.s., il "Rapporto sugli studi preliminari per la realizzazione di un serbatoio sulla Stura di Demonte presso Moiola (1969-1972)", che conclude favorevolmente nel senso della accertata fattibilità dello sbarramento per la formazione di un serbatoio della capacità utile di 200 milioni di metri cubi.

Detto serbatoio, che costituirebbe il più grande invaso

artificiale del Piemonte ed uno dei maggiori tra quelli realizzati in Italia, garantirebbe, con una portata di oltre 30.000 litri al minuto secondo, a circa 100.000 ettari di superficie coltivata, le necessarie integrazioni durante il bimestre luglio-agosto, periodo cruciale delle irrigazioni nell'ambito territoriale della Provincia di Cuneo.

Gli studi preliminari compiuti e le molteplici finalità dell'opera, quali sono state delineate dagli Esperti in una prospettiva di largo respiro, sono stati illustrati dall'On.le Carlo Baldi al Consiglio Provinciale, nella riunione del 14 maggio 1973, per la doverosa informazione delle varie componenti politiche degli sviluppi della iniziativa in vista di un loro giudizio di merito e della decisione di approfondire gli studi per giungere alla realizzazione dell'opera.

Il "Rapporto" viene inserito nella collana dei "Quaderni di studi e documentazione", edita dall'Amministrazione Provinciale di Cuneo, come Quaderno n°. 4, quale prova tangibile della continuità dell'impegno assunto in ordine alla divulgazione dei problemi che vengono rilevati e che e sigono decisa volontà e forte impegno politico per la loro soluzione.

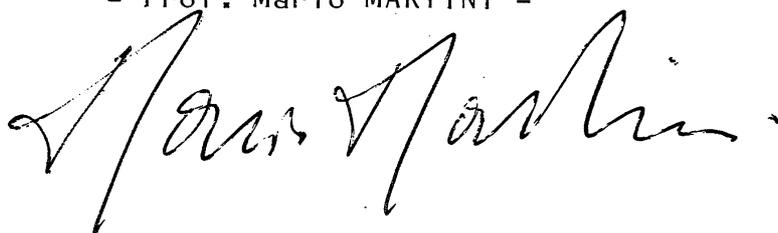
I risultati positivi cui hanno condotto gli studi preliminari compiuti costituiscono un modesto ma fondamentale passo verso la realizzazione di un'opera giustamente considerata di eccezionale interesse per la nostra Provincia.

Per questo, mentre esprimo un sentito ringraziamento agli Enti che con il loro contributo finanziario hanno consentito l'acquisizione di solidi presupposti tecnici di conoscenze e di orientamento, formulo l'augurio che l'opera, appena abbozzata dagli Esperti, venga al più presto realizzata con sforzo concorde degli Enti della nostra Provincia

e della Regione Piemontese.

IL PRESIDENTE
DELL'AMMINISTRAZIONE
PROVINCIALE

- Prof. Mario MARTINI -

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Mario Martini". The signature is written in a cursive style with a prominent initial "M".

SEDUTA DEL CONSIGLIO PROVINCIALE

IN DATA 14 MAGGIO 1973

Intervento dell'Assessore, On.le Carlo BALDI in merito alla pratica iscritta al n°. 2 dell'ordine del giorno: "Rapporto sugli studi preliminari per la realizzazione di un serbatoio sulla Stura di Demonte presso Moiola".

Signor Presidente: Vi è stata distribuita a tutti la pubblicazione che è stata redatta a cura della stamperia della Provincia.

La parola all'On.le BALDI:

ASSESSORE On.le BALDI: "Chiedo scusa ai colleghi Consiglieri se li tedierò per alcuni minuti, ma mi pare che l'argomento meriti tutta la nostra attenzione e considerazione. Iniziare la trattazione di un argomento del genere

a quest'ora, dopo una seduta prolungata, non ci mette certo in condizioni di esaminare quanto mi accingo ad esporre con la necessaria attenzione. Comunque, permettetemi di fare una introduzione di carattere generale per inquadrare meglio l'argomento specifico che si presenta oggi al nostro vaglio.

Ciò dimostrerà, almeno questa è la mia presunzione, con chiarezza ed evidenza la validità attuale del serbatoio Gaiola-Moiola, che costituisce esempio di concreta e realistica programmazione.

Negli ultimi anni è stato posto in evidenza, su piano internazionale e nazionale, il problema dell'acqua: problema direttamente ed obbligatoriamente connesso a più vasti e fondamentali temi della difesa ecologica, dell'approvvigionamento energetico e di una adeguata produzione alimentare. Mentre sul piano mondiale prendono corpo e si avviano a concreta soluzione alcuni colossali esempi di globale e razionale utilizzazione di acque fluenti (come nel caso del progetto NAWAPA) in Italia constatiamo con amarezza che siamo, fino a questo momento, ancora sul piano delle conferenze. Ed è appunto la Conferenza Nazionale delle Acque (1971) che ha appurato la necessità dei fabbisogni globali, che erano nel 1970 di 42 miliardi di metri cubi e che sono andati rapidamente salendo verso i 54-55 miliardi di metri cubi.

Queste valutazioni non tengono conto del settore idroelettrico che non comporta vero e proprio consumo e non altera le caratteristiche chimico-fisiche delle acque.

Per quanto concerne la ripartizione dei fabbisogni gli esperti ritengono che il 60% riguarda la irrigazione, il 21% gli usi industriali ed il restante 19% gli usi civili.

Affinchè carenze di approvvigionamento idrico non abbiano a costituire un fattore limitante del processo di sviluppo del paese, occorre garantire al più presto un incremento delle attuali disponibilità di altri 10 miliardi di metri cubi. Giova qui ricordare che il volume medio normale di afflussi meteorici, sul nostro territorio nazionale è di circa 295 miliardi di metri cubi cui corrisponde un'altezza media di precipitazioni di poco inferiore al metro ogni anno. Di questi 295 miliardi di metri cubi, il 45% ritorna all'atmosfera per evapotraspirazione ed il restante 55% pari a 162 miliardi di metri cubi, costituisce il volume d'acqua che alimenta la circolazione superficiale e sotterranea. Di questi 162 miliardi i deflussi superficiali rappresentano il 90%; quindi i deflussi sotterranei sono stimati dell'ordine di 12 miliardi di metri cubi. In Italia abbiamo una situazione che si discosta da quella di altri Stati e di altri Continenti, infatti in questi ultimi proporzionalmente si verificano deflussi sotterranei superiori e più ridotti deflussi superficiali. Ho accennato sopra che in Italia i deflussi sotterranei sono circa 12 miliardi di metri cubi l'anno; ebbene, di questi, 9 miliardi sono già utilizzati.

Si spiega - ed è un fenomeno rilevante nella nostra Provincia - l'abbassamento, ed in qualche caso la completa estinzione, delle falde acquifere nel sottosuolo con le numerose trivellazioni ed emungimenti da pozzi.

D'altra parte le acque fluenti superficiali sono utilizzate nella modesta misura del 22% pari a 33 miliardi di metri cubi su 150 disponibili. E' evidente che non conviene ricorrere ulteriormente ai due-tre miliardi di metri cubi di acque sotterranee; la stessa Conferenza Nazionale delle Acque ha evidenziato che, per soddisfare i fabbisogni,

la strada migliore è la realizzazione di nuovi serbatoi destinati ad operare una regolazione dei deflussi superficiali a scopo multiplo.

Il costo specifico di impianto può variare dalle 100 alle 500 lire per metro cubo di acqua invasata. Indicativamente e complessivamente, fra oneri di esercizio e di ammortamento, l'acqua utilizzata dovrebbe avere un costo oscillante da 5 a 50 lire al metro cubo. Non ho citato questi dati per amore delle cifre, ma perchè nel nostro Paese si sono costruite dighe per formare grossi laghi da parte di Consorzi di Bonifica e di Consorzi Irrigui e poi l'acqua non è stata utilizzata perchè il costo di esercizio e di ammortamento risultava eccessivo e quindi non più conveniente. Quindi per non avere una utilizzazione eccessivamente onerosa occorre oscillare come costo di impianto dalle 100 alle 500 lire al metro cubo e come costo per ogni metro cubo di acqua utilizzata dalle 5 alle 50 lire. Nel nostro Piemonte attualmente si contano 50 laghi artificiali con un invaso complessivo di 580 milioni di metri cubi (escludendo quelli di trascurabile capacità). I bacini imbriferi sottesi hanno una altitudine media di 2.200 metri s.m. e l'invaso supera i 1.800 metri s.m.. Si tratta quindi di serbatoi di alta montagna, ad uso idroelettrico, destinati a trasferire alla stagione invernale una parte dei deflussi primaverili-estivi. Si ha grosso modo un incremento delle portate di magra invernale, con conseguente assottigliamento delle portate estive.

Da uno studio effettuato risulta che con una decina di nuovi serbatoi si otterrebbe una capacità utile globale, nel nostro Piemonte, di 600 milioni di metri cubi, cioè si potrebbe raddoppiare la capacità di accumulo e raggiungere la necessaria integrazione delle attuali disponibilità, derivanti dai 50 serbatoi esistenti.

Tra i dieci serbatoi ipotizzati, al primo posto si colloca lo sbarramento della Stura di Demonte a quota 700 metri circa s.m., alimentato da un bacino imbrifero della estensione di circa 560 km².

Lo studio citato testualmente dice: "Questo lago artificiale, dislocato nell'estremo lembo occidentale della Valle Padana, realizzerebbe da solo un terzo della suddetta capacità globale di 600 milioni di metri cubi e verrebbe a rappresentare per le sue dimensioni e per la sua posizione quasi la chiave di volta del prospettato sistema di serbatoi piemontesi. Ad esso sarebbe affidata, quale finalità primaria, l'integrazione delle disponibilità irrigue, oggi assai precarie, di vasti comprensori della Provincia di Cuneo. Altro prezioso beneficio verrebbe dal riequilibrio delle formazioni acquifere della pianura compresa tra i corsi dello Stura e del Po; inoltre assolverebbe ad una importante funzione moderatrice delle portate di piena. Circa il costo, si aggirerebbe intorno alle 150 lire per metro cubo, valore non lontano dai minimi costi specifici di invaso".

E' nata così la ferma convinzione della validità della opera e la volontà di approfondirne lo studio. Nel 1969, infatti, venne costituito un gruppo di Enti del quale facevano e fanno parte l'Amministrazione Provinciale, la Camera di Commercio, la Cassa di Risparmio di Torino e le Casse di Risparmio operanti in Provincia di Cuneo, l'Istituto Federale di Credito Agrario per il Piemonte e la Liguria e l'Istituto Bancario S. Paolo di Torino.

Con i finanziamenti dei citati Enti si provvede alla esecuzione di sondaggi, prove e rilievi per individuare la migliore zona di imposta sia sotto il profilo della sicurezza che della economicità. Quattro sono state le sezioni prese in esame: S. Membotto, Tetti Ferrero, Gaiola e Ciamberlin.

La sezione di S. Membotto fu presa in considerazione per un progetto di sbarramento a firma dell'Ing. Ognibeni già fin dal 1943; si è reso perciò opportuno un esame dei documenti elaborati in precedenza, dai quali è risultata l'insufficienza di una base topografica, le imprecisioni circa la capacità dell'invaso e le dimensioni della diga e delle opere accessorie. I sondaggi sono risultati incompleti anche perchè nessuno raggiungeva il fondo roccioso e quindi permanevano notevoli incertezze sulle formazioni geologiche esistenti tra l'alveo attuale del fiume ed il sottofondo roccioso sottostante.

La prima fase di accertamenti geognostici e geotecnici si concluse con un giudizio di scarsa idoneità della zona di imposta di S. Membotto, a causa delle caratteristiche meccaniche scadenti della formazione limosa su cui andava fondato lo sbarramento. Questo, per la morfologia della vallata, deve necessariamente essere del tipo in materiale sciolto e quindi suscettibile per sua natura di assestamenti; tuttavia le condizioni riscontrate sui campioni di limo facevano temere cedimenti di entità tali da non poterli ritenere accettabili.

Si è pensato quindi di esaminare a monte di S. Membotto se vi erano condizioni migliori e precisamente in località "Tetti Ferrero". Mediante vari sondaggi elettrici e meccanici e prove geotecniche si è accertato che la formazione limosa presentava anche in questa zona, sia pure su aree più ristrette, le medesime caratteristiche di scarsa resistenza.

Si è passati allora ad esaminare un progetto di più modeste dimensioni, risalente agli anni tra il 1949 ed il 1952 elaborato da Muretti-Peretti, che prevedeva un serbatoio di soli 60 milioni di metri cubi d'acqua. Questo progetto, predisposto per incarico del Consorzio di Irrigazione Sinistra

Stura, prevedeva lo sbarramento della Stura con diga in mura tura rigida, nella stretta di Gaiola.

Anche in questa sezione vennero fatti numerosi sondaggi, prove, prelievi, analisi e quindi si prospettò la seguente soluzione: chiusura con una diga a gravità della gola in roc cia e poi proseguimento con un argine di modesta altezza su la fiancata sinistra onde elevare l'invaso ad una capacità utile di circa 200 milioni di metri cubi come prevedevano le altre due precedenti soluzioni.

A questo punto, per una certa preoccupazione circa l'o nere derivante dalla necessità di garantire la tenuta del ri levato, si è vagliata ancora una quarta possibilità chiamata soluzione "Ciamberlin" con zona di imposta tra la Stretta di Gaiola e S. Membotto.

Questa soluzione ripete nella sua strutturazione quelle di S. Membotto e di Tetti Ferrero.

Dalle indagini accuratamente effettuate, quest'ultima risulta la più rassicurante; cioè, è garantita la piena fat tibilità dell'opera per la composizione del terreno nella zo na di imposta della diga, del tipo in materiale sciolto.

Gli studi preliminari dovevano rispondere a due precisi requisiti: fattibilità ed economicità dell'opera.

Per riassumere, mentre le prime due soluzioni Tetti Fer rero e S. Membotto sono fattibili con più alto costo e con minor margine di sicurezza, le altre due soluzioni, Gaiola e Ciamberlin danno ampia garanzia e sono valide sotto il profi lo economico. I costi unitari, infatti, rientrano nei limiti da 100 a 500 lire al metro cubo di acqua utile invasata cui prima si è accennato.

Veniamo ora al "Piano di utilizzazione irriguo delle

acque". Per questo bisognava rispondere ad un altro interrogativo: come ridurre al minimo il costo della utilizzazione delle acque accumulate? Innanzitutto, dovrebbe sorgere ai piedi della diga una centrale idroelettrica con una produzione di 50 milioni di kwh, energia da impiegare per il pompaggio, in determinati punti, dell'acqua al fine di irrigare zone site a quota più alta ed in questo momento prive di irrigazione. Sfruttato in tal modo il "salto", l'acqua defluirebbe nell'alveo della Stura onde alimentare più a valle la esistente centrale ENEL di Roccasparvera. Alla uscita di questa ultima centrale le acque verrebbero in parte lasciate defluire nella Stura ed in parte incanalate fino alla località di S. Croce di Cervasca, ove sorgerebbe un edificio partitore-regolatore. Dall'edificio partirebbe alla sinistra il Ripartitore OVEST che correndo lungo la fascia pedemontana ed intersecando gli affluenti del Po (Grana-Maira-Varaita) andrebbe a sfociare nello stesso Po dopo aver attraversato la zona del saluzzese.

La portata lasciata defluire nell'alveo della Stura andrebbe ad integrare le numerose utenze in atto sia in sinistra che in sponda destra della stessa.

Dal citato edificio di S. Croce si dipartirebbe un secondo canale detto Ripartitore EST che, mediante due sifoni (per oltrepassare lo Stura ed il Gesso), convoglierebbe le acque per alimentare altri canali di irrigazione (Morozzo-Margarita-Brobbio-Pesio-Brobbio di Carrù) e sfocerebbe poi nel Tanaro presso la confluenza del Pesio.

L'intera documentazione è oggi in possesso dell'Amministrazione Provinciale. Gli studi effettuati, come sopra accennato, sono stati finanziati da un gruppo costituito dalle Casse di Risparmio, Camera di Commercio, Istituto Federale

Agrario, ed Istituto S. Paolo con un esborso complessivo di 60 milioni di lire e dall'Amministrazione Provinciale con un esborso di 27 milioni di lire. Le cifre sopra esposte, grosso modo, sono state così spese:

- 42 milioni di sondaggi alla Ditta "GEOTECNICA" per gli accertamenti geognostici;
- 2 milioni per rilievi aerofotogrammetrici all'Istituto di Topografia del Politecnico di Torino;
- 13 milioni per prove geotecniche alla Soc. "GEOTECNA";
- 20 milioni per rilievi geofisici alla Compagnia Generale di Geofisica;
- 10 milioni come compenso ai professionisti Prof. Peretti Prof. Tournon ed Ing. Baldovin.

Debbo qui specificare che il rapporto costituisce uno studio preliminare e che quindi per la realizzazione eventuale della diga occorre un progetto definitivo e quindi indagini molto più approfondite. A pagina 184-185 della relazione distribuita (sunto di tutta la documentazione) sono esposti i costi indicativi delle due soluzioni prospettate. Non si è voluto ancora che i tecnici si esprimessero sulla scelta fra le due soluzioni proposte in quanto trattasi di valutazioni anche di carattere generale, sociale, politico.

Le due soluzioni comportano entrambe invasi di una capacià lorda di 230 milioni di metri cubi; una capacità utile di 200 milioni di metri cubi interessanti 120.000 ettari di terreno in Provincia di Cuneo, investiti questi ultimi attraverso la integrazione degli esistenti canali con una garanzia di disponibilità anche per terreni oggi asciutti e con un riequilibrio delle falde idriche.

A questo punto mi si potrebbe porre la domanda: ed il Tanaro? Non a caso, sopra, ad un certo punto ho citato uno

studio di carattere regionale indicante una decina di laghi da realizzare per sopperire ad esigenze ormai già definite nella nostra Regione: esigenze da soddisfare a brevissima scadenza cioè nel giro di non molti anni.

E' vero, al primo posto, in quell'elenco, per capacità ed economicità risulta il Gaiola-Moiola, ma figurano altresì Isola sull'Alto Tanaro, S. Lorenzo (presso Torre Mondovì sul torrente Casotto). Altri due sbarramenti vengono proposti e ventualmente sul rovinoso torrente Belbo.

Prima di concludere mi sia consentito di citare alcuni dati che noi, e molti più di noi, dovremmo meditare: dati che si riferiscono al triplice problema prospettato. I Paesi più evoluti si impegnano a garantire una disponibilità minima di 2 metri cubi d'acqua al giorno per ogni abitante: questo sarebbe il fabbisogno globale da assicurare per consentire un vivere civile ed un ordinato progresso.

Per produrre un chilogrammo di grano occorrono 450 litri d'acqua; per un chilogrammo di erba medica 480 litri; per un chilogrammo di granturco 165 litri.

Tali risultati hanno indotto alcuni Stati a trarre logiche conseguenze, cioè sopperire con colossali opere alla siccità di certe annate garantendo una produzione non solo per soddisfare il fabbisogno interno ma anche per poter offrire cospicui quantitativi di cereali e di foraggi ad altri Stati purtroppo esposti all'andamento climatico e metereologico.

Un altro dato interessante riguarda più specificatamente il settore ecologico e degli inquinamenti: a Torino, durante la magra estiva, si ha una portata minima del Po pari a 8 metri cubi al minuto secondo; immediatamente a valle di Torino, il collettore generale delle fognature scarica nel-

l'alveo del fiume 7,5 metri cubi al minuto secondo. Nei periodi di magra più accentuata praticamente si viene ad avere questa triste situazione, vale a dire immediatamente al di sotto di Torino nel Po scorre una fogna unica diluita a metà: con le conseguenze facilmente immaginabili.

Non è per voler usare parole grosse, ma oggi al di sopra di ogni altro urge affrontare e risolvere, destinando gran parte delle risorse, i problemi della produzione alimentare, dell'approvvigionamento energetico, della difesa ecologica.

Senza ombra di presunzione si può affermare che il progetto Gaiola-Moiola offre una non trascurabile parte alla soluzione di tanti problemi che non riguardano solo la Provincia di Cuneo ma l'intero Piemonte.

Tante volte ci soffermiamo e ci attardiamo su minuscole cose, su piccoli interessi di parte e ci dimentichiamo dei grossi problemi che nel volgere di poco tempo possono diventare il vero travaglio della Società.

Il Presidente dell'ENEL ha avvertito che entro pochi mesi l'energia elettrica potrebbe venire razionata in quanto i consumi aumentano a dismisura e le fonti di energia rimangono stazionarie in conseguenza di situazioni internazionali (petrolio) e per un'ostilità crescente verso la costruzione di nuove centrali. Se dal settore energetico si volge pur fugacemente lo sguardo al settore alimentare ci accorgiamo che il problema "carne" è strettamente legato ad un idoneo approvvigionamento di acque. Sarebbe grave errore continuare ad importare vitelli da ingrasso e poi alimentarli in gran parte con mangimi provenienti dall'estero: il margine di guadagno diventa estremamente ridotto e si rimane alla mercè di politiche ed indirizzi di altri Paesi. Buona parte della pro

duzione di foraggio può e deve essere nazionale.

Molti ostacoli e tante difficoltà comporta la soluzione della formazione di serbatoi artificiali sia per le garanzie che giustamente si pretendono sia perchè troppi interessi particolaristici vengono intaccati; ma questi non dovrebbero ostacolare ed affossare il soddisfacimento delle esigenze primarie dell'intera società. Occorre uno sforzo comune e buona volontà per proseguire, se vogliamo assicurare una valida irrigazione sia regolarizzandola per chi già oggi ne usufruisce sia creando delle nuove disponibilità per coloro che ancora l'attendono.

Vi è infine la necessità della nostra Provincia di garantire certi deflussi nei maggiori corsi d'acqua, soprattutto nel periodo estivo, per esigenze di carattere ecologico e per difenderci dai dilaganti inquinamenti. Non va poi trascurato il settore degli usi civili; certi acquedotti in costruzione di notevole capacità potranno contare domani in caso di scarsità delle attuali fonti sulle riserve che potremo costituire: il serbatoio Gaiola-Moiola in breve tempo costituirebbe una massa ingente d'acqua a disposizione.

Mi sia consentito di chiudere con un doveroso e sentito ringraziamento agli Enti che hanno finanziato questo lavoro, ai tecnici-consulenti per l'opera svolta con tanta dedizione ed al personale del Consorzio Interprovinciale del Tanaro per l'azione di affiancamento e di coordinamento."

AMMINISTRAZIONE PROVINCIALE DI CUNEO

RAPPORTO SUGLI STUDI PRELIMINARI
PER LA REALIZZAZIONE DI UN SERBATOIO
SULLA STURA DI DEMONTE PRESSO MOIOLA

1969 - 1972

RELAZIONE GENERALE

GRUPPO DI STUDIO:

Dott. Ing. Giuseppe BALDOVIN

Prof. Ing. Luigi PERETTI

Prof. Ing. Giovanni TOURNON

COORDINATORE:

Dott. Ing. Guido SELLERI

Dicembre 1972

I N D I C E

PREMESSA :	Quadro generale dell'attività di studio e di ricerche svolte nel quadriennio 1969 - 1972 (Dott. Ing. Guido Selleri) pag.	1
CAPITOLO 1:	Piano generale per la regolazione e la utilizzazione dei deflussi della Stura di Demonte (Prof. Ing. Giovanni Tournon) "	12
1.1	Cenni sulla situazione attuale delle irrigazioni in Provincia di Cuneo "	13
1.2	Valutazione dei volumi d'acqua occorrenti per l'integrazione delle disponibilità idriche delle irrigazioni esistenti e le nuove irrigazioni "	17
1.3	Concrete possibilità di provvedere all'integrazione delle attuali disponibilità irrigue. La regolazione della Stura mediante un grande lago artificiale tra Demonte e Gaiola "	19
1.4	Studio della regolazione delle portate resa possibile dal Lago di Demonte e determinazione dei maggiori volume d'acqua ottenibili "	27
1.5	Soluzione prevista per la distribu	

	primaria dei maggiori volumi di acqua resi disponibili dalla rego- lazione della Stura pag.	44
1.6	Schema per la ripartizione quanti- tativa delle portate d'integra- zione alle irrigazioni esistenti. "	50
1.7	Valutazione orientativa del costo delle opere intese a consentire la distribuzione primaria delle por- tate d'integrazione irrigua . . . "	52
1.8	Soluzioni previste per le nuove ir- rigazioni "	53
1.9	Possibili portate di massima piena affluenti al Lago di Demonte ed ef- fetto moderatore esercitato dal ser- batoio "	58
1.10	Possibile produzione di energia e- lettrica a mezzo di una Centrale al piede dello sbarramento "	60
CAPITOLO 2:	Geologia del bacino imbrifero sottese e del bacino d'invaso (Prof. Ing. Luigi Peretti) "	63
2.1	Geologia del bacino imbrifero. . . "	64
2.1.1.	Cenni geografici "	64
2.1.2	Geologia locale inquadrata nella geologia regionale "	67
2.1.3.	Condizioni geomorfologiche "	72
2.1.4.	Considerazioni di geologia applica- ta "	76
2.2	Geologia del bacino d'invaso . . . "	80

2.2.1	Situazione geografica e condizioni geomorfologiche pag.	81
2.2.2	Condizioni geologiche "	86
2.2.3	Considerazioni di geologia applicata "	94
2.3	Considerazioni di geologia applicata sulle sezioni d'imposta degli sbarramenti "	94
2.4	Considerazioni di geologia applicata sul bacino d'invaso "	94
2.4.1	Stabilità dei terreni di fondazione "	94
2.4.2	Stabilità dei versanti "	94
2.4.3	Tenuta idraulica "	96
2.4.4	Portata solida "	97
2.4.5	Opere complementari "	98
2.4.6	Rifornimento dei materiali lapidei "	98
CAPITOLO 3: Indagini sul terreno e in laboratorio		
	(Dott. Ing. Giuseppe Baldovin) "	100
3.1	Indagini precedenti al 1969 "	101
3.2	Cronologia delle recenti indagini "	104
3.3	Rilievi aerofotogrammetrici e topografici "	106
3.4	Sondaggi esplorativi "	107
3.4.1	Prima campagna sondaggi geognostici "	108
3.4.2	Seconda campagna sondaggi geognostici "	112
3.5	Indagini geofisiche "	114

3.5.1	Indagini geofisiche Parte I . . .	pag.	114
3.5.2	Indagini geofisiche Parte II . . .	"	116
3.5.3	Osservazioni deduttive	"	117
3.6	Indagine geotecnica	"	118
3.6.1	Terreni di fondazione	"	119
3.6.2	Materiali di costruzione	"	133
3.7	Osservazioni conclusive sulle in- dagini più recenti	"	137
3.7.1	Il problema della tenuta idraulica	"	137
3.7.2	Fondazioni	"	138
CAPITOLO 4: Considerazioni di carattere pro- gettuale sulle quattro sezioni di sbarramenti			
		"	142
4.1	I progetti anteriori al 1969 . . .	"	143
4.2	Temi di ordine progettuale . . .	"	145
4.2.1	Scelta della sezione di sbarra- mento	"	145
4.2.2	Scelta del tipo di diga	"	148
4.2.3	Materiali per il corpo diga . . .	"	151
4.2.4	L'impermeabilizzazione delle se- sezioni di sbarramento	"	154
4.2.5	Le opere di scarico	"	158
4.3	Schemi di progetto per le quattro sezioni di sbarramento	"	160
4.3.1	Sezione di S. Membotto	"	160
4.3.2	Sezione Tetti Ferrero	"	166
4.3.3	Sezione Ciamberlin	"	169
4.3.4	Sezione di Gaiola	"	174
4.4	Sintesi comparativa di fattibili- tà	"	181
CAPITOLO 5: Considerazioni conclusive e propo- ste per lo sviluppo progettuale . . .			
		"	186

PREMESSA: Quadro generale dell'attività di studio e di ricerche svolte nel quadriennio 1969 - 1972.

(Dott. Ing. Guido SELLERI)

Il Consiglio Provinciale, in data 4 marzo 1968, de liberava l'affidamento dell'incarico della progettazione dello sbarramento della Stura di Demonte, in località Moiola, e della elaborazione del Piano di utilizzazio ne irrigua del relativo serbatoio ad un collegio di esper ti di cui fanno parte il Prof. Ing. Giovanni Tournon, Direttore dell'Istituto di Idraulica Agraria della Facoltà di Agraria dell'Università di Torino, il Prof. Ing. Luigi Peretti, Direttore dell'Istituto di Geologia Applicata del Politecnico di Torino e l'Ing. Giuseppe Baldovin, titolare dello Studio Geotecna - Applicazioni Geotecniche di Milano.

Gli studi relativi alla progettazione dovevano ini ziarci dopo aver proceduto ad un completo esame degli atti tecnici rintracciati presso l'Ufficio del Genio Ci vile di Cuneo e riguardanti analogo progetto di sbarramento della Stura, in località S.Membotto, elaborato da Ognibeni - Wetter - Venzo negli anni tra il 1943 ed il 1954.

Dal detto preliminare esame risultò subito la mancanza di una base topografica sulla quale poter operare valutazioni metriche sufficientemente approssimate, sia per quanto concerneva la capacità dell'invaso, sia per quanto riguardava la diga e le opere accessorie.

Inoltre si rilevò che nessuno dei numerosi sondaggi realizzati in quella fase di studio aveva raggiunto il fondo roccioso, e che quindi restavano da indagare le condizioni al contatto della formazione limosa di riempimento della vallata con le rocce profonde sia nella parte centrale che lateralmente.

Esiguo, poi, risultavano le conoscenze sulle caratteristiche meccaniche della predetta formazione limosa, di potenza presunta di oltre cento metri, ai vari livelli.

I lavori di indagine furono conseguentemente indirizzati nel senso di acquisire una planimetria in scala 1:5000 con curve di livello equidistanti cinque metri dell'intera area interessata dal serbatoio ed una planimetria molto più dettagliata della zona di imposta in scala 1:1000 con curve di livello equidistanti 2,50 metri.

Il primo di detti rilievi fu realizzato dall'Istituto di Topografia del Politecnico di Torino nel 1969 con procedimento aerofotogrammetrico.

La particolareggiata planimetria della zona di imposta venne realizzata contemporaneamente da tecnici della Provincia, con rilievi tacheometrici di precisione.

A fine giugno 1969 "La Geotecnica" iniziò la campagna di sondaggi geognostici che avrebbe comportato l'esecuzione di quattro fori a percussione e quattro a rotazione dello sviluppo complessivo di 711,45 metri.

Sei di questi sondaggi (i quattro a rotazione, due in sponda destra e due in sinistra, e due a percussione in fondovalle) erano ubicati su un allineamento ruotato

di circa 15° , in senso antiorario, verso Est rispetto a quello dei vecchi sondaggi; gli altri due a percussione, disposti secondo l'asse vallivo, distavano di 500 e 1500 metri dall'allineamento dei precedenti verso monte.

Nel corso di questa campagna di sondaggi (giugno 1969 - febbraio 1970) furono eseguite prove di permeabilità (in numero di 122), prove di cementazione (1688,45 q.li) e fu curato il prelievo costante di campioni delle formazioni attraversate.

Via via che si sviluppava il programma dei sondaggi geognostici, "La Geotecna", tramite il suo laboratorio di Pavia, procedeva con le prove geotecniche sui campioni prelevati.

Inoltre eseguiva una serie di prove in sito ed in laboratorio sui materiali di fondazione e di formazione dello sbarramento nei suoi costituenti principali (rinfianchi, nucleo e filtri).

Nel quadro di dette indagini (1969/1970) furono eseguiti due sondaggi in località Molino di Stiera, otto assaggi lungo il greto della Stura, quattro assaggi in sponda destra lungo la strada militare ed un prelievo in cava attiva.

In laboratorio furono eseguite misure di umidità, peso secco, peso specifico; si procedette alle determinazioni, su numerosi campioni, delle caratteristiche di plasticità, della composizione granulometrica e delle caratteristiche meccaniche (modulo di compressibilità, rottura ad espansione laterale libera, compressione triassiale); per quanto concerne i materiali per il corpo diga si procedette a determinazioni delle caratteristiche na-

turali, di classificazione e meccaniche.

I riscontri attraverso le perforazioni, tutte approfondite questa volta sino alla roccia di base, sugli strati permeabili esistenti tra limo e substrato roccioso, potenti fino a qualche decina di metri, la presenza al di sotto dei limi di una falda freatica risaliente qualche metro sul piano di campagna, le poco rassicuranti caratteristiche meccaniche dei limi sui quali andava fondata la diga inducevano gli esperti a sviluppare una indagine estesa a tutto il tronco vallivo compreso tra De monte e la Sezione di S.Membotto per ricavarne una rappresentazione d'insieme che orientasse il successivo programma di accertamenti geognostici.

L'indagine doveva avere caratteristiche di speditezza e di economicità.

Di conseguenza fu dato incarico alla Compagnia Generale di Geofisica di Roma di effettuare una serie di profili sismici e di sondaggi elettrici (i due metodi infatti di rilevamento geofisico si integravano opportunamente), allo scopo di stabilire l'andamento batimetrico del substrato roccioso, nonché la potenza e la natura delle formazioni ad esso sovrastanti.

Fra il maggio e l'ottobre 1970 furono eseguite numero 28 basi sismiche per complessivi metri 17820 e n.162 sondaggi elettrici che raggiunsero profondità di prospezione dell'ordine di 150 metri.

Furono in tal modo acquisiti:

- 1) - Planimetria del substrato roccioso in scala 1:5000 a curve di livello equidistanti 25 metri;
- 2) - Planimetria dei limi nella stessa scala raffigurante il diverso grado di resistività e lo spessore di dette formazioni;
- 3) - Una serie di sezioni trasversali in cui compaiono i diversi tipi di rocce sovrapposte e la loro presunta costituzione geo-litologica.

Dall'esame delle sezioni trasversali risultò che lo andamento del substrato veloce, spesso coincidente con la formazione elettricamente resistente, ha un andamento molto regolare; la morfologia della base del ricoprimento continentale (fluvio-glaciale) presenta il tipico aspetto della Valle di erosione glaciale con fianchi più o meno ripidi e fondo leggermente concavo.

In particolare l'indagine geofisica evidenziò al centro della valle l'esistenza di una formazione superficiale di notevole potenza la cui resistività e velocità sismica facevano pensare trattarsi di sabbia più o meno grossolana.

Sulla scorta delle indicazioni fornite dalle prospezioni geofisiche furono eseguiti, tra il novembre 1970 ed il febbraio 1971, altri quattro sondaggi geognostici a percussione per complessivi 156,80 metri di perforazione.

Il primo di questi sondaggi interessò la zona di elevata resistività in centro valle e prospiciente le case di Tetti Ferrero; detta perforazione confermò il caratte-

re sabbioso della formazione potente quaranta metri circa; tale risultato consigliò l'esecuzione degli altri tre sondaggi spostati lateralmente in sinistra e disposti parallelamente all'asse vallivo.

I risultati di queste ultime perforazioni non furono incoraggianti in quanto le prove geotecniche sui campioni prelevati portarono a stabilire la presenza di formazioni limose aventi scadenti caratteristiche meccaniche tali da complicare il problema della fondazione dello sbarramento.

Le perplessità sorte per l'accertamento della presenza di limi non sufficientemente consolidati, e quindi di scarsa affidabilità per la fondazione di sbarramenti sia pure in materiale sciolto ma di notevole altezza (superiore a 70 metri) sia nella zona di imposta di S. Membotto sia per quella successivamente presa in esame di Tetti Ferrero, consigliarono di riesaminare un'altro progetto di sbarramento della Stura studiato negli anni fra il 1949 ed il 1952 da Muretti - Peretti, per conto del Consorzio d'Irrigazione Sinistra Stura (C.I.S.S.), nella zona di Gaiola, dove il torrente riversandosi sulla destra presenta una incisione più marcata completamente scavata nella roccia.

Le indagini eseguite in quella fase di studio, pur consentendo di individuare la sezione più favorevole ed il tipo di sbarramento, lasciavano alcuni problemi insoluti.

Questo progetto prescindeva infatti oltre che da una

conoscenza abbastanza approssimata della morfologia del bacino di invaso anche e, soprattutto, dalla conoscenza della conformazione del fondo roccioso sottostante l'ammasso morenico che costituisce l'attuale piano di Gaiola.

Allo scopo quindi di acquisire le necessarie conoscenze di carattere topografico e geognostico, fu eseguito un rilievo aerofotogrammetrico da parte dell'Istituto di Topografia del Politecnico di Torino (1972) del tronco vallivo compreso tra S. Membotto e Roccasparvera, il quale si collegava al precedente rilievo aerofotogrammetrico nella stessa scala.

Analogamente si collegava al precedente rilievo geosismico altro rilevamento effettuato dalla Compagnia Generale di Geofisica di Roma (agosto-settembre 1971) in corrispondenza del Piano di Gaiola. In questa fase furono effettuate n. 15 basi sismiche di sviluppo complessivo pari a 10290 metri.

Il rilievo consentì di definire l'andamento dell'imbasamento roccioso, il quale, sotto il potente ammasso morenico, scende ad una profondità media di circa 80 metri al di sotto dell'alveo attuale della Stura.

L'indagine sismica fu integrata da una serie di 10 sondaggi elettrici (novembre 1971), dei quali tre ubicati sull'allineamento dei detti sondaggi geognostici e 7 lungo una retta passante per il Bec del Croas e Case Ciamberlin.

In corrispondenza di detta sezione la Valle tende a restringersi determinando, almeno topograficamente, una situazione favorevole per lo sbarramento della Stura; i-

noltre la planimetria del fondo roccioso fornita dal rilievo sismico mostrava in quella zona la tendenza del substrato alla risalita.

I sondaggi elettrici anzidetti avevano lo scopo di fornire sulle due sezioni di Ciamberlin e di Gaiola i primi dati di orientamento sulle caratteristiche geomeccaniche delle formazioni attraversate.

I risultati della prospezione elettrica sulla sezione Ciamberlin confermò l'esistenza di un potente banco di limo lacustre che presentava tuttavia valori di resistività alquanto maggiori che nella zona a monte lasciando presumere trattarsi di limi con migliori caratteristiche meccaniche.

Sul profilo di Gaiola fu accertata invece la presenza di un potente strato elettricamente resistente costituito in via presuntiva da antiche morene.

Considerati i rilievi della geofisica con il metodo elettrico, si ritenne opportuno procedere a riscontri diretti sulle due sezioni mediante ulteriori sondaggi geognostici.

A tale fine fu dato incarico alla Geotecnica di eseguire sei perforazioni ubicate, due sull'allineamento di "Ciamberlin", tre su quello di Gaiola ed una, a percussione, in posizione intermedia tra i due allineamenti.

Di questi sei fori tre raggiunsero il fondo roccioso.

Nel corso dei sondaggi nella sezione Ciamberlin furono operati sistematici prelievi di campioni che vennero sottoposti a prove geotecniche in laboratorio. In questa fase di indagine geognostica (novembre 1971 - ottobre 1972)

furono eseguiti 511,25 metri di sondaggio.

