

**CONSORZIO DI BONIFICA DELLA
BARAGGIA BIELLESE E VERCELLESE**

**RIFACIMENTO INVASO SUL TORRENTE SESSERA IN SOSTITUZIONE
DELL'ESISTENTE PER IL SUPERAMENTO DELLE CRISI
IDRICHE RICORRENTI, IL MIGLIORAMENTO DELL'EFFICIENZA IDRICA
DEGLI INVASI ESISTENTI SUI TORRENTI RAVASANELLA ED OSTOLA,
LA VALORIZZAZIONE AMBIENTALE DEL COMPENSORIO**

DATA PROGETTO

APRILE 2010

AGGIORNAMENTO
PROGETTO

ATTIVITÀ DI PROGETTAZIONE GENERALE:



(dott. ing. Domenico Castelli)

**OPERE PROVVISORIALI
PER IL NUOVO SBARRAMENTO**

**RELAZIONE SULLE MODALITÀ DI
CANTIERIZZAZIONE E DI APPROVVIGIONAMENTO
DEI MATERIALI PER IL NUOVO SBARRAMENTO E
PER LE PRINCIPALI OPERE CONNESSE**

ELABORATO N.

RP1

PROGETTO DEFINITIVO

PRATICA N°10131D

ARCH. N° IB080

MODIFICHE
AGGIORNAMENTI

Aggiornamento
Data

CONTROLLO

Firma

OPERATORE

GM

CONTROLLO

DC

APPROVAZIONE

DC

INDICE

1.	PREMESSA	1
2.	LA LOGICA GENERALE DELLA CANTIERIZZAZIONE PREVISTA	2
3.	DIMENSIONAMENTO DEL SISTEMA DI TRASPORTO.....	3
4.	TRASPORTO E APPROVVIGIONAMENTO DEI MATERIALI	6
4.1	Le linee di vettoriamento dei materiali da costruzione	6
4.1.1	Trasporto su gomma.....	7
4.1.2	Trasporto su rotaia	8
4.1.3	Trasporto su nastro trasportatore.....	10
4.1.4	Trasporto su teleferica.....	11
4.1.5	Trasporto con elicottero	14
4.2	I nodi di interscambio	14
4.2.1	Nodo di valle (Granero)	14
4.2.1.1	Fasi operative di cantierizzazione	16
4.2.1.2	Preparazione area di cantiere	18
4.2.1.3	Fase di scavo della galleria	20
4.2.1.4	Avviamento del cantiere di valle	20
4.2.2	Nodo di monte (Piancone)	20
4.2.2.1	Analisi dimensionale mezzi di trasporto.....	22
4.3	Nodo diga.....	23
5.	CANTIERISTICA DIGA	26
5.1	Opere provvisorie e allestimenti cantiere.....	26
5.2	Movimenti terra e regimazione delle acque	27
5.3	Esecuzione delle opere.....	29
5.3.1	Fase 1	29
5.3.2	Fase 2	30
5.3.3	Fase 3	31
5.3.4	Fase 4	32
5.3.5	Fase 5	33
5.3.6	Fase 6	34
5.3.7	Fase 7	34
5.3.8	Fase 8	35
5.4	Invasi sperimentali	36
5.4.1	Fase A	37
5.4.2	Fase B.....	37

5.4.3	Fase C.....	38
5.4.4	Fase D	39
5.5	Sistemazioni finali	40

CONSORZIO DI BONIFICA DELLA BARAGGIA BIELLESE E VERCELLESE

RIFACIMENTO INVASO SUL TORRENTE SESSERA IN SOSTITUZIONE
DELL'ESISTENTE PER IL SUPERAMENTO DELLE CRISI
IDRICHE RICORRENTI, IL MIGLIORAMENTO DELL'EFFICIENZA IDRICA
DEGLI INVASI ESISTENTI SUI TORRENTI RAVASANELLA ED OSTOLA,
LA VALORIZZAZIONE AMBIENTALE DEL COMPENSORIO

PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE SULLE MODALITÀ DI CANTIERIZZAZIONE E DI APPROVVIGIONAMENTO DEI MATERIALI PER IL NUOVO SBARRAMENTO E PER LE PRINCIPALI OPERE CONNESSE

1. PREMESSA

La diga in progetto sul torrente Sessera, essendo un'opera d'importanza strategica per l'ampio territorio che sottende, necessita oltre ad un'attenta progettazione della struttura, un'