Per l'esecuzione dei rilievi e delle diverse indagini di carattere geognostico e geofisico l'Ufficio Acque della Provincia fornì la necessaria assistenza provvedendo ai seguenti lavori:

- 1) - Appoggio plano-altimetrico del rilievo aerofotogrammetrico per la zona di invaso a monte di Moiola (1969);
- 2) - Rilievo topografico - celerimetrico della zona di imposta, della sbarramento (sezione di S. Membotto) e restituzione in scala 1:1000 con curve di livello equidistanti m. 2,50 (1969);
- 3) - Rilievo topografico dei profili sismici e posizionamento plano-altimetrico dei sondaggi elettrici (campagne 1970 e 1971);
- 4) - Assistenza topografica per posizionamento sondaggi geognostici (campagne 1969/1970, 1970/1971 e 1972);
- 5) - Appoggio altimetrico del rilievo aerofotogrammetrico per il tronco vallivo da S. Membotto a Roccasparvera (1972);
- 6) - Assistenza per l'ottenimento dei permessi di accesso, autorizzazioni varie, stime ed indennizzi per occupazioni e danni derivanti dalle diverse operazioni di campagna.

Una particolare indagine fu sviluppata dall'Ufficio acque della Provincia sulle sorgenti ed i fontanili che affiorano nell'area dell'invaso nonché sulle acque risalienti della falda intercettata tra i limi ed il fondo roccioso da alcuni fori profondi, a monte della sezione di S. Membotto.

Nel quadro di dette indagini sono state eseguite misure di temperatura, di portata, di pressione all'imbocco dei fori ed inoltre, in successive riprese, prelevati campioni di acqua sottoposti poi a prove di conducibilità elettrica da parte del Laboratorio Chimico Provinciale.

Mentre si susseguivano rilievi ed indagini relative allo sbarramento per la formazione del serbatoio di capacità utile presunta di 200 milioni di metri cubi, l'Ufficio Acque provvedeva a definire la situazione dei Consorzi Irrigui operanti nell'ambito territoriale della Provincia, con particolare riguardo a quelli che potevano fruire delle acque regolate dal serbatoio in istudio.

La particolare, capillare indagine sui Consorzi Irrigui portò a definire disponibilità e fabbisogni ai fini di una sufficiente dotazione idrica; furono inoltre acquisiti elementi sulle estensioni dei compresori consorziali, turni di adacquamento, ordinamenti colturali, costi e prospettive di estendimento e di trasformazione.

L'indagine infine ha preso in esame le attuali fonti di approvvigionamento, lo stato delle opere di presa e di canalizzazione e la loro potenzialità di trasporto.

Il notevole lavoro svolto in questo senso ha fornito il materiale di base per la redazione del Piano Generale di utilizzazione dei deflussi della Stura.

Tutti i lavori preliminari per lo studio dello sbarramento hanno comportato un onere complessivo di circa L.80.000.000.=; il 50% della spesa complessiva è stata richiesta dalla esecuzione dei sondaggi geognostici e relative prove; il 25% è stato speso per l'attuazione delle

indagini geofisiche, il 2,5% circa per l'esecuzione dei rilevamenti aerofotogrammetrici; l'8% circa per l'esecuzione delle prove geotecniche in sito ed in laboratorio.

A sostenere questo onere hanno generosamente contribuito la Camera di Commercio di Cuneo, Le Casse di Risparmio di Torino-Cuneo-Bra-Fossano-Saluzzo-Savigliano, l'Istituto Bancario S. Paolo di Torino, l'Istituto Federale di Credito Agrario per il Piemonte e la Liguria; all'Amministrazione Provinciale di Cuneo oltre al merito di aver preso l'iniziativa va ascritto il maggior contributo e le prestazioni dei suoi tecnici.

CAPITOLO I : Piano generale per la regolazione e
per l'utilizzazione dei deflussi del
la Stura di Demonte.

(Prof. Ing. Giovanni TOURNON)

1.1 Cenni sulla situazione attuale delle irrigazioni in
Provincia di Cuneo

Una visione sintetica delle principali caratteristiche del territorio provinciale, connesse con i problemi irrigui in istudio, emerge dal seguente prospetto:

PROSPETTO A)
PROVINCIA DI CUNEO

Zone Altimetriche	Superfici Territoriali (ha)	Superfici Agrarie (ha)	Superfici Irrigabili (ha)	Sup. Irrigabili in % delle Sup. Agrarie
Montagna interna	350.000	200.000	21.000	10,5
Collina interna	185.000	132.000	23.000	17,4
Pianura	157.000	139.000	109.000	78,7
TOTALI	692.000	471.000	153.000	32,5

In base ai dati raccolti dall'Ufficio Acque della Provincia risulta che le portate di concessione e le corrispondenti superfici irrigabili relative all'intero territorio provinciale ammontano rispettivamente a circa 120 m³/s ed a 134.000 ha.

La differenza di 19.000 ha. (tra i 153.000 ha. di cui al prospetto A) ed i 134.000 ha. testè indicati) è da

ritenersi sostanzialmente costituita (secondo quanto sarà precisato nel seguito) dall'insieme delle superfici irrigabili, che dispongono, in modo pressochè esclusivo, di acque fornite da pozzi.

Alla suddetta portata globale di concessione di $120 \text{ m}^3/\text{s}$ (che darebbe luogo ad una dotazione di $120.000 \text{ l/s} : 134.000 \text{ ha} = 0,89 \text{ l/s} \cdot \text{ha}$) corrisponde, ove si faccia riferimento alla superficie dei bacini imbriferi montani che alimentano le derivazioni irrigue in esame, un contributo specifico di circa $0,34 \text{ l/s} \cdot \text{ha} = 34 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$: valore non discosto dalla media ponderale dei contributi specifici medi normali del semestre estivo propri dei suddetti bacini montani, ma assai più elevato degli analoghi contributi riscontrabili durante i mesi (luglio e agosto) di massima esigenza irrigua.

Basti ricordare, a titolo di esempio, che il contributo medio normale estivo (aprile-settembre) del torrente Grana alla Stazione di Monterosso (che sottende un bacino di 102 km^2 , con altitudine media di 1.540 m.s.m) risulta di circa $35 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$ e che l'analogo contributo medio del bimestre luglio-agosto scende a circa $12 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$: ed ancora che il contributo medio normale estivo del Tanaro alla Stazione di Nucetto (che sottende un bacino di 375 km^2 , con altitudine media di 1.227 m.s.m) risulta di circa $29 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$ e che l'analogo contributo medio del bimestre luglio-agosto scende a circa $9 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$.

A ridurre ulteriormente la disponibilità utile di acque irrigue interviene poi la notevolissima variabilità delle portate da un anno all'altro ed, in ciascun anno, durante i suddetti mesi di massima esigenza irrigua.

Si può ritenere al riguardo che la portata media sicuramente fornita, in almeno 8 anni su 10, durante il mese di agosto, dai bacini imbriferi in esame sia dell'ordine di $1/3 \pm 1/4$ della corrispondente portata media normale estiva e che, sempre durante il mese di agosto, i minimi valori delle portate giornaliere scendano anche al di sotto di $1/6$ della suddetta portata media normale estiva.

Ad integrare le portate defluenti in superficie dai bacini imbriferi montani sopra considerati intervengono i contributi di numerose risorgenze idriche caratterizzate da portate (per la massima parte già computate tra quelle di concessione) relativamente costanti nel tempo.

L'insieme delle portate fornite da queste risorgenze corrisponde per altro ad una modesta frazione dei $120 \text{ m}^3/\text{s}$ che rappresentano, come si è detto, la portata globale di concessione.

Da quanto sopra esposto risultano infine evidenti le ragioni per le quali le irrigazioni cuneesi soffrono, come è noto, nel loro complesso, di gravi deficienze idriche.

Delle irrigazioni considerate presentano particolare interesse, ai fini del presente studio, quelle ricadenti nel Territorio, costituito dalle "Zone di Pianura" e, in minor misura, di "Collina Interna", dominato dai bacini imbriferi montani del Varaita, del Maira, del Grana, della Stura di Demonte, del Gesso, del Pesio e dell'Ellero.

Ancora dai dati raccolti dall'Ufficio Acque della Provincia emerge che alle irrigazioni del Territorio te-

stè definito compete una portata di concessione di circa 91.000 l/s ed una superficie irrigabile di circa 101.000 ha. Si tratta, sia per le portate di concessione, sia per le superfici irrigabili, di valori pari a circa il 75%, di quelli relativi all'intera Provincia di Cuneo.

Vale dunque sostanzialmente per le irrigazioni del Territorio considerato quanto si è detto in merito alle deficienze idriche relative alle irrigazioni di tutta la Provincia, considerate nel loro complesso.

Al fine di ovviare, per quanto possibile alla grave deficienza di acque irrigue superficiali si è gradualmente addivenuti durante gli scorsi decenni, in diverse zone del Territorio, ad un massiccio sfruttamento delle formazioni idriche sotterranee.

Recenti indagini promosse dall'Amministrazione Provinciale hanno dimostrato che esistono oggi nel Territorio circa 2000 pozzi utilizzati a scopo irriguo eroganti durante i periodi di punta una portata complessiva media giornaliera valutabile in $30 \pm 40 \text{ m}^3/\text{s}$.

Merita precisare in proposito che questi pozzi vengono utilizzati, oltre che per l'irrigazione in zone prive di ogni risorsa idrica superficiale, anche a favore di terreni classificati come irrigabili con acque di superficie, ma che in realtà non dispongono dei necessari volumi idrici.

La superficie della prima di queste categorie di terreni, cioè la superficie dei terreni serviti quasi esclusivamente da pozzi, può essere valutata come già si è detto, attorno ai 19.000 ha.

Si può infine concludere che l'estensione globale dei terreni irrigabili ricadenti nel territorio in studio ammonta a circa $101.000 + 19.000 = 120.000$ ha.

La crescente utilizzazione di acque sotterranee a scopo irriguo, oltre che a scopo potabile ed a scopo industriale, ha già causato notevoli e diffusi abbassamenti delle quote piezometriche delle falde, cui hanno fatto seguito diminuzioni, anche rilevanti, delle portate erogate dalle numerose risorgenze idriche naturali sopra ricordate.

Entrambi questi fenomeni hanno ormai raggiunto proporzioni tali per cui si deve ritenere che sia stato ampiamente superato, nella utilizzazione delle formazioni idriche sotterranee del territorio in esame, il limite corrispondente alla massima convenienza globale.

In particolare si deve ritenere che basterebbe una successione di alcuni anni di scarse precipitazioni per provocare il tracollo di un equilibrio idrologico già largamente compromesso, con conseguenze gravissime sui livelli produttivi e socio-economici di questo vasto territorio che detiene, tra l'altro, il primato della produzione zootecnica in Piemonte.

1.2 Valutazione dei volumi d'acqua occorrenti per l'integrazione delle disponibilità idriche delle irrigazioni esistenti e per le nuove irrigazioni.

Alle valutazioni in oggetto ha provveduto l'Ufficio Acque della Provincia attraverso accurate ricerche che sono valse tra l'altro a definire, nell'ambito del territorio in esame, le superfici irrigabili facenti capo ad

oltre 200 Consorzi ed a tracciare, in base a razionali criteri idrografici, i limiti di organici raggruppamenti dei Consorzi stessi.

Questi raggruppamenti figurano, evidenziati a mezzo di diverse colorazioni nella Corografia in scala 1:100.000 allegata alla presente Relazione (v. All. 1/1-idrologia).

Dalle citate indagini dell'Ufficio Acque della Provincia ci si limita a trarre i risultati che hanno, in questa sede, particolare interesse:

- 1) Nell'ambito del territorio sono stati individuati i comprensori (anch'essi definiti nella citata corografia in scala 1:100.000) che presentano rilevanti esigenze di integrazioni irrigue. Merita precisare che in questi comprensori, la cui estensione globale ammonta a circa 45.000 ha, ricadono anche numerose zone, aventi una superficie complessiva di alcune migliaia di ettari, oggi praticamente prive di ogni disponibilità di acque irrigue, ma che sarebbero facilmente irrigabili "a gravità" non appena fosse possibile provvedere ad adeguati impinguamenti ed estensioni delle reti irrigue esistenti.
- 2) Con riferimento ad 8 anni su 10 (ottenuti escludendo i 2 anni 10 caratterizzati dalle maggiori disponibilità idriche estive) il valore medio del volume di integrazione irrigua occorrente per l'intero territorio ammonta a 154 milioni di m³.

Si osserva che il suddetto volume, di oltre 154 · 10⁶ m³, se riferito ai 120.000 ha corrispondenti all'intera superficie irrigabile del Territorio darebbe luogo

ad un volume specifico di integrazione irrigua pari a $\frac{154 \cdot 10^6}{120 \cdot 10^3} = 1.280 \text{ m}^3/\text{ha}$ ed a una portata specifica di integrazione (valutata con riferimento a 2 mesi - luglio e agosto - di erogazione) pari a $\frac{1.280.000 \text{ l/ha}}{62 \cdot 86.400 \text{ s}} = 0,24 \text{ l/s} \cdot \text{ha}$; ove si facesse invece riferimento ai 45.000 ha caratterizzati da rilevanti esigenze di integrazioni irrigue si perverrebbe ad un volume specifico integrativo pari a $\frac{154 \cdot 10^6}{45 \cdot 10^3} = 3.420 \text{ m}^3/\text{ha}$ e ad una portata specifica (valutata ancora con riferimento al bimestre luglio-agosto) pari a $\frac{3.420.000 \text{ l/ha}}{62 \cdot 86.400 \text{ s}} = 0,641/\text{s} \cdot \text{ha}$.

Occorre ancora ricordare che nell'ambito del Territorio in esame esistono alcune zone relativamente estese, che, stante la posizione altimetrica, ma essenzialmente a causa delle deficienti disponibilità idriche superficiali e sotterranee, non usufruiscono ancora dei benefici dell'irrigazione.

Merita accennare sin d'ora che, secondo quanto risulterà nel seguito (vedasi paragrafo 1.8):

- a) la superficie globale netta irrigabile di queste zone è stata valutata in circa 7.000 ha;
- b) il volume medio stagionale d'acqua occorrente per l'irrigazione di questi 7.000 ha, negli 8 anni su 10 caratterizzati dalle esigenze idriche più elevate, è stato stimato in circa 25 milioni di m^3 .

1.3 Concrete possibilità di provvedere all'integrazione delle attuali disponibilità irrigue

La regolazione della Stura mediante un grande lago artificiale tra Demonte e Gaiola.

Alla luce di quanto si è detto in merito all'eccessivo sfruttamento cui già oggi risultano sottoposte le formazioni idriche sotterranee del Territorio in studio, si è portati a ritenere che l'unica effettiva possibilità di accrescere le scarse disponibilità irrigue consiste nella realizzazione di serbatoi capaci di provvedere ad un'adequata regolazione dei deflussi provenienti dai circostanti bacini imbriferi montani.

L'esame geo-topografico e idrologico di tutti i bacini montani dianzi menzionati porta a riconoscere che non esiste altra soluzione atta a procurare il maggior volume d'acqua occorrente anche solo per l'integrazione delle irrigazioni esistenti ($154 \cdot 10^6 \text{ m}^3$), al di fuori di quella basata sulla regolazione pluriennale della Stura a mezzo di un serbatoio ubicato in corrispondenza dell'ampio slargo vallivo estendentesi per oltre sette chilometri dai piedi dell'abitato di Demonte sino alla stretta di Gaiola.

Merita ricordare come l'attitudine di questo tronco della Valle Stura alla formazione di serbatoi di regolazione abbia già suggerito, negli ultimi 50 anni, numerosi studi e progetti.

Un primo studio, condotto nel 1924 dall'Ing. De Thierry e dal Prof. Sacco, aveva previsto la realizzazione di un invaso di $10 + 12$ milioni di m^3 a mezzo di una diga a gravità in muratura sita in corrispondenza della stretta in roccia di Gaiola.

Sono seguiti, a partire dall'anno 1943, studi ed indagini a cura dell'Ing. T. Ognibeni, dell'Ing. G. Wetter, e del Prof. S. Venzo che elaborarono nel 1948 un progetto

to di massima di un serbatoio di 40 milioni di m^3 , realizzabile mediante una diga in terra ubicata a monte dell'abitato di Moiola, nei pressi della Cappella di S. Membotto.

Di poco posteriori sono gli studi svolti, per iniziativa del Consorzio di irrigazione sinistra Stura, dall'Ing. M. Muretti e dal Prof. L. Peretti che proposero la realizzazione di un serbatoio di circa 60 milioni di m^3 ottenuto sbarrando la Stura in corrispondenza della già citata stretta di Gaiola mediante una diga in muratura sopraelevata rispetto alla soglia di roccia in sponda sinistra e prolungando lo sbarramento da questo lato con estese opere di tenuta.

Al 1954 risale infine un secondo progetto dell'Ing. T. Ognibeni, dell'Ing. G. Wetter e del Prof. S. Venzo comportante la realizzazione di un serbatoio di 160 milioni di m^3 , ottenuto ancora sbarrando la Stura mediante una diga in terra ubicata in corrispondenza della sezione di S. Membotto. Quest'ultimo progetto, inteso sia all'incremento delle disponibilità irrigue sia alla produzione di energia elettrica mediante numerose centrali dislocate lungo il corso della Stura, prevedeva di convogliare al serbatoio, tramite apposite opere di derivazione e di adduzione in galleria, anche le portate di morbida e di piena del torrente Gesso.

Si intende qui di seguito dimostrare sino a qual punto, attraverso l'accennata regolazione pluriennale a mezzo di lago artificiale denominato Lago di Demonte realizzabile nel tronco vallivo dianzi indicato, sia possibile anzitutto provvedere alla integrazione delle irrigazioni esistenti ed alle esigenze idriche delle nuove

irrigazioni per poi riconoscere, in successivi paragrafi, anche l'utilità del serbatoio al fine della attenuazione delle piene (vedasi paragrafo 1.9) e l'eventuale possibilità di una produzione relativamente importante di energia elettrica, del tutto subordinata peraltro ai predetti scopi irrigui (vedasi paragrafo 1.10).

Come risulterà da altri capitoli di questa Relazione Generale, sono state prese in esame quattro possibili Sezioni di sbarramento e precisamente, procedendo da valle verso monte:

- 1°) una sezione passante per la stretta e l'altopiano di Gaiola (Sezione Gaiola);
- 2°) una sezione passante per l'allineamento Ciamberlin-Bec del Croas (Sezione Ciamberlin), ubicata a circa 1000 m a monte della Sezione Gaiola;
- 3°) una sezione passante poco a monte della Cappella di S. Membotto (Sezione S. Membotto), ubicata a circa 1700 m a monte della Sezione Ciamberlin;
- 4°) una sezione, passante in prossimità delle case denominate Tetti Ferrero (Sezione Tetti Ferrero), ubicata a circa 1200 m a monte della Sezione S. Membotto.

Le superfici dei bacini imbriferi sottesi da queste quattro sezioni non differiscono sensibilmente tra loro: si passa infatti da un massimo di 562 km^2 per la Sezione Gaiola ad un minimo di 532 km^2 , per la Sezione Tetti Ferrero. Sussiste dunque tra le due situazioni estreme, una differenza di superficie sottesa inferiore al 5,6% di quella minima (532 km^2).

Si può ritenere pertanto che i risultati delle elaborazioni idrologiche svolte con specifico riferimento

alla Sezione Gaiola, si mantengano sostanzialmente valide, ai fini del presente studio, anche per tutte le altre Sezioni di sbarramento.

Merita precisare subito che per gli studi idrologici ed in particolare per gli studi riguardanti la regolazione delle portate attuabile col costruendo lago di Demonte è possibile fare diretto riferimento ai rilevamenti idrometrografici effettuati a cura dell'Istituto idrografico del Po per una durata complessiva di 18 anni (periodo 1935-1944 e periodo 1958-1965) in corrispondenza di una stazione pressochè coincidente con la suddetta "Sezione di Gaiola".

Le principali caratteristiche della suddetta stazione idrometrografica e del bacino imbrifero (vedi allegato 1/2 - Idrologia) da questa sotteso possono così riassumersi:

Quota dello zero idrometrico: 643.96 m.s.m.

Superficie del bacino imbrifero sotteso (impermeabile per il 14%): 562 km^2 .

Altitudine media del bacino imbrifero: 1817 m.s.m.

Altitudine massima (Monte Tenibres): 3.031 m.s.m.

Afflusso meteorico medio annuale: 1.219 mm.

Deflusso medio annuale: 1.011 mm

Deflusso annuale massimo (1936): 1.760 mm

Deflusso annuale minimo (1965): 440 mm

Deflusso annuale immediatamente superiore al minimo (1964): 722 mm

Coefficiente di deflusso medio: $1.011/1.219 = 0,83$

Portata media annuale: $18.00 \text{ m}^3/\text{s}$

Portata massima (14 giugno 1957): $440 \text{ m}^3/\text{s}$

Portata minima (gennaio 1959): $3,20 \text{ m}^3/\text{s}$

Sembra utile segnalare sin d'ora il valore eccezionalmente basso del deflusso annuale verificatosi nel 1965 (440 mm) e riconoscere che si tratta di un minimo assoluto pari a circa il 43% del deflusso medio annuale (1.011 mm) e pari al 60% del deflusso annuale immediatamente superiore al minimo (722 mm) dell'anno 1964 .

Stante l'estrema eccezionalità idrologica dell'anno 1965 (nota 1), si è ritenuto che la sua messa in conto nelle elaborazioni di cui in appresso ed in particolare nello studio della regolazione delle portate avrebbe potuto falsarne i risultati. Scartato l'anno 1965, sono stati pertanto considerati i periodi: 1935-1944 (10 anni) e 1958-1964 (7 anni), per un totale di 17 anni.

Nota 1) - Vedasi al riguardo la memoria dell'Ing. Urbano Pulselli a titolo "Alcune caratteristiche idrologiche del periodo magro estate 1964 - estate 1965 in Alta Italia" ("L'energia elettrica, numero 2, anno 1966") da cui risulta che per la maggior parte dei corsi d'acqua dell'Italia settentrionale le portate medie relative al periodo considerato corrispondono ai minimi assoluti osservati e per taluni corsi di acqua piemontesi si sono verificate nel periodo suddetto, portate medie mensili inferiori alle minime secolari.

Con riferimento ai suddetti periodi di osservazione valgono i seguenti valori di durata delle portate:

Durate (giorni)	10	30	60	91	135	182	274	355
Portate (m ³ /s)	60	40,60	29,00	23,10	17,30	13,30	9,17	5,90

Da questi ultimi dati, oltre che da quelli precedentemente esposti, riguardanti i valori massimi, medi e minimi dei deflussi annuali e delle portate medie annuali e giornaliere, già si possono intravedere i notevoli vantaggi conseguibili mediante un'adeguata regolazione pluriennale delle portate.

Non si dispone di misure dirette del trasporto solido, in sospensione e per trascinamento, operato dalle acque della Stura di Demonte. Una sua valutazione orientativa può derivare dalla classificazione delle rocce affioranti nel bacino imbrifero a seconda del loro grado di erodibilità ed in base ai relativi tassi annuali medi di erosione, quali proposti da L. Canali nello studio monografico a titolo "Contributo di studio sul trasporto solido in sospensione dei corsi d'acqua padani e sulla degradazione del suolo nel Bacino del Po" (vedasi Servizio idrografico Centrale - Memorie e Studi Idrografici - Pubblicazione n.2 - Volume II - anno 1964).

La suddetta classificazione può essere così formulata:

BACINO IMBRIFERO DELLA STURA DI DEMONTE
SOTTESO DALLA STAZIONE IDROMETRICA DI GAIOLA

Superficie del Bacino Imbrifero	Sup. praticamente non erodibile (cristallino del Massiccio dell'Argentera)		Sup. poco erodibile		Sup. erodibile		Superficie eminentemente erodibile (Coperture moreniche detritiche)	
	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%
562	120	21,4	150	26,6	120	21,4	172	30,6

In base ai criteri sopra menzionati il corrispondente tasso annuo medio di trasporto solido in sospensione e per trascinamento risulterebbe compreso fra 300 e 600 m³/km².

Facendo riferimento al valore massimo di 600 m³/km², il volume di materie solide affluenti al Lago di Demonte ammonterebbe annualmente a circa 340.000 m³ ed in un periodo di 50 anni a 17 · 10⁶ m³.

Anche nell'ipotesi che questo volume di sostanze solide dovesse depositarsi interamente nel serbatoio, la sua capacità globale, dell'ordine di 220 · 10⁶ m³, risulterebbe ridotta, in capo a 50 anni di servizio, di meno dell'8%.

Ove si consideri che almeno i 2/3 del trasporto solido è da ritenersi costituito da sostanze in sospensione e che una frazione relativamente importante di queste sostanze è destinata a depositarsi sul fondo del La

go al di sotto del livello di minimo invaso e/o ad essere scaricata a valle dello sbarramento, si può infine concludere che la riduzione della capacità utile del serbatoio causata dal trasporto solido non menomerebbe sensibilmente, almeno per molti decenni, la sua funzione regolatrice.

1.4 Studio della regolazione delle portate resa possibile dal Lago di Demonte e determinazione dei maggiori volumi d'acqua ottenibili

Per brevità e chiarezza si attribuirà d'ora innanzi la denominazione di volume stagionale "caratteristico" al valore medio del volume stagionale d'acqua irrigua, occorrente (o disponibile), relativo ad una successione di anni sufficientemente estesa dalla quale siano stati eliminati il 20% degli anni più ricchi di acque estive, o più precisamente il 20% degli anni caratterizzati dai più elevati valori degli apporti idrici utili estivi ai terreni agrari (o delle disponibilità estive di acque destinate all'irrigazione).

Ciò precisato, si ricorda:

- 1°) che per l'integrazione delle irrigazioni esistenti nel Territorio in esame è da ritenersi necessario un volume stagionale "caratteristico" pari a $154 \cdot 10^6 \text{ m}^3$.
- 2°) Che, ove si intendesse provvedere anche all'irrigazione dei complessivi 7.000 ha delle "Zone Asciutte" dianzi indicate, occorrerebbe un ulteriore volume stagionale "caratteristico" di $25 \cdot 10^6 \text{ m}^3$.

Il volume stagionale "caratteristico" globale salirebbe così a $(154 + 25) \cdot 10^6 \text{ m}^3 = 179 \cdot 10^6 \text{ m}^3$.

In base ai valori delle portate rilevate alla stazio

ne idrometrografica di Gaiola durante i 17 anni di osservazione (periodi 1935-1944 e 1958-1964), ed in base alle suddette valutazioni delle esigenze di integrazione delle attuali disponibilità idriche dei comprensori irrigui in istudio e dei fabbisogni d'acqua per le nuove irrigazioni, si è pervenuti a definire i seguenti valori medi mensili "caratteristici" delle portate q_{dt} che dovrebbero essere derivate tendenzialmente dal costruendo Lago di Demonte:

Mesi	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D
q_{dt} (m^3/s)	5	5	5	14	18	28	58	42	20	5	5	5

I volumi mensili v_{dt} ed annuali ($\sum_A v_{dt}$) corrispondenti a queste portate q_{dt} figurano nella tabella A).

Si osserva che il volume medio annuale corrispondente ai suddetti valori di q_{dt} ammonterebbe a $555.487.200 m^3$ e che questo volume risulta di circa il 5% inferiore al deflusso medio annuale (pari a circa $587.10^6 m^3$, vedasi colonna 5 della successiva Tabella D) relativo ai 17 anni di osservazione considerati.

LAGO DI DEMONTE
(Capacità utile $200 \cdot 10^6 \text{ m}^3$) TABELLA A)

Portate medie mensili "caratteristiche" da derivare tendenzialmente (q_{dt}) dal serbatoio e corrispondenti volumi mensili (v_{dt}) ed annuali ($\sum_A v_{dt}$)

Mesi	n° sec.	q_{dt} (m^3/s)	v_{dt} (invernali) m^3	v_{dt} (estivi) m^3
Gennaio	2.678.400	5	13.392.000	----
Febbraio	2.419.200	5	12.096.000	----
Marzo	2.678.400	5	13.392.000	----
Aprile	2.592.000	14	----	36.288.000
Maggio	2.678.400	18	----	48.211.200
Giungo	2.592.000	28	----	72.576.000
Luglio	2.678.400	58	----	155.347.200
Agosto	2.678.400	42	----	112.492.800
Settembre	2.592.000	20	----	51.840.000
Ottobre	2.678.400	5	13.392.000	----
Novembre	2.592.000	5	12.960.000	----
Dicembre	2.678.400	5	13.392.000	----
			78.624.000	+ 476.755.200 =
			= 555.379.200	

N.B. Negli anni bisestili il v_{dt} relativo al mese di febbraio risulta pari a $5 \text{ m}^3/\text{s} \times 2.505.600 \text{ sec.} = 12.528.000 \text{ m}^3$ e la $\sum_A v_{dt}$ annuale ammonta a $555.811.200 \text{ m}^3$. La $\sum_A v_{dt}$ annuale media normale risulta pertanto pari a $(3 \times 555.379.200 + 555.811.200) : 4 = 555.487.200 \text{ m}^3$.

Si è quindi definita, attraverso molteplici valutazioni di carattere idrologico, topografico, costruttivo ed economico, in 200 milioni di m³ la capacità utile ottimale da assegnare al serbatoio.

Con riferimento a questa capacità utile di 200 milioni di m³, ponendo in conto gli afflussi mensili al serbatoio valutati in base alle corrispondenti portate medie mensili rilevabili dagli Annali idrologici per la stazione idrometrografica di Gaiola, si è proceduto a formulare, per i suddetti 17 anni di osservazioni, l'esercizio fittizio del costruendo lago artificiale.

Merita precisare al riguardo, in via preliminare:

1°) che è stata ipotizzata all'inizio dei due periodi di osservazione (1° gennaio 1944 e 1° gennaio 1958) la presenza nel serbatoio di un volume utile di 70 milioni di metri cubi, pari a circa il 70% del volume che a fine anno risulta mediamente invasato nel serbatoio (nei 17 anni esaminati il valore medio del volume al 31 dicembre è risultato infatti di circa 103 milioni di m³);

2°) che non si è ritenuto necessario porre in conto nello studio della regolazione, le perdite d'acqua per filtrazione e per evaporazione dal serbatoio.

Si è infatti valutato che la messa in conto di dette perdite avrebbe mediamente comportato una diminuzione dei volumi derivabili ad uso irriguo dal serbatoio inferiore al 3 + 4%, tale da non modificare sensibilmente i risultati dell'indagine.

Lo studio della regolazione, ed in particolare l'esame dei risultati ottenibili mediante l'esercizio fittizio del serbatoio nei 17 anni di osservazione, risulta sostanzialmente contenuto nelle allegate 17 tabelle

B₁ + B₁₇ (v.all.1/3 - Idrologia) in cui figurano:

- 1°) i mesi dell'anno e la loro durata in secondi;
- 2°) le portate medie mensili regolate da derivare tendenzialmente (q_{dt}) dal serbatoio;
- 3°) i corrispondenti volumi da derivare tendenzialmente (v_{dt}) e le loro somme relative a tutto l'anno ($\sum_A v_{dt} = 555.379.200 \text{ m}^3$, che salgono a $555.811.200 \text{ m}^3$ negli anni bisestili) ed al solo semestre estivo ($\sum_E v_{dt} = 476.555.200 \text{ m}^3$);
- 4°) Le portate medie mensili affluenti al serbatoio (q_a);
- 5°) I corrispondenti volumi affluiti (v_a) e la loro somma annuale ($\sum_a v_a$);
- 6°) I volumi ($\pm v_i$) invasati (+) o svasati (-) durante ciascun mese e la loro somma algebrica annuale $\sum_a (\pm v_i)$;
- 7°) I volumi utili presenti nel serbatoio (v_p) alla fine di ciascun mese;
- 8°) I volumi scaricati per sfioro dal serbatoio (v_s) e la loro sommatoria annuale ($\sum_A v_s$);
- 9°) I volumi mensili mancanti (v_m) rispetto a quelli da derivare tendenzialmente e le loro somme estese a tutto l'anno ($\sum_A v_m$) ed al solo semestre estivo, aprile-settembre ($\sum_E v_m$);
- 10°) Le corrispondenti portate medie mensile (q_m) mancanti rispetto a quelle da derivare tendenzialmente;
- 11°) Le portate medie mensili estive (q_{ds}) che, in assenza di regolazione, risulterebbero disponibili per soddisfacimento delle q_{dt} ;
- 12°) I corrispondenti volumi (v_{ds}) e la loro somma ($\sum_E v_{ds}$).

In ciascuna tabella figurano anche:

a) il controllo del bilancio volumetrico annuale:

$$v_{p, \text{ iniziale}} + \sum \frac{v}{A_a} = v_{p, \text{ finale}} + \sum \frac{v}{A_{dt}} - \sum \frac{v}{A_m} + \sum v_s;$$

b) la determinazione del maggior volume d'acqua ΔV_E che la regolazione rende utilizzabile durante il semestre

$$\text{estivo: } \Delta V_E = \sum \frac{v}{E_{dt}} - \sum \frac{v}{E_m} - \sum \frac{v}{E_{ds}}.$$

Secondo quanto dianzi indicato, per la formulazione dell'esercizio fittizio del serbatoio sono stati utilizzati i valori delle portate medie alla Stazione di Gaiola, il che risulta pienamente giustificato dalla entità stessa della capacità regolatrice ($200 \cdot 10^6 \text{ m}^3$).

Per la determinazione dei volumi d'acqua utilizzabili a scopo irriguo in assenza di regolazione si è poi fatto riferimento, in seconda approssimazione, alle portate medie giornaliere riportate negli Annali dell'Ufficio Idrografico per la Stazione di Gaiola (anzichè alle suddette medie mensili).

Risulta evidente che la messa in conto delle portate medie giornaliere (q_g) in luogo di quelle mensili (q_a) non comporta alcuna correzione nel caso in cui le portate giornaliere risultino, durante tutti i giorni del mese, sempre inferiori o sempre superiori alle corrispondenti portate q_{dt} .

Per contro nel caso in cui (pur essendo la portata media mensile q_a inferiore alla corrispondente q_{dt}) esistono nel mese portate giornaliere $q_g > q_{dt}$, i minori volumi utilizzabili nel mese risultano ovviamente pari alla sommatoria mensile $\sum (q_g - q_{dt})$. 86.400, ed analogamente nel caso in cui (pur essendo la portata media mensile q_a su-

periore alla corrispondente q_{dt}) esistono nel mese portate giornaliere $q_g < q_{dt}$, i minori volumi utilizzabili nel mese ammontano a $\sum_m (q_{dt} - q_g) \cdot 86.400$.

Nella Tabella C) si è giunti in tal modo a definire, mese per mese, per i 17 anni di esercizio fittizio, i mi nori volumi d'acqua che risultano utilizzabili a seguito della messa in conto delle portate medie giornaliere in luogo delle portate medie mensili (volumi pari alle sommatorie dei suddetti volumi giornalieri $\sum_m (q_g - q_{dt}) \cdot 86.400$, o $\sum_m (q_{dt} - q_g) \cdot 86.400$, estese a tutti i giorni del mese).

I risultati dell'esercizio fittizio condotto nei mo di dianzi definiti per i 17 anni di osservazione (periodo 1935-1944 e periodo 1958-1964) sono stati sintetizzati nella unita Tabella D).

LAGO DI DEMONTE
(capacità utile 200.10^6 m^3) TABELLA D)

Esercizio fittizio del Lago durante i periodi di osservazione alla stazione idrometrografica di Gaiola 1935 - '44 e 1958 - '64

1	2	3	4	5
ANNO	Volumi irrigui Utilizzabili senza regolazione $\sum v_{ds}$ (m^3)	Minori volumi irrigui utilizzabili (correz. derivanti dalla messa in conto delle portate giornaliere) (m^3)	Volumi irrigui Utilizzabili senza regolazione (corretti) (m^3)	Volumi affluiti al serbatoio $\sum v_a$ (m^3)
1935	309.383.712	- 825.120	308.558.592	650.619.648
'36	423.127.584	- 13.846.464	<u>409.281.120</u>	989.766.760
'37	301.909.248	- 9.944.640	291.964.608	699.398.496
'38	272.833.920	- 16.696.800	256.137.120	473.608.512
'39	329.682.528	- 2.237.760	327.444.768	593.050.464
'40	264.204.288	- 5.807.808	258.396.480	439.527.168
'41	332.115.552	- 155.520	331.960.032	698.890.464
'42	242.491.968	- 3.597.696	238.894.272	452.488.032
'43	232.835.140	- 3.395.520	229.439.620	519.981.984
'44	226.946.000	- 138.240	226.807.760	472.110.336
1958	235.783.872	- 10.825.920	224.957.952	439.422.624
'59	314.677.440	- 7.940.160	306.737.280	694.687.104
'60	322.479.360	- 9.919.584	312.559.776	900.452.160
'61	246.400.704	- ----	246.400.704	496.649.664
'62	236.187.360	- 11.921.472	224.265.888	431.755.488
'63	302.563.840	- 10.985.760	291.578.080	623.157.568
'64	224.295.424	- 9.123.840	<u>215.171.584</u>	<u>405.628.128</u>
	<u>4.817.917.940</u>	- <u>117.362.304</u>	<u>4.700.555.636</u>	<u>9.981.194.600</u>
VALORI MEDI ANNUALI	$\frac{4.817.917.940}{17} =$ = 283.406.938	- $\frac{117.362.304}{17} =$ = - 6.903.665	$\frac{4.700.555.636}{17} =$ = 276.503.273	$\frac{9.981.194.600}{17} =$ = 587.129.094

6	7	8	9
Volumi sfiorati dal serbatoio $\sum_A v_s$ (m ³)	Volumi irrigui utilizzabili mediante regolazione $\sum_E v_{dt} - \sum_E v_m$ (m ³)	Maggiori volumi irrigui utilizzabili grazie alla regolazione (non corretti) Δv_E (m ³)	Maggiori volumi irrigui resi utilizzabili dalla regolazione (corretti) (m ³)
----- 409.710.024 156.344.256 29.079.648 4.745.088 ----- 57.240.448 364.608 ----- ----- 47.005.504 283.530.240 110.496.960 ----- ----- 7.157.824	<u>476.755.200</u> <u>476.755.200</u> <u>476.755.200</u> <u>476.755.200</u> <u>476.755.200</u> 410.586.176 <u>476.755.200</u> 442.491.968 425.211.552 <u>374.054.976</u> 384.211.744 <u>476.755.200</u> <u>476.755.200</u> 446.400.704 379.330.560 461.016.736 426.295.424	167.371.488 53.627.616 174.845.952 203.921.280 147.072.672 146.381.888 144.639.648 200.000.000 192.376.412 147.108.976 148.427.872 162.077.760 154.275.840 200.000.000 143.143.200 158.452.896 202.000.000	168.196.608 67.474.080 184.790.592 220.618.080 149.310.432 152.189.696 144.795.168 203.597.696 195.771.932 147.247.216 159.253.792 170.017.920 164.195.424 200.000.000 155.064.672 169.438.656 211.123.840
<u>1.105.674.600</u>	<u>7.563.641.440</u>	<u>2.745.723.500</u>	<u>2.863.085.804</u>
$\frac{1.105.674.600}{17} =$	$\frac{7.563.641.440}{17} =$	$\frac{2.745.723.500}{17} =$	$\frac{2.863.085.804}{17} =$
= 65.039.682	= 444.920.085	= 161.513.147	= 168.416.812

Da questa Tabella è possibile rilevare quanto segue:

- 1°) I volumi annui affluiti al serbatoio (vedasi colonna 5) variano da un minimo di 405.628.128 m³ (anno 1964) ad un massimo di 989.766.760 m³ (anno 1936). Il loro valore medio risulta di 587.129.094 m³.
- 2°) I volumi utilizzabili a scopo irriguo in assenza di regolazione (già corretti in base ai risultati di cui alla Tabella C) risultano compresi (vedasi colonna 4) tra un minimo di 215.171.584 m³ (anno 1964) ed un massimo di 409.281.120 m³ (anno 1936). Il loro valore medio risulta di 276.503.273 m³.
- 3°) I volumi utilizzabili a scopo irriguo durante il semestre estivo previa regolazione (vedasi colonna 7) risultano compresi tra un minimo di 374.054.976 m³ (anno 1944) ed un massimo di 476.755.200 m³ (anni 1935, 36, 37, 38, 39, 41, 59, 60). Il loro valore medio risulta di 444.920.085 m³.

Pertanto il maggior volume annuale utilizzabile a scopo irriguo risulta mediamente pari a $444.920.085 - 276.503.273 = 168.416.812 \text{ m}^3$ (vedasi anche colonna 9).

I valori annuali:

- a) dei volumi affluiti ($\sum_A v_a$) al serbatoio,
- b) dei volumi irrigui utilizzabili senza regolazione e previa regolazione,
- c) dei maggiori volumi irrigui utilizzabili grazie alla regolazione,

sono stati poi disposti in ordine decrescente nella unita Tabella E), da cui è possibile dedurre immediatamente le durate dei diversi parametri in esame.

Per le ragioni che emergeranno dai successivi sviluppi di questo studio, assume particolare interesse consi-

derare le portate medie utilizzabili senza regolazione nel periodo di massima esigenza irrigua (bimestre luglio-agosto) e confrontarle con quelle derivabili dal serbatoio durante il medesimo periodo.

I risultati di simili elaborazioni figurano nell'unità Tabella F) dove sono state riportate per i 17 anni di esercizio fittizio del serbatoio:

- a) le portate medie q_{sr} utilizzabili a scopo irriguo durante il bimestre luglio-agosto senza regolazione (portate già corrette tenendo conto dei valori giornalieri);
- b) le portate medie q_{cr} utilizzabili a scopo irriguo durante il suddetto bimestre con regolazione;
- c) le differenze $(q_{cr} - q_{sr})$ tra le portate di cui ai punti b) ed a).

Nella stessa Tabella F) le suddette portate q_{cr} e q_{sr} e le loro differenze $(q_{cr} - q_{sr})$, oltre che nella loro successione cronologica, sono state riportate anche in ordine di valori decrescenti.

Nel Grafico 1 sono stati tracciati i diagrammi (curve delle durate) delle portate q_{sr} (senza regolazione) e q_{cr} (con regolazione) disposte in ordine decrescente.

LAGO DI DEMONTE

(capacità utile $200 \cdot 10^6 \text{ m}^3$) TABELLA E)

Esercizio fittizio del Lago durante i periodi di osservazione alla stazione idrometrografica di Galola 1935 - '44 e 1958 - '64

Volumi affluiti al serbatoio e volumi irrigui utilizzabili disposti in ordine decrescente

n° d'ordi- ne	Volumi affluiti al serbatoio ($\sum_A V_a$) (m^3)	Volumi irrigui utilizzabili senza regolaz. (corretti) (m^3)	Volumi irrigui utilizzabili mediante regolazione (m^3)	Maggiori volumi irrigui resi utilizzabili dalla regolaz. (corretti) (m^3)
1	989.766.760	409.281.120	476.755.200	220.618.080
2	900.452.160	331.960.032	476.755.200	210.614.080
3	699.398.496	327.444.768	476.755.200	200.000.000
4	698.890.464	312.599.776	476.755.200	196.402.304
5	694.687.104	308.558.592	476.755.200	193.975.676
6	650.619.648	306.737.280	476.755.200	184.790.592
7	623.157.568	291.964.608	476.755.200	170.017.920
8	593.050.464	291.578.080	476.755.200	169.438.656
9	519.981.984	258.396.480	461.016.736	168.196.488
10	496.649.664	256.137.120	446.400.704	164.195.424
11	473.608.512	246.400.704	442.491.968	159.253.792
12	472.110.336	238.894.272	426.295.424	155.064.672
13	452.488.032	229.439.620	425.211.552	152.189.696
14	439.527.168	226.807.760	410.586.176	149.310.432
15	439.422.624	224.957.952	384.211.744	147.247.216
16	431.755.488	224.265.888	379.330.560	144.795.168
17	405.628.128	215.171.584	374.054.976	67.474.080

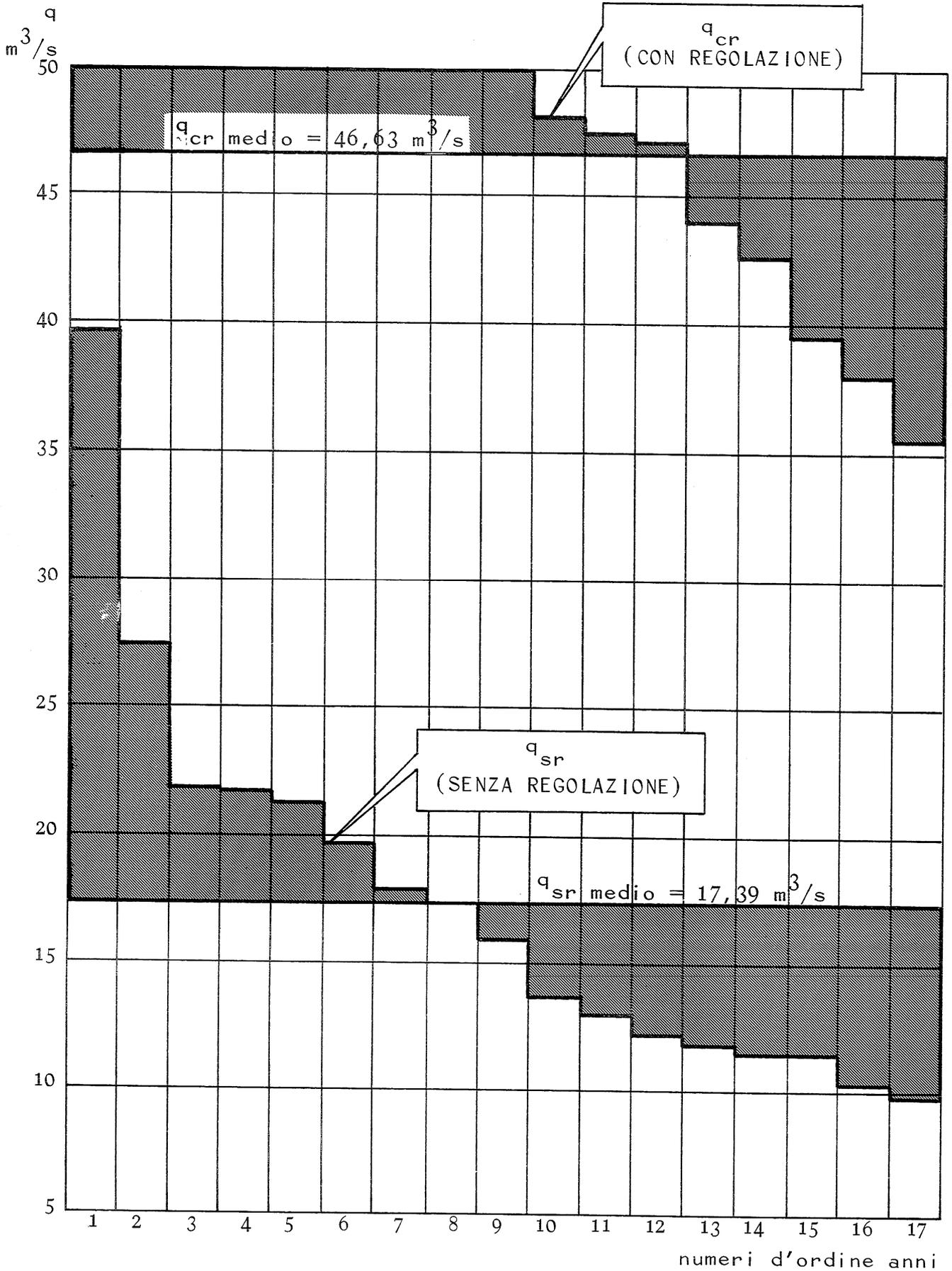
LAGO DI DEMONTE
(capacità utile $200 \cdot 10^6 \text{ m}^3$)

TABELLA F)

Esercizio fittizio del Lago durante i periodi di osservazione alla stazione idrometrografica di Gaiola (1935 - '44 e 1958 - '64)

ANNI	Portate irrigue utilizz. senza rego- laz. valori medi del bimestre luglio-agosto q_{sr} (m^3/s)	Portate irrigue utilizz. con regolaz. valori medi del bimestre luglio - agosto q_{cr} (m^3/s)	Maggiori portate medie ottenibili nel bimestre luglio - agosto $q_{cr} - q_{sr}$ (m^3/s)	n° d'ordine	q_{sr} in ordine decescente (m^3/s)	q_{cr} in ordine decescente (m^3/s)	$q_{cr} - q_{sr}$ in ordine decescente (m^3/s)
1953	21,76	50,00	28,24	1	39,68	50,00	37,33
36	39,68	50,00	10,32	2	27,58	50,00	37,07
37	17,36	50,00	32,64	3	21,76	50,00	36,35
38	13,65	50,00	36,35	4	21,69	50,00	36,26
39	21,69	50,00	28,31	5	21,20	50,00	33,78
40	15,91	42,73	26,82	6	19,62	50,00	32,64
41	27,58	50,00	22,42	7	17,80	50,00	30,38
42	11,31	47,57	36,26	8	17,36	50,00	30,32
43	10,18	43,96	33,78	9	15,91	50,00	28,80
44	11,75	35,57	23,82	10	13,65	48,12	28,31
1958	12,09	39,51	27,42	11	12,93	47,57	28,24
59	19,62	50,00	30,38	12	12,09	47,16	27,42
60	21,20	50,00	28,80	13	11,75	43,96	26,82
61	12,93	50,00	37,07	14	11,31	42,73	26,72
62	11,28	38,00	26,72	15	11,28	39,51	22,82
63	17,80	48,12	30,32	16	10,18	38,00	22,42
64	<u>9,83</u>	<u>47,16</u>	<u>37,33</u>	17	<u>9,83</u>	<u>35,57</u>	<u>10,32</u>
	295,62	792,62	497,00		295,62	792,62	497,00
	$295,62/17 =$ $= 17,39 \text{ m}^3/\text{s}$	$792,62/17 =$ $= 46,63 \text{ m}^3/\text{s}$	$497,00/17 = 29,24 \text{ m}^3/\text{s}$ $46,63 - 17,39 = 29,24 \text{ m}^3/\text{s}$		$497,00 - 10,32 - 22,42 = 464,26$ $464,26/15 = 30,95 \approx 31 \text{ m}^3/\text{s}$		

STURA DI DEMONTE
PORTATE MEDIE CARATTERISTICHE UTILIZZABILI DURANTE
IL BIMESTRE LUGLIO-AGOSTO - (CURVE DELLE DURATE)



Nel Grafico II figura poi il diagramma delle maggiori portate irrigue ($q_{cr} - q_{sr}$) rese utilizzabili dalla regolazione durante il bimestre luglio-agosto, anch'esse disposte in ordine decrescente.

Dalla Tabella F) e dai Grafici I e II è possibile riconoscere:

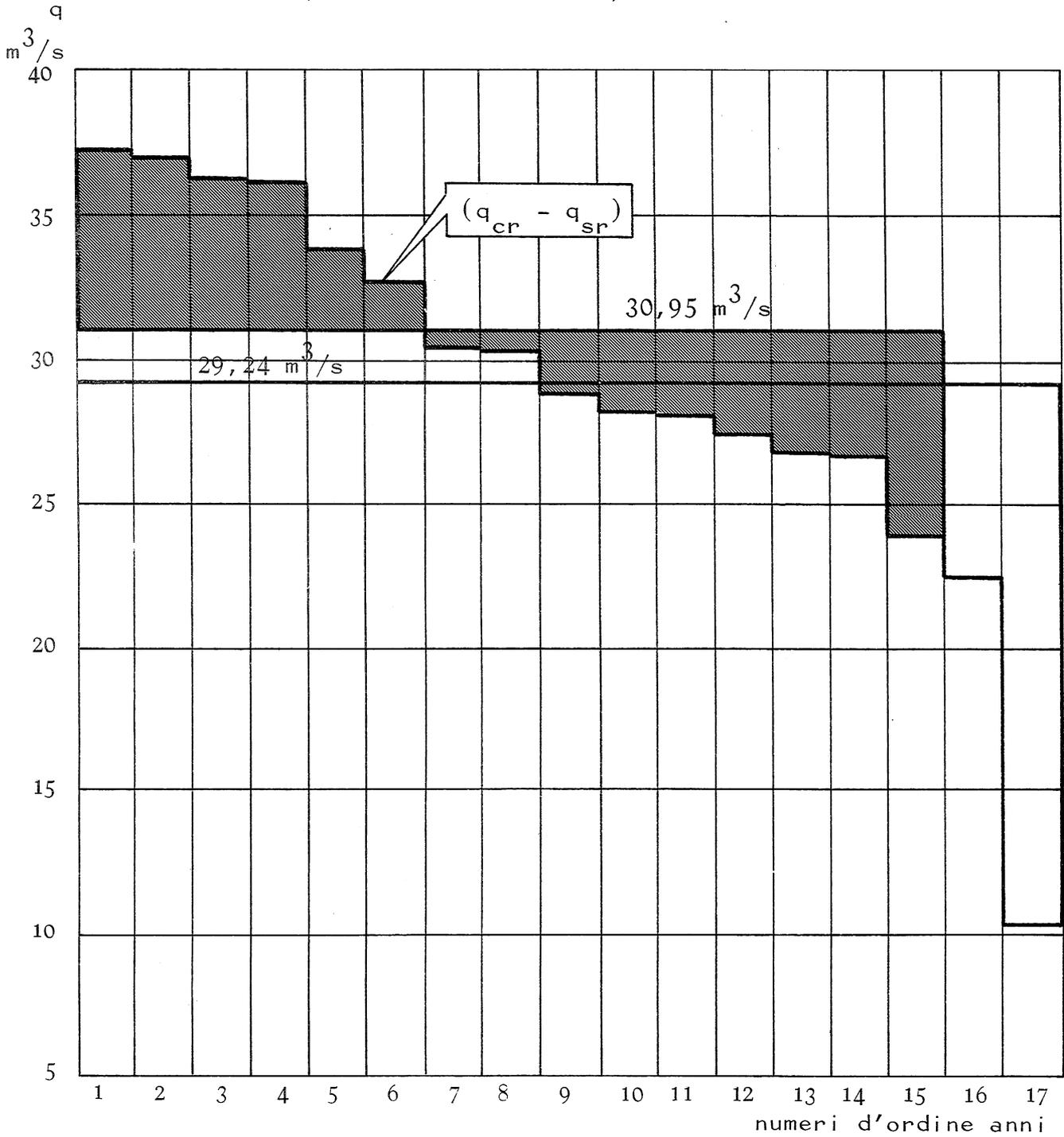
- 1°) che le portate medie utilizzabili a scopo irriguo senza regolazione (q_{sr}) durante il bimestre luglio-agosto variano da un massimo di $39,68 \text{ m}^3/\text{s}$ (anno 1936) ad un minimo di $9,83 \text{ m}^3/\text{s}$ (anno 1964) e presentano un valore medio di $17,39 \text{ m}^3/\text{s}$;
- 2°) che le analoghe portate medie regolate (q_{cr}) variano da un massimo di $50 \text{ m}^3/\text{s}$ (anni 1935, 36, 37, 38, 39, 41, 59, 60, 61) ad un minimo di $35,57 \text{ m}^3/\text{s}$ (anno 1944) e presentano un valore medio pari a $46,63 \text{ m}^3/\text{s}$;
- 3°) che il maggior valore della portata media del bimestre luglio-agosto ottenibile mediante la regolazione ammonta a $46,63 - 17,39 = 29,24 \text{ m}^3/\text{s}$;
- 4°) che ove si escludono gli ultimi due casi (caso 17° e caso 16° corrispondenti rispettivamente ai due anni, 1936 e 1941, particolarmente ricchi di acque estive, pei quali risultano massimi i volumi utilizzabili a scopo irriguo senza regolazione) il valore medio della differenza ($q_{cr} - q_{sr}$) relativa ai restanti 15 anni risulta pari a $30,95 \text{ m}^3/\text{s}$, e, per arrotondamento, a $31 \text{ m}^3/\text{s}$.

S T U R A D I D E M O N T E

MAGGIORI PORTATE IRRIGUE DEL BIMESTRE LUGLIO - AGOSTO

$$(q_{cr} - q_{sr})$$

RESE UTILIZZABILI DALLA REGOLAZIONE
(CURVA DELLE DURATE)



Si può infine riconoscere che, ove si escludano, come già detto, i due anni, sui 17 di esercizio fittizio, caratterizzati da portate naturali estive particolarmente elevate, la regolazione resa possibile dal Lago di Demonte dà mediamente luogo nel bimestre luglio-agosto ad una maggior portata di $31 \text{ m}^3/\text{s}$.

A questa maggior portata media corrisponde, durante il suddetto bimestre, un volume pari a $31 \times 62 \times 86.400 = 166.060.800 \text{ m}^3$.

Si osserva come, in favorevole accordo con la localizzazione cronologica delle effettive esigenze di integrazione irrigua dell'intero Territorio, questo maggior volume (circa 166 milioni di m^3) risulti di poco inferiore al valor medio del maggior volume (circa 168 milioni di m^3) reso utilizzabile durante l'intero periodo irriguo dalla regolazione operata dal Lago di Demonte.

A conclusione di questo paragrafo merita osservare che il reale esercizio del Lago di Demonte potrà differire da quello sopra ipotizzato:

- 1°) in relazione alla opportunità di lasciare defluire dal Lago le portate di integrazione effettivamente richieste dal complesso dei compresori irrigui serviti, portate il cui valore medio mensile potrà, per un dato mese, risultare notevolmente diverso da anno ad anno ed i cui valori istantanei potranno anche presentare sensibili variazioni nell'ambito di ciascun mese;
- 2°) in relazione alla opportunità di operare un effettivo esercizio di tipo "elastico" (in luogo di quello di tipo "rigido" ipotizzato) cioè un esercizio che

preveda l'erogazione di portare convenientemente "ridotte" (anche rispetto a quelle corrispondenti alle effettive esigenze dei compressori serviti) ogni qual volta il volume utile presente nel serbatoio risulti inferiore a valori di guardia opportunamente definiti.

Un esercizio fittizio del serbatoio che tenga conto di quanto testè indicato potrà essere formulato, in seconda approssimazione, una volta che, avendo definiti con maggior precisione i compiti che si intendono affidare al Lago di Demonte, risulti possibile valutare tutti i corrispondenti vincoli e parametri di base.

Confrontando il maggior volume di 166 milioni di m³ reso disponibile dalla regolazione durante il bimestre luglio-agosto con i 154 milioni di m³ corrispondenti al volume annuale "caratteristico" occorrente per l'integrazione delle irrigazioni esistenti, è per altro possibile riconoscere sin d'ora la piena validità che a tal fine presenta la soluzione proposta.

1.5 Soluzione prevista per la distribuzione primaria dei maggiori volumi d'acqua resi disponibili dalla regolazione della Stura.

Riconosciuta la possibilità di disporre, mediante la regolazione della Stura, di un maggior volume d'acqua tale da consentire un'adeguata integrazione irrigua per l'intero Territorio in studio, occorre definire la soluzione capace di provvedere al suo trasferimento ed alla sua distribuzione.

La soluzione proposta, risulta in forma schematica, così definibile:

- 1°) La portata complessiva richiesta in ciascun periodo dalle irrigazioni in atto sarà derivata dal serbatoio a mezzo di un'apposita opera di presa e scaricata nell'alveo naturale della Stura.
- 2°) In corrispondenza di una sezione della Stura ubicata poco a valle della restituzione delle acque da parte della Centrale idroelettrica di Roccasparvera l'intera portata subirà una prima "suddivisone regolata".
- 2°a) Lungo l'alveo della Stura sarà lasciata defluire la frazione di portata destinata ad alimentare tutte le irrigazioni attualmente servite dalla Stura stessa tramite le opere di derivazione e di distribuzione esistenti a valle della sezione medesima.

In particolare saranno lasciate defluire lungo l'alveo naturale della Stura le portate di integrazione destinate ad impinguare le derivazioni:

In riva sinistra dei Canali Roero, Morra, Miglia di Vignolo, Ronchi-Miglia, la Nuova, La Leona, e del Canale della Stura prolungantesi poi nel Naviglio di Bra: in riva destra del Canale di Bene, del Canale di Che-

rasco e del suo derivato Canale La Piozza.

L'intero complesso dei comprensori irrigui facenti capo alle suddette derivazioni assumerà, nello schema in esame, la denominazione di SETTORE STURA.

- 2°b) La restante frazione di portata sarà derivata dalla Stura in sponda sinistra mediante un Canale Adduttore destinato a convogliare le acque sino ad un Edificio Partitore-Regolatore ubicato nei pressi di S. Croce e destinato a realizzare una seconda "suddivisione regolata" delle portate convogliate.
- 3°) Dall'edificio partitore-regolatore di S. Croce prenderanno origine due nuovi Canali Ripartitori, il Ripartitore Ovest ed il Ripartitore Est, destinati ad integrare tutti i comprensori irrigui del Territorio in esame che non facciano parte del Settore Stura dianzi definito.
- 3°a) Il Ripartitore Ovest provvederà ad integrare tutti i comprensori irrigui che (non facendo parte del Settore Stura) si estendono a nord-ovest nel corso della Stura e quindi tutte le irrigazioni attualmente alimentate dai bacini imbriferi dei torrenti Grana, Maira e Varaita, ivi comprese le irrigazioni del Saviglianese.
- Il Complesso dei comprensori irrigui testè indicati assumerà la denominazione di SETTORE OVEST.
- 3°b) Il Ripartitore Est provvederà invece ad integrare tutti i comprensori irrigui che (non facendo, al solito, parte del Settore Stura) si estendono a sud-est del corso della Stura sino al basso corso dell'Ellero ed al successivo corso del Tanaro.
- Questo complesso di comprensori irrigui assumerà la denominazione di SETTORE EST.

- 4°) Gli andamenti plano-altimetrici del Canale Adduttore e dei Canali Ripartitori Ovest e Est sono stati sommariamente definiti nella corografia (in scala 1:100.000) a titolo "Piano della utilizzazione irrigua delle acque" (v.All. 1/1 - Idrologia) e nei profili (in scala 1:100.000 e 1:2.000) a titolo "Profili del terreno lungo i tracciati dei Canali Adduttore e Ripartitori" (v.All. 1/4 - Idrologia).

Merita accennare al fatto che nella definizione del tracciato dei canali si è cercato di realizzare un giusto compromesso tra la tendenza a dominare altimetricamente la massima estensione possibile dei comprensori irrigui bisognosi di integrazioni e la tendenza ad usufruire il più possibile di alvei esistenti.

- 5°) Il tracciato plano-altimetrico del Canale Adduttore, prendente origine come si è accennato in riva sinistra della Stura, subito a valle della restituzione della Centrale Idroelettrica di Roccasparvera, potrebbe ricalcare quello del Canale Roero.

Occorrerà, a tempo e luogo, riconoscere se sussiste o meno la convenienza di realizzare un solo canale capace di convogliare sino all'edificio partitore-regolatore di S.Croce, su di uno sviluppo di circa 4,75 Km., oltre che le portate di integrazione, anche le portate attualmente defluenti in tre canali a percorso pressochè parallelo (Canale Roero, Canale Morra e Canale Miglia) che oggi provvedono ad alimentare vaste zone del Sinistra Stura.

- 6°) Il Partitore Ovest, alimentato dall'edificio partitore-regolatore di S.Croce presenta un primo tronco di circa 3 Km. orientato verso l'abitato di Ber

nezzo. Attraverso il T. Grana (alla progressiva 6,2 Km) il Canale Ripartitore provvederà ad integrare le portate dei vari canali (C. Rittanolo, C. Macagno, C. S. Lorenzo) derivati dal predetto Torrente.

Si osserva come, attraverso opportuni scambi d'acqua, risulterebbe anche possibile la regolare irrigazione, con acque derivate dal Grana, di alcune centinaia di ettari di terreni estendentisi in destra del Torrente Grana, a nord dell'abitato di Bernezzo.

Procedendo verso nord, il Ripartitore passerà a circa 2 km ad est di Caraglio, integrerà le portate del canale Presidenta ed attraverserà il Maira (alla progressiva 15 Km) integrandone le portate a beneficio del Canale Varaglia.

Quindi il Ripartitore integrerà il Canale Ceaglia, di cui utilizzerà l'alveo convenientemente sistemato su di uno sviluppo di circa 2,3 km, e proseguirà per circa 5,5 km, passando ad ovest di Busca, lungo l'alveo sistemato del Rio Talù.

A partire dalla progressiva 24 km il Ripartitore troverà sede in un nuovo alveo.

Superato così l'abitato di Costigliole, il Ripartitore attraverserà il T. Varaita, di cui provvederà ad integrare la portata, a beneficio del Canale Marchisa.

In corrispondenza della progressiva 30,2 km il Ripartitore si innesterà poi nell'alveo opportunamente sistemato del Rio Torto che sarà utilizzato sino alla progressiva 39,7 km.

In corrispondenza di quest'ultimo tronco il Ripartitore provvederà all'integrazione delle irrigazioni

saluzzesi.

Infine il Ripartitore avrà termine alla progressiva 40,25 km sfociando in Po a quota d'alveo di circa 270 m.s.m.

Si osserva che tra la sezione iniziale (edificio partitore-regolatore di S. Croce a quota 584 m.s.m.) e la sezione finale (sfocio in Po a quota 270 m.s.m.) esiste un dislivello di oltre 300 m che su di uno sviluppo di circa 40 km dà luogo ad una pendenza media relativamente elevata pari a circa il 7‰.

Risulta dunque evidente come il Ripartitore Ovest dianzi descritto, svolgendosi ai piedi delle propaggini alpine ed intersecando i torrenti Grana, Mai-ra e Varaita ed i numerosi canali da questi derivanti consente l'impinguamento dell'intero sistema irriguo del Settore Ovest per semplice sversamento a gravità delle portate di integrazione occorrenti in corrispondenza delle varie sezioni di attraversamento.

7°) Il Ripartitore Est, prenderà origine dall'edificio partitore-regolatore di S. Croce sotto forma di una condotta in pressione, di circa 5,2 km di sviluppo, destinata all'attraversamento della Stura, dell'altipiano di Cuneo e del Torrente Gesso. Dalla progressiva 5,2 Km il Ripartitore proseguirà sotto forma di canale a pelo libero, provvedendo anzitutto all'integrazione dei Canali Naviglio e Vermenagna e dei sottostanti Canali Bealerasso e del Bosco.

Il Ripartitore si innesterà quindi (alla progressiva 6,95 km) nell'alveo del Torrente Colla che sarà utilizzato sino alla progressiva 15,8 km.

Un tratto di nuovo canale, di circa 35 km di svi-

luppo realizzerà il passaggio del Ripartitore dallo alveo del T. Colla a quello del Canale Brobbio-Pesio. Dopo aver provveduto all'impinguamento del Canale Brobbio di Carrù la residua portata di integrazione proseguirà lungo il canale Brobbio-Pesio sino alla progressiva 34,2 km e di qui lungo il Canale Branzo la (sino alla progressiva 40,2 km) e lungo il Rio Riffreddo sino al suo sbocco nel T. Pesio (progressiva 41,9 km).

Eventuali acque residue, dopo aver percorso, per circa 1,9 km, il tronco finale del T. Pesio, perverranno infine al Tanaro a quota 270 m s.m.

Merita infine riconoscere come il Ripartitore Est (che presenta uno sviluppo ed un dislivello complessivi non dissimili da quelli del Ripartitore Ovest) sia in grado di integrare in forma diretta o indiretta (cioè tramite opportuni scambi di acque) tutti i comprensori irrigui del Destra Stura sovrastanti a quelli serviti dai canali che prendono origine dalla Stura a valle di Cuneo, ed in particolare a quelli serviti dal Canale La Piozza. Può essere utile precisare che opportuni scambi di acqua potranno consentire di estendere i benefici della integrazione irrigua anche ad alcuni Comprensori Monregalesi sovrastanti allo stesso Ripartitore Est ed attualmente serviti, in modo del tutto insufficiente dalle acque dell' Ellero.

- 8°) A conclusione dell'esame delle principali caratteristiche dei due Canali Ripartitori, si osserva come essi prendano origine dall'edificio partitore-regolatore di S. Croce (a quota 584 m s.m) e sviluppandosi, entrambi con un percorso di una quarantina di chilometri ai piedi dei rilievi montani e collinari, rispettiva-

mente in sinistra ed in destra Stura, vengano ad abbracciare la massima parte del territorio in esame, ed infine, come sfociando rispettivamente in Po ed in Tanaro, valgano anche a realizzare una preziosa connessione idraulica diretta, tra il Lago di Demonte ed i due principali corsi d'acqua dell'Alto Piemonte.

1.6 Schema per la ripartizione quantitativa delle portate di integrazione alle irrigazioni esistenti.

In base ai risultati dell'accurata indagine analitica svolta, come si è detto, dall'Ufficio Acque dell'Amministrazione Provinciale di Cuneo si è proceduto a definire le esigenze di integrazione irrigua dei tre settori considerati (Settore Stura, Settore Ovest, Settore Est), espresse nel seguente Prospetto B in termini di volumi d'acqua stagionali " Caratteristici " e di corrispondenti portate relative ad una durata di 62 giorni (mesi di luglio ed agosto):

PROSPETTO B)

Settori	Volumi integrativi stagionali "caratteristici" (m ³)	Corrispondenti portate integrative medie bimestrali (m ³ /s)
SETTORE STURA	75.600.000	14,10
SETTORE OVEST	54.500.000	10,20
SETTORE EST	23.700.000	4,40
TOTALI	153.800.000	28,70

Il volume "caratteristico" globale di acque d'integrazione (153.800.000 m³) e la corrispondente portata bimestrale (28,7 m³/s) sono da confrontare con i 166.000.000 m³ e con la corrispondente portata bimestrale di 31 m³/s, che rappresentano (vedasi paragrafo 1-3) l'incremento medio "caratteristico" delle disponibilità idriche ottenibili nel bimestre luglio-agosto a mezzo della regolazione della Stura con Lago di Demonte.

In base ai valori delle portate d'integrazione che figurano nel prospetto B), sono state definite:

- a) le portate medie caratteristiche di integrazione da lasciare defluire lungo la Stura e da convogliare mediante il Canale Adduttore da Roccasparvera a S.Croce e i valori delle analoghe portate da immettere nei due Canali Ripartitori Ovest ed Est;
- b) Le corrispondenti portate di punta (valutate in base ad un coefficiente di maggiorazione pari ad 1,30) da

assumere anche come portate di base per il proporzio-
namento delle opere.

Entrambe queste portate figurano nell'unito prospet-
to C)

PROSPETTO C

Alvei e sezioni	Portate integrative caratteristiche medie bimestrali (m ³ /s)	Corrispondenti portate di pun- ta (coeff. mag- gior. = 1,30) (m ³ /s)
Lungo la Stura a valle di Roc- casparvera	14,1	18,3
Lungo il Cana- le Adduttore	14,6	19,0
All'origine del Ripartitore Ovest	10,2	13,3
All'origine del Ripartitore Est	4,4	5,7

1.7. Valutazione orientativa del costo delle opere inte-
se a consentire la distribuzione primaria delle por-
tate di integrazione irrigua.

Si tratta essenzialmente delle opere appresso elen-
cate:

- 1°) Opera di derivazione dalla Stura ubicata subito a
valle della restituzione delle acque utilizzate dal-
la Centrale Idroelettrica di Roccasparvera.
- 2°) Canale Adduttore dalla suddetta opera di derivazione
all'edificio partitore - regolatore di S. Croce.

- 3°) Edificio Partitore-Regolatore di S.Croce.
- 4°) Partitore Ovest e relative opere di attraversamento, di regolazione e di consegna.
- 5°) Ripartitore Est e relative opere di attraversamento, di regolazione e di consegna.

Di tutte queste opere si è proceduto a valutare i costi, in via peraltro puramente orientativa. I risultati di queste valutazioni possono così riassumersi:

- Per il C anale Adduttore e per i due Canali Ripartitori (compresi i tratti da realizzare in condotta forzata e le opere di attraversamento):	L. 4.100.000.000
- Per le opere di derivazione, di regolazione e di consegna:	L. 700.000.000
	<hr/>
	L. 4.800.000.000
- Per imprevisti e spese generali 20%	L. 960.000.000
	<hr/>
TOTALE	L. 5.760.000.000
	<hr/> <hr/>

Detto costo complessivo delle opere occorrenti per la distribuzione primaria delle portate di integrazione irrigua dà luogo, se riferito all'intera superficie irrigabile del Territorio in esame (120.000 ha), ad un onere specifico di $\frac{5.760.000.000}{120.000} = 48.000$ L/ha.

1.8. Soluzioni previste per le nuove irrigazioni.

Ancora in base ai risultati delle indagini svolte dall'Ufficio Acque della Provincia si ritiene che le "Zone Asciutte" del Territorio in esame che potrebbero trarre i maggiori benefici dalla trasformazione irrigua e le relative superfici nette irrigabili siano quelle appresso elencate:

1) Piano Quinto	ha	200
2) Peveragno	ha	750
3) Beinale	ha	3.100
4) Altopiano di Salmour.	ha	2.000
5) Collina di Fossano.	ha	1.100
		<hr/>
	Totale	ha 7.150
		<hr/> <hr/>

Le soluzioni previste per il rifornimento idrico e per l'irrigazione di ciascuna di queste Zone vengono qui di seguito schematicamente indicate:

- 1) Piano Quinto - irrigazione per aspersione con acque derivate a mezzo di condotta in pressione del Lago di Demonte e sottoposte mediante una stazione-pompe ad un opportuno incremento di pressione oppure con acque sollevate direttamente dal sottostante corso della Stura.
- 2) Peveragno - irrigazione di tipo bivalente (irrigazione per aspersione e/o di superficie (con acque convogliate ai piedi del Compensorio mediante il Ripartitore Est e di qui sollevate a mezzo di stazioni-pompe.
- 3) Beinale - irrigazione di tipo bivalente con acque lasciate defluire lungo la Stura e quindi convogliate ai piedi dell'Altopiano tramite il Canale La Piozza convenientemente potenziato e di qui sollevate a mezzo di stazioni pompe.
- 4) Altopiano di Salmour - irrigazione di tipo bivalente con acque lasciate defluire lungo la Stura e quindi convogliate ai piedi dell'Altopiano tramite il Canale di Cherasco convenientemente potenziato e di qui sollevate a mezzo di stazioni - pompe.
- 5) Collina di Fossano - irrigazione bivalente con acque lasciate defluire lungo la Stura e quindi convogliate ai

piedi del Compensorio tramite il Canale di Stura e il susseguente Naviglio di Bra, convenientemente potenziati, e di qui sollevate a mezzo di stazioni-pompe.

In linea di semplice orientamento per tutti i Compensori in esame si è previsto un volume specifico stagionale lordo "caratteristico" pari a 3.500 m³/ha, una portata specifica "caratteristica" bimestrale media pari a 0,5 l/s. ha ed una portata specifica di punta pari a 0,65 l/s. ha.

In base a tali parametri irrigui sono stati valutati, per i diversi compensori, suddivisi in base ai Settori di appartenenza, i fabbisogni riportati nel seguente prospetto D).

In sostanza si riconosce come, secondo lo schema proposto le "nuove irrigazioni" comporterebbero nel loro complesso un maggior fabbisogno "caratteristico" di 25.000.000 m³, di cui 22.400.000 a carico del Settore Stura e 2.600.000 a carico del settore Est.

Il fatto che le esigenze delle nuove irrigazioni verrebbero a gravare per quasi il 90% sul settore Stura e non inciderebbero quindi, se non in modesta misura, sul proporzionamento del Canale Adduttore e di Canali Ripartitori rappresenta, per ovvie ragioni, un ulteriore pregio dello schema proposto.

Ponendo in conto anche le esigenze idriche delle "nuove irrigazioni", i fabbisogni "caratteristici" risulterebbero dunque:

- per l'integrazione delle irrigazioni esistenti:	m ³	153.800.000
- per le "nuove irrigazioni":	m ³	25.000.000
		<hr/>
TOTALE	m ³	178.800.000
		<hr/> <hr/>

Il maggior volume "caratteristico" ottenibile dalla regolazione della Stura mediante il Lago di Demonte ammonta, come si è visto, a $166.000.000 \text{ m}^3$.

Per poter soddisfare interamente anche le esigenze idriche di tutte le "nuove irrigazioni" mancherebbe dunque un volume "caratteristico" di: $178.800.000 - 166.000.000 = 12.800.000 \text{ m}^3$.

Anche al fine di accrescere la sicurezza delle disponibilità per le integrazioni irrigue e per le nuove irrigazioni previste ed al fine di soddisfare ulteriori esigenze idriche, risulta dunque evidente l'interesse a riconoscere le possibilità derivanti dalla realizzazione di altri serbatoi di regolazione capaci di inserirsi efficacemente nello Schema Generale proposto per la distribuzione primaria delle acque provenienti dal Lago di Demonte ed in particolare a valutare i risultati ottenibili mediante la realizzazione di altri serbatoi dominanti i Settori serviti dai due Canali Ripartitori.

Tra i possibili invasi in istudio dotati di simili prerogative, merita ricordare il serbatoio di Stropo, per la regolazione a scopo irriguo delle acque del Torrente Maira.

Ed invero lo Schema proposto per la distribuzione primaria delle acque irrigue all'intero territorio è tale per cui il maggior volume di acqua irrigua ottenibile mediante la realizzazione del citato serbatoio di Stropo (così come di un qualsiasi altro serbatoio realizzabile, oltre che nel bacino idrografico montano del Maira, nei contigui bacini del Grana e del Varaita) risulta facilmente trasferibile (per semplice scambio di acque) anche a beneficio di uno qualsiasi dei previsti comprensori di nuova irrigazione.

PROSPETTO D

SETTORI	Nuove Irrigazioni	Superfici nette irrigabili (ha)	Volumi stagionali "caratte- ristici" (m ³)	Portate medie bimestrali "caratte- ristiche" (m ³ /s)	Portate di punta (m ³ /s)
SETTORE STURA	Piano Quinto	200	700.000	0,10	0,13
	Bainale	3.100	10.850.000	1,55	2,015
	Altopiano di Salmour	2.000	7.000.000	1,00	1,30
	Collina di Fossano	1.100	3.850.000	0,55	0,715
	Totali Set- tore Stura	6.400	22.400.000	3,20	4,16
SETTORE EST	Peveragno	750	2.600.000	0,375	0,49
T O T A L I		7.150	25.000.000	3,575	4,65

Da quanto si è venuto sin qui esponendo emerge chiaramente come lo schema proposto per la distribuzione primaria dei maggiori volumi d'acqua resi disponibili dalla regolazione della Stura per le integrazioni irrigue e per le nuove irrigazioni, consenta tra l'altro una grande elasticità di esercizio.

L'adozione di una regolazione automatica (ed in particolare di una regolazione di tipo "dinamico") dell'intero sistema idraulico potrebbe consentire (essenzialmente a mezzo di opportune manovre da realizzare alla presa del Lago di Demonte, all'opera di derivazione di Roccasparvera, all'edificio partitore-regolatore di S. Croce ed agli edifici di consegna dislocati lungo i canali ripartitori) il tempestivo soddisfacimento delle mutevoli esigenze irrigue dei vari comprensori.

Risulta in ogni caso evidente come la piena utilizzazione delle intrinseche possibilità funzionali dello Schema proposto, presupponga l'esistenza di un Ente Super-Consortile, cui sia demandato il compito di provvedere all'esercizio del Lago di Demonte e dell'intero complesso di opere destinate alla regolazione ed alla distribuzione delle portate, in modo da realizzare il miglior impiego delle acque disponibili.

1.9. Possibili portate di massima piena affluenti al Lago di Demonte ed effetto moderatore esercitato dal serbatoio.

Lo studio idrologico-probabilistico dei fenomeni di piena relativi al bacino imbrifero sotteso dal Lago di Demonte ha consentito di valutare in $Q = 2.300 \text{ m}^3/\text{s}$ la mas-

sima portata di piena millenaria alla Sezione di Gaiola (cioè la portata "al colmo della piena" avente un tempo medio di ritorno pari a 1.000 anni, relativa alla Sezione in parola che sottende un Bacino imbrifero di superficie $S = 562 \text{ km}^2$).

A questa portata massima, considerata nel proporzionamento delle opere di scarico del Lago di Demonte, corrisponde un contributo specifico $q = Q/S = \frac{2.300}{562} = 4,09 \text{ m}^3/\text{s} \cdot \text{km}^2$ ed, in base alla nota formula di Gherardelli - Marchetti, $q = q_{100} \left(\frac{100}{S} \right)^{2/3}$, un valore del contributo specifico q_{100} , relativo ad una superficie di 100 km^2 , pari a $q_{100} = q \left(\frac{S}{100} \right)^{2/3} = 12,94 \text{ m}^3/\text{s} \cdot \text{km}^2$.

In tutte le quattro soluzioni di sbarramento prese in esame si è previsto di provvedere al totale smaltimento delle portate di piena a mezzo degli scarichi di superficie.

Nel caso dello sbarramento previsto in corrispondenza della "Sezione Gaiola" (sbarramento costituito da una diga in conglomerato cementizio a gravità massiccia in corrispondenza della stretta e da un argine in materiale sciolto per la restante parte della sezione valliva) si è previsto di dotare la diga in muratura di un ampio tratto trascinabile (circa ottantacinque metri di sviluppo utile).

In tutti gli altri casi (dighe in materiali sciolti) sono stati invece previsti, per lo smaltimento delle piene, due sfioratori a calice con relative gallerie di scarico, in sponda sinistra.

In ogni caso, stante la grande estensione dello specchio d'acqua a livello di massimo invaso normale ($7 \pm 8 \text{ km}^2$ e quindi 7 ± 8 milioni di m^3 per ogni m di sovrizzo del pelo libero al di sopra del livello di sfioro) si verificherà una notevole attenuazione delle massime portate di piena.

In particolare per lo sbarramento previsto in corrispondenza della Sezione Gaiola, si è riconosciuto che le portate "al colmo" di tutte le maggiori piene verificatesi durante l'intero periodo di osservazione sarebbero state ridotte (per effetto di laminazione) di oltre il 40%, e questo ovviamente nell'ipotesi che il serbatoio si trovasse, al verificarsi delle piene, già in condizioni di massimo invaso normale.

Ove si tenesse poi debito conto del fatto che i fenomeni di piena ed in particolare quelli che si verificano nella tarda estate e nell'autunno) hanno elevato probabilità di sopravvenire allorchè il serbatoio si trova in condizioni di invaso parziale, si giungerebbe a concludere che il Lago di Demonte sarebbe in grado di ridurre sostanzialmente i danni ricorrenti, provocati, nella situazione attuale, dalle piene lungo il sottostante corso della Stura e farebbe risentire il suo benefico effetto moderatore anche lungo il corso del Tanaro a valle di Cherasco.

1.10 Possibile produzione di energia elettrica a mezzo di una Centrale al piede dello sbarramento.

Da quanto esposto nei paragrafi precedenti risulta evidente lo scopo prevalentemente irriguo del Serbatoio in istudio.

E' parso comunque interessante riconoscere le possibilità di produzione di energia elettrica offerte da una Centrale ubicata ai piedi dello sbarramento ed alimentata dalle acque scaricate nell'alveo della Stura secondo i criteri di esercizio dianzi indicati.

Questa Centrale è stata schematicamente indicata sol

tanto nella Planimetria dello sbarramento per la "Sezione Gaiola" (v. all. 4/4 - schemi progettuali), ma si deve ritenere che soluzioni analoghe, almeno dal punto di vista della producibilità, siano realizzabili anche per le altre Sezioni di sbarramento considerate.

Facendo l'ipotesi di una Centrale proporzionata per una portata massima di $45 \text{ m}^3/\text{s}$ (per esempio equipaggiata con 3 turbine dimensionate per una portata di $15 \text{ m}^3/\text{s}$ ciascuna), si è riconosciuta la possibile utilizzazione idroelettrica di un volume medio annuo di circa $490 \cdot 10^6 \text{ m}^3$, con una produzione di circa 50 milioni di KWh.

Merita tener presente che, pochi chilometri a valle dello sbarramento, in prossimità dell'abitato di Roccasparvera già esiste sulla Stura un serbatoio di circa 375.000 m^3 di capacità. Questo serbatoio potrebbe risultare assai utile come capacità di compenso giornaliero, al fine d'una produzione di energia, da parte della Centrale in istudio, concentrata nelle ore di massimo carico.

In particolare durante il semestre invernale la Centrale potrebbe funzionare con una portata di $15 \text{ m}^3/\text{s}$ durante 8 ore al giorno (in luogo dei cinque m^3/s) continui previsti dalla regolazione - vedesi paragrafo 1-4).

Durante i periodi di massimo fabbisogno irriguo la centrale funzionerebbe invece invece per 24 ore su 24 con la ipotizzata portata massima di $45 \text{ m}^3/\text{s}$.

Può essere utile accennare al fatto che una modesta frazione (circa 1/5) dell'energia elettrica prodotta dalla Centrale durante il semestre estivo sarebbe sufficiente a garantire il funzionamento delle stazioni di sollevamento e di messa in pressione dell'acqua per la sua erogazione

"a pioggia" a tutti i Compensori di nuova irrigazione.

Stabilito, in via pregiudiziale, che la produzione di energia elettrica da parte della Centrale in istudio dovrà essere totalmente subordinata alle preminenti finalità irrigue del Lago di Demonte, occorrerà riconoscere, a tempo e luogo, l'eventuale interesse, da parte dell'Ente Nazionale per l'Energia Elettrica, allo sviluppo di un simile programma.

CAPITOLO 2 : Geologia del bacino imbrifero sotteso,
del bacino d'invaso e delle sezioni di
imposta degli sbarramenti.

(Prof. Ing. Luigi PERETTI)

Sono illustrate in questo capitolo le condizioni naturali (geologiche l.s.), quali predeterminano e influenzano la progettazione e la realizzazione del Lago artificiale di Demonte. Tali condizioni risultano nel fattispecie particolarmente importanti, stanti la capacità del serbatoio - la massima in confronto ai serbatoi finora costruiti nell'Italia settentrionale, i conseguenti rilevanti impegni di natura tecnica ed economica, la possibilità di scelta fra diverse impostazioni dello sbarramento.

2.1 - Geologia del bacino imbrifero

2.1.1 - Cenni geografici

Lo sbarramento del Lago di Demonte, previsto orientativamente presso l'abitato di Moiola, sottende gran parte del Bacino entralpino della Stura di Demonte, per un'area intorno a 560 km^2 .

Il corso della Stura, dividendo la zona delle Alpi Cozie (verso Nord) da quello delle Alpi Marittime (verso Sud), dalla testata della valle, al Colle dell'Argentera, fino allo sbocco presso Borgo S. Dalmazzo nell'alta Pianura Padana, misura circa 55 km; poco meno di 48 km è il tronco a monte d'un eventuale sbarramento presso Gaiola (v. all. 1.2 - Idrologia).

Planimetricamente il bacino imbrifero ha pressapoco la forma di un triangolo appiattito secondo la base: Colle della Maddalena - Gaiola, orientata ONO-SSE e con vertice presso al M. Malinvern, al quale corrisponde la massima larghezza (20 km) del bacino stesso, mentre la

sua larghezza media è circa 14 Km. Il corso della Stura procede da monte per una ventina di Km, fin presso Pianche di Vinadio diretto NO-SE; quindi fin presso Pignetto, per un'altra ventina di Km, diretto Ovest-Est; da ultimo, fino a Gaiola, diretto SO-NE. Ancora più a valle s'incassa e procede meandriforme nella colmata del largo, antico fondovalle.

Dal Colle della Maddalena verso SE il limite del bacino imbrifero sulla destra della Stura, nel tratto spartiacque verso i bacini delle Valli dell'Ubaye e della Tinée, si indentifica con lo spartiacque della catena alpina (e frontiera politica attuale). La linea di vetta decorre ad altitudine per lo più compresa fra 2.500 e 3.000 m s.m., movimentata da salienti e depressioni, dal Colle della Maddalena (1996 m) per il monte Ventasus (2.772 m), il M. Enciastriaia (2.965 m), la cima Blancias (2.970 m), il M. Tenibres (3.031 m), la C. di Corborant (3.010 m), la Testa Malinvern (2.939).

Dalla T. Malinvern se ne riparte, subortogonale, la dorsale secondaria spartiacque verso il bacino del Torrente Gesso di Valdieri, culminante nella Rocca della Paur (2972 m) e nella C. Gorgia Cagna (2.720 m) e quindi rapidamente degradante per C. Marchiano (2.276 m), C. della Cialancia (1.885 m), C. Pissousa (1.673 m), fino alla Cima del Boschin (1.227 m), all'altezza di Gaiola.

Sulla sinistra della valle per breve tratto ancora, dal Colle della Maddalena al M. Scalette (2.840 m), la cresta liminare segna anche lo spartiacque alpino; a partire dal M. Scalette segue lo spartiacque secondario verso la Val Maira, quindi verso la Val Grana - per M. Oserot (2781 m), M. Bodoira (2.747 m), M. Grum (2.336 m), L'Alpe

(1.700 m) - e infine, più ad Est, la cresta di terzo ordine declinante dal M. Tagliarè (1.654 m) per la roccia Martolina (1.069 m) al Bric Rora (1.103 m), all'altezza di Gaiola, spartiacque verso il bacino del Rio dei Colli, affluente della Stura poco a valle di Gaiola.

Nel profilo longitudinale del T. Stura si possono distinguere un tronco iniziale, dalla testata a Pianche a media quasi uniforme pendenza p:

- fra il Colle della Maddalena e Bersezio $p = 5,6\%$
- fra Bersezio e Pietraporzio $= 5,4\%$
- fra Pietraporzio e Pianche $= 4,7\%$;

p si riduce a 3,4% fra Pianche e Vinadio; nel tronco di 24 Km fra Vinadio e la Stretta di Gaiola $p = 1,1\%$. La pendenza media della Valle a Monte di Gaiola è circa 3%, valore piuttosto basso nelle Alpi Occidentali Piemontesi.

La pendenza media (teorica) delle zone laterali alla valle assiale è notevolmente più elevata, fra 20% e 25%, dalla testata all'altezza di Pianche; si riduce, ma non molto, più verso valle. Quanto alla pendenza media reale dei profili longitudinali dei minori valloni secondari ed a quella dei relativi versanti, si raggiungono spesso e talora si superano pendenze di 25% e rispettivamente di 60%.

L'altezza media del bacino sotteso si aggira intorno a 1.800 m s.m.; la sua curva ipsografica presenta andamento regolare e raccordato.

La rete idrografica ha una trama piuttosto semplice: per tutto il fianco destro le incisioni susseguenti dei valloni di secondo ordine sono dirette subortogona-

li all'asse della valle Stura e perciò subparallele fra loro, formando un reticolato a maglie rettangole con i fitti, brevi e ripidi solchi di terz'ordine (tipiche la Valle dei Bagni e la valle di Rio Freddo, subito a monte di Vinadio). Il medesimo tipo di distribuzione si ripete sul fianco sinistro per il tronco verso monte, mentre a valle di Vinadio i solchi susseguenti procedono paralleli all'Alta Valle Stura e si innestano alla bassa valle sotto angoli acuti.

2.1.2. Geologia locale inquadrata nella geologia regionale.

E' consegnata nei fogli n.79 e 90: "Dronero-Argentera" e "Demonte" (2^a Edizione, 1971) della "Carta Geologica d'Italia" 1:100.000, (v.all.2/1 e 2/2 - Geologia) e nelle relative "note illustrative" compilate dai Geologi rilevatori sotto la direzione di R.MALARODA e illustrata da essi in numerose recenti monografie.

Nel tronco iniziale della Valle della Stura, profondamente inserita fra le altre valli delle Alpi Occidentali Piemontesi, la direttrice idrografica è pressochè conforme alle direttrici tettoniche locali. A valle di Pianche di Vinadio piega e procede di sbieco rispetto alle stesse direttrici. Nel tronco terminale, a valle di S.Membotto, devia ancora e si sviluppa sino allo sbocco in pianura diretta subortogonale al suo tronco iniziale ed alle direttrici tettoniche, seguendo la direzione di massima pendenza dell'originario declivio interno dell'arco alpino a questo semplicemente conseguente. Fenomeni locali di cattura idrografica hanno spostato

verso Ovest lo spartiacque alpino alla testata del bacino e lo hanno ristretto nel settore verso valle.

Le formazioni che affiorano nell'ambito del bacino imbrifero della Stura di Demonte e subito a lato di esso, secondo la rappresentazione della recente cartografia ufficiale, vi sono raggruppate nelle seguenti unità strutturali, affiancate dall'esterno all'interno della catena alpina:

- a) il Massiccio Cristallino dell'Argentera e il suo rivestimento sedimentario autoctono (Zona Elvetica);
- b) il complesso di formazioni designate come Zona Brianzonese e Zona Subbianzonese;
- c) un altro complesso di formazioni "cristalline" (Serie dei Calcescisti a pietre verdi), costituenti la cosiddetta Zona Piemontese
- d) il Massiccio Cristallino Dora-Maira.

Di queste quattro grandi entità tettoniche, il massiccio più esteso dell'Argentera e quello più interno Dora-Maira, affiorano in due ampie cupole appiattite a contorno subellittico; le zone b) e c) vi s'interpongono, affiorando in fasce subparallele, allungate in direzione NO-SE.

a) Il Complesso Cristallino dell'Argentera, esterno all'Orogeno Alpino vero e proprio e pertanto "radicato" (Zona Elvetica), è costituito da una potente ed eterogenea serie di depositi sedimentari di età geologica remota, prepaleozoica (?) e paleozoica, profondamente metamorfosata in rapporto ad un'intrusione granitica durante l'orogenesi ercinica. Già indicate come "Ortogneiss dell'Argentera" le metamorfite furono da ultimo identi

ficcate come migmatiti a diverso grado di trasformazione tessiturale e chimica.

Nella zona centrale del Massiccio affiora il nucleo granitico intruso.

In particolare, nel settore sudoccidentale del bacino imbrifero in esame le formazioni cristalline dell'Argentera affiorano continue ed estensive a Sud d'una linea che passa per Vinadio-Cima Cialancia sulla destra della Valle Stura, e poi - oltre lo spartiacque meridionale del bacino - nella contigua Val Gesso.

Sono in prevalenza scisti cristallini migmatitizzati, di effettiva facies gneissica (embrechiti biotitiche o anche biotiticoanfiboliche) oppure microgranitica-aplitica (anatesiti), con intrusioni di graniti a tessitura normale o minuta.

Le migmatiti presentano inoltre numerose varietà subordinate intercalate in masse lenticolari (differenziate anfiboliti), con residui delle rocce premetamorfiche, con filoni: peraciditici, aplitici, granitici, porfiritici, ecc.), con fasce pseudofiloniane paleomilonitiche.

Si ravvisa in questa parte del massiccio, nettamente delinato, un andamento preferenziale delle masse differenziate dei principali filoni, ecc. allungato da NNO a SSE.

Gli scisti cristallini meta - e ortogeni del Massiccio Cristallino sono avviluppati da una pila di sedimenti da Paleozoico superiore al Cenozoico medio (Sedimentario Autoctono). Le formazioni dell'Autoctono in giatura raddrizzata, più o meno disturbata da scorrimenti tangenziali di limitata estensione, con ripiega-

tura di varia configurazione, affiorano oltre il margine settentrionale del massiccio, orlandolo con una fascia quasi rettilinea larga da 1 a 5 km, passante per le Barriccate - Demonte - Cima Cialancia.

Vi si susseguono dal basso in alto della serie stratigrafica originaria, talora obliterati localmente da dislocazioni tettoniche, complessivamente poco o affatto metamorfosati, i litotipi quarzitici, le dolomie ed i calcari dolomitici con gessi e carniolo, gli scisti argillitici del Triassico; calcari svariati, marne e argilliti del Giuriassico; scisti ardesiaci, calcari marnosi; calcari marmorei del Cretacico; ardesie o arenarie, talora con assetto flyscioide, dell'Eocene, - Oligocene Inferiore.

b) Contro al Massiccio Cristallino radicato dell'Argentera e dalla sua copertura sedimentaria autoctona poco dislocata, si accavalla dal lato NE un grandioso fascio di pieghe, riferite a Ricoprimenti Alpini Pennidici (pr. p. al ricoprimento del Gran S. Bernardo), costituite da formazioni sedimentogene più o meno intensamente metamorfosate.

L'affioramento del complesso, diretto ancora NO-SE, la larghezza media d'una decina di km, si allarga poi a ventaglio verso NO (all'infuori del bacino della Stura di Demonte).

Le principali pieghe subparallele fra loro, accidentate da pieghe secondarie e da ondulazioni trasversali, si continuano a tratti anche lungo decine di km, raddrizzate o coricate immergentisi con forte inclinazione più spesso verso NE.

Vi risultano tre fondamentali, nette ed esatte su perfici di scorrimento orogenetico: l'una al contatto verso le informazioni dell'Autoctono Sedimentario; una seconda che suddivide longitudinalmente il grande fascio di pieghe in questione; la terza al contatto verso la Serie dei Calcescisti. Ma la tettonica è ulteriormente accidentata da altre minori superfici di dislocazione, tanto da realizzarsi in qualche tratto una struttura a grandi scaglie.

Su questa base strutturale e in considerazione delle caratteristiche stratigrafiche e litologiche ben differenziate e conservate lungo lo sviluppo delle singole pieghe, i Geologi distinguono due zone, a differente evoluzione orogenetica:

b.1) la Zona Subbrianzonese più esterna, corrisponde agli originari depositi lungo il margine meridionale della grande geosinclinale alpina durante il Mesozoico e il Cenozoico Inferiore;

b.2) La Zona Brianzonese più interna, a depositi di mare più profondo, sedimentati già dal Paleozoico superiore (quali quelli costituenti l'anticlinale più interna della zona) e mediamente più metamorfosati.

Ulteriori distinzioni e suddivisioni odierne delle principali unità non hanno in questa sede interesse specifico.

Nel bacino della Stura le due Zone, Subbrianzonese e Brianzonese, affiorano largamente sul fianco sinistro della valle e poi anche sul fianco destro a valle di Demente. Vi si ritrovano, oltre agli scisti sericitici e filadici del permocarbonifero, tra gli svariati litotipi so praticati, numerose varietà di calcari prevalenti, ma con

frequenza pure di dolomie, ardesie, argilliti, arenarie, ecc. dei vari livelli dal Triassico all'Eocene.

c) Il Ricoprimento Pennidico di geosinclinale profonda, a facies intensamente metamorfica ("piemontese") costituente la Serie dei Calcescisti con Pietre Verdi, affiora soltanto nel tratto inferiore della Valle Stura, a valle di Moiola - con intercalazioni tettoniche di formazioni di tipo Brianzonese - e si estende poi oltre il limite settentrionale del bacino imbrifero nelle Valli Grana, Maira, Varaita, ecc.

Vi predominano calcescisti tipici, con varietà a tessitura filladica o lastroide; le intercalazioni di metamorfiti ortogene basiche (Pietre Verdi) vi sono limitate a poche piccole lenti isolate di serpentiniti, prasiniti, ecc.

Il Massiccio Cristallino Dora-Maira, grande saliente del Ricoprimento Pennidico del monte Rosa, costituito essenzialmente da una complessa anticlinale di formazioni metamorfiche paleozoiche, e per intero situato oltre al limite settentrionale del bacino della Valle Stura e non ha pertanto interesse geologico diretto.

2.1.3. - Condizioni Geomorfologiche

Nella ricca serie di litotipi e di loro varietà, sommariamente elencate nel paragrafo precedente, si possono distinguere alcune categorie dal punto di vista della loro evoluzione geomorfologica superficiale (degradazione esogena):

a) le rocce "cristalline" del Massiccio dell'Argentera: in minor parte isotrope (i graniti), in parte origina

riamente sistose o stratificate, ma isotropizzate dalla migmatizzazione, dure - per presenza e frequente elevato tenore di quarzo - non molto alterabili, tendenzialmente stabili anche su pendii a fortissima pendenza. Si disintegrano superficialmente in elementi angolosi di grosse e medie dimensioni, che scossi si assestano in falde detritiche.

Analoghi resistenza alla degradazione superficiale chimico-meccanica offrono le rocce quarzitiche del Triassico Inferiore.

- b) Le dolomie ed i calcari magnesiaci triassici, i calcari giurassici a tessitura massiccia o lastroide, marmorei o selciferi, i calcari arenacei o "compatti" cretacito - eocenici. Si degradano in superficie per dissoluzione da dilavamento oppure per disintegrazione conseguente a profonda fratturazione o fessurazione. La gliptogenesi li modella, a luoghi, a ripidi versanti o anche a pareti verticali, Alimentano estese falde di detrito con eluvione residuale;
- c) gli scisti filladici e sericitici del Permocarbone, gli scisti argillitici, marnosi, ardesiani del Mesozoico e quelli del Flysch eocenico. Subiscono una rapida degradazione esogena, desquamandosi in tritume eluvionale - colluviale di scaglie a matrice argilloide che riveste estesamente la roccia, sebbene continuamente rimosso.

L'evoluzione superficiale di dettaglio delle formazioni si sovrappone alle forme dell'imbasamento roccioso, conseguenti all'evoluzione morfologica dei rilievi a scala regionale in particolare la distribuzione della rete idrografica (§ 2.1.1).

Quanto alle forme del rilievo più che gli effetti rapidi ed immediati della gliptogenesi sopraccennati, risulta il modellamento esarativo: sia sui versanti superiori a 1.600. m s.m. (limite climatico medio delle nevi permanenti durante le glaciazioni pleistoceniche), sia nei fondovalli secondari percorsi dalle colate glaciali, confluenti dai valloni laterali nel ghiacciaio incanalato nel solco assiale fino all'altezza di C.Castellan, che sembra corrispondere al limite frontale della massima espansione, durante l'epoca rissiana.

Più vistoso e tipico e meglio conservato è stato il modellamento erosivo glaciale nelle rocce del Massiccio Cristallino dell'Argentera: a circhi di testata con scanni e soglie arrotondate raccordati al ciglio di grandi spianate, a pareti lisce e montonate, e a gradoni trasversali lungo i valloni, ecc.

In genere, meno evidenti e regolari restano gli effetti dell'esarazione sulle rocce dell'Autoctono Sedimentario e dei Ricoprimenti Pennidici, dove, negli alti versanti, più si estendono le sopraffasce di sfacelo detritico.

Di particolare e specifico interesse ai fini del progettato Lago artificiale di Demonte è l'ampio solco esarato della media e bassa Valle Stura, allungato con tipici profili trasversali a doccia, nel quale appunto si invaseranno le acque del serbatoio.

Le forme d'accumulo-ed i terreni di copertura che le costituiscono - sono di varia natura e, nel loro insieme, di rilevante estensione:

a) le morene, specie a monte di Vinadio e sul lato de-

stro del bacino idrologico. Rivestono più di 1/3 della sua superficie: di età wūrmiana, o anche prewūrmiana, soprattutto a lato dei fondovali, con passaggi a potenti depositi fluvioglaciali nella media e bassa valle assiale; di stadi post-wūrmiani sulle spianate ad alta quota e nel fondo dei circhi sommitali, talora organizzate in regolari cordonate.

Formate per lo più da materiali grossolani incoerenti, sono soggette a facile erosione da parte di acque selvagge;

b) Il detrito di falda tipico, di estensione molto subordinata a quella dei depositi morenici, con passaggi alla morena stessa ed a colti detritico-eluviali atipiche: più frequente sulle aree di affioramento di formazione post-paleozoiche incoerente o debolmente pseudo-coerente, tendenzialmente al franoso. Sono tutt'altro che comuni gli accumuli da frane di roccia tipiche di una certa entità, riconoscibili per la presenza di frequenti massi angolosi in superficie;

c) L'alluvione recente, sciolta, che colma in superficie il fondovalle assiale a monte di Gaiola: alluvione torrentizia attuale o terrazzata, cui si innestano lateralmente numerose conoidi torrentizie; alluvione lacustre, ecc.

L'illustrazione di questa categoria di depositi nel fondovalle a valle di Demonte è ripresa nel seguente paragrafo 2.2.

Si vedano a proposito delle condizioni e dell'attività glaciologiche durante il Quaternario dei terreni di copertura in genere, e della morfologia da esarazione, le vecchie note, ma ancora qualitativamente valide, di F.SACCO: "I ghiacciai antichi ed attuali delle Alpi

Marittime Centrali" (1912) - "L'esogenia quaternaria nel Gruppo dell'Argentera" (1911).

A corollario dell'esame sommario delle condizioni geomorfologiche del bacino della Stura di Demonte, si possono infine accennare sommariamente taluni fattori climatici, tutt'ora attivi nelle azioni di modellamento erosivo e di accumulo:

- il regime delle precipitazioni globali, con un tasso medio annuo di 1.200 mm (che sale in certe annate oltre i 1.600 mm);
- il limite climatico attuale delle nevi permanenti, valutabile intorno a 2.900ms.m. Nella Valle Stura non esistono ghiacciai, nè glacionevati permanenti;
- la durata media del manto nevoso, crescente in funzione dell'altitudine, con larga approssimazione dell'ordine di 6 mesi per oltre 50% dell'area del bacino imbrifero, dell'ordine di 8 mesi per circa 30% dell'area.

2.1.4. - Considerazioni di geologia applicata

Hanno notevole interesse geoapplicativo le seguenti condizioni geolitologiche locali:

- a) l'assetto superficiale delle rocce affioranti, sconnesse ed alterate, oppure ripulite dall'inviluppo sconnesso ed alterato per effetto dell'esarazione glaciale, - insieme con la loro coesione, inerente alla costituzione mineralogica, alla tessitura, ecc - ripropone per la valutazione del loro grado di erodibilità la classificazione già formulata a proposito della loro evoluzione morfologica:

- rocce praticamente non erodibili con erosione media

annua (e.m.a.) $< 0,1$ mm: migmatiti e graniti ripuliti dall'esarazione glaciale (per circa 1/4 dell'area del bacino imbrifero);

- rocce poco erodibili, con e.m.a. = $1,01 \pm 0,2$ mm: migmatici e graniti alquanto alterati, calcari e dolomie massicce (circa 1/5 del bacino);
- rocce mediamente erodibili, con e.m.a. = $0,2 \pm 0,5$ mm: calcari marnosi, ardesie, agilliti, scisti filladici, calcescisti, ecc. (circa 1/4 del bacino);
- formazioni eminentemente erodibili, con e.m.a. = $0,5 \pm 1,2$ mm; terreni di copertura incoerenti (per oltre 1/3 del bacino).

L'erosione media annua globale si può assumere per tutto il bacino intorno a $0,6$ mm. Fu certamente superiore durante il Pleistocene.

b) Le medesime categorie si ritrovano all'incirca a classificare il grado di permeabilità generica delle diverse formazioni:

- impermeabili, eccezionalmente percolabili: migmatiti, graniti, ecc.;
- impermeabili, spesso percolabili per fessurazione fino a discreta profondità: calcari, dolomie, quarziti, calcescisti; nelle rocce carbonatiche sono possibili percolazioni lungo direttrici carsigene profonde;
- praticamente impermeabili e non percolabili già a poca profondità: marne, argilliti, scisti filladici, limi lacustri;
- permeabili: terreni di copertura: alluvioni psefitiche e psammitiche; detrito di falda e alluvione; morene pr.p.

per molteplici considerazioni di natura germofo-
logica e litologica non sono pensabili trasfluimen-
ti di acque profonde verso o dai bacini delle val-
li contigue: cosicchè il bacino imbrifero sotteso
si identifica con il bacino idrologico.

c) Ancora le caratteristiche litomineralogiche e di as-
setto superficiale della varie formazioni a giorno
condizionano il grado medio di stabilità dei versan-
ti, insieme, beninteso, con le condizioni locali stra-
timetriche e meso-microtettoniche delle rocce. Sono
pertanto tendenzialmente stabili - con molte rare ec-
cezioni di crolli di bancate "a franapoggio" - le roc-
ce del primo e del secondo gruppo degli elenchi pre-
cedenti.

Potenzialmente franose sono invece le coltri di degra-
dazione superficiale delle rocce del terzo gruppo.

Sono tendenzialmente franosi i terreni di copertura,
specie l'eluvione. Ma di regola anche quest'ultima si
ritrova naturalmente assestata, coadiuvan-done la sta-
bilità temporanea la vegetazione arborea e arbustacea,
nelle aree sottostanti al suo limite altimetrico.

Sono perciò rare anche le frane di terre, attive ed e-
videnti nel bacino della Stura di Demonte, salvo che
in alcune aree ben localizzate, a causa di processi di
valangamento, di apporto alluvionale accelerato su co-
noidi, di scalzamento delle conoidi stesse, ecc.

d) Per le condizioni geomorfologiche (e meteorologiche)
sopra riferite, i tempi medi di corrivazione dai sin-
goli bacini secondari all'asta della Stura sono media-
mente assai brevi, dell'ordine di poche ore; d'una ven-
tina di ore la corrivazione lungo il corso della Stu-

ra fino alla Stretta di Gaiola.

Per tali medesime condizioni, e per considerazioni di confronto con altri congeneri bacini o settori di bacini alpini, il coefficiente medio di deflusso si può induttivamente assumere per l'area sottesa dalla Stretta di Gaiola intorno a 0,80 o poco più.

- e) La complessa tettonica delle Zone Subbrianzone e Brianzone conteste di formazioni a comportamento geomeccanico fra loro nettamente differenziato, con l'emergenza di estese superfici di scorrimento, e anche di carreggiamento, ravvicinate e non molto inclinate, potrebbe far pensare ad una sismicità orogenetica residua, tutt'ora sporadicamente manifestantesi. Di fatto, il bacino imbrifero in esame è praticamente quasi asismico: non soltanto - ciò che ha scarso significato - perchè nessun Comune della Valle è compreso nell'elenco ufficiale delle località sismiche per le quali vige una normativa cautelativa, ma soprattutto perchè, in sede storica, durante gli ultimi secoli non vi si sono constatati epicentri di terremoti di intensità superiori al V grado della Scala Mercalli (VII grado della Scala MM), nè effetti macrosismici locali d'intensità maggiore causati da terremoti con epicentri non molto distanti (G. MERCALLI: "I terremoti della Liguria e del Piemonte", 1897; R. MALARODA e C. RAIMONTI: "Linee di dislocazione e sismicità in Italia", 1957, ecc.).

2.2. GEOLOGIA DEL BACINO D'INVASO

La posizione dello sbarramento per la realizzazione di un lago artificiale sulla Stura di Demonte venne ripetutamente alquanto spostata nei successivi progetti redatti durante l'ultimo cinquantennio, pur restando sempre compresa nel tratto di valle dello slargo pianeggiante di Demonte-Moiola in corrispondenza delle sezioni trasversali denominate (da Monte a Valle):

di Tetti Ferrero,

di S.Membotto,

di C.Ciamberlin,

di Gaiola,

come dettagliatamente è riferito in altri capitoli di questa relazione.

Degli aspetti prevalentemente geologici e geoapplicativi attinenti al lago artificiale hanno riferito più ampiamente S.VENZO: "Indagini geologiche e geotecniche per l'impostazione di diga in terra e di serbatoio idrico nella zona di Moiola" (1951) e L.PERETTI, in varie relazioni (inedite) su uno sbarramento presso Gaiola (1952 - 1962).

In entrambi i casi gli studi geologici compiuti hanno avuto importanza orientativa decisiva nella scelta delle strutture e nel dimensionamento delle opere.

Nella recente campagna 1969-1972 lo studio geologico particolareggiato del bacino di invaso si è svolto utilizzando la nuova cartografica, con rinnovate o nuove ricognizioni geognostiche sul terreno, estensive o localizzate; con la continua e fattiva collaborazione con gli altri Esperti del Gruppo di Studio nella programmazione di indagini geofisiche e di sondaggi esplorativi nel sottosuolo; con il controllo litopsammologico

delle serie stratigrafiche identificate mediante i sondaggi esplorativi; con determinazioni petrografiche e litoapplicative di laboratorio su campioni significativi di rocce e di terreni; con la redazione di relazioni geologiche preliminari e parziali al Comitato degli Enti Promotori presso l'Amministrazione Provinciale di Cuneo.

Definita dalla Commissione di Studio la capacità ottimale del serbatoio in non meno di $200 \cdot 10^6 \text{ m}^3$, gli spostamenti planimetrici della diga di ritenuta nelle quattro diverse soluzioni considerate, comportando soltanto variazioni assai limitate delle quota di massimo invaso. Con la scelta dello sbarramento più verso valle, all'altezza di Gaiola (massimo invaso a 720ms.m.) il lago artificiale di estenderebbe verso monte su circa 8 Km^2 e per una lunghezza di circa 8 Km, fino all'altezza del Podio di Demonte. Con le altre tre citate soluzioni d'imposta più verso monte, gli invasi si livellerebbero a 725, 735, 735 m s.m. e il lagosi prolungherebbe rispettivamente fino all'altezza del Forte di Demonte e del centro abitato di Demonte.

2.2.1. Situazione geografica e condizioni geomorfologiche.

Il bacino d'invaso è allogato nel settore di valle della doccia glaciale del fondovalle a monte dell'attuale soglia rocciosa in vista della Stretta di Gaiola, subrettilineo, lungo una ventina di Km fino a Vinadio, e con pendenza media appena 1,1% (§ 2.1.1).

La larghezza della colmata alluvionale nel fondovalle quasi pianeggiante varia fra 0,5 e 1 km nel tronco su

periore da Vinadio a Demonte, restringendosi ripetutamente in corrispondenza delle conoidi torrentizie, più numerose sul lato destro (fra cui, più estese quelle all'altezza di Vinadio, di Fr. Porani, di Demonte, in parte occupate dai rispettivi abitati).

A valle di Demonte il fondovalle alluvionale si allarga fino a 1,5 km e ritorna poi gradualmente a restringersi contornando la conoide di Moiola, in sinistra, chiudendosi, infine contro la ripida scarpata (verso monte) dell'Altopiano di Gaiola, incisa lateralmente dalla gola della soprarichiamata Stretta di Gaiola.

Nella colmata alluvionale il letto di magra della Stura procede risospinto contro il piede del versante opposto da ognuna delle piatte conoidi accumulate allo sbocco dei valloni susseguenti, talune tutt'ora attive altre ormai stabilizzate. A valle di Demonte, appena incassato nell'alluvione recente già assestata, il letto divaga suddividendosi in più rami; ma durante le piene eccezionali esonda su tutta la larghezza del fondovalle, intaccando frequentemente le sponde del letto di piena ordinaria. Di meno recenti, accentuati processi d'erosione accelerata restano tracce nelle terrazze longitudinali sui due lati, con ripide scarpate alte al più, alcuni metri.

L'angolatura azimutale, intorno a $20^{\circ} + 30^{\circ}$, con cui il solco vallivo, uscito dall'intaglio del Massiccio dell'Argentera, si sviluppa fra Vinadio e Moiola rispetto alla direzione locale dei fasci di pieghe alpine, non trova interpretazioni ovvie. Adegandosi alle diret

trici tettoniche, in solco della valle Stura avrebbe dovuto orientarsi verso ESE, intagliando lo stretto diaframma roccioso interposto verso la valle del Gesso di Valdieri - orientata invece subortogonale alle stesse direttrici - riunendosi con essa si può pensare ad un progressivo affondamento del solco vallivo entro la roccia, con una componente laterale determinata dall'immersione dei fianchi delle pieghe verso NNE.

E' pure verosimile l'influenza di movimenti epirogenetici localizzati durante il Quaternario Inferiore, forse collegati alle successive colate del ghiacciaio di valle.

A parte il normale allargamento e approfondimento del solco per azione esarante del ghiacciaio, non è improbabile che la depressione longitudinale nell'imbasamento roccioso (sottostante d'oltre 150 m al piano di campagna del fondovalle e prolungata in un largo e altrettanto profondo paleo-alveo nella roccia sottostante al Piano di Gaiola, spostato sul lato sinistro del piano stesso) possa corrispondere morfogeneticamente alle profonde, allungate conche lacustri in roccia, esistenti presso lo sbocco delle maggiori valli alpine rimodellate dai ghiacciai pleistocenici.

Le sezioni trasversali della fascia inferiore della valle Stura nella zona del lago artificiale sono configurate, come di regola nei fondovalli di origine esarativa, a trapezio svasato verso l'alto. Sopra la scarpata detritica che raccorda il fondovalle alluvionato ai versanti in roccia, la loro pendenza media appare alquanto ridotta in confronto a quella dei tronchi terminali di altre vallate alpine. Tali pendenze medie, fra 40% e

60%, non si equivalgono sui due fianchi della valle, per effetto della giacitura complessivamente monoclinale delle bancate rocciose.

Il fianco sinistro della valle a lato del serbatoio presenta una configurazione a serie di quinte sghembe, formate dalle sottili dorsali rocciose interposte fra la doccia della valle assiale e i solchi dei valloni secondari - fra loro paralleli e conformi alle direttrici tettoniche - i quali affluiscono pertanto sotto angoli molto acuti, come è stato sopra precisato.

Si susseguono così, da Ovest verso Est, declinanti altimetricamente da monte a valle:

- la cresta rettilinea - interposta verso il fondo e diritto vallone dell'Arma - per la Testa del Pietagù (1515 m) e le Punte Chiavardine, sino alla confluenza del vallone con la Stura a monte di Demonte;
- la cresta di Colla del Bal (1127m) - Costa della Rovera - Madonna dell'Incoronata, interposta verso il breve Vallone dei Colli, fino alla sua confluenza all'altezza di Moiola;
- la dorsale più massiccia di Monte Croce dell'Ubacco (1243 m) - C.Ciamberlin, interposta tra il Vallone dei Colli e la lunga, profonda Valle di Valloriate, affluente alla Stura presso Stiera.

I versanti meridionali delle successive dorsali, rivolti verso il ~~bacino del lago artificiale~~, sui quali ~~i banchi rocciosi emergono~~ in prevalenza secondo le testate, ~~hanno morfologia uniforme~~, con isoipse subrettilinee. La roccia vi affiora in spuntati montonati isolati fra le coperture detritiche al Forte di Demonte, presso S.Membotto, nella dorsale sotto C.Ciamberlin, ecc; op

pure in paretine allungate obliquamente a mezza costa, come dal Colle di Valloriate a Tetti Spa, sopra S. Membotto, tanto da consentire la ricostruzione abbastanza approssimata e dettagliata della struttura dell'imbasamento roccioso, quale illustrata in seguito al § 2.2.2. (così come il fianco destro).

Sul fianco destro il versante direttamente incombente al serbatoio si sviluppa molto più largamente in planimetria (fra 5 e 2 km da monte verso valle), innalzandosi e mantenendosi per lungo tratto intorno a 1.800 m s.m. nella dorsale spartiacque verso la Val Gesso.

Dall'altezza di Demonte a S. Membotto è inciso da una serie di profondi valloni susseguenti, molto svassati verso l'alto e rivestiti estesamente verso il basso da terreni di copertura. A valle di S. Membotto avviene assai più ripido ed accidentato per l'emergenza d'una serie di resistenti bancate rocciose raddrizzate, orientate subortogonali al versante stesso, con vaste colate di detrito grossolano associato a morena nel fondo degli angusti e ripidi valloni della Trasversetta, di Bonecin, del Rabas, ecc.

Lo sbarramento naturale del fondovalle, che chiude bruscamente il largo svaso di Vinadio-Moiola all'altezza di Gaiola, è formato da una altopiano costituito da depositi continentali e locali di età quaternaria (Morenico e Fluvioglaciale), sopraelevato mediamente d'una sessantina di metri, con ciglio nettamente delineato verso monte ed orientato Est-Ovest, planimetricamente di sbieco rispetto all'asse della valle Stura.

Il fiume imbocca una lunga gola epigenetica presso

l'estremità destra della spianata, per buona parte incisa entro la roccia affiorante in posto; per tutta la sponda destra della sezione, l'alveo e la fascia inferiore della sponda sinistra, la quale si sviluppa più in alto intagliata entro depositi quaternari.

La superficie del Piano di Gaiola è alquanto movimentata, verso il ciglio a monte, dalla sovrapposizione di un orlo di basse collinette appiattite, con tipica configurazione di arcata morenica. Verso l'altopiano si estende per oltre un chilometro pianeggiante, appena leggermente solcata da bassi terrazzi erosivi, raccordandosi altimetricamente con la superficie della potente e vasta colmata fluvioglaciale che declina lentamente fino allo sbocco della Valle Stura nella pianura.

All'estremità sinistra del piano, oltre la leggera depressione longitudinale d'un'antico "scaricatore" laterale del ghiacciaio, a lato della SS n.21 a monte e all'altezza dell'abitato di Gaiola, riaffiora la roccia in posto in lembi montonati al piede del fianco sinistro della valle, che sale con uniforme e tranquillo pendio fino alla dorsale di Bric Rorà (1.103 m) - Rocca della Croce (1001 m), spartiacque fra le valli laterali di Valloriate e del Rio della Valle (L.PERETTI: "Serbatoio di Gaiola. Palnimentria geognostica 1:2000", 1952 - 1971).

2.2.2. Condizioni Geologiche

Rinviando al paragrafo 2.1.2. per l'inquadramento regionale delle condizioni geologiche, si riferiscono qui i dati di dettaglio locale, quali sono rappresentati nell'allegata "Planimetria geologica del Bacino di

invaso 1:10.000" (V.All.2/3 - Geologia).

Detta planimetria è stata redatta sulla base della citata Carta Geologica d'Italia 1:100.000, riveduta però ed integrata con dati di rilevamento personale dell'Autore.

Tenendo presente la sua specifica funzione illustrativa ai fini geoapplicativi e tecnici del progettato serbatoio, vi sono state riunite nella legenda alcune formazioni coeve e litologicamente affini, indipendentemente dalla loro appartenenza alla zona Brianzonese o a quella Subrianzonese o alle loro unità minori. Non vi sono state indicate le tracce delle superfici di scorrimento tettonico, di regola non evidenti a giorno, pr.p. ipotetiche.

Sulla sponda in sinistra del lago artificiale, fino ad un livello di poco superiore a quello d'invaso, affiorano successivamente dal basso in alto e da monte a valle - secondo fasce leggermente inclinate per effetto dell'orientamento sghembo dei banchi, che s'immergono in prevalenza verso NNE - i termini di segmenti di successive serie stratigrafiche:

- alternanze flyscoidi di argilloscisti e di arenarie nere eoligoceniche dell'Autocnomo Sedimentario, alla base della collina morenica del Podio di Demonte. Si sovrappongono ad esse, oltre una superficie di scorrimento per contatto meccanico.
- calcari dolomitici e carnirole triassiche del Subrianzonese: nella collina del Forte di Demonte, contornanti ivi l'affioramento di:
- calcari grigi e patine rosse o giallastre, del Giurasico (Subrianzonese);

- scisti neri ardesiaci cretacico-eocenici (Subbrianzonese), in alcune aree molto ristrette a monte di S. Membotto, lungo la SS.N.21 e più sopra. Sopra ad un'altra grande superficie di scorrimento;
- calcari e marmi grigi o rosei giurassici (Brianzonese), intercalati per ripiegature ripetute con scisti ardesiaci e-onici, nella già citata fascia continua a mezza costa fra il Colle di Valloriate e S. Membotto;
- dolomie triassiche (Brianzonese), in una placca montonata sopra la SS.N.21 a S. Membotto;
- quarziti triassiche (Brianzonese), in un lembo isolato poco sopra ed a Ovest di Moiola. Oltre ad una superficie di scorrimento regionale;
- dolomie triassiche brecciate (Serie di Calcescisti) nella stretta dorsale del saliente di C. Ciamberlin;
- calcesisti tipici, con rare, piccole lenti di Pietre Verdi (prasinite) in lembi isolati nel letto del Bedale di Sera e presso la contigua SS.N.21, ad ovest di Gaiola;
- calcari lastroidi (serie di Calcescisti) al piede del versante a Nord di Gaiola.

I terreni di copertura sono soprattutto di approto glaciale: Morenico Rissiano (in prevalenza morena laterale e profonda) nell'insenatura di Moiola allo sbocco del Vallone dei Colli e poi lungo tutta la fascia al piede del versante da S. Membotto a Demonte; Morenico Würmiano all'altezza di Demonte - dove la Collina del Podio rappresenta un segmento dell'arcata frontale del ghiacciaio in una prima fase anaglaciale (Würmiano I) e più verso monte. La copertura morenica passa verso l'alto a falde detritiche, pure largamente estese, riconoscibili per la natura litologica degli elementi costituenti.

Le singole conoidi torrentizie laterali sono delimitabili già per la loro morfologia.

Sulla sponda destra del serbatoio, si ripete, all'incirca simmetrica, il medesimo impilamento di serie stratigrafiche parziali, con la successione delle formazioni affioranti riscontrata sul versante opposto, però con l'obliterazione di alcuni livelli e con la comparsa di altri.

Dal basso in alto e da monte a valle affiorano ancora:

- argillosciti e arenarie in facies flyscioide e eoligoceniche, in ristretti lembi isolati e distanziati fra le conoidi affiancate alla base del versante dall'altezza di Demonte a Pianetto (Superficie di scorrimento tettonico);
- scisti ardesiane - ma più spesso, arenarie o calcari-arenacei-cretacico-e-ocenici, in altri rari lembi isolati poco sopraelevati sul fondovalle dall'altezza di Pianetto a S.Membotto;
- calcari più o meno magnesiaci giurassici (Subbrianzone) a mezzacosta, a luoghi con intercalazioni potenti ma subordinate di termini eocenici: ancora dall'altezza Pianetto a S.Membotto, largamente affioranti in grandi bancate prolungatisi fin oltre la cresta spartiacque verso la val Gesso (Superficie di scorrimento tettonico);
- calcari e marmi grigi o rosei giurassici, di fronte a Moila, in bancate estese c.s., con intercalazioni concordanti verso il lato Ovest, di:
 - quarziti triassiche;
 - scisti ardesiaci e-ocenici, formanti una scinclinale

- raddrizzata, in bancate estese fino nella valle Gesso;
- dolomie brecciate triassiche, nel vallone del Rabas, in bancate c.s. (superficie di scorrimento tettonico);
 - calcari lastroidi a letti marmorei e filladici (Serie dei Calcescisti) con giacitura anticlinale in bancate estese c.s., ad immersione locale verso monte all'imbocco della Stretta di Gaiola;
 - calcescisti e calcemicascisti, talora grafitiferi, con giacitura c.s., nel fondo e sulle sponde della gola nella stretta di Gaiola.

Sulla scarpata del deposito di morena rissiana al piede del versante, s'innestano, giustapponendosi, le conoidi allo sbocco dei valloni secondari, fino all'altezza di Tetti Ferrero. Più verso valle la copertura, a livello del massimo invaso e poco più sopra, è in prevalenza di natura detritica, talora con grandi massi da estese frane di roccia.

Sullo sbarramento naturale frontale del serbatoio l'altopiano di Gaiola, di natura fluvioglaciale (Rissiano), è costituito da materiali di varia granulometria, poligenici, ad elementi ciottoloso - ghiaiosi parzialmente alterati entro una prevalente matrice sabbioso-detritica, di tinta bruna fino a discreta profondità.

Non molto differente è la costituzione della cerchia morenica verso monte, rappresentante la posizione di sosta più arretrata della fronte glaciale durante l'espansione rissiana. (Riassiano II).

Come fu accertato mediante i sondaggi - incompiuti - del 1952 e nell'incisione del Bedale di Stiera, e come riconfermarono i sondaggi del 1972, pure essi incompiuti, al materiale più frequente (ciottoli e ghiaie roto-

lati, meno spesso subangolosi, sciolti, con qualche raro trovante e con matrice sabbiosa) s'intercalano letti sottili della medesima costituzione, ma cementati a puddinga, nonchè livelli a matrice limosa di tinta grigia. Verso il basso furono reperiti banchi o lenti di limo sabbioso, anche di discreto spessore (quindici metri di limo a partire da -27 m nel sondaggio n.6) sul lato sinistro della spianata. Del resto, limo di deposito lacustre era già stato riconosciuto affiorante in qualche punto nelle incisioni dei torrentelli affluenti lungo il margine settentrionale del Piano di Gaiola.

All'incirca le medesime caratteristiche mantiene ancora il Morenico-Fluvioglaciale Rissiano ai lati della valle, sulle sponde del serbatoio.

Nel Morenico della fronte glaciale (Würmiano I) al Podio di Demonte sembra prevalgano ghiaie rotolate e sabbie, con pochi trovanti. Analoga tessitura s'intra vede - confermata dai sondaggi della campagna 1969-972 nel fluvioglaciale Würmiano, terrazzato e sopraelevato fino ad una ventina di metri sopra il fondovalle, da Demonte al solco del T. Stiera. Nella vasta distesa lievemente inclinata di Demonte - S. Marco - Laghetti di Rialpo (fra il Podio e il versante sinistro della valle) è intervenuta a luoghi una ricementazione calcarea, che ha parzialmente trasformato il deposito fluvioglaciale in puddinga porosa.

Ancora secondo i sondaggi della campagna 1969 - 1972, anche nelle conoidi torrentizie abbonda il materiale ghiaioso-sabbioso o sabbioso. Parte delle conoidi inattive sono sospese sul largo terrazzo del Fluvioglaciale Würmiano per lo più sistemato a prati.

Per quanto riguarda le caratteristiche geologiche del fondo del serbatoio (colmata alluvionale vera e propria del fondovalle) sia l'alluvione attuale nel letto di piena ordinaria della Stura che quella recente, terrazzata di pochi metri e temporaneamente assestata, e prativa sono formate per discreta porzione da ciottolame e ghiaie sciolti, ad elementi rotolanti di rocce gneissiche, quarzitiche, granitiche, calcareo-dolimitiche, tutte litologicamente fresche, con una frazione molto variabile di sabbie.

Nel fondovalle oltre ai sondaggi incompiuti del 1952, le prospezioni geofisiche ed i nuovi sondaggi esplorativi durante la recente campagna 1969-1972 distribuiti su alcune sezioni trasversali e su una sezione longitudinale lungo un tratto di circa 5 km, hanno consentito la ricostruzione schematica ma abbastanza approssimata, della serie stratigrafica dei depositi quaternari.

E' risultato anzitutto definito, su base geofisica e con alcuni punti di accertamento diretto l'andamento del paleoalveo esarativo in roccia, con sezione regolarmente semiellittica.

E' stata poi accertata, sotto la coltre superficiale di alluvione fluviale recente, grossolana e sciolta, l'esistenza di un potente banco di limo lacustre, esteso fin presso ai lati del paleoalveo in roccia, da cui lo separano estese falde detritiche, pregenetiche e singenetiche al deposito alluvionale.

Il limo, argilloso o anche sabbioso, con poche gran

di lenti sabbiose marginali abbastanza delimitate, a spessore medio e massimo crescente da una quindicina di metri a più di un centinaio di metri, procedendo da Pianetto verso S. Membotto e^s riduce d'accapo a poche decine di metri più verso valle.

Correlativamente, vanno diminuendo la granulometria media e lo spessore d'un'altra coltre di alluvione torrentizia grossolana più antica, interposta fra la base del banco di limo ed il letto in roccia. La serie dei tre livelli sovrapposti fu ritrovata anche più verso valle nella zona di Stiera, meno regolare per intercalazioni reciproche.

Il deposito limoso lacustre si è iniziato dopo il ritiro del ghiacciaio dall'ultima posizione frontale rissiana materializzata dalle morene all'altezza di Gaiola, con che si rese sgombera la conca alle spalle dell'argine morenico. E' proseguito fino alla totale obliterazione del lago, per effetto contemporaneo della colmata alluvionale della conca e del suo svuotamento, con seguente al graduale abbassamento del suo livello d'invaso per l'incisione della soglia rocciosa nella gola di Gaiola.

Al medesimo deposito lacustre postrissiano - per floc culazione e decantazione delle torbide pr.p. argilloidi da fusione del ghiacciano Würmiano e post-würmiano in fase cataglaciale, portate in sospensione dalle acque della Stura - è pure da riferirsi la coltre continua di limo argilloso omogeneo, potente alcuni metri, che riveste buona parte della scarpata a Sud-a monte - del Piano di Gaiola, del corso del T. Stiera fin presso l'iso ipsa 690, identificata dal Geologo fin dal 1952 e control

lata allora con una serie numerosa di assaggi.

2.3. CONSIDERAZIONI DI GEOLOGIA APPLICATA SULLE SEZIONI DI IMPOSTA DEGLI SBARRAMENTI.

L'illustrazione geologica delle quattro sezioni d'imposta, tra di loro del resto molto ravvicinate, prese in considerazione per gli sbarramenti, viene svolta nel capitolo 4 di questa Relazione Generale a titolo "Considerazioni di carattere progettuale sulla quattro sezioni di sbarramento", cui si rinvia per tutte le questioni locali di dettaglio geologico.

2.4. CONSIDERAZIONI DI GEOLOGIA APPLICATA SUL BACINO DI INVASO.

2.4.1. Stabilità dei terreni di fondazione.

Della stabilità dei terreni di fondazione, valutata per le spalle laterali essenzialmente, di rilevamento geologico, per il fondo soprattutto in base alle determinazioni geofisiche e geotecniche ed ai sondaggi esplorativi, è giudicata positivamente per almeno due delle sezioni, è riferito nei § precedenti cui si rinvia in proposito.

2.4.2. Stabilità dei versanti

Quanto alla stabilità dei versanti direttamente prospicienti al lago artificiale, si osserva:

- sul fianco sinistro della valle - del resto, sopraelevato al massimo di alcune centinaia di metri (§ 2.2.1), e con prevalente giacitura dei banchi "a reggipog-

gio" - non sono possibili frane di roccia di discreta entità. E' invece probabile che gli svassi del serbatoio mobilino le coperture moreniche o detritiche sotto il livello del massimo invaso, ma tale ovvio fenomeno di scoscendimenti superficiali dovrebbe esaurirsi nel giro di pochi anni.

-Sul fianco destro la generica stabilità delle rocce è assicurata dalla prevalente inclinazione dei banchi, conforme a quella dei pendii ma più elevata, cosicchè i banchi risultano ancorati a mensola al piede. Altrove, verso valle, sussiste un'altra condizione di stabilità per i banchi raddrizzati e orientati subortogonali al versante. Soltanto dai bacini di alcuni valloni (V. di Rabas, di Traversetta ecc.) massi di roccia isolati, disgiunti dalle pareti laterali di abrupte sopra il livello del modellamento esarativo, potrebbero rotolare fin presso al fondovalle e nel lago stesso. Li si potrebbe agevolmente arrestare mediante qualche briglia nel fondo dei valloni. In ogni caso, non sono pensabili frane di roccia estensive, tali da produrre effetti idrodinamici appena notevoli sulle acque del lago, anche a pieno invaso. Per i terreni di copertura, valgono le stesse considerazioni che per l'altro versante.

Sulla scarpata a Sud del Piano di Gaiola-nel caso dell'imposta dello sbarramento scelta all'altezza di Gaiola- la stabilità del pendio sembra garantita già dalla sua limitata inclinazione, in media intorno a 36% (20°), al massimo = 50% (28°). Un'ulteriore sua stabilizzazione, ove occorresse, si conseguirebbe mediante la rastremazione per sbancamento del pendio naturale, oppure mediante il suo rivestimento con mantellate, mediante scogliera, al piede ecc.

La generica stabilità naturale delle rocce e dei terreni è anche valida in particolare, più impegnativa, per le scarpate degli scavi nelle limitate aree previste per la fondazione delle singole dighe di ritenuta, specie ai lati delle dighe.

2.4.3. Tenuta idraulica

La tenuta idraulica non pone problemi speciali per quanto concerne l'imbasamento roccioso, in rocce salde e ripulite dall'esarazione glaciale; sia nei riguardi delle sponde del lago artificiale che dei singoli sbarramenti. La tenuta idraulica della colmata alluvionale ^{di fondovalle,} sulla quale, del tutto o in parte s'imposteranno gli sbarramenti, richiede invece, già in linea di massima provvedimenti diversificati a seconda del tipo strutturale di sbarramento, già studiati di massima dai Progettisti. Con le soluzioni: Tetti Ferrero, S. Membotto, Ciamberlin l'impermeabilizzazione dei terreni sciolti nel fondo del bacino verrebbe realizzata mediante un diaframma continuo, prolungato verso il basso da un diaframma di iniezione fino al letto in roccia e affiancato da elementi in calcestruzzo uniti ad incastro sulle due sponde.

Con la soluzione Gaiola si potrebbe adottare lo stesso tipo di diaframma impermeabilizzante composito, inserito entro il deposito fluvioglaciale, oppure rivestire con una mantellata impermeabile il versante meridionale, verso monte, dell'altopiano di Gaiola.

In ogni caso il diaframma dovrà estendersi anche all'ingiro, mediante il solito schermo di iniezioni, entro la roccia esarata, nuda o rivestita da detrito, global-

mente e genericamente impermeabile, come è ricordato sopra, ma tendenzialmente fessurata per un certo spessore.

Speciali accorgimenti si adotterebbero per la risaldatura di rocce fratturate (dolomie della dorsale di C. Ciamberlin, ecc.).

Non sono stati osservati in superficie, nè sembrano probabili fenomeni di circolazione carsica che, del resto, avrebbero sviluppo dimensionale limitato. Nè costituiscono vie di percolazione a distanza di grandi superfici di scorrimento tettonico fra le principali unità geologiche affioranti nel serbatoio, suborizzontali e strettamente serrati, con fasce cataclastiche impermeabili. In conclusione, il conseguimento d'una valida ed efficiente tenuta idraulica non comporta difficoltà tecniche fuori dell'ordinario, ma soltanto un'aliquota maggiore del costo globale delle opere.

Adottando però, in particolare la soluzione di Gaiola, lo sbarramento verrebbe a ripristinare - fino a circa q 700 - il lago naturale postrisiano il quale ovviamente potè formarsi e sussistere per la naturale impermeabilità complessiva del piano di Gaiola. E' logico che tale tenuta idraulica naturale possa sussistere tutt'ora fino al livello citato.

2.4.4. Portata solida

Con un'erosione media annua del bacino sotteso stimata dell'ordine di 0,6 mm (§ 2.1.4), la portata solida convogliata dalla Stura al Lago di Demonte, risulterebbe di circa $0,35 \cdot 10^6 \text{ m}^3$, di cui una parte rilevante si depositerebbe già a monte del lago, nel fondovalle

pianeggiante da Vinadio a Demonte.

Non sussiste, evidentemente, pericolo d'interrimento accelerato del serbatoio come è stato già riferito nel Capitolo III di questa Relazione Generale.

2.4.5. Opere complementari

Si rinvia ad altra sede l'esame delle condizioni geologiche locali che interessano l'esecuzione delle opere complementari. In particolare, non risulta, già in prima istanza, esistano particolari difficoltà, per le opere più impegnative: le gallerie di derivazione (per la soluzione di Gaiola); queste stesse e quelle per lo scarico superficiale (per le altre tre soluzioni). I loro tracciati orientativi si sviluppano in massima parte entro rocce in posto. Entro la roccia in posto verrebbe pure escavata l'eventuale Centrale Elettrica a valle della diga di Moiola.

2.4.6. Rifornimento dei materiali lapidei

Il rifornimento di materiali lapidei, per le dighe di ritenuta e per le opere complementari, comporta volumi fortemente differenti per le diverse strutture; a seconda si tratti delle dighe in terra per le tre soluzioni di monte (volume totale intorno a $12 \cdot 10^6 \text{ m}^3$) o della struttura mista, con diga a gravità in calcestruzzo e argine laterale in terra, per la soluzione di valle (volume totale intorno a $3 \cdot 10^6 \text{ m}^3$).

In ogni caso:

- dall'alluvione attuale e recente del fondovalle fra Mo-

iola e Demonte, presenta ottime, e testè sperimentalmen-
te ricontrollate caratteristiche, litoapplicative, spet-
tri litologici e psammologici, coefficienti morfometri-
ci medi del materiale di grossa pezzatura, tali da far
prevedere con buona approssimazione i risultati favore-
voli della necessaria sperimentazione sui provini di cal-
cestruzzo. Se nu può agevolmente ricavare il quantitativ-
o occorrente per i rinfianchi delle dighe in materiali
sciolti, oppure per gli inerti del calcestruzzo per la
diga a gravità a Gaiola (oltre altre al fabbisogno per
il calcestruzzo delle opere complementari, al pietrame,
per le eventuali scogliere di protezione ecc. Escavazio-
ni di materiali lapidei dall'alveo di piena della Stura:
presso Stiera; presso S.Membotto, ecc.

- Il banco di limo lacustre, mediante escavazione mecca-
nizzata, può fornire, da alcuni settori, meglio definti,
della stessa area i materiali per i nuclei impermeabili
delle dighe in terra o dell'argine laterale (a Gaiola).
- Dalle sabbie delle conoidi torrentizie, in qualche pun-
to già coltivate in cava (di fronte a S.Membotto), oppu-
re ancora dall'alluvione attuale, sono recuperabili,
per classificazione meccanica, i materiali per i filtri
delle dighe e degli argini in terra.

CAPITOLO 3 : Indagini sul terreno e in laboratorio.

(Dott. Ing. Giuseppe BALDOVIN)

Nel 1969, all'atto della ripresa degli studi per la realizzazione di un bacino d'invaso in Valle Stura nei pressi di Moiola, si diede inizio ad una serie di indagini sul terreno e di laboratorio, che si svilupparono, per fasi successive ed in diverse direzioni, alla ricerca di una soluzione ottimale di sbarramento.

Le indagini più recenti presero l'avvio sulla scorta delle conoscenze già acquisite da altri nel corso degli studi e degli accertamenti effettuati prima del '69.

3.1. Indagini precedenti al 1969

I primi studi di cui si abbia notizia per l'impostazione di uno sbarramento sulla Stura di Demonte risalgono al 1924 ad opera dell'Ing. De Tierry, il quale, con la consulenza del Geologo Prof. F. Sacco, prese in considerazione la Stretta di Gaiola, dove l'alveo dello Stura, a quota 649, è intagliato in roccia affiorante. Tuttavia nella sponda sinistra, la roccia, oltre quota 660 è ricoperta da depositi morenici ed alluvionali.

Mediante un cunicolo di ispezione in sponda sinistra, si constatò che lungo un profilo trasversale, la roccia si manteneva subo-rinziatale, per almeno 70 m, con lievi ondulazioni intorno alla quota 660.

Rimase tuttavia inesplorato il tratto ulteriore del profilo verso Ovest, per oltre 1 km, in corrispondenza del terrazzo morenico di Gaiola ("Piano di Gaiola").

In questa stessa zona, le indagini vennero riprese nel 1949 - 1950 in occasione di un nuovo progetto a cura dell'Ing. Muretti con la collaborazione del Geologo Prof. Ing. Peretti.

In quegli anni, al fine di accertare le caratteristiche strutturali del deposito morenico, furono eseguiti 8 sondaggi (n.0,1,2,3,4,5,6,7) distribuiti secondo un allineamento SE-NW, dal greto di magra del Torrente Stura, sino oltre la S.S. del Colle della Maddalena (v. all.3/4).

Controllati in sede geolitologica, i sondaggi n.0 e 1 confermarono la presenza della roccia a profondità di pochi metri, sia in alveo che sulla sponda sinistra.

I sondaggi n. 2 e 3 rivelarono che il basamento roccioso, sotto la copertura morenico-alluvionale raggiunta la quota 662 s.m. (sondaggio n.2), tendeva ad abbassarsi lentamente verso l'asse della valle, per poi rialzarsi daccapo in corrispondenza del sondaggio n.7, ove veniva individuata a quota 693 s.m.

Il sondaggio n. 4 non oltrepassò la coltre morenico-alluvionale, mentre i sondaggi n.5 e n.6 penetrarono rispettivamente a quota 660 e 672, in materiale limoso con ciottoli alternato a sabbie limose di deposito lacustre; nessuno di questi tre sondaggi raggiunse la roccia di base.

Furono eseguiti altri quattro sondaggi, contrassegnati con i numeri 101, 102,103,104 (v.all.3/4), spostati secondo un allineamento E - W attraverso lo slargo di fondovalle e a monte del terrazzo morenico; tali sondaggi accertarono, ad una quota di circa 645m, la continuità areale del limo argilloso, di cui era nota la presenza più ad Ovest.

Fu infine constatata, mediante una trentina di pozzi, la presenza di una estesa e continua copertura del medesimo limo argilloso, lacustre, potente almeno alcuni

metri, per buona parte della scarpata ad ovest del piano morenico-alluvionale di Gaiola, fra una quota media di 685 m s.m ed il fondovalle.

Questa fase di indagini geognostiche e geotecniche non venne conclusa per difetto di finanziamento e ciò impedì fra l'altro, l'accertamento della continuità del limo in profondità, anche in rapporto all'andamento della formazione.

Un'altra sezione di sbarramento, proposta dagli Ingegneri Ognibeni e Wetter in corrispondenza della chiesetta di S.Membotto, aveva formato oggetto di indagini geognostiche con una serie di dodici sondaggi (S1 + S12) contraddistinti nell'allegato 3/4 con triangoli colorati in verde.

I risultati di questa indagine geognostica consentirono al Prof. Dott. Sergio VENZO di completare gli studi geologici iniziati nel 1944 e di avanzare una certa interpretazione geologica che venne poi pubblicata nel n.10 della rivista di ingegneria-ottobre 1951.

Secondo tale interpretazione lo sbarramento di S.Membotto si sarebbe impostato al centro di una colmata lacustre conseguente alle vicende geologiche e geomorfologiche dell'età quaternaria.

I sondaggi effettuati accertarono che il limo lacustre impermeabile con tetto all'incirca a q. 662-665 m s.m, si estendeva da una sponda all'altra della valle e per oltre 500 m a monte della sezione.

Tuttavia non risultò chiarita la stratigrafia dei terreni in profondità, in quanto l'unico sondaggio profondo (S12), pur avendo raggiunto la lunghezza di 136 m,

non ebbe ad incontrare la roccia di fondo. Tale sondaggio inoltre dimostrò che il limo lacustre impermeabile aveva una potenza non inferiore a 100 m ed indicò che il passaggio alla roccia di fondo verosimilmente avveniva attraverso una serie di sedimenti alquanto più sabbiosi e/o grossolani.

3.2. Cronologia delle recenti indagini (1969-1972)

In questi ultimi anni, e più precisamente dal giugno 1969 al settembre 1972, sono state effettuate nel territorio dei Comuni di Moiola e di Gaiola, alcune campagne di indagini geognostiche, geofisiche e geotecniche allo scopo di accertare l'effettiva possibilità di realizzare uno sbarramento capace di invasare almeno $200 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ di acqua.

Contemporaneamente sono stati effettuati alcuni rilievi aerofotogrammetrici e topo-grafici indispensabili per lo sviluppo dei vari progetti preliminari.

Tali rilievi furono eseguiti in due tempi, nel 1969 si ebbe la restituzione in scala 1:5000 della zona a monte di Moiola e 1972 fu completata la parte a valle di Moiola.

Nel 1969 fu eseguito anche un rilievo topografico diretto della zona corrispondente alla sezione di S. Membotto, restituito in scala 1:1.000.

Le varie campagne di indagini sono riconducibili essenzialmente a quattro cicli, tra loro interdipendenti:

- a) campagna di indagini geognostiche e geotecniche del 1969 - 1970;

- b) la campagna di indagini geofisiche del 1970;
- c) la campagna di indagini geofisiche del 1971;
- d) campagna di indagini geognostiche e geotecniche del 1971-72.

Nei paragrafi che seguono si illustreranno in dettaglio gli scopi di questi quattro cicli di indagini ed i risultati, con essi conseguiti.

Circa la metodologia secondo qui detti cicli si sono sviluppati, occorre precisare che le diverse indagini sono state articolate in modo da acquisire il massimo di elementi tecnici mediante la più oculata utilizzazione dei fondi a disposizione; i relativi programmi sono stati quindi studiati ed aggiornati in base ai risultati via via acquisiti, ove necessario alternando i vari tipi di intervento.

Infatti, la campagna di indagini geognostiche e geotecniche del 1969-70 iniziò con un programma di accertamenti articolati sui terreni di fondazione e sui materiali per una diga in terra da impostarsi in corrispondenza di S. Membotto.

Quando, in base ai primi risultati delle prove di laboratorio si constatò che le caratteristiche di portanza dei terreni dell'imposta erano piuttosto scadenti, sembrò opportuno sospendere gli accertamenti geognostici e promuovere un altro tipo di indagine che permettesse di esplorare economicamente una più vasta zona.

Nel 1970 si diede pertanto corso alla prima indagine geofisica, cui seguì, sulla Sezione di Tetti Ferrero, una nuova fase di indagini geognostiche e geotecniche che si concluse nello stesso anno.

Le due soluzioni studiate, a S. Membotto e a Tetti Ferrero, risultarono entrambe assai onerose e punteggiate da difficoltà tecniche non indifferenti a causa delle caratteristiche dei terreni di fondazione.

Di conseguenza si promosse una seconda campagna di indagini geofisiche a valle di Moiola, che si concluse nel settembre del 1971 e che lasciò intravedere la possibilità di una sezione di sbarramento oltrechè in corrispondenza della Stretta di Gaiola anche sulla congiungente Ciamberlin e Bec del Cross.

Si passò così all'ultimo ciclo di indagini geognostiche e geotecniche (1971-1972) con il quale ci si propose di verificare per la sezione di Gaiola, la continuità del limo lacustre in profondità e più in generale, la permeabilità dei terreni in sponda sinistra, e per la sezione Ciamberlin le caratteristiche meccaniche dei terreni di imposta, che la geofisica aveva indicato migliori, rispetto a quelle delle sezioni più a monte.

3.3. Rilievi aerofotogrammetrici e topografici.

Nel corso dei lavori per le indagini preliminari, compiuti per lo studio di uno sbarramento sulla Stura di Demonte, si ripropose più volte la necessità di avere una sicura base topografica per poter operare con una certa coordinazione.

Pertanto fu richiesto, in un primo tempo (1969), il rilievo aerofotogrammetrico della zona compresa tra Demonte e Moiola. Tale rilievo (vedi all. n. 3/1-Topografia) fu eseguito dall'Istituto di Topografia del Politecnico di Torino ed è stato restituito in scala 1:5.000 per una superficie di circa 1.900 ha, tra le quote con curve di

livello ad una equidistanza di 5 m.

Sempre nel 1969 fu eseguita, ad opera dell'Ufficio Tecnico della Provincia, un rilievo tacheometrico della zona di sbarramento in località S.Membotto, con restituzione in scala 1:1.000 (v.all. 3/3 - Topografia).

La superficie interessata dal rilievo si estende per circa 54 ha, ed è stata rappresentata con curve di livello ad una equidistanza, rispettivamente di 2,5 m per le zone a forte pendenza, e di 1 m per le zone pianeggianti di fondovalle.

Nel 1972 infine fu richiesto di completare il rilievo aerofotogrammetrico per la zona a valle di Moiola fin oltre Gaiola. Detto rilievo, eseguito ancora dall'Istituto di Topografia del Politecnico di Torino, presenta le stesse caratteristiche del precedente, ma si estende per una superficie di circa 850 ha (v.all.3/2 - Topografia).

3.4. Sondaggi esplorativi

Nel triennio considerato, furono eseguiti n.18 sondaggi meccanici essenzialmente a scopo geognostico, ma anche con l'intento di prelevare campioni indisturbati per le prove di laboratorio, e dove fosse risultato conveniente, di effettuare prove di permeabilità e di cementazione.

I sondaggi furono eseguiti in parte a rotazione ed in parte a percussione, a seconda delle condizioni operative dipendenti dalla natura dei terreni.

Così sulle sponde, prevedibilmente rocciose, è stato impiegato il metodo a rotazione con carotaggio continuo, mentre, in fondovalle, si è preferito spesso impiegare il metodo a percussione.

I sondaggi a rotazione sono distinti da un contrassegno numerico o letterale preceduto dalla lettera R, mentre i sondaggi a percussione sono contraddistinti con la lettera P. seguita da un numero o da una lettera.

Durante la prima campagna, che si svolse tra il 1969 ed il 1970, furono eseguiti numero 12 sondaggi contraddistinti dalle sigle R1,R2,P3,P4,R7,R8,P9,P10,P11,P12,P13,P.14.

La seconda campagna di sondaggi, promossa al termine della seconda fase di indagini geofisiche, si protrasse fino al 1972 con l'esecuzione di 6 sondaggi corrispondenti alle sigle RA, RB, PC, RC, RD, RE.

Le stratigrafie di tutti i sondaggi eseguiti sono raccolte nella cartella Indagini Geognostiche come allegati 3/5. 1 ÷ 3/5.18, mentre l'allegato 3/4 ne riporta l'ubicazione, evidenziata da triangolini viola per quelli della campagna conclusa nel 1970, e, triangolini rossi, per quelli della campagna 1972.

3.4.1. Prima campagna di sondaggi geognostici 1969-1970.

Gli studi precedenti al 1969, elaborati per la Sezione di S.Membotto, avevano evidenziato la necessità di approfondire l'indagine geognostica e geotecnica sia sui terreni di fondazione che sui materiali per il corpo diga.

Per le indagini sui materiali, considerata la prevalente importanza degli accertamenti geotecnici, si rimanda al paragrafo specifico 3.6.2.

L'indagine geognostica a S. Membotto prevedeva l'esecuzione di una serie di 10 sondaggi di cui 8 distribuiti lungo il presunto asse diga, e due (P9, P10) ubicati rispettivamente 500 m e 1.500 m a monte della sezione di sbarramento.

A seguito dei primi risultati delle prove di laboratorio sui campioni indisturbati prelevati, si constatò che i limi lacustri in fondazione erano piuttosto sufficienti e che, spostandosi verso monte, il letto roccioso di base tendeva a risalire verso la superficie; in particolare nel sondaggio P10 tale superficie veniva riscontrata a circa 80 m dal piano campagna.

La presenza del substrato roccioso a quote più alte lasciava presupporre un più avanzato stadio di consolidazione dei limi e permetteva di intravedere una certa economia nell'impermeabilizzazione degli strati più profondi a contatto con la roccia di base.

Sembrò pertanto opportuno sospendere l'esecuzione dei sondaggi geognostici P5 e P6 per dare corso ad una indagine geofisica allo scopo di raccogliere utili indicazioni sul tetto della formazione rocciosa di base e sui limiti di contatto tra i terreni sabbio-ghiaiosi di fondo ed i terreni limoso argillosi superficiali.

L'indagine geofisica mise in evidenza l'importanza dello strato permeabile interposto fra il limo e la roccia di base, soprattutto per quanto concerneva lo spessore, e, nello stesso tempo confermò l'estensione del banco limoso anche verso monte.

Durante tale studio si individuò, un poco più a monte della località Tetti Ferrero e circa 300 m a valle del sondaggio P10, la presenza di una coltre di materia-

le grossolano, spessa indicativamente più di 20 m a copertura del limo sottostante.

A seguito di queste constatazioni si riprese l'indagine geognostica con l'esecuzione dei sondaggi P11, P12, P13 e P14 (la cui posizione è individuata sull'allegata planimetria da triangoli viola) di fronte alle località Pianetto e Tetti Ferrero.

Si descrivono brevemente, qui di seguito, i sondaggi eseguiti durante la 1^a campagna, rimandando, per i dettagli, alle relative stratigrafie (v. all. 3/5.1-3/5.12).

Il sondaggio R1, ubicato in sponda sinistra a quota 695, è stato eseguito a rotazione per poter carotare il substrato roccioso.

Esso dopo 70 cm di terreno vegetale ha attraversato fino a 67 m di profondità un calcare dolomitico più o meno fratturato. Nel foro di sondaggio sono state eseguite prove di assorbimento d'acqua a pressione variabile e prove di cementazione.

Il sondaggio R2, ubicato anch'esso in sponda sinistra ed a quota 688, ha attraversato per m 50,10 il calcare dolomitico più o meno fratturato. Anche in questo foro sono state eseguite prove d'acqua e di cementazione.

Il sondaggio P3, ubicato al piede del versante, vicino alla strada statale e a quota 671 ha attraversato per m. 4,20 alluvioni ghiaioso - ciottolose con sabbia e quindi, fino ad una profondità di 69 m, argilla limosa, oltre la quale penetrava per 13,20 m nel substrato roccioso, rappresentato da calcare dolomitico assai fratturato.

Anche il sondaggio P4, dopo una coltre dello spessore di m 6,50, costituita da alluvioni grossolane, ha con

statato la presenza di un banco di limi argillosi a 100 metri di profondità il sondaggio incontrava un banco di trovanti eterogenei di probabile origine morenica, cui seguivano sedimenti grossolani fino a 126 m dove entrava per 9 m nel calcare dolomitico di base.

Il sondaggio R7, ubicato in fondovalle, verso la sponda destra, ha attraversato per m 7,20 terreni alluvionali generalmente fini e quindi, fino alla profondità di 40 m il potente banco di limi argillosi lacustri; oltre i 40 m ha incontrato sedimenti grossolani, (ciottoli, chiaie e sabbie) fino a 75 m di profondità, oltre la quale è penetrato per 22 m nella roccia di base rappresentata da calcresisti.

Il sondaggio R8 è ubicato in sponda destra a quota 727; esso ha attraversato una potente falda detritica, costituita essenzialmente da trovanti di quarzite e di calcare, sotto cui, alla profondità di m24,50 ha ritrovato la roccia in posto rappresentata da calcresisti assai laminati.

Il sondaggio P9 è stato ubicato in fondovalle circa 500 m a monte dell'asse diga; ha accertato, come mostra la stratigrafia, che il banco di limo ha, ivi, una potenza di 105 m. La presenza della roccia di base a 120 metri di profondità è alquanto dubbia; a questa profondità viene però segnalata la presenza di una falda artesiana che a bocca foro è capace di versare 100 l/m' ad una pressione di 0,7 atm.

Il sondaggio P10 è stato eseguito a 1.500 a monte della sezione di S.Membotto. Esso ha incontrato la roccia di base (calcare dolomitico) alla profondità di m 81,50; il banco di limo è qui ridotto ad una potenza di 56 m cir

ca; tra il limo e la roccia si frappongono un banco di sabbia (13 m) ed uno di trovanti con ghiaia e sabbia (6 m), per una potenza complessiva di m 19.

I sondaggi P12, P13, P14 sono allineati, secondo la base sismica AB, sul lato sinistro del fondovalle ed hanno raggiunto una profondità di 30 ± 34 m accertando la presenza di una coltre alluvionale dello spessore di circa 10 m sovrapposta ai limi argillosi di origine lacustre.

3.4.2. Seconda campagna di sondaggi geognostici (1971-1972)

A causa delle scadenti caratteristiche meccaniche dei terreni di fondazione in corrispondenza delle due sezioni esplorate con la precedente campagna, l'indagine geognostica venne orientata sulle sezioni di Ciamberlin e di Gaiola.

Sulla prima sezione vennero eseguiti i sondaggi RA ed RB, allo scopo di verificare le indicazioni della geofisica relative alla morfologia del substrato roccioso e di accertare le caratteristiche meccaniche del banco limoso in fondazione.

Il sondaggio RA, pur essendo stato spinto a 105 m di profondità, non ha raggiunto la roccia di fondo che, secondo la geofisica doveva trovarsi a circa 75 m di profondità. Tuttavia ha evidenziato che il banco limoso è ivi ridotto a non più di 30 m e che per ben 85 m si alternano banchi di sabbie più o meno fini ad orizzonti più ghiaiosi (v. all. 3/5.14 - Indagini Geognostiche).

Il sondaggio RB, spostato verso il centro della valle, ha raggiunto il sub-strato roccioso ad una profondità di 125 m carotando un calcescisto passante a gneiss; ivi il banco di sedimenti lacustri è ancora ridotto a 30 m, ma fino ad 80 m di profondità prevalgono ancora sedimenti fini, prevalentemente sabbiosi, interessati da una falda artesianica (v.all.3/5.15 - Indag. Geognostiche).

Sulla sezione di Gaiola, allo scopo di controllare la presenza di sedimenti lacustri e le indicazioni della geofisica sono stati eseguiti i tre sondaggi RC, RD, ed RE (v.all.3/5.16 ÷ 3/5.18 - Indagini Geognostiche).

Il sondaggio RC ha raggiunto il calcescisto di base alla profondità di m 108, dopo aver attraversato terreni prevalentemente sabbiosi, con ghiaie, ciottoli e provanti.

I sondaggi RD di m.42,30 ed RE di m33,70 hanno definitivamente escluso la presenza della formazione di limi lacustri, già accertata più a monte ed, anzi, hanno evidenziato l'eterogeneità granulometrica dei sedimenti morenici, caratterizzati localmente da potenti banchi di trovanti con sabbia.

Infine, il sondaggio PC eseguito in una posizione equidistante dalle due ultime sezioni, ha raggiunto la roccia (calcescisto) a 63 m di profondità, attraversando prevalentemente materiali grossolani riferibili a ghiaie e sabbie, con livelli di limo con ciottoli. (v.all. 3/5.13 - Indagini Geognostiche).

3.5. Indagini geofisiche

Nel maggio 1970 le indagini geognostiche e geotecniche sulla sezione di S.Membotto erano praticamente ult

mate con l'esecuzione di una serie di sondaggi meccanici, sopra illustrati, e delle prove di laboratorio sui campioni indisturbati prelevati nel corso delle perforazioni. I risultati delle prove si rivelarono piuttosto deludenti soprattutto nei riguardi delle caratteristiche di portanza dei terreni di fondazione.

I sondaggi P9 e P10 sembravano indicare, per le zone a monte della prevista sezione di sbarramento, alcune condizioni più favorevoli per l'imposta di una diga in materiali sciolti.

Venne pertanto deciso di far eseguire una campagna di prospezioni geofisiche (elettriche e sismiche) a monte della sezione di S.Membotto e, successivamente, nel terzo trimestre del 1971, a valle di S.Membotto fino oltre Gaiola, per avere un quadro orientativo completo ed omogeneo delle principali caratteristiche stratigrafiche della colmata di fondovalle.

Gli elaborati originali relativi alle due campagne di indagini eseguite nel 1970 e 1971 sono raccolti rispettivamente come parte 1[^] e parte 2[^] negli allegati 3/6 e 3/7 (Indagini Geofisiche).

Nei paragrafi seguenti si ricapitolano brevemente i principali elementi costitutivi dell'indagine ed i risultati fondamentali.

3.5.1. Parte 1[^]

La campagna di indagini geofisiche del 1970 (v. parte 1[^] all.3/6) consta di centosessantadue sondaggi elettrici e di ventotto basi sismiche distribuiti rispettivamente su allineamenti trasversali e longitudinali nella

zona compresa tra Pianetto e S.Membotto.

I sondaggi elettrici attraverso misure di resistività avevano, essenzialmente, lo scopo di determinare i limiti stratigrafici dei sedimenti lacustri ed alluvionali che avevano comato la valle, mentre con le misure delle velocità di propagazione delle onde sismiche rifratte si doveva definire la superficie di contatto tra i sedimenti ed il substrato roccioso.

I risultati di questa indagine sono illustrati da sette tavole:

- la tavola 1[^] è una semplice planimetria ("Piano di posizione") con l'ubicazione dei 162 sondaggi elettrici delle 28 basi sismiche e delle 20 sezioni trasversali interpretative;
- la tavola 1, denominata "Carta del tetto del substrato veloce", è tra le più interessanti della serie e mostra, mediante la sovrapposizione di curve di livello alla planimetria topografica, la morfologia del substrato roccioso;
- le tavole 2,3,4 e 5 riportano i profili delle basi sismiche effettivamente rilevate ed indicate con lettere dell'alfabeto maiuscolo, nonché le 20 sezioni trasversali (1 - 18), ricostruite mediante il confronto e l'interpretazione delle misure di resistività e di velocità a fronte delle stratigrafie di alcuni sondaggi;
- la tavola 6, infine, riveste una notevole importanza in quanto mediante curve di eguale spessore del limo delimita la potenza e l'estensione dei sedimenti lacustri e mediante diversi toni di grigio, cui corrispondono diversi gradi di resistività, definisce la

distribuzione areale in superficie dei limi più compatti, aventi resistenza ohmica maggiore, rispetto ai limi meno consolidati, aventi resistenza ohmica minore.

3.5.2. Parte 2^

Gli studi effettuati nel 1970, nel tratto di valle situato a monte della stretta di S.Membotto, avevano dimostrato che il metodo della sismica a rifrazione era idoneo a determinare lo spessore approssimativo del riempimento e quindi la profondità e l'andamento del substrato roccioso della paleovalle.

Pertanto l'indagine geofisica venne estesa a valle di S.Membotto fino oltre Gaiola, in un primo tempo come sola prospezione sismica, ma subito dopo, fu integrata da due sezioni di sondaggi elettrici.

L'indagine (v.all.3/7 - Indagini Geofisiche) era articolata su 8 basi sismiche trasversali alla valle (D1 - D2 - E - F1 - F2 - G - H1 - H2) e su 7 basi longitudinali (A1, A2, A3, B1, B2, B3, C), integrate da 10 sondaggi elettrici, di cui 7 distribuiti sulla sezione di Ciamberlin e tre sulla Sezione di Gaiola.

I risultati delle prospezioni sono compendiati in 4 tavole:

- la tavola 1 rispecchia l'ubicazione degli accertamenti (Piano di posizione);
- la tavola 2 riporta le sezioni longitudinali alla valle, corrispondenti alle basi sismiche rilevate;
- la tavola 2 B illustra le sezioni con sondaggi elettrici;

- la tavola 3 riporta le sezioni trasversali alla valle;
- la tavola 4 di gran lunga la più interessate, costituisce il risultato interpretativo dell'indagine e mostra, con curve di livello sovrapposte alla topografia superficiale, la morfologia approssimativa del substrato roccioso.

3.5.3. Osservazioni deduttive

Le prospezioni sismiche effettuate lungo la valle della Stura di Demonte da Pianetto fino ad oltre Gaiola, hanno permesso di definire la morfologia del substrato roccioso più compatto, corrispondente a velocità sismiche dell'ordine di 3,8 - 5 km/s.

Esaminando la tavola 1 della parte prima e la tavola 4 della parte 2^a si deve riconoscere l'esistenza di un paleoalveo di esarazione glaciale col fondo "montonato", a quota assoluta variabile intorno a 525 - 550 m.s.m., quale segmento d'una valle glaciale con caratteristica sezione a U, le cui sponde, alquanto scoscese e ricoperte da cordoni morenici o falde detritiche, si raccordano ai versanti rocciosi dell'attuale valle, ormai colmata per uno spessore massimo di oltre 130 m da sedimenti di varia origine.

La geofisica, infatti, avrebbe individuato un ricoprimento superficiale di alluvioni recenti, generalmente di modesto spessore, con massimi dell'ordine di 20/25 m cui corrispondono velocità sismiche inferiori a 1 km/s e resistenza di 400/800 ohm. Accanto a questi ricoprimen

ti di origine alluvionale molto recenti e meno assestati si individuano plaghe di depositi morenici e detritici, caratterizzati da velocità sismiche alquanto più elevate, variabili da 1,2 a 1,8 km/s, che localmente possono raggiungere in rapporto alle dimensioni medie degli elementi costituenti velocità superiore a 2 km/s.

In ogni caso le velocità di 1,3 - 1,6 km/s debbono essere attribuite al potente complesso dei sedimenti lacustri, che, al centro valle, raggiungono la potenza di oltre 100 m; tali sedimenti sono rappresentati essenzialmente da limi argillosi e limi sabbiosi con rari livelli di sabbia fine.

Tra il complesso dei sedimenti lacustri ed il substrato roccioso sembrerebbe interposto un banco di materiali con velocità sismiche normalmente intorno a 2,5 km/s, ma anche superiori a 3 km/s. Questi materiali, estesi lungo tutta la valle, sono rappresentati generalmente da sedimenti fluvio-glaciali a granulometria molto variabile, generalmente spostata verso le dimensioni maggiori, in genere poverissimi di elementi fini.

Localmente tali velocità potrebbero corrispondere anche alla parte più superficiale del substrato roccioso, meno compatto ed alquanto alterato.

3.6. Indagine geotecnica

Parallelamente all'indagine geognostica a mezzo di sondaggi meccanici è stata sviluppata gradualmente l'indagine geotecnica sui campioni indisturbati prelevati nel corso delle perforazioni eseguite nelle zone interessate dalle quattro soluzioni.

Inoltre è stata avviata la ricerca dei materiali per la costruzione del corpo diga e sui campioni prelevati sono state eseguite prove di laboratorio allo scopo di accertarne l'idoneità.

I certificati delle prove eseguite sono riuniti, insieme ai rispettivi quadri riassuntivi dei risultati, in tredici fascicoli, corrispondenti ognuno ad un sondaggio o ad un saggio.

In fascicoli sono raccolti, come allegati (n.3/8.1 + 3/8.13) nella scatola contraddistinta dalla dicitura "Indagini Geotecniche".

3.6.1. Terreni di fondazione

Nel seguito di questo paragrafo vengono esposti i risultati acquisiti attraverso le prove di laboratorio eseguite per i terreni di fondazione delle varie soluzioni. A tale proposito si precisa che l'indagine di laboratorio è stata concentrata, sulla determinazione delle caratteristiche naturali e meccaniche dei sedimenti lacustri in quanto tali caratteristiche sono risultate in effetti, determinanti ai fini del giudizio progettuale.

A - SEZIONE DISMEMBOTTO

In laboratorio sono stati esaminati, dal punto di vista geotecnico, i campioni indisturbati provenienti dai sondaggi P3, P4, R7, P9, P10 (all.3/8.1 + 3/8.5).

L'esame dei dati relativi all'umidità naturale, (W_n) rilevati nei vari campioni esaminati, ha permesso di constatare che il campo di variabilità si presenta

piuttosto ristretto, entro limiti che, pur variando da sondaggio a sondaggio, si discostano al massimo dell'11-12%. Infatti nel sondaggio P3, W_n presenta un massimo del 35,1% ed un minimo del 23%, mentre nel sondaggio R7 tali valori passano rispettivamente dal 31,1% al 28%. I valori medi dell'umidità naturale calcolati per i singoli sondaggi non si discostano quasi mai dal 29%.

Peraltro anche la maggior parte delle singole prove presentano valori generalmente prossimi a quelli medi, tuttavia, il grado di umidità sembra tendere a ridursi con la profondità, presentando valori più elevati fra i 5 e i 7 m dal piano di campagna (sondaggi P3, e P4).

L'osservazione dei valori relativi al peso di volume secco (γ_d) consente di constatare una certa uniformità dei pesi medi ricavati per ogni singolo sondaggio:
da un massimo di $1,54 \text{ g/cm}^3$ si passa ad un minimo di $1,52 \text{ g/cm}^3$.

Più evidenti invece risultano gli scarti fra i risultati ottenuti dai campioni appartenenti ad uno stesso sondaggio. Infatti nel P3 si passa da $1,67 \text{ g/cm}^3$ a $1,41 \text{ g/cm}^3$, e nel P4 si ha un massimo di $1,67 \text{ g/cm}^3$ ed un minimo di $1,43 \text{ g/cm}^3$.

E' possibile anche notare che in questi due sondaggi si ha una discreta tendenza ad un aumento dal γ_d procedendo dall'alto verso il basso, cioè verso terreni più profondi. Questa condizione non è comunque sempre rispettata, anche se in linea di massima, l'esame dei vari risultati sostanzialmente la conferma anche per gli al

tri sondaggi.

Dal punto di vista del grado di saturazione (S), tutti i campioni presentano valori sempre superiori al 90%, generalmente assai prossimi o pari al 100%. Si può quindi concludere che i terreni esaminati risultano praticamente saturi.

Per quanto concerne i dati relativi al peso specifico (γ_s), si osserva che essi risultano compresi in un campo piuttosto ristretto, con un massimo di $2,78 \text{ g/cm}^3$ (sondaggio R7) ed un minimo di $2,72 \text{ g/cm}^3$ (sondaggio P4).

Le caratteristiche di plasticità sono state determinate mediante le prove di Atterberg.

Il limite di liquidità (LL) è risultato moderatamente variabile. Fra tutti i campioni esaminati, provenienti dai vari sondaggi, i valori estremi sono rappresentati da un limite minimo di 28,2% e da un massimo di 40,6%. Questa differenza risulta generalmente meno sensibile, se si esaminano i valori ricavati per uno stesso sondaggio.

Considerando ora le medie dei limiti di liquidità per ciascuna trivellazione, risulta abbastanza evidente una buona uniformità di caratteristiche, poichè da un massimo di 34,7% si passa ad un minimo di 29,3%.

Prendendo in esame i dati relativi al limite di plasticità (LP), si evidenzia una ancora più accentuata omogeneità di valori.

Infatti i dati estremi raccolti indicano un massimo di LP = 27,9% ed un minimo = 21,0%. Il divario è poi meno evidente se si analizzano i valori ottenuti nell'ambito di uno stesso sondaggio, salvo per il P3 ove vie-

ne raggiunta la massima differenza.

Quasi uguali appaiono i dati medi ricavati per ogni singolo sondaggio ove si passa da un 23,9% ad un 22,7%.

L'indice di plasticità (IP), conseguendo dai precedenti mostra pure un discreto grado di uniformità riguardo alle caratteristiche dei materiali esaminati, poichè le sue percentuali rimangono entro limiti abbastanza ristretti di variabilità; il massimo valore è stato del 15,2% ed il minimo del 6,1%.

L'esame delle caratteristiche di plasticità, nel suo insieme, permette di poter stabilire un certo parallelismo fra il variare della profondità del terreno esaminato e l'andamento dei valori raccolti relativi alle caratteristiche stesse. Infatti, è possibile constatare che esiste una certa tendenza ad una riduzione dei dati percentuali in funzione del progredire della profondità nella quale è stato prelevato il campione sottoposto ad analisi.

Così un limite di liquidità, che a quota compresa fra 7,00 e 7,50 m sotto il piano di campagna, ha fornito un valore pari al 37,1%, a quota compresa fra 54,90 e 55,40 m, è risultato del 28,3%. I valori dello stesso limite calcolati su campioni prelevati a quote intermedie rispetto a quelle sopracitate, hanno mostrato una graduale riduzione con l'aumentare della profondità.

I terreni esaminati nei vari sondaggi secondo la classificazione di Casagrande, sono risultati appartenere per buona parte dei casi al campo 6, che li definisce "argille inorganiche di media plasticità". In alcuni casi sono pure stati riscontrati campioni classificati

nei campi 5 e 3, nei quali sono rispettivamente definite le "argille inorganiche poco plastiche" ed i "limi inorganici mediamente compressibili e limi organici".

Dall'esame delle curve granulometriche i campioni prelevati nei vari sondaggi, sotto questo aspetto, sono classificabili, per la maggior parte, come argille limose. In numero più ridotto sono stati esaminati terreni limoso-argillosi. Da una prima osservazione risulta che le variazioni delle percentuali tra i due componenti principali, argilla e limo, non presentano sensibili variazioni.

Infatti le percentuali medie risultano rispettivamente del 40% per il limo e del 60% per l'argilla.

Si osserva inoltre che il limo tende ad aumentare col progredire delle profondità, mentre per l'argilla avviene l'opposto. Infine, si segnala che assieme a questi due componenti, si è riscontrata la presenza di una minima quantità di materiale sabbioso, dell'ordine dell'1 ± 2%.

All'edometro di Casagrande sono state determinate le curve edometriche per la ricerca del modulo di compressibilità (E). Per l'intervallo di carico compreso fra 1,3 e 3 kg/cm^2 , si hanno valori medi di E compresi fra 68 ± 74 kg/cm^2 , con variazioni minime e massime comprese fra 47 e 99 kg/cm^2 . Nell'intervallo di carico compreso fra 3 e 6 kg/cm^2 è stata riscontrata una E media compresa fra 107 e 117 kg/cm^2 con variazioni minime e massime di 79 e 165 kg/cm^2 .

Infine nell'intervallo di carico fra 6 e 12 kg/cm² si nota una buona vicinanza dei valori medi di E (196 ± 198 kg/cm²) con variazioni comprese fra un minimo ed un massimo di 266 kg/cm².

La resistenza alla rottura ad espansione laterale libera (G_f), ha fornito carichi dell'ordine di alcuni ettogrammi/cm². I valori variano da un massimo di 1,1 ad un minimo di 0,3 kg/cm², con una prevalenza intorno a 0,6 ± 0,7 kg/cm².

Quanto all'esame delle deformazioni subite dai campioni sottoposti alla prova, si può riconoscere una discreta uniformità dei risultati, con un massimo del 19,2% ed un minimo del 10% mentre i valori medi calcolati danno una deformazione tra 13 ± 16%.

I dati di resistenza misurati con il penetrometro tascabile (Pocket penetrometer), sono apparsi in linea di massima in buon accordo con i valori ricavati dalla prova di rottura ad espansione laterale libera.

La resistenza ottenuta con lo scissiometro tascabile (Vane Test) è compresa fra 0,1 e 0,7 kg/cm², con una rilevante frequenza di prove che hanno fornito valori di 0,2 ± 0,3 kg/cm².

Per la determinazione dei valori dell'angolo di attrico (φ) e della coesione (c) sono state effettuate prove trassiali tipo Q (rapide) e tipo Q_c + U (su provini consolidati e con misura della pressione interstiziale).

Inoltre in un paio di casi sono stati calcolati anche gli sforzi effettivi. Nelle prove tipo Q si sono

ottenuti valori dell'angolo di attrito nulli, mentre per la coesione si sono registrati valori variabili fra 0,1 e 0,25 Kg/cm².

Nelle prove tipo $Q_c + u$, l'angolo di attrito è risultato compreso fra 0° e 5°, mentre la coesione ha fornito tensioni comprese fra 0,6 e 1 Kg/cm².

Su due campioni sono stati determinati i valori di attrito e coesione in sforzi effettivi; su un campione si è passati per l'attrito da $\omega = 5^\circ$ in sforzi totali, a $\varphi = 25^\circ$ in sforzi effettivi, e sul seconda, da $\varphi = 3^\circ$ a $\varphi = 12^\circ$.

Corrispondentemente e, sempre per gli stessi campioni ha subito una variazione da 0,7 a 0,25 Kg/cm² e da 1 a 0,75 Kg/cm².

B - SEZIONE TETTI FERRERO

Per la sezione di sbarramento di Tetti Ferrero sono stati esaminati i campioni prelevati dai sondaggi P11, P12, P13, e P14 con prove di laboratorio limitate alla analisi granulometrica per i campioni rimaneggiati e con altre prove per i campioni indisturbati.

I certificati delle prove ed i relativi quadri riassuntivi sono riuniti nei tre fascicoli 3/8.7 e 3/8.9.

L'esame dei dati relativi all'umidità naturale (W_n) rilevati nei vari campioni esaminati, permette di constatare che il campo di variabilità si presenta piuttosto esteso. Fa eccezione il sondaggio P14, dove si riscontra solamente uno scarto del 51% tra il minimo e il massimo.

Dall'insieme dei campionari dei quattro sondaggi si rileva, come parametro indicativo, un grado di umidità compreso fra 20% e 30%.

Il peso secco per i campioni di limo più o meno argilloso presenta nei sondaggi P12, P13, e P14 oltre i 12 e 15 m di profondità varia da un minimo di 1,43 ad un massimo di 1,56 g/cm³.

Per i limi sabbiosi presenti alle quote superiori degli stessi sondaggi ed anche in profondità per il P11, esso sale a valori di 1,7 ed anche 1,8 g/cm³.

Il grado di saturazione non è mai inferiore al 94%, con una certa prevalenza verso la completa saturazione.

I dati relativi alla plasticità sono piuttosto scarsi, e sono essenzialmente relativi ai campioni di limo argilloso.

Sia l'indice plastico che il limite liquido risultano, per questi campioni, analoghi a quelli ottenuti per la sezione S.Membotto.

I campioni rimaneggiati sono rappresentati esclusivamente da sabbie ghiaiose, con l'esecuzione di due campionari provenienti dallo strato di sabbia limosa presente nel sondaggio P11.

Nei campioni limosi la percentuale di limo non è mai inferiore al 60% e raramente sono presenti percentuali di sabbia o di argilla superiori al 25%.

All'edometro di Casagrande sono state determinate le curve edometriche per la ricerca del modulo di compressibilità E dei materiali limosi.

Per l'intervallo di carico compreso fra 1,5 e 3 Kg/cm^2 si ha una netta differenziazione tra i limi argillosi con un modulo E di $60 \div 80 \text{ kg/cm}^2$ ed i limi sabbiosi con un modulo E pari a $160 \div 190 \text{ kg/cm}^2$.

Per la determinazione dei valori dell'angolo di attrito φ e della coesione (c) sono state effettuate prove triassiali tipo $Q + u$, una prova tipo $Q_c + u$ (su provini consolidati e con misura di pressione interstiziale) e prove tipo Q (rapide).

In molti casi sono stati calcolati anche gli sforzi effettivi.

Nelle prove tipo $Q + u$ si sono ottenuti angoli di attrito nulli, salvo che per un limo sabbioso che ha denunciato un angolo di attrito di 13° , che in termini di

sforzi effettivi si eleva a 29° ; la coesione è risultata di $0,15 \text{ kg/cm}^2$ per il limo argilloso, e di $0,5 \text{ kg/cm}^2$ per il limo sabbioso.

Con le prove $Q_c + u$ è stato riscontrato un incremento di resistenza a taglio, con la consolidazione, analogo a quello registrato per i campioni della sezione di S. Membotto.

C - SEZIONE CIAMBERLIN

Osservando i dati relativi all'umidità naturale (W_n), riscontrati per i due sondaggi RA e RB, è possibile constatare quanto segue:

- per il sondaggio RA, passando dalla profondità di 7 m a quella di 22 m l'umidità dei limi argillosi ivi presente scende dal 30% al 22%.

A profondità superiori, cambiando la natura del suolo, che si sposta verso le sabbie limose, il parametro W discende in misura ancora più netta;

- per il sondaggio RB si ha la stessa tendenza alla diminuzione W con la profondità, fino al valore di 29% rilevato a 25 m da p.c.

A profondità superiore si ripete la modificazione di natura segnalata per RA.

Anche l'osservazione dei valori relativi al peso secco (γ_d) dei campioni esaminati, permette di constatare una discreta differenza tra i due sondaggi.

Infatti, mentre per il sondaggio RA si ha un γ compreso tra i limi tra 1,53 e 1,70 g/cm³ con un incremento notevole per la sabbia più profonda per il sondaggio RB, si hanno valori più bassi, variabili tra 1,43 e 1,54 g/cm³ per i limi, anche qui con un incremento per le sabbie sottostanti.

E' possibile anche notare che nei due sondaggi si ha una discreta tendenza ad un aumento del γ_d procedendo con la profondità: ciò naturalmente in linea di massima, poichè non sempre tale condizione è rispettata.

Anche per il peso specifico si ha una certa differenza tra i campioni a seconda del sondaggio di provenienza. Infatti i campioni provenienti dal sondaggio RB hanno presentato un peso specifico generalmente maggiore ($\gamma_s = 2,79 \pm 2,87 \text{ g/cm}^3$) rispetto ai corrispondenti del sondaggio RA ($\gamma_s = 2,77 \pm 2,81 \text{ g/cm}^3$).

La composizione granulometrica determinata per via meccanica e con areometria sulla frazione $< 0,075 \text{ mm}$, ha variamente definito i materiali esaminati.

Confrontando la composizione granulometrica dei campioni estratti dall'RA e dall'RB si osserva una corrispondenza circa la natura e classificazione dei terreni.

Infatti i campioni 8124, 8125, 8126, provenienti dal sondaggio RA ed estratti alle profondità rispettive di 7, 12,50 e 13 m sono risultati essere limi molto argillosi senza frazione sabbiosa, analogamente ai campioni dell'RB, 8351 (m9) e 8352 (m 13).

La componente sabbiosa appare invece nei campioni 8127 (RA, m17) e 8352 (RB, m17,20), definibili pertanto "limi argillosi con sabbia".

Ai campioni 8128 e 8171, limi argillosi, estratti dall'RA alle profondità rispettive di 22 e 27 m, corrispondono i campioni 8392 e 8393 provenienti dal foro RB e prelevati alle profondità di 25 e 29 metri rispettivamente.

Infine al campione 8172 (Ra - m 48,50) corrisponde il campione 8394 (RB - m 46) essendo entrambi sabbie con limo.

Le caratteristiche di plasticità sono risultate abbastanza simili per i campioni di ciascun sondaggio, ma

sensibilmente diverse tra i due sondaggi.

I campioni estratti dal sondaggio RA, con valori compresi negli intervalli:

$$LL = 32,8 \pm 40,7\%$$

$$LP = 23,0 \pm 28,5\%$$

$$PI = 8,5 \pm 13,8\%$$

rientrano nel gruppo 3 della classificazione di Casagrande, che comprende i limi inorganici mediamente compressibili (eccetto il campione 8128, che, presentando valori molto bassi, è definibile "limo inorganico poco compressibile"). I campioni estratti dal sondaggio RB presentano valori leggermente più alti del limite di liquidità e dell'indice di plasticità, avendosi:

$$LL = 36,8 \pm 39,0\%$$

$$LP = 21,7 \pm 25,9\%$$

$$PI = 11,8 \pm 15,5\%$$

e pertanto rientrano nel gruppo 6 della suddetta classificazione, che comprende le argille inorganiche di media plasticità, eccetto il campione 8351 che è definito come "limo inorganico mediamente compressibile" (gruppo 3).

La compressibilità dei materiali in esame è stata determinata dall'edometro di tipo Casagrande, su provini $\emptyset 70,7 \times h20$ mm, nell'intervallo di carico $1,5 \pm 3$ kg/cm² ed è risultata alquanto variabile, con il modulo (E) compreso tra 66 e 214 kg/cm².

In linea di massima si osserva tuttavia che i materiali estratti da foro RA sono meno compressibili di quelli provenienti dal foro RB. Il coefficiente di consolidazione è risultato in tutti i campioni dell'ordine di 10^{-3} cm²/s.

Le misure indirette di permeabilità, effettuate al l'edometro, hanno dato valori del coefficiente K dell'ordine di $10^{-7} \pm 10^{-8}$ cm/s, corrispondenti ad una permeabilità molto bassa.

Sul campione 8172, sabbia limosa, la misura della permeabilità, di tipo diretto, ha definito un valore del coefficiente K dell'ordine di 10^{-5} , attestante una discreta permeabilità.

La resistenza alla penetrazione, misurata in prove speditive col penetrometro tascabile (pocket penetrometer) è risultata per entrambi i sondaggi caratterizzata da valori di pochi ettogrammi/cm² fino a profondità intorno a 20 ± 22 m, per poi aumentare decisamente oltre 1 kg/cm² fino a un massimo di 3 kg/cm².

Analogamente la resistenza alla compressione con espansione laterale libera è risultata dell'ordine di pochi ettogrammi/cm² per la parte più superficiale del limo, per poi aumentare a valori superiori ad 1,3 kg/cm².

Il fatto che i valori più elevati della resistenza alla penetrazione (p.p) e del σ_f siano stati riscontrati sui campioni prelevati tra le quote - 22 e -29 metri, è da attribuire all'effetto di consolidazione certamente indotto sui limi dalle sabbie sottostanti.

Le caratteristiche intrinseche di resistenza al taglio in termini di sforzi totali sono state determinate anche all'apparecchio triassiale con prove di compressione non drenate a rottura rapida (Q) su provini allo stato naturale e con prove consolidate.

Le prove triassiali hanno ribadito sostanzialmente le caratteristiche di resistenza a taglio come dedotte

dalle prove di cui sopra (σ_f e p.p), ed hanno fornito indicazioni sulle variazioni di resistenza dei limi con la consolidazione. Un'ulteriore conferma sulle variazioni di resistenza a taglio con la profondità si è ottenuta con le sistematiche prove allo scissometro.

3.6.2 Materiali di costruzione

Per la ricerca dei materiali da destinarsi alla formazione dei rinfianchi e del nucleo sono stati eseguiti due sondaggi in località Gaiola, otto trincee lungo il greto della Stura e quattro scavi in sponda destra lungo la strada militare, nonché un prelievo in cava attiva.

Nel seguito si illustrano le caratteristiche geotecniche dei materiali, determinate con prove di laboratorio.

a) Materiali per nucleo - zona Gaiola

L'esame dei dati ottenuti dalle prove eseguite per la determinazione dell'umidità naturale sui campioni prelevati dai sondaggi R5 e R6 eseguiti a Gaiola, permette subito di constatare che l'umidità risulta decisamente più elevata nel sondaggio R5 (v.All.3/8.3).

Infatti il valore medio dell'umidità di questo foro risulta essere 31,6% con una oscillazione che va da un massimo di 36,8 ad un minimo di 21,5% mentre nel sondaggio 2 mediamente i campioni mostrano di possedere un grado di umidità del 22%, con variazioni estreme che toccano il 25,5 ed il 18,8%.

Il peso di volume secco, determinato sugli stessi campioni, denuncia in modo abbastanza evidente la influenza della differenza di umidità già rilevata.

Nel sondaggio R5 il y_d medio è risultato pari a $1,48 \text{ g/cm}^3$ contro un y_d medio del sondaggio 2 di $1,68 \text{ g/cm}^3$.

Dal punto di vista geotecnico i terreni interessati dai sondaggi 1 e 2 di Gaiola indicano una composizione costituita da limo e da sabbia con la presenza di frazioni argillose nelle formazioni più superficiali.

Le caratteristiche meccaniche sono state valutate utilizzando il penetrometro tascabile (Pocket penetrometer).

I risultati ottenuti mostrano che i terreni esplorati attraverso il sondaggio R5 risultano possedere una resistenza alla penetrazione inferiore a quello opposta dai campioni del sondaggio R6, ove è possibile rilevare valori generalmente superiori ad 1 Kg/cm^2 contro lo $0,5 \pm 0,7 \text{ Kg/cm}^2$ indicati dalle prove eseguite sui campioni del sondaggio R5.

b) Materiali per nucleo - Assaggi lungo la strada militare a valle della località di Riva Sottana.

I risultati ricavati dalle prove eseguite per la determinazione del grado di umidità naturale denunciano valori piuttosto bassi. Il W_n infatti, oscilla fra 8 e 10%, con una punta massima di 15,4% rilevata nello assaggio 1, alla profondità di m 0,80.

Dal punto di vista della classificazione, i campioni esaminati possono essere considerati delle ghiaie-sabbiose nelle quali sono presenti frazioni abba-

stanza modeste di limo. Più marcata invece risulta la percentuale di ciottoli la cui pezzatura raggiunge anche le dimensioni di 30 cm. Il coefficiente di permeabilità calcolato per un carico di $1,5 \text{ Kg/cm}^2$ è risultato uguale a $7 \times 10^{-7} \text{ cm/sec}$ mentre la prova di costipamento effettiva erogando una energia di 60 t/m^3 mostra un valore all'ottimo pari a $2,17 \text{ g/cm}^3$ con una umidità del 6,7%.

La curva di Proctor in esame è stata ottenuta da una miscela di materiali provenienti da vari assaggi.

c) Materiali per rinfianchi

Su tutti i campioni prelevati a varia profondità lungo l'alveo del torrente Stura, sono state eseguite le granulometrie (v.all.3/8.13).

L'esame delle curve granulometriche permette di constatare una buona omogeneità, dal punto di vista della pezzatura, fra i vari prelievi. Infatti le curve stesse sono comprese in fusi quasi identici e di limitata ampiezza.

Vi predominano le ghiaie alle quali seguono i ciottoli con pezzature massime attorno ai 40-60 cm.

In generale si nota un aumento della dimensione dei clastici con il progredire della profondità di prelievo. Il tenore della sabbia oscilla fra 10 e 20% del peso totale, mentre il limo è presente in alcuni campioni in quantità estremamente modesta.

d) Materiale per filtri

Sono stati esaminati due campioni provenienti da una cava attualmente in esercizio. Il primo di essi è risultato essenzialmente costituito da materiale sabbioso con lievi quantità di ghiaia e limo.

Nel secondo campione invece è risultata predominare la ghiaia contenente pure una notevole quantità di sabbia.

Presente, anche in questo caso, una ridotta percentuale di limo.

e) Materiali per calcestruzzi

Praticamente è possibile assicurare che non esiste alcun problema in quanto lungo l'alveo della Stura si trovano ottimi materiali per i calcestruzzi.

3.7. Osservazioni conclusive sulle indagini più recenti.

Dalle indagini geognostiche e geotecniche effettuate nelle zone di imposta per le varie sezioni di sbarramento sono stati evidenziati essenzialmente due problemi che hanno polarizzato l'attenzione del Gruppo di Studio: quello della tenuta della sezione di sbarramento, comune a tutte le quattro soluzioni prospettate e quello della portanza dei terreni di fondazione relativamente alle soluzioni a monte della stretta di Gaiola.

Per l'argine previsto nella soluzione di Gaiola il problema della portanza delle fondazioni non si pone, sia perchè il rilevato è di modesta altezza sia perchè i terreni di appoggio sono rappresentati da depositi morenici sabbiosi e ghiaiosi.

3.7.1 Il problema della tenuta idraulica

Le indagini svolte hanno accertato che la Valle della Stura, relativamente alle zone considerate, è caratterizzata dalla presenza di un paleoalveo glaciale colmato da sedimenti di varia origine per una potenza che localmente supera i 130 m.

Qui giova sottolineare che, a parte le differenze morfologiche della paleovalle e stratigrafiche dei sedimenti di colmata, sembra necessario prevedere l'impermeabilizzazione completa del sub-alveo, in quanto in ogni sezione e a profondità variabile si incontra costantemente un banco di spessore superiore ai 25-30 m di materiali alluvionali grossolani, molto permeabili, sede di una falda artesianica a pressione talora considerevole, fino ad alcuni metri sul piano campagna.

In un primo tempo il problema della tenuta della

sezione di sbarramento fu trascurato, in quanto vari autori ebbero a sostenere che il deposito dei limi argillosi aveva completamente colmato la valle da sponda a sponda estendendosi in profondità fino al substrato roccioso.

In realtà l'importanza di detto problema è venuto aumentando man mano che procedevano le indagini, soprattutto in considerazione dell'estensione delle superfici di materiale sciolto potenzialmente investito dal flusso profondo di permeazione, in corrispondenza delle varie sezioni di sbarramento.

Tali superfici ammontano rispettivamente a 52.100 m^2 per la sezione di Tetti Ferrero, a 64.000 m^2 per la sezione S.Membotto, a 56.000 m^2 per la sezione di Ciambertlin e 85.000 m^2 per la sezione di Gaiola.

Per le ragioni sopraesposte è auspicabile che lo studio per la progettazione delle opere di tenuta venga approfondito con una idonea campagna di sondaggi, accompagnata da misure di pressione, di permeabilità e di cementazione.

Nella fase attuale non si è potuto per esempio tener conto delle complicazioni dovute alla presenza di falde detritiche con trovanti presenti sui fianchi della paleovalle, mentre dalle prove di assorbimento d'acqua effettuate sulle sponde della valle attuale in corrispondenza della sezione di S.Membotto si può prevedere che non sussistano difficoltà per realizzare uno schermo di iniezioni idoneo ad impermeabilizzare il substrato roccioso.

3.7.2. Fondazioni

La portata dei terreni di fondazione per le tre di

ghe in terra, a monte di Gaiola, ha costituito un grave problema fin dall'inizio degli studi, in quanto le caratteristiche meccaniche denunciate dalle prove di laboratorio condizionarono dapprima il programma delle indagini ed in seguito le soluzioni tecniche adottate.

I dati di laboratorio hanno dimostrato che il limo costituente la fondazione della diga sulla sezione di S. Membotto è meno che normalmente consolidato.

I valori che lo caratterizzano sono infatti un peso secco mediamente di poco superiore a $1,5 \text{ t/m}^3$ con minimo attorno ad $1,4 \text{ t/m}^3$; umidità naturale attorno al 30% corrispondente normalmente a condizioni di saturazione, il limite di liquidità è del 30-35% e l'indice di plasticità ha un valore medio del 10%.

C'è comunque da notare che, pur sempre entro certi limiti, le caratteristiche tendono a migliorare con la profondità a cominciare da 20-25 m sotto il piano campagna.

Quanto ai valori del modulo di compressibilità E , essi sono stati determinati per tre diversi intervalli di pressione ($1,5 \pm 3 \text{ Kg/cm}^2$; $3 \pm 6 \text{ Kg/cm}^2$; $6 \pm 12 \text{ Kg/cm}^2$); i valori sono apparsi progressivamente crescenti, da circa 70 Kg/cm^2 per il primo intervallo, a circa 110 per il secondo fino a quasi 200 Kg/cm^2 per l'ultimo.

Molto scarsi i valori di resistenza al taglio ottenuti principalmente con le prove triassiali; con prove tipo Q si sono determinati angoli di attrito nulli e coesioni pari a $0,10 \pm 0,25 \text{ Kg/cm}^2$.

Le mediocri caratteristiche di resistenza al taglio richiederebbero una diga con sezione tipo a base molto allargata: nello stesso tempo, a causa del basso grado

di consolidazione, sarebbe necessario prevedere di accelerare gli assestamenti con un reticolo di pali di sabbia.

Le prove di laboratorio, effettuate per i terreni di fondazione relativi alla sezione di Tetti Ferrero, hanno mostrato che il limo localmente è qui migliore che nella sezione di S. Membotto, ma in vaste zone è del tutto analogo.

Infatti nei sondaggi P10 e P11, il limo ha presentato caratteristiche migliori, mentre nel P12, ma soprattutto nel P13 e nel P14, le caratteristiche geotecniche sono apparse ancora come quelle riscontrate più a valle.

Nella sezione di Ciamberlin i problemi di fondazione sembrano attenuarsi in base alla constatazione che almeno localmente il grado di consolidazione dei limi aumenta con la profondità, sia perchè è già ai bordi della formazione lacustre, sia perchè si trovano intercalati ai limi livelli più sabbiosi e la potenza della formazione è ormai ridotta a circa 25 + 30 m.

Considerato infine che le prove di laboratorio hanno accertato, discreti valori di resistenza a taglio e compressibilità a partire da profondità costruttivamente accessibili, il problema della stabilità delle fondazioni dovrebbe potersi contenere entro limiti di sicurezza, adottando una sezione tipo abbastanza allargata alla base e procedendo ad una bonifica per asportazione della parte superficiale di limo, di caratteristiche più scadenti.

CAPITOLO 4 : Considerazioni di carattere progettuale sulle quattro sezioni di sbarramento.

(Dott. Ing. Giuseppe BALDOVIN)

(Prof. Ing. Luigi PERETTI)

(Prof. Ing. Giovanni TOURNON)

L'abbondanza delle acque scorrenti nella Stura di Demonte ed una configurazione apparentemente molto favorevole nel tratto vallivo a monte di Gaiola, ebbero ad attrarre l'attenzione di numerosi progettisti che prospectarono la possibilità di realizzare uno sbarramento con caratteristiche tecniche riducibili essenzialmente a due concezioni ben distinte: diga in materiale sciolto con opere di scarico indipendenti e diga a gravità massiccia trascinabile.

In realtà uno sbarramento in calcestruzzo è possibile solamente in corrispondenza della Stretta di Gaiola (v.all.4/1 - Schemi progettuali) mentre a monte di questa sono possibili solamente dighe in terra.

In questo capitolo si illustrano le principali caratteristiche dei quattro preliminari schemi di progetto che sono stati elaborati dal Gruppo di Studio negli anni 1969-1972, impostati sulla base comune d'un serbatoio capace di invasare almeno 200 milioni di metri cubi utili.

Nella planimetria in scala 1:10.000 corrispondente all'allegato 4/1 sono rappresentate congiuntamente le quattro soluzioni denominate, in base alla toponomastica locale: "Tetti Ferrero", "S.Membotto", "Ciamberlin" e "Gaiola".

Le prime tre comportano la realizzazione di dighe in terra con nucleo impermeabile; per la quarta è prevista una diga mista con un corpo principale, in calcestruzzo, del tipo a gravità massiccia, collegato ad un lungo argine in terra.

Gli elaborati relativi a questi studi preliminari sono compendati negli allegati 4/2, 4/3, 4/4, e 4/5.

Prima di procedere a tratteggiare le caratteristiche tecniche più salienti dei quattro studi preliminari, si ritiene utile richiamare alla memoria gli studi di carattere progettuale anteriori al 1969, già citati nel capitolo 1, non solo come semplice e doverosa cronistoria, ma anche e soprattutto per illustrare attraverso quale lungo travaglio il presente Gruppo di Studio ha potuto intravedere favorevoli condizioni per continuare gli studi relativi a due delle soluzioni prese in considerazione.

4.1. I progetti anteriori al 1969

La stretta di Gaiola fu oggetto di studi preliminari fin dal 1924 da parte dell'Ing. De Thierry, il quale con la consulenza geologica del Prof. F. Sacco, aveva prospettato la possibilità di realizzare un serbatoio della capacità di 12 milioni di metri cubi mediante una diga a gravità.

Tale impostazione di massima fu ripresa nel 1949-51 dall'Ing. Muretti il quale, con la collaborazione del geologo Prof. L. Peretti, elevando la capacità del serbatoio a 60 milioni di metri cubi, con quota di massimo invaso a 695 e di coronamento a quota 700. La diga prevista doveva essere del tipo a gravità alleggerita, trascinabile, impostata nella gola dell'attuale percorso seguito dallo Stura che ha il suo letto a quota 649. La fondazione della diga doveva essere assicurata dalla roccia (calcescisti) affiorante a tutta altezza in sponda destra, presente a non più di due o tre metri di profondità nell'alveo e nuovamente affiorante fino a quota 660 in sponda sinistra, ove a quote superiori era ricoperta da depo

siti morenici che raggiungevano mediamente quota 720. Ne derivava la necessità di completare la spalla sinistra, tra quota 660 e 700, con un masso di calcestrutto compenetrato con la circostante morena ed ancorato al piede sulla roccia di base.

La tenuta del bacino era garantita in corrispondenza della diga dall'impermeabilità della roccia, e sulla sinistra da una mantellata impermeabilizzante.

Secondo un altro schema di progetto, era stata proposta già in precedenza, la realizzazione di un serbatoio, denominato "Lago di Demonte", da inserire come caposaldo di un organico piano regolatore della Stura e che prevedeva l'utilizzazione mista idroelettrica ed irrigua.

Il "Lago di Demonte" si sarebbe creato sbarrando la Stura in località San Membotto poco a monte di Moiola, in base ad un progetto di massima originale degli Ingg. Ognibeni e Wetter, con la consulenza del geologo Prof. S. Venzo, i quali prevedevano una diga in terra dell'altezza di 37 metri per un invaso di 40 milioni di metri cubi. Il progetto fu poi rielaborato in modo da aumentare la capacità d'invaso a circa 160 milioni di metri cubi per un'altezza di diga pari a 64 m. Lo sbarramento avrebbe dovuto prevedere un rilevato a nucleo impermeabile, da costruirsi con materiali reperibili in posto per un volume complessivo di 6,5 milioni di metri cubi. Al di sotto del nucleo centrale di tenuta era previsto, sull'imposta, un taglione di calcestrutto il quale, attraverso le formazioni permeabili (alluvioni recenti di fondo valle e conoidi detritici in sponda destra) doveva raggiungere il deposito lacustre impermeabile o, sulle

spalle incastrarsi nella roccia di base.

Entrambi i progetti presentavano, ad un attento esame, alcuni punti deboli circa la tenuta della sezione di sbarramento e dell'invaso, dato che mancavano dati certi sull'andamento dell'imbasamento roccioso, e sulla saldatura del limo lacustre con la roccia di fondo.

Inoltre, per la soluzione in terra, erano praticamente inesistenti gli accertamenti sulla effettiva capacità portante dei terreni di fondazione, su cui sarebbero venuti a gravare carichi specifici massimi dell'ordine di $12 + 13 \text{ Kg/cm}^2$; mancavano inoltre le ricerche sulla reperibilità dei materiali da costruzione.

Nel 1969 l'attuale Gruppo di Studio, recependo le due concezioni progettistiche sopra ricordate, riprese in esame la possibilità di realizzare uno sbarramento nella Valle Stura e prendendo l'iniziativa di sgomberare il campo dalle incertezze sulla continuità dei limi in profondità e sulle caratteristiche geotecniche di questi sedimenti lacustri, promosse una campagna di indagini che nella sua evoluzione ha portato, come si è detto, a considerare quattro diverse sezioni di sbarramento.

4.2. Temi di ordine progettuale

4.2.1. Scelta della sezione di sbarramento

Le ipotesi di soluzione considerate nei progetti anteriori al 1969 risultano localizzate fra la stretta di S.Membotto, ove la Stura ha quota fondovalle 670 circa, e quella prossima al Piano di Gaiola, con fondo alveo a quota 649 circa.

La prospettiva in cui fu vista dunque, in passato, la realizzazione del serbatoio di Demonte, coprì nella visione di diversi progettisti, uno sviluppo notevole dell'asta fiume, pari ad oltre 3 Km; e cioè gran parte di quella tratta della valle in cui, dopo la varice subito a Est di Demonte, le sponde si riavvicinavano, rincorrendosi, con andamento sub-parallelo, prima del definitivo slargo, che anticipa la confluenza con il T. Gesso.

I progetti elaborati in passato prevedevano capacità di invaso inferiori, talora anche in misura notevole, a quella di 200 milioni di metri cubi utili considerata nell'attuale fase. Se dunque la scelta della sezione di sbarramento fu vista a suo tempo in così ampia articolazione topografica, era logico, a maggior ragione, che gli studi attuali spaziassero in una visione di largo respiro, non trascurando alcuna possibilità di impostazione lungo lo sviluppo della valle, in modo che la dimensione del serbatoio e quella delle opere da eseguire trovassero, nella messa a punto dei diversi elementi di giudizio progettuale, la più valida definizione sotto i profili tecnico ed economico.

Fra questi elementi, qualcuno appariva nettamente caratterizzante per le sezioni da prendere in esame. Così, ad esempio, considerata la notevole permeabilità naturale dei pendii costituiti da materiale detritico, spesso presente in potenti falde, appariva imperativa la necessità di individuare posizioni di imposta per cui fosse abbastanza agevole raggiungere la roccia con la struttura laterale di tenuta della diga. Ne risultava con immediatezza l'ubicazione dei possibili assi diga in tre

sezioni in cui i versanti rocciosi si presentano più ravvicinati: sezioni di Tetti Ferrero, di S.Membotto e di Ciamberlin.

Sotto questo profilo, in un'ottica leggermente diversa, veniva vista la soluzione collegata alla stretta di Gaiola, ove la roccia risulta affiorante sulla sponda destra sul fondo e solo per una limitata altezza in sponda sinistra.

Questo fatto orientava verso una soluzione basata su di una struttura mista particolare.

Lungo la tratta di valle considerata, l'alveo presenta sempre una notevole ampiezza, dell'ordine di alcune centinaia di metri e risulta costituito da materiali sciolti, ricoprenti la roccia del paleoalveo con maggiore o minore potenza. Soltanto all'estremità di Gaiola l'alveo è inciso nella roccia. In tali condizioni un problema progettuale comune a tutte le soluzioni appariva quella della tenuta idraulica attraverso potenti formazioni di materiale sciolto, ricoprente la roccia, mentre parallelamente, per le tre soluzioni più a monte si poneva come fondamentale il problema del tipo di diga e del suo dimensionamento in funzione della capacità portante dei terreni naturali d'alveo.

Altro elemento di giudizio era rappresentato, dall'esistenza, lungo la valle, di centri e nuclei abitati. A questi effetti, dovendo raggiungere con il massimo in vaso del serbatoio all'incirca la quota 725-730, fu constatato che le soluzioni con diga in località Tetti Ferrero e S.Membotto avrebbero sommerso soltanto isolati nuclei d'abitazione, mentre le soluzioni Ciamberlin e Gaiola avrebbero sommerso l'abitato di Moiola, imponendo

ne quindi la ricostruzione in altra posizione.

Avendo mente a quest'insieme di problemi, la ricerca della sezione di sbarramento, che a priori non è dunque determinata univocamente da esigenze di carattere topografico od idraulico, è stata in pratica trasferita allo sviluppo dei temi di carattere geognostico e geotecnico relativi all'imposta delle opere ed è per questa via che si sono potute raggiungere alcune conclusioni orientative, comportanti una radicale semplificazione della problematica alternativa qui accennata.

Dal contesto della successiva esposizione risulteranno gli elementi che hanno reso possibili, nel corso degli studi, tali conclusioni progettuali.

4.2.2. Scelta del tipo di diga

La scelta del tipo di diga risulta primariamente condizionata dalle caratteristiche meccaniche dei terreni di fondazione.

Per le quattro sezioni di sbarramento considerate è immediata la netta distinzione tra la sezione di Gaiola, dove nell'alveo attuale affiora la roccia, e le sezioni a monte, dove i terreni dell'assise sono compressibili.

Per le tre sezioni Tetti Ferrero, S. Membotto e Ciamberlin è esclusa qualsiasi possibilità di considerare strutture di ritenuta rigide e pertanto la scelta del tipo di sbarramento risulta forzatamente orientata verso strutture deformabili, in materiali sciolti, capaci di adattarsi agli inevitabili cedimenti del piano di appoggio. Per di più, le modeste caratteristiche di resistenza al taglio di una parte almeno dei terreni di fondazione, e-

scclude pure la possibilità di prefigurare strutture di ritenuta piuttosto raccolte, del tipo a scogliera massiccia.

La scelta è quindi univocamente da orientare verso il tipo di diga in terra.

Sempre a motivo della deformabilità della fondazione non è possibile considerare, nell'ambito delle dighe in terra, opere con struttura di tenuta localizzata sul paramento di monte. E' quindi tassativa la previsione di dighe a nucleo, ben si intende, lasciando alla fase di progetto, il compito di definire la posizione del nucleo stesso nel corpo della struttura.

E' evidente, dati questi indirizzi progettuali, che i volumi di materiale occorrente per le varie parti dello sbarramento risultano veramente imponenti. D'altra parte è accertata nella zona del serbatoio o nelle adiacenze l'esistenza di materiali per rinfi-anchi in misura largamente rispondente alle necessità; per i materiali da nucleo è pure verificata la possibilità di risolvere il problema partendo da depositi naturali o eventualmente correggendone artificialmente le caratteristiche di permeabilità.

In definitiva le strutture di ritenuta per le tre sezioni di sbarramento a monte di Gaiola, vanno concepite come caratterizzate, a prescindere dalle pendenze dei paramenti, da un robusto nucleo impermeabile delimitato da doppi filtri rovesci e contenuto tra rin fianchi permeabili di monte e di valle che appoggino sui terreni di fondazione, ove necessario, tramite un tappeto filtrante.

Le caratteristiche geometriche del nucleo, connesse

con la bassa permeabilità prevista per i materiali che lo costituiranno, assicureranno la tenuta idraulica in termini tali che attraverso il corpo dello sbarramento non potranno che verificarsi permeazioni di entità trascurabile.

Per evitare comunque il dilavamento del nucleo con asportazione di elementi fini, nella condizioni di svasso rapido per la zona di monte e nella condizione di esercizio per la zona di valle, si delimiterà il nucleo con doppi filtri rovesci, ormai abituali per queste opere.

Nella fase di progettazione esecutiva si potrà prevedere di sostituire, almeno in parte, i filtri con dei contronuclei di transizione, che attenuerebbero al massimo la possibilità di dilavamento, pur rappresentando, nei riguardi dei filtri, una notevole semplificazione esecutiva ed un sensibile beneficio economico.

Al di sotto dei rinfianchi a contatto con la fondazione, costituita anch'essa da limi, è stato previsto un tappeto filtrante a doppio strato della stessa natura ed in continuazione di quello che delimita il nucleo, che regolamenterà il fenomeno della permeazione profonda, sia pure nelle proporzioni modeste prevedibili, in modo che essa non possa recare alcun pregiudizio alle condizioni funzionali dell'opera.

Il paramento di monte dovrà essere ben protetto dall'azione del moto ondoso dell'acqua d'invaso, in quanto la superficie del lago è notevole ed, in particolare, lo sviluppo nel senso della direzione della valle raggiunge gli 8 km.

Data l'abbondanza, in zona, di materiali rocciosi di

buone caratteristiche, un rivestimento in scogliera adagiato su un letto di transizione costituito da scapoli di cava, ne costituirà verosimilmente la migliore protezione.

Sia il piede di monte che il piede di valle saranno protetti, per l'intero sviluppo, da una scogliera a sezione trapezoidale.

Sulla sezione di Gaiola, in corrispondenza della stretta, è possibile ipotizzare uno sbarramento con una fondazione a base relativamente ridotta, come sarebbe il caso di una diga in calcestruzzo del tipo a gravità massiccia, ovvero del tipo a scogliera con forti pendenze di paramento.

D'altra parte, la presenza della roccia suggerisce immediatamente l'utilizzo del corpo dello sbarramento per lo scarico delle piene. La scelta del tipo di struttura in calcestruzzo a gravità massiccia diviene dunque d'obbligo in questo caso, e permette l'inserimento armonico della diga nella morfologia della parte con roccia in vista.

Lo sbarramento di Gaiola per poter realizzare l'invaso di $200 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ utili deve prevedere il coronamento a quota 727. Ciò comporta il prolungamento dello sbarramento mediante un argine verso la sponda sinistra.

Per quest'argine, da prevedersi in materiale sciolto, non si intravedono problemi di progetto particolari, data anche la modesta altezza e l'eccellente capacità portante dei terreni morenici di fondazione.

4.2.3. Materiali per il corpo diga

La realizzazione di una diga in materiali sciolti

comporta normalmente difficoltà di reperimento della materia prima, in funzione sia della qualità che delle quantità occorrenti, ma, ancor più spesso, nei riguardi dell'omogeneità dei materiali stessi.

Nel caso specifico, considerata la larga disponibilità offerta dalle colline e dai terrazzi morenici o alluvionali, presenti nell'asta della Stura tra Demonte e Gaiola, non sembrano sussistere difficoltà di ordine quantitativo.

Peraltro, dato che per le tre soluzioni a monte di Gaiola i rin fianchi di monte e di valle debbono necessariamente avere, a causa della capacità portante dei terreni di fondazione, pendenze medie dell'ordine del 30%, non si pone neanche il problema di qualità, almeno nei riguardi delle caratteristiche di resistenza al taglio.

In effetti, i materiali per il rin fianco di monte dovrebbero avere requisiti di permeabilità piuttosto elevata ($K \cdot 10^{-2} \pm 10^{-4} \text{ cm/s}$) onde garantire la stabilità del rilevato nel caso di svasso rapido.

Tuttavia, nella fase di progettazione esecutiva si potrà valutare la convenienza economica di selezionare i materiali, ovvero di prevedere l'interposizione di appositi strati orizzontali drenanti.

Necessariamente diverse sono le valutazioni di ordine qualitativo nei confronti dei materiali per il nucleo e per i filtri, in quanto per essi sono essenziali i requisiti di omogeneità. Le indagini effettuate recentemente, nei limiti della disponibilità economica, sono insufficienti per poter dare un giudizio definitivo sul la reperibilità di questi materiali in quantità sufficienti.

Per la formazione del nucleo esistono perplessità circa la possibilità di utilizzare i sedimenti lacustri, a causa dell'elevato tenore di umidità che ne impedisce una corretta lavorazione. Tuttavia, in sponda destra sono stati individuati depositi alluvio-lacustri con tenori di umidità e caratteristiche di permeabilità molto soddisfacenti.

Per i materiali da filtro, ammesso di non poter trovare un deposito naturale dotato di caratteristiche idonee, merita considerazione l'opportunità di ricavarli, almeno in parte, artificialmente mediante un'appropriata lavorazione.

Tale eventualità potrebbe essere valida anche nei confronti dei materiali per il nucleo, non appena si considerino i volumi previsti sia come valori assoluti che come rapporti reciproci.

Sempre nel caso di soluzione con diga in materiali sciolti, si deve prevedere un volume complessivo di circa $12 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ di materiali, così suddiviso: $9,5 \cdot 10^5 \text{ m}^3$ per i rin fianchi, $1,5 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ per il nucleo, $0,5 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ per i filtri e $0,5 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ per i paramenti e le scogliere di piede. Considerando l'entità di queste cifre, è possibile preventivare un marcato contenimento dei prezzi unitari, soprattutto per la formazione dei rin fianchi. Tale condizione permetterebbe di trasferire una parte degli oneri a compenso di lavorazioni tecnologicamente più complesse per la formazione dei nuclei e dei filtri.

Nel caso della soluzione con diga mista, la problematica dei materiali occorrenti, per la formazione dell'argine in sponda sinistra, viene ridimensionata dalle

quantità relativamente modeste: $1,6 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ per i rinfianchi, $0,3 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ per il nucleo ed i filtri, $0,2 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ per le scogliere in genere.

Tuttavia è evidente che l'incidenza di un aumento del costo unitario per i materiali più pregiati non può trovare una compensazione, se si riflette come un aumento in assoluto del costo del rilevato.

Circa l'entità dei volumi di materiali per la formazione dello sbarramento, non sembra sussistere alcuna perplessità, in quanto nel mondo, ma anche in Italia, sono già state costruite o sono in costruzione dighe in terra di parecchi milioni di metri cubi.

Senza voler far paragone con i $137 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ della diga di Tarbela (Pakistan) che costituirà per molti decenni un record difficilmente superabile, basti pensare che nel mondo le dighe con volumi di oltre $25 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ sono più di 25, e che in Italia vi sono numerose dighe in avanzata fase di progettazione e di realizzazione con volumi di alcuni milioni di metri cubi: Jato $2,2 \cdot 10^6 \text{ m}^3$, Lentini $5 \cdot 10^6 \text{ m}^3$, Genzano $5,5 \cdot 10^6 \text{ m}^3$, Sinni $8 \cdot 10^6 \text{ m}^3$, nonché Fortore $3 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ e Bomba $4 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ (già in esercizio).

Al nostro confine peraltro è stata realizzata la diga del Moncenisio che con i suoi $14 \cdot 10^6 \text{ m}^3$, costituisce il più voluminoso sbarramento dell'Europa Occidentale.

4.2.4. L'impermeabilizzazione delle sezioni di sbarramento.

Le indagini eseguite in questi ultimi anni, hanno fra l'altro, evidenziato una problematica relativa alla tenuta idraulica in corrispondenza delle sezioni di sbarramento.

ramento considerate.

Per ognuna di queste, prescindendo in prima istanza dalla tenuta in corrispondenza delle sponde, che può essere verosimilmente conseguita, come di norma, mediante un comune schermo di iniezioni, sussistono i quesiti di fondo circa la necessità e la possibilità di impermeabilizzare il paleoalveo, attualmente colmato da sedimenti di varia origine, per uno spessore massimo variabile, per le diverse sezioni di sbarramento fra 130 e 150 m.

La risposta al primo quesito, riguardante la necessità di impermeabilizzare il paleoalveo, è subordinata ad alcune considerazioni sulle risultanze delle indagini eseguite.

Le tre soluzioni a monte di Gaiola hanno al riguardo caratteristiche molto simili; per tutte è stato accertato che il deposito dei limi lacustri manca di continuità areale da sponda a sponda, per la presenza, sui fianchi della paleovalle, di falde conoidi detritiche, anche profonde, preesistenti e contemporanee alla sedimentazione dei limi.

D'altra parte, per tutte le soluzioni, il deposito dei limi non coprirebbe interamente, neanche nel senso longitudinale alla valle, l'area del previsto serbatoio, ed essendo risultato che fra il deposito lacustre e la roccia del paleoalveo è interposto un banco di sedimenti grossolani, permeabili, lo schema progettuale non può non considerare come dato fondamentale la potenziale continuità idraulica tra il serbatoio e detti sedimenti profondi, attraverso le formazioni più permeabili, che verso monte, si sostituiscono ai limi.

Per le tre soluzioni a monte di Gaiola è pertanto /
indubbia

la necessità di impermeabilizzare la colmata della paleovalle fino alla roccia di base.

Naturalmente, dell'intero materasso di materiali alluvionali, soltanto la parte costituita da formazioni permeabili deve essere intercettata da una struttura di tenuta, mentre può venire appieno utilizzata, in sede di progetto, la naturale tenuta dei depositi costituiti da limi e sabbie più o meno limose.

La soluzione di questo aspetto del problema sarà ovviamente possibile sulla base di una conoscenza delle caratteristiche dei terreni profondi d'imposta, più estesa e particolareggiata.

Nella sezione di Gaiola, oltre allo schermo di iniezione in corrispondenza della parte con roccia affiorante, è necessario prevedere l'intercettazione delle acque d'invaso anche nei riguardi di possibili filtrazioni attraverso i depositi morenici e fluvio-glaciali, che risultano nell'insieme permeabili, in quanto costituiti da materiali prevalentemente grossolani se pure con intercalazioni di sabbie e limi.

La necessità di conseguire la perfetta tenuta in corrispondenza di queste formazioni è accentuata dal fatto che l'invaso risulterebbe in questa zona non molto discosto dall'abitato di Gaiola e l'imposta dell'arginatura sopraelevata, rispetto al piano di Gaiola, di circa 15 m.

Con riferimento a tutte le soluzioni previste, la risposta al quesito sulla possibilità tecnica di realizzare una struttura di tenuta per profondità massime dell'ordine di 120 + 130 m, è, con le conoscenze e le esperienze di oggi, senz'altro positiva e trova riscontro ne

gli esempi ormai numerosi nel mondo per opere di questo genere.

Volendo citare qualche caso, fra i più significativi, si dirà che per gli schermi di iniezione il record di profondità spetta alla diga di Assuan (RAU) con 250 m, dove lo schermo è stato realizzato nel 1970 entro depositi alluvionali caratterizzati da una permeabilità variabile da 10^{-2} a $5 \cdot 10^{-3}$ cm/s.

Seguono le dighe: "Mission dam" (Canada) con permeabilità anche minori, "El Horcajo" (Argentina) con 150 m, la diga Sylvenstein (Germania) con 120 m, la diga di Serre Poçon (Francia) con 115 m, la diga Mattmark (Svizzera) con 100.

Tali schermi sono stati realizzati entro depositi generalmente alluvionali, ma anche morenici come per la diga di Mattmark.

Qualora il progetto dovesse invece far ricorso, almeno in parte, a strutture di tenuta in calcestruzzo, tipo diaframma, possono valere utilmente gli esempi della diga sul Rio Balsas (Mexico) dove si è raggiunta la profondità di m 103, o la diga di Manicouagan 3 (Canada), dove si è toccata, la profondità di m 128, e ciò malgrado la presenza di grossi trovanti nella fondazione, mediante un particolare tipo di diaframma con pali accostati di grande diametro.

Profondità di diaframmi dell'ordine verosimilmente necessaria ai casi in esame, sui 50/60 m, sono poi da considerare ormai abituali, specie in Italia dove per tali strutture esiste una qualificazione primaria riconosciuta su scala mondiale.

Un cenno particolare può meritare l'aspetto economico, connesso con la realizzazione di queste opere di tenuta profonda; il relativo costo è in genere piuttosto elevato, e talora incide in misura sensibile sulla economia dell'opera.

Nel caso specifico, stante il notevole impegno della iniziativa, che prevede la costruzione di un'opera di largo respiro, i lavori di impermeabilizzazione in fondazione, pur cospicui, incidono in misura equilibrata, dell'ordine del 20%, e sono quindi tali da non condizionare, in assoluto, la validità economica della iniziativa.

4.2.5. Le opere di scarico

La presenza di sponde rocciose, con discrete o buone caratteristiche meccaniche, in corrispondenza di tutte le sezioni considerate rende peraltro risolubile il problema dello smaltimento delle portate di piena senza che si debbano prevedere particolari problemi di carattere statico.

Questa situazione riporta dunque lo studio delle opere di scarico ad un impegno progettuale notevolmente al di sotto di quello abituale per dighe in materiale sciolto, in quanto l'incidenza economica delle opere stesse risulta molto limitata in rapporto al piano generale di spesa per la realizzazione del serbatoio.

Ovviamente appare del tutto immediata, e radicalmente semplificabile, l'impostazione di dette opere per la

soluzione in muratura massiccia, giacchè in tale caso, per lo scarico di superficie, risulta logica la previsione di un dispositivo di tracimazione sul corpo dello sbarramento.

La tendenza ormai generale, specie nel nostro paese, a dotare gli organi di scarico per gli eventi di piena di coefficienti di sicurezza molto elevati, suggerisce, nel caso specifico, la previsione di opere di scarico di superficie a soglia fissa, non dotate cioè di dispositivi meccanici, ancorchè automatici.

Le opere previste, negli schemi progettuali messi a punto, sono state quindi dimensionate secondo tale criterio, e ciò sia che si tratti di soluzioni di diga in materiale sciolto sia che si tratti di soluzione in muratura.

Per il primo caso si è preliminarmente intravista l'opportunità dell'adozione di calici sfioranti ormai ampiamente collaudati anche per portate di parecchie centinaia di m^3/s , e dimensionabili, con modesti incrementi di costo, per portate anche sensibilmente superiori a quelle della piena prevista dal calcolo.

La disposizione a soglia fissa consente, del resto, di sfruttare appieno l'effetto di laminazione delle piene indotto dal serbatoio, effetto che, data la grande superficie, risulta, nel caso specifico, di grande rilievo e contribuisce ad incrementare ulteriormente il grado di sicurezza dello sbarramento.

Di normale impegno progettuale appare lo studio degli scarichi di fondo e della derivazione; una particolare disposizione degli imbocchi e delle gallerie può consentire, come previsto schematicamente in questa fase,

di usufruire delle opere di derivazione anche come mezzofondo, per l'eventualità che si volessero alleggerire le manovre, a serbatoio pieno, dello scarico di fondo.

Quest'ultima opera potrà in ogni caso essere studiata in modo da porterne usufruire, in fase di costruzione, anche per la deviazione provvisoria delle acque della Stura.

4.3. Schemi di progetto per le quattro sezioni di sbarramento (v.all.4/2 - 4/3 - 4/4 e 4/5 - Sezioni sbarramento).

4.3.1. Sezione di S.Membotto (v.all.4/2)

Da principio fu esaminata la sezione di sbarramento ubicata a monte dell'abitato di Moiola, in corrispondenza della chiesetta di S.Membotto.

L'asse, che appariva immutato come posizione, ma ruotato rispetto a quello previsto circa 20 anni prima, veniva così disposto nella situazione morfologicamente più favorevole.

Nella tavola 2 sono compendiate le principali caratteristiche dello sbarramento previsto in prima istanza sulla base delle caratteristiche geotecniche e geologiche dei terreni d'imposta.

Sotto l'aspetto geomorfologico, la sezione d'imposta corrisponde ad un notevole restringimento della parte inferiore del solco vallivo, di netto modellamento esarativo e del fondovalle alluvionale. Il restringimento consegue al cambiamento di direzione dell'asse vallivo che, nel tratto verso monte, è leggermente angolato rispetto alla direttrice tettonica locale, mentre, nel trat

to verso valle, procede fortemente angolato rispetto ad essa, fino a subortogonale, attraverso l'affioramento di rocce "cristalline" meno erodibili.

Il profilo, a doccia, della sezione di imposta, è alquanto dissimetrico: sulla sinistra del fondovalle, quasi orizzontale, il versante sale bruscamente con forte inclinazione media (35°).

Vi affiora la roccia denudata e arrotondata dal modellamento glaciale e, dal basso all'alto, vi si identificano nelle testate dei banchi, le seguenti formazioni litologiche:

- scisti ardesiaci con intercalazioni arenacee dell'Eocene-Cretacico superiore (a monte dell'imposta);
- calcari dolomitici grigi del Triassico;
- calcari neri, grigi, rosati del Giurassico medio;
- calcari e dolomie triassici della Serie dei Calcescisti.

I banchi sono orientati mediamente ONO-ESE e si immergono con forte pendenza verso NNE i contatti fra le diverse formazioni sono spesso di natura meccanica.

Detrito atipico, con morena ed eluvione in sottile copertura bene assestata, maschera in parte la roccia, salda e stabile ma più o meno percolabile fino a discreta profondità.

Il versante destro sale dal fondovalle con pendenza media ridotta (24°) fino all'altezza del coronamento di diga, tutto rivestito da terreni di copertura. Al piede si allunga una fascia d'alluvione non recente, sabbioso-ghiaiosa, con tipica stratificazione embri-ciata, (Fluvio-glaciale e Fluvio lacustre later-ale Wurmiano), messa in evidenza da una cava di inertici.

Le si sovrappone una vasta falda di detrito, a tes

situra eterogenea, che subito a valle dell'imposta mostra i caratteri di un'antica frana di roccia, a grossi massi angolosi ("trovanti") di quarzite e dolomia. Il pendio detritico è da tempo assestato, salvo le tracce di erosione da parte del torrente che scende dalla valle della Traversetta e che ha depositato una piccola conoide allo sbocco, presso T. Gian.

Ancora più in alto sul versante affiorano le teste dei banchi di calcari dolomitici del Giurassico inferiore orientati subortogonalmente al pendio.

Il fondovalle, largo 500 m, corrisponde al letto di piena straordinaria dello Stura. In superficie l'alluvione attuale ad elementi poligenici, freschi e rotolati, con dimensioni massime pluridecimetriche, sciolti, ricopre una serie stratigrafica post-rissiana, potente in complesso oltre un centinaio di metri. E' costituita (dall'alto in basso) da limo-argilloso per lo spessore di molte decine di metri - con grandi lenti sabbiose, cui sottostà alluvione grossolana, sovrapposta al letto di roccia, calcarea o ardesiaca, con regolare profilo emiellittico. L'alluvione grossolana profonda sembra si raccordi ampiamente con le falde detritiche e le conoidi laterali.

Peraltro, gli accertamenti conseguiti a mezzo di ricognizioni geognostiche, di sondaggi meccanici, di prospezioni geofisiche e di prove di laboratorio, hanno evidenziato una serie di problemi tecnici di non semplice soluzione, talora assai onerosi. Nei riguardi della tenuta del bacino e della sezione d'imposta, riconosciuto che non sussisteva la continuità areale dei limi lacustri sia in superficie che in profondità, fu necessario pre-

vedere una struttura di tenuta che doveva raggiungere i 130 m di profondità.

Per la spalla destra, ove le falde detritiche profonde interrompono il banco di deposito lacustre, fu previsto un diaframma, costituito da pali accostati, profondo localmente più di 40 m, allo scopo di poter attraversare la zona dei grossi trovanti ed intestarsi saldamente nella roccia di base.

A causa poi delle scadenti caratteristiche geotecniche del limo di fondazione, si riconobbe la necessità di prevedere una sezione tipo, caratterizzata da paramenti a pendenza media molto ridotta ed una consolidazione dei terreni di fondazione mediante pali di sabbia.

Come risulta dai grafici della tavola 2, fu ipotizzato uno sbarramento del tipo a nucleo centrale, con coronamento largo 15 m e con pendenza di paramento progressivamente variabili da 2/1 a 12/1, a monte, e da 2/1 a 7/1 a valle. I pali di sabbia furono previsti del diametro $\varnothing = 50$ cm e di lunghezza $L = 35$ m con interasse indicativamente pari a $i = 10$ m; questa palificazione avrebbe dovuto consentire la consolidazione del terreno di fondazione in un tempo sufficientemente breve, dell'ordine di un anno.

Il co-coronamento fu previsto a quota 740 con uno sviluppo di 748 m, con un massimo invaso normale a quota 735, cui corrisponde una capacità utile lorda di circa $232 \cdot 10^6 \text{ m}^3$. La massima altezza della diga sarebbe stata pertanto di circa 75 m, per un volume complessivo di $11 \cdot 10^6 \text{ m}^3$, compreso nucleo, scogliera di monte, filtri ecc.

Il nucleo impermeabile verticale avrebbe avuto in

sommità una larghezza di 8 metri ed alla base, prima di immorsarsi nei limi impermeabili con un taglione profondo 20 metri, avrebbe raggiunto la larghezza di 47 metri.

Per lo scarico delle portate di piena (v. Cap. 1 - par. 9) sono stati previsti due sfioratori di superficie rappresentati in prima approssimazione da due calici del diametro di 30 metri collegati a gallerie di 7,5 m di diametro, capaci di smaltire sotto un carico di 3 m una portata di $1.750 \text{ m}^3/\text{s}$; in questo modo si sarebbe realizzato un effetto di laminazione dell'onda di piena per una capacità aggiuntiva di 22 milioni di m^3 pari a circa il 10% della capacità totale.

Allo svuotamento rapido del serbatoio avrebbe contribuito uno scarico di mezzofondo da collegarsi a mezzo di un pozzo inclinato ad una delle due gallerie dello scarico di superficie. In questo caso le costolature di irrigidimento del calice oltre a contenere l'aeroforo avrebbero potuto alloggiare anche il pozzo per l'accesso alla cabina di manovra delle paratoie e la torre di presa per la derivazione delle acque alle varie altezze.

Per lo scarico di fondo infine venne prevista l'operando imbocco al piede di monte del rilevato, presso la sponda sinistra, ed una galleria di 5 m di diametro con sbocco in una vasca di smorzamento accoppiata con quella degli scarichi di superficie.

All'altezza del coronamento diga era prevista inoltre, una galleria di accesso al pozzo di manovra per le paratoie dello scarico di fondo.

Alla luce degli elementi acquisiti sembra potersi affermare che la situazione geognostica e geotecnica locale della zona d'imposta a S. Membotto, ormai nota nel-

l'insieme con una certa approssimazione mediante le ripetute e molteplici indagini, non escluderebbe la possibilità di realizzare lo sbarramento e le opere accessorie così come prospettate nello schema di progetto preliminare sopra descritto.

Tuttavia, ad una situazione morfologica globalmente favorevole, si contrappongono le complicazioni tecniche e tecnologiche connesse alla bonifica ed alla consolidazione dei terreni di fondazione in fondovalle, di cui è necessario tenere debito conto in una valutazione di sintesi, comparativa con le altre soluzioni esaminate.

4.3.2 Sezione di Tetti Ferrero (v.all.4/3 - Sez. di sbarr.)

Successivamente, sulla base dei dati acquisiti direttamente nel corso delle ricognizioni sul terreno ed in direttamente con la prospezione geofisica, con i sondaggi esplorativi e con le prove geotecniche, il Gruppo di Studio prese in considerazione la possibilità di realizzare uno sbarramento nei pressi della località Tetti Ferrero.

Il profilo trasversale della sezione, ancora ovviamente a tipo di doccia glaciale, è tuttavia assai più am pio e svasato di quello di S.Membotto. Il largo fondovalle pianeggiante si raccorda ai lati con i pendii detritici (l.s.) leggermente concavi al piede, alquanto meno inclinato quello sinistro (18°), più inclinato quello destro (28°).

Sul fianco sinistro, per un dislivello di poche decine di metri sopra il bassopiano, si allunga una scarpata morenica di età rissiana würmiana a grossi elementi con matrice sabbiosa. Ne emerge qualche spuntone arrotondato di scisto calcareo-ardesiaco-arenaceo-eocenico im permeabile.

Alla morena si sovrappone, sviluppandosi per un dislivello di alcune decine di metri, fino a quota 950 m s.m., una falda detritica allungata a mezzacosta. Più in alto affiorano i banchi calcarei, neri o grigi del Giurassico, impermeabili, ma percolabili, con direzione conforme all'asse della valle.

Sul fianco destro, superiormente alla fascia del Fluvioglaciale Würmiano ed alla copertura di una falda detritica, caratterizzata da grossi massi di frana, affiorano lembi di calcari e scisti eocenici; più sopra, estesamente, i calcari neri del Giurassico, con una distribuzione pressapoco simmetrica a quella del versante

opposto.

Nel fondovalle, all'alluvione attuale si affianca, in destra, un basso terrazzo di alluvione recente, piuttosto assestata. Il profilo della serie quaternaria, desunto dai sondaggi e dalle prospezioni geofisiche (largamente ipotetico specie in destra) ripete la stratigrafia meglio nota a S. Membotto, con un certo naturale spostamento delle tessiture dei vari sedimenti verso granulometrie medie alquanto maggiori.

Sotto l'alluvione attuale, grossolana e sciolta, il banco lacustre di limo, potente alcune decine di metri, ha una percentuale di argilloidi più bassa, e, verso l'alto e sull'asse vallivo, passa a deposito sabbioso.

Il banco di alluvione grossolana di base, sovrapposto alla roccia in posto, sembra si colleghi ancora alle scarpate laterali profonde di materiali di frana.

La distribuzione areale dei depositi lacustri, dei depositi alluvionali di fondovalle suggerì un attento studio di forma nei riguardi dell'asse dello sbarramento, allo scopo di evitare il più possibile la zona di affioramento dei limi lacustri.

Come risulta dalla tavola 4/3 la diga ha assunto un andamento mistilineo con una curvatura in corrispondenza della spalla sinistra, in modo da innestarsi in una zona di minor copertura detritica. La sezione tipo dello sbarramento risulterebbe notevolmente più raccolta di quella di S. Membotto in quanto le caratteristiche dei terreni di fondazione sono in gran parte decisamente migliori.

Infatti al paramento di monte sono state assegnate pendenze comprese tra 2/1 e 4/1, mentre a quello di val-

le pendenze variabili da 2/1 a 3/1.

Il banco di alluvioni recenti permeabili, interposto tra il rilevato ed il banco limoso, verrebbe attraversato da un diaframma in calcestruzzo plastico, fino ad una profondità massima di 60 m, mentre lo strato permeabile interposto tra il banco limoso ed il fondo roccioso verrebbe impermeabilizzato, come nella sezione di S. Membotto, mediante uno schermo di iniezioni che dovrebbe raggiungere, secondo le risultanze della geofisica, la profondità massima di circa 150 m.

La diga avrebbe il coronamento a quota 740 m s.m. per un'altezza massima di 70 m ed il livello di ritenuta normale a quota 735, per una capacità di $193 \cdot 10^6 \text{ m}^3$.

Il volume della diga a causa della maggiore larghezza della valle (1.005 m) risulterebbe ancora di $11 \cdot 10^6 \text{ m}^3$.

In conclusione occorre evidenziare che le condizioni geologiche per l'imposta di Tetti Ferrero, scelta in base ai dati della prospezione geofisica, controllata direttamente soltanto in parte con i sondaggi P12, P13, e P14, sono state ricostruite soltanto con larga approssimazione.

In corrispondenza delle spalle il substrato roccioso è ricoperto da falde detritiche atipiche, da asportare per poter realizzare l'incastro nella roccia.

Inoltre, sul fondovalle, l'affioramento di limi lacustri per una vasta area in riva sinistra, comporta una onerosa bonifica per asportazione.

Sulle conseguenze pratiche di tali circostanze si ritornerà in sede di giudizio di fattibilità.

4.3.3. Sezione di Ciamberlin

Quando l'indagine geofisica, che aveva esplorato la vallata della Stura a monte di Moiola, venne estesa verso valle, fino oltre Gaiola, per avere un quadro generale della morfologia del substrato roccioso, sottostante alla colmata fluvio-glaciale, si intravide che, tra la sezione di S. Membotto e la sezione di Gaiola, esiste, in corrispondenza dell'allineamento Ciamberlin-Bec del Croas, una situazione topografica favorevole per l'impostazione di uno sbarramento in materiali sciolti.

Il restringimento del fondovalle è determinato dal saliente roccioso costituente l'estremità della dorsale interposta fra i due valloni paralleli del Bedale di Stiera e del T. Dei Colli, affluenti di sinistra della Stura.

Il profilo della sezione all'imposta è alquanto meno svasato di quello relativo alla sezione di Tetti Ferrero, e quasi simmetrico: inclinazione di 22° in destra e di 18° in sinistra.

Per questa sezione le nozioni sono relativamente più scarse sia per le limitate aree di affioramento dell'imbasamento roccioso sia per il numero di esplorazioni dirette del sottosuolo, necessariamente limitate durante l'ultima e più recente fase delle indagini.

Sulla sinistra sopra l'isoipsa 700 m s.m. si erge, fasciato da una sottile scarpata detritica uno stretto e dirupato sperone di dolomie triassiche brecciate (in località Case di Ciamberlin) che si sviluppa salendo verso ovest, in banchi diretti Est-Ovest con immersione a nord e media inclinazione ("a reggipoggio") di cui sarà necessario riconoscere, con successive indagini il grado di percolabilità.

Sulla destra la roccia in posto - la medesima dolomia brecciata triassica - affiora alcune decine di metri sopra il livello di invaso, contornata da una larga falda di detrito grossolano, passante verso Ovest alle morene che intasano estensivamente il vallone del Rabas, in qualche tratto soggette a processi di erosione accelerata.

Il fondovalle ad alluvione attuale, sulla zona compresa fra la grande conoide torrentizia attiva di Moiola e la gola di Gaiola, si restringe ad appena 100 ± 200m, respinto contro la base del versante destro.

Dalla sinistra, in leggero pendio si estende il terrazzo, prativo ed arborato, del Molino di Stiera in alluvione recente, ma del tutto stabilizzata non più sommersibile nelle grandi piene. Più sopra, oltre l'isoipsa 675 m s.m., da Moiola a Gaiola corre un'ampia fascia di depositi ghiaioso-sabbiosi del Fluvioglaciale Würmiano.

I due sondaggi nel bassopiano del fondovalle hanno ritrovato, per uno spessore massimo di circa 30 - 35 m, limi che diventano via via sempre più sabbiosi per profondità comprese tra 75 e 70 m; oltre hanno incontrato sabbie e ghiaie con ciottoli fino alla profondità mas-

sima di 125 - 130 m.

I dati di conoscenza diretta sulla situazione geologica dell'imposta di Ciamberlin sono soltanto orientativi, specie per la struttura della spalla destra. Fino ad ora si può tuttavia fondatamente ritenere che tale situazione sia valida per la costruzione del progettato sbarramento pur comportando ulteriori sostanziali indagini.

Anche i risultati delle prove di laboratorio furono incoraggianti, in quanto evidenziarono che i limiti in fondazione presentano già a 15 m di profondità un grado di consolidazione accettabile e comunque non inferiore ai migliori valori riscontrati nella zona di imposta della Sezione di "Tetti Ferrero".

Si è pertanto studiata l'ubicazione e la forma dello sbarramento che, per adattarsi alla morfologia degli opposti versanti, si presenta leggermente arcuato con la convessità rivolta verso monte.

Per la fondazione del rilevato deve prevedere, almeno per la parte centrale, una bonifica del terreno mediante asportazione fino a profondità di 15 m.

Alla quota di massima ritenuta normale, stabilita a 725 m s.m., corrisponde una capacità di invaso di 227 milioni di m³.

Per lo scarico delle portate di piena sono stati previsti sfioratori di superficie, costituiti da due calici di 30 m di diametro collegati a gallerie capaci di smaltire sotto un carico di 3 m, una portata di circa

1.800 m³/s.

Il piano di coronamento largo 15 m è previsto a quota 730 m s.m. con un franco lordo di 5 m.

Nel punto di maggiore depressione topografica il rilevato ha un'altezza massima sul piano di campagna di circa 68 m a monte e di circa 77 m a valle, ma, sul piano di fondazione, in corrispondenza del piede di valle, raggiungerebbe circa 90 m.

La sezione tipo risulta relativamente raccolta, con pendenze variabili da 2/1 a 5/1 sul paramento di monte e da 2/1 a 3,5/1 sul paramento di valle.

Naturalmente le pendenze dei paramenti e la profondità della bonifica in fondazione sono da considerarsi di larga massima, in quanto sono stati stabiliti, in prima approssimazione, sulla scorta di pochi risultati di prove effettuate in laboratorio.

Non è escluso che in sede di progettazione definitiva si possa ridurre lo scavo di bonifica, prevedendo di accelerare la consolidazione mediante un opportuno reticolato di pali in sabbia.

La larghezza massima del rilevato alla base risulta circa 550 m, la lunghezza del coronamento è di circa 850 m ed il volume complessivo del rilevato è di circa 12.10⁶ m³.

Dal punto di vista strutturale, il corpo diga in materiali sciolti ha un nucleo impermeabile costituito da limi. Il rinfilanco di monte permeabile è costituito da materiali morenici e/o alluvionali, separato dal nucleo da un doppio filtro verticale che si estende in fondazio

ne come filtro orizzontale fino al piede di monte.

Il rinfianco di valle è costituito da materiali aluvionali, anch'essi reperibili in posto, e risulta separato dal nucleo da doppi filtri verticali aventi al piede un cunicolo di drenaggio. A contatto della fondazione sui limi è previsto un tappeto filtrante a doppio strato dello spessore di m3 e della stessa natura di quello verticale.

La tenuta dello sbarramento è affidata al nucleo e la sua profilatura è prevista costante su tutto lo sviluppo dell'asse.

Il nucleo ha forma simmetrica, con uno spessore di 8 m in testa, a quota 728,50 m s.m., e paramento con scarpa costante di 1/4, raggiungendo al piano di fondazione lo spessore di 50 m per poi restringersi a 36 m con un immorsamento di 6 m nella formazione limosa.

Il paramento di monte sarà protetto dai movimenti delle acque invasate, mediante un rivestimento in scogliera, dello spessore previsto di m2,50.

Sia al piede di monte che al piede di valle è prevista una colmata per ripristinare la superficie topografica originaria.

In considerazione delle caratteristiche naturali dei terreni che hanno colmato la valle glaciale è stato studiato con particolare attenzione il problema della tenuta della sezione di sbarramento in corrispondenza della paleovalle.

Mentre sulle sponde della valle attuale è prevedibile di realizzare un comune schermo di iniezioni in corri

spondenza del nucleo del rilevato, per quanto riguarda il fondovalle si è prevista una struttura composita che si adatta alla natura dei materiali da impermeabilizzare.

In relazione alla particolare stratigrafia locale, è stato previsto di raggiungere con diversi tipi di diaframma la profondità di circa 70 m e quindi di impermeabilizzare il sottostante strato, fortemente permeabile, con uno schermo di iniezioni che, come prolungamento di detto diaframma, dovrebbe saldarsi alla roccia di fondo.

In prima approssimazione si è ipotizzato che fino alla profondità di 20 - 25 m (zona A) sui lati della valle si possa realizzare un diaframma continuo in calcestruzzo immerso nella roccia e saldato ad essa con iniezioni di cucitura.

4.3.4. Sezione di Gaiola (v.all.4/5 Sez. di sbarr.)

La soluzione in esame consiste sostanzialmente nel realizzare in corrispondenza della stretta e per un lungo tratto dell'adiacente "Piano di Gaiola" uno sbarramento costituito in parte da una diga in calcestruzzo a gravità e, per la restante parte, da un'argine in materiali sciolti.

La posizione planimetrica e le caratteristiche principali dello sbarramento, figurano nell'allegato 4/5.

Le condizioni geomorfologiche sono più complesse che per le altre sezioni. Le condizioni geolitologiche sono meglio note come altrove, sia appunto per maggiore estensio

ne di sezioni naturali in vista, sia per gli studi geognostici analitici, seppure incompiuti in profondità, che vi sono stati svolti in passato.

Il profilo del terreno lungo lo sbarramento prescelto, già orientato in partenza su conoscenze geologiche preliminari, si articola, come lo sbarramento stesso, in due ben distinti segmenti.

All'estremità destra, al piede d'un versante montano che s'innalza con elevata pendenza media per centinaia di metri, il corso della Stura è incassato in una profonda stretta epigenetica (la sola stretta vera e propria esistente in tutta la zona presa in esame tra Demonte e Gaiola), per buona parte intagliata nella roccia, con una sezione trapezia con sponde inclinate di circa 45° in destra e di circa 30° in sinistra.

Sulla destra della gola i banchi di calcescisto si immergono verso l'interno del versante a SE, SSE (" a reggipoggio") con forte inclinazione. Verso l'alto, dove poi sono mascherati a tratti da placche di morena tipica con trovanti, e, verso monte, passano a scisti calcareo-filladici congiunti ondulati o a calcari lastroidi, complessivamente impermeabili e sempre con giacitura molto stabile.

Sulla sinistra della stretta, il calcescisto affiora soltanto per un'altezza massima di una ventina di metri, e quindi risulta ricoperto dalla vasta spianata di deposito fluvioglaciale (rissiana) del Piano di Gaiola. Ricognizioni dirette hanno riscontrato per almeno 180 m il tetto dell'imbasamento roccioso suborizzontale, intorno ai 665 m s.m.

L'antico fondovalle postrissiano del Piano di Gaiola, largo poco meno di 1 km, alle esplorazioni mediante sondaggi è risultato costituito da depositi ciottoloso-sabbiosi con trovanti e sottili letti suborizzontali di limo sabbioso, in qualche strato cementato a conglomerato, a livelli alternativamente permeabili o quasi impermeabili.

Verso valle, anche a poca profondità, in corrispondenza delle piatte collinette che si sopraelevano sulla spianata, la natura del terreno è quella di una morena tipica, con massi subrotolati, subangolari, frammisti a materiale minuto molto permeabile.

All'altra estremità sinistra della sezione, oltre la strada SS n.21 e a monte di Gaiola, al piede del versante riaffiora daccapo sopra quota 700 la roccia in qualche lembo isolata: calcescisto, in banchi, che si immergono verso sud, SO, con passaggio a calcari lastroidi, calcari dolomitici e con lenti intercalate di eufodite laminata. Detti banchi si trovano anche più a monte, verso SO, nel letto del Bedale di Stiera.

Alcuni sondaggi recenti hanno identificato due altri punti dell'imbasamento roccioso (paleovalle) che segna un'ampia depressione emielittica, spostata alquanto a sinistra dell'asse del fondovalle, profonda almeno 120 m rispetto al piano di campagna.

E' stato già ricordato che la scarpata a monte dell'Altopiano di Gaiola, rivolta verso l'invaso del serbatoio, è stata ritrovata rivestita per buona parte, sino all'altezza di circa 685 m s.m. ed eccetto che verso l'imbocco della gola della Stura, da una coltre continua di

limo argilloso di deposito lacustre dello spessore di alcuni metri, che si collega con il banco di limo ritrovato nel fondo del bacino da trasformarsi in serbatoio.

La situazione geologica nella zona interessata dallo sbarramento di Gaiola, ripetutamente studiata e indagata, lascia tutt'ora incogniti particolari di secondaria ma non trascurabile importanza.

Lo sbarramento progettato, strutturalmente articolato con rispondenza ottimale alle condizioni naturali dei luoghi, che assicurano la durevole stabilità delle opere, comporta un'estesa e complessa diaframmatura per la tenuta idraulica, da prevedersi però normalmente eseguibile ed efficiente.

La diga a gravità sbarra l'attuale alveo della Stura di Demonte nella gola dove i sondaggi hanno rilevato la roccia a pochi metri di profondità sia in alveo che sulla parte inferiore della sponda sinistra, fino a quota 660 - 665, dove si spiana, ricoperta da depositi morenici. In sponda destra la roccia è praticamente affiorante ovunque.

La diga a gravità, caratterizzata dalle sezioni riportate nella tavola 4 già menzionata, si può considerare suddivisa in due segmenti:

- a) lo sbarramento della stretta con circa 150 m di sviluppo e con asse orientato quasi perpendicolarmente all'asse vallivo;
- b) il suo prolungamento in sinistra, inserito entro l'altopiano di Gaiola con asse deviato di circa 24° verso monte, avente uno sviluppo massimo di circa 180 m che potrebbe forse ridursi in sede di progettazione defi

nitiva a 110 ± 120 m.

Nel tratto a) si sviluppa la soglia tracimabile per una larghezza utile di circa 85 m, prevista alla quota di massimo invaso normale (720 m s.m.). Con un battente di 4,15 m, cui corrisponde un invaso aggiuntivo di circa $35 \cdot 10^6 \text{ m}^3$, la portata scaricata ammonterebbe a circa $1.500 \text{ m}^3/\text{s}$.

Prevedendo ancora un franco di 2,85 m si giunge ad una quota di coronamento della diga pari a 727 m s.m.

Il greto della Stura in corrispondenza della diga è a quota circa 649 m s.m. Pertanto, nell'ipotesi di roccia quasi affiorante, prevedendo uno scavo per la formazione del piano di fondazione di circa 3-5 m, l'altezza massima della diga risulterebbe di poco superiore agli 80 m, il volume di calcestruzzo relativo al tratto a) ammonterebbe a circa 325.000 m^3 .

Anche la parte della diga di cui al punto b) risulterebbe sempre fondata sulla roccia di base.

In base ai risultati dei sondaggi eseguiti, sembra potersi ritenere, con criterio prudenziale, che la quota media locale del substrato roccioso si mantenga intorno a quota 665 m s.m. la corrispondente altezza media risulterebbe pertanto di circa 62 m.

Il volume massimo di calcestruzzo relativo a questo tratto di diga non supererebbe 320.000 m^3 , ma potrebbe ridursi, per quanto accennato più sopra, a 250.000 m^3 .

Pertanto il volume complessivo della diga in calcestruzzo ammonterebbe ad un massimo di circa 700.000 m^3 .

Le caratteristiche geometriche fondamentali previste per la diga a gravità pre-vederebbero una larghezza di coronamento di 5 m, una scarpa del paramento di monte pari a 0,025, e quella del paramento di valle pari a 0,75.

In corrispondenza del tratto tracimabile, la sommità della diga risulta sagomata secondo un profilo di tipo Creager.

La diga a gravità conserverebbe il suo profilo normale anche nel tratto in cui essa si addentra profondamente nelle formazioni di materiale incoerente del "Piano di Gaiola".

A partire dalla sezione terminale sinistra della diga in calcestruzzo e sino alla formazione rocciosa contro cui termina, in sponda sinistra, il Piano di Gaiola, lo sbarramento diventa un argine di materiali sciolti.

L'asse di questo argine, che ha l'andamento di una spezzata, costituita da tre elementi rettilinei raccordati ai vertici, presenta uno sviluppo complessivo di circa 1.100 m.

Non è da escludere che, nei successivi approfondimenti degli studi, emerga la possibilità di realizzare un sensibile accorciamento dell'argine individuando un diverso punto d'innesto dell'argine stesso nella roccia in sponda sinistra.

L'argine, il cui coronamento si trova a quota 727 m s.m., presenta dunque sul piano di campagna originario una altezza variabile da un valore massimo di 25 m ad un valore minimo di 18 m.

La sezione tipo, in prima approssimazione, presenta un paramento di monte con pendenza di 4/1 e paramento di valle con pendenza di 3/1 con coronamento largo 10 m.

Con riferimento a tale sezione, il volume complessivo dell'argine ammonterebbe ad un massimo di 2.100.000 m³.

La tenuta idraulica dello sbarramento in terra sarebbe garantita da un nucleo di materiale impermeabile, raccordato alla diga in calcestruzzo a mezzo di un'opera speciale.

Il problema della tenuta idraulica della sezione di sbarramento per la parte sottostante all'argine, deve essere risolto, tenendo presente che il fondo roccioso, ricoperto da materiali permeabili più o meno grossolani, scende sino ad una quota minima di 525-550 m s.m.

Pertanto come risulta dalla tavola 4 è da prevedersi un intervento di impermeabilizzazione fino ad una profondità massima di 145 m circa per una superficie complessiva di 85.000 m².

L'impermeabilizzazione in parola potrà essere ottenuta, come previsto indicativamente in disegno, mediante un diaframma di calcestruzzo di una trentina di metri e realizzando uno schermo di iniezioni sino alla roccia in posto.

Il serbatoio sarà munito di un'opera di presa del tipo a torre, incorporata nella diga a gravità e destinata a restituire all'alveo della Stura la portata rego

lata.

E' previsto inoltre, in sponda destra, la realizzazione di un scarico di mezzofondo ed uno scarico di fondo da utilizzare quest'ultimo, durante la costruzione della diga, come galleria di deviazione provvisoria.

Secondo quanto risulta dal paragrafo 1-10 è stata presa in considerazione la convenienza di realizzare una centrale idroelettrica subito a valle della diga, in sponda sinistra, cui avviare le acque edotte dal serbatoio prima della loro restituzione in alveo.

4.4. Sintesi comparativa di fattibilità

Dall'insieme delle notazioni sviluppate sulle quattro soluzioni è possibile trarre alcune indicazioni in merito alla fattibilità tecnico economica dello sbarramento.

Le soluzioni S.Membotto e Tetti Ferrero, assai interessanti dal punto di vista morfologico, presentano qualche problema peraltro certamente risolvibile, in merito all'attacco fra le sponde naturali e strutture di tenuta della diga.

L'elemento tecnico più caratterizzante è piuttosto rappresentato, per entrambe le soluzioni, dalla natura e dalle caratteristiche dei terreni di fondazione.

Questi sono da ritenere scadenti, su tutta l'area di imposta, in alveo, per S.Membotto, e su di una notevole parte dell'imposta per Tetti Ferrero.

La possibilità di ovviare a tale situazione con proy

vedimenti di carattere progettuale od esecutivo, pur in travista in linea di principio, è da ritenere in pratica assai dubbia, specie a causa della notevole potenza stratigrafica delle alluvioni fini che comporterebbe ce dimenti difficilmente accettabili in un'opera dell'importanza di quella in discorso e troppo incerte condizioni di stabilità.

L'esame comparativo di fattibilità si sposta quin di, obbligatoriamente, alle due soluzioni, Ciamberlin e Gaiola, che sia pure in misura diversa, sembrano supera re detta difficoltà pregiudiziale.

La soluzione Ciamberlin si presenta dal punto di vi sta morfologico, raccolta e regolare. L'asse diga è pre visto nello schema di massima, ad andamento rettilineo, con sviluppo di 850 m, ma non è da escludere che, in sede di progettazione, l'adattamento alle condizioni di imposta, e la ricerca della posizione ottimale in funzione dell'andamento della roccia di base e delle locali caratteristiche dei terreni di fondazione possa suggerire un diverso tracciato dell'asse e dei piedi di monte e di valle diga.

Dal punto di vista della capacità portante dei ter reni in alveo, si dispone ancora di pochi elementi di giudizio; è certo però che la potenza dei limi, al più qualche decina di m e le caratteristiche degli stessi, in condizioni di discreta consolidazione, consentono l'a dozione di dispositivi progettuale idonei a superare le difficoltà di carattere statico che dovessero prospettarsi in sede di impostazione. In tal senso, già nello schema preliminare è stata prevista la bonifica per asportazio ne di ben 15 m di terreno superficiale.

Per la struttura di tenuta (complessivi 56.000 mq) si è indicata una soluzione mista, che prevede un diaframma in calcestruzzo per la parte prossima all'imposta, e uno schermo di iniezioni in profondità; non è escluso che, in sede di progettazione, sia possibile eliminare il diaframma in gran parte, grazie alla ridotta permeabilità degli strati superiori e limitare la struttura di tenuta alle sole iniezioni profonde conseguendo in tal caso una notevole semplificazione tecnica ed una sensibile economia.

Le opere di scarico appaiono posizionabili secondo un criterio di relativa semplicità e regolarità e non sembrano presentare particolari problemi progettuali o costruttivi.

La soluzione di Gaiola si presenta, dal punto di vista morfologico, piuttosto sviluppata (m4.500) e movimentata.

L'essenza della soluzione sta nella parte in calcestruzzo che comprende dispositivi per le opere di scarico, mentre per la parte arginale in sinistra rappresentata, con andamento mistilineo, il raccordo con la sponda rocciosa a monte dell'abitato di Gaiola.

La soluzione non presenta problemi di capacità portante delle fondazioni nè per la parte in calcestruzzo, prevista in roccia da trattare con normali iniezioni di consolidamento, nè per quella in materiale sciolto, prevista su morena più o meno grossolana.

Più delicato appare invece il problema della tenuta in fondazione in corrispondenza della parte arginale, sia per la cospicua superficie da impermeabilizzare verosi-

mente nella totale estensione della parte suvrastante la roccia (compless. 85.000 mq) sia per le difficoltà che si intravedono nella intercettazione di parte di detta superficie (specificatamente quella più alta) con una struttura tradizionale tipo diaframma: la fascia più su perficiale della fondazione è in effetti costituita da morena comprendente trovanti di varie dimensioni, che potrebbero rendere difficile, o problematica, l'esecuzio ne del diaframma. In tal caso la tenuta in profondità potrebbe ricercarsi soltanto attraverso uno schermo di iniezioni di vario tipo, le cui caratteristiche tecniche e di costo andrebbero studiate da vicino in sede di progetto.

Un aspetto particolare da definire sempre in fase di progettazione è il collegamento fra la struttura in calcestruzzo e quella in materiale sciolto, al fine di garantire la migliore aderenza delle due parti dell'ope ra e la tenuta idraulica al contatto.

Per le due soluzioni relative alla Sezione Ciamberlin ed alla Sezione di Gaiola si è proceduto a valutazioni di massima dei costi delle opere di sbarramento e delle opere complementari.

Dette valutazioni possono così riassumersi:

Sezione Ciamberlin

Per la realizzazione dello sbarramento	L. 17.600.000.000
Per le opere di scarico e di presa	L. 3.900.000.000
Per deviazione strada SS.21, espropri e ricostruzione Mo <u>iola</u>	<u>L. 4.000.000.000</u>
Totale	L. 25.500.000.000

Riporto	L. 25.500.000.000
Per imprevisti e spese generali 20%	L. 5.100.000.000
	<hr/>
	L. 30.600.000.000
	<hr/> <hr/>

Sezione Gaiola

Per la realizzazione dello sbarramento	L. 18.900.000.000
Per le opere di scarico e di presa	L. 1.500.000.000
Per deviazione strada SS.21, espropri e ricostruzione Mo- iola	L. 4.000.000.000
	<hr/>
	L. 24.400.000.000
Per imprevisti e spese gene- rali 20%	L. 4.900.000.000
	<hr/>
	L. 29.300.000.000
	<hr/> <hr/>

CAPITOLO 5 : Considerazioni conclusive e proposte
per lo sviluppo progettuale.

(Dott. Ing. Giuseppe BALDOVIN)

(Prof. Ing. Luigi PERETTI)

(Prof. Ing. Giovanni TOURNON)

(Dott. Ing. Guido SELLERI)

Da quanto esposto nei precedenti capitoli e dalla documentazione allegata risulta come siano stati indviduati attraverso indagini e studi svolti, secondo gli intenti dell'Amministrazione Provinciale di Cuneo e con il suo costante appoggio, quasi ininterrottamente durante gli ultimi quattro anni, gli elementi di base che valgono a definire le caratteristiche fondamentali delle soluzioni proposte per la realizzazione di un serbatoio di 200.000.000 di m³ di capacità utile sul la Stura di Demonte e delle opere destinate alla distribuzione primaria a scopo irriguo delle acque regolate. Gli studi relativi alla regolazione stagionale e pluriennale resa possibile dal suddetto serbatoio hanno dimostrato come il maggior volume annuale di acque utilizzabili a scopo irriguo ammonti mediamente a 166.000.000 di m³ e come tale volume valga sia a risolvere pienamente gli assillanti problemi delle necessarie integrazioni alle irrigazioni esistenti e del riequilibrio delle falde idriche a beneficio di un complesso di comprensori irrigui di 120.000 ha, sia a garantire le disponibilità di terreni oggi asciutti, di cui è stata ipotizzata l'irrigazione.

Merita ricordare come le soluzioni proposte per la distribuzione primaria dei maggiori volumi resi disponibili dal costruendo serbatoio, denominato Lago di Demonte, a mezzo del Canale Adduttore da Roccasparvera a S. Croce, dell'Edificio Partitore e Regolatore di S. Croce e dei due Canali Ripartitori Ovest ed Est, che giungono a collegare direttamente il Lago di Demonte con il Po ed il Tanaro, siano tali da consentire una grande elasticità di esercizio ed anche l'eventuale organico

inserimento nello schema idraulico generale di altri serbatoi realizzabili nei tronchi montani dei corsi di acqua dominanti il territorio.

Oltre che al raggiungimento dei fondamentali scopi irrigui dianzi richiamati, il Lago di Demonte varrebbe a realizzare una preziosa regolazione delle acque nella sottostante rete idrografica ed in particolare una notevole attenuazione delle portate di piena.

Si rinvia ad un secondo tempo la verifica della convenienza o meno di realizzare una centrale idroelettrica al piede dello sbarramento, capace di una produzione media annuale di circa 50.000.000 di kWh.

Per quanto concerne il fondamentale problema della "fattibilità" dello sbarramento, sulla base di nuove serie di accertamenti sistematici estensivi: geofisici, geologici, geotecnici, idrologici, ecc., ripresi in fasi successive di sviluppo analitico giudicati indispensabili alla conoscenza delle condizioni naturali in aree più limitate, eseguiti sul terreno e in laboratorio, riferiti a un'adeguata nuova rappresentazione topografica della zona interessata, si è proceduto all'esame comparato delle soluzioni tecniche valutate in prima istanza idonee all'impostazione dello sbarramento, corrispondenti a quattro sezioni della valle, del resto ravvicinate fra loro e comprese nella lunghezza di circa 4 km., ciascuna orientativamente caratterizzata da particolari condizioni naturali relativamente vantaggiose, fino a pervenire, per ogni singola soluzione, a schemi progettuali della diga di ritenuta e delle opere complementari.

Sono illustrati nella relazione i motivi di carattere tecnico, trasferiti nella progettazione di massima, per i quali si è giudicata più complessa ed onerosa, soprattutto per le opere di fondazione, la realizzazione dello sbarramento su di una sezione passante poco a monte della Cappella di S. Membotto, la prima presa in considerazione, oggetto di indagini particolarmente estese ed accurate.

Le condizioni dell'area di fondazione, che induttivamente, su basi di sperimentazione, si potevano ritenere gradualmente più favorevoli verso monte, già ad indagini analitiche preliminari non hanno fornito garanzie sufficienti per l'impostazione dello sbarramento sulla sezione di Tetti Ferrero, la quale venne a sua volta accantonata.

Indagini orientative vennero iniziate in una nuova soluzione predeterminata dalle condizioni topografiche, sulla sezione d'imposta di Ciamberlin - Bec del Croas, situata poco a valle di Moiola. Insieme con le risultanze della precedente esplorazione estensiva geofisica, fornirono dati sulle condizioni naturali relativamente favorevoli, anche a riguardo del più impegnativo problema della tenuta delle fondazioni, cosicchè tale soluzione venne indicata concretamente realizzabile.

Contemporaneamente fu pure ripreso lo studio, su nuove dimensioni e strutture, dello sbarramento all'altezza della Stretta di Gaiola, già in passato sviluppato fino ad una fase di massima, in cui lo si era ritenuto competitivo con l'altro sbarramento di S. Membotto. Le

nuove indagini hanno confermato anche per la sezione di Gaiola l'idoneità delle condizioni naturali.

In conclusione nell'attuale fase di accertamento si ritengono, in prima istanza, ma con ragionevole fondamento, adeguati alle condizioni naturali e realizzabili con strutture e con modalità tecniche di normale e collaudata eseguibilità e durevolmente efficienti sia lo sbarramento sulla sezione Ciamberlin, sia quello sulla sezione della stretta di Gaiola. Le due soluzioni comportano tuttavia strutture sostanzialmente differenti: corpo della diga di ritenuta in materiale sciolto, lo sbarramento sulla sezione Ciamberlin; struttura mista con diga a gravità in calcestruzzo nella stretta in roccia di Gaiola e prolungamento laterale mediante argine in materiale sciolto, lo sbarramento di Gaiola.

Entrambe le soluzioni comportano la sommersione del centro di Moiola e la necessità del ripristino del nucleo abitato in altra vantaggiosa località viciniora, del che è stato tenuto debito conto anche nella valutazione del costo globale delle opere.

Per le due soluzioni relative alla sezione Ciamberlin ed alla sezione Gaiola si è proceduto a valutazioni di massima dei costi delle opere di sbarramento e delle opere complementari (opere di scarico e di presa, deviazione della strada statale SS 21, espropri dei terreni interessati dall'invaso e ricostruzione dell'abitato di Moiola.

L'ammontare complessivo di detti costi, gravati di un 20% per imprevisti e spese generali, è risultato 30,6 miliardi di lire per la soluzione Ciamberlin e di 29,3

miliardi di lire per la soluzione Gaiola.

Detti importi, riferiti ai 230.000.000 di m³ di capacità lorda dei serbatoi danno luogo ad un costo capitale del m³ invasabile di circa 130 lire. Si tratta di un costo specifico d'invaso singolarmente basso, dell'ordine della metà di quelli mediamente riscontrabili per altri serbatoi attualmente in istudio in Piemonte.

Il costo delle opere occorrenti per la distribuzione dei maggiori volumi d'acqua resi utilizzabili dal Lago di Demonte, (opera di derivazione dalla Stura a Roccasparvera, Canale Adduttore da Roccasparvera a S. Croce, Canali Ripartitori Ovest ed Est), gravati ancora del 20% per imprevisti e spese generali, è stato valutato in circa 5,8 miliardi di lire.

Attribuendo al Lago di Demonte un costo di 30 miliardi di lire, (intermedio tra i costi della soluzione Ciamberlin e della soluzione Gaiola) l'onere globale relativo allo sbarramento ed alla distribuzione delle acque irrigue ammonterebbe dunque a 35,8 miliardi di Lire.

Valutando orientativamente in 7 miliardi di lire il valore capitale corrispondente ai benefici extra irrigui forniti dal costruendo Lago di Demonte (attenuazione delle piene, riequilibrio delle falde idriche utilizzate anche a scopo idrico-potabile e industriale, potenziale produzione idroelettrica ecc.) a carico del settore irriguo resterebbe un costo capitale di 28,8 miliardi di Lire.

Detto costo, riferito ai 120.000 ha di terreni irrigabili che, in forma più o meno diretta, verrebbero a beneficiare dei maggiori volumi d'acqua resi utilizzabi

li dal Lago di Demonte darebbe luogo ad uno onere specifico di 240.000 L./ha, da confrontare col valore capitalizzato dei notevolissimi benefici derivanti dalla sicurezza del rifornimento idrico-irriguo garantito, allo intero territorio, dal Lago di Demonte.

Merita infine dare qualche indicazione su quanto resta da compiere per giungere all'acquisizione degli ulteriori elementi conoscitivi indispensabili alla progettazione esecutiva del complesso di opere contemplate nel presente studio.

Per quanto concerne gli aspetti idrologici e relativi alla utilizzazione delle acque sarà necessario, in particolare, definire i valori frequenziali delle portate di integrazione richieste dai diversi compresori in rigui ricadenti nel territorio.

La conoscenza di questi parametri renderà possibile uno studio della regolazione che tenga conto anche della variabilità da anno ad anno delle esigenze irrigue dei compresori serviti, e quindi la determinazione, più aderente alle reali esigenze, oltre che dell'esercizio del serbatoio, anche delle caratteristiche di tutte le opere destinate alla distribuzione primaria delle acque.

Per quanto concerne le opere di sbarramento risulta evidente l'esigenza di ulteriori indagini sistematiche, del resto in un ambiente topografico notevolmente più ristretto di quello in cui si è operato nella fase testè conclusa, che consentano, anzitutto la scelta della sezione, Ciamberlin e Gaiola, globalmente più favorevoli.

In particolare sarà necessario nel settore geologico procedere ad un rilevamento di dettaglio, a scala 1:500, su tutta l'area di imposta, e su quella circostante, di ognuna delle due soluzioni:

- per gli affioramenti di roccia in posto, eventualmente messa in evidenza mediante cunicoli e trincee d'assaggio, completato da determinazioni petrografiche micro e mesotettoniche, ecc.;
- per i terreni di copertura quaternaria, integrato da nuove indispensabili prove di permeabilità, di cementazione, ecc., nonché dal completamento della ricognizione dell'imbasamento roccioso mediante controlli diretti;
- per le rocce ed i terreni da utilizzarsi quali materiali per la diga di ritenuta, integrato da nuove determinazioni statistiche petrologiche e psammologiche, a orientamento e completamento delle prove tecniche.

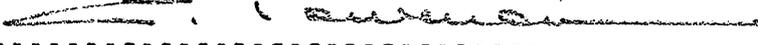
Nel settore geotecnico si ritiene necessario valutare le principali caratteristiche meccaniche dei terreni di fondazione, soprattutto per quanto riguarda la soluzione Ciamberlin è determinare i parametri di calcolo che condizionano il dimensionamento delle opere e la stabilità delle stesse. A tale scopo sono da prevedere sia prove geotecniche e geomeccaniche in sito, volte a determinare le caratteristiche di portanza e permeabilità dei terreni d'imposta, sia prove di laboratorio per l'approfondimento delle conoscenze inerenti al comportamento dei terreni nel tempo ed in diverse condizioni di carico ed esercizio idraulico, in particolare per quanto riguarda la resistenza sotto le forti sollecitazioni indotte dalla diga e dall'invaso.

Anche per i materiali da destinare alla formazione dello sbarramento, oltre alla ricerca che renda più precise le valutazioni di ordine quantitativo, è indispensabile procedere alla determinazione delle relative caratteristiche fisico-meccaniche, attraverso un'indagine sufficientemente ampia da assumere valore statistico. Tale indagine si dovrà sviluppare a mezzo di prove di laboratorio che consentano la formulazione di logiche previsioni di utilizzazione in ragione della natura, della permeabilità e delle altre caratteristiche funzionalmente significative.

Entrambe le soluzioni, infine, richiedono una approfondita indagine sulla distribuzione stratigrafica areale e verticale dei depositi di varia natura che hanno colmato la paleovalle, al fine di trarne una più precisa conoscenza circa le esigenze di impermeabilizzazione profonda e, più in generale, del prevedibile comportamento geotecnico dell'insieme.

(Dott. Ing. G. BALDOVIN) 

(Prof. Ing. L. PERETTI) 

(Prof. Ing. G. TOURNON) 

(Dott. Ing. G. SELLERI) 

COLLANA DI QUADERNI DI STUDI E DOCUMENTAZIONE
EDITA DALL'AMMINISTRAZIONE PROVINCIALE DI CUNEO

- N.1 - L'intervento della Provincia e degli altri Enti locali a tutela dell'ambiente della Valle Gesso, a seguito dei progettati impianti idroelettrici E.N.E.L. (2^a fase) (ottobre 1972)
- N.2 - VERBALE della discussione svoltasi il 6 novembre 1972 in seno al Consiglio Provinciale in merito al Piano di Sviluppo del Piemonte 1970-1975 e SINTESI del Rapporto Preliminare dell'I.R.E.S. (novembre 1972)
- N.3 - Relazione dell'Assessorato alla Programmazione per la Conferenza Provinciale sulla piccola e media industria e l'artigianato. (dicembre 1972).
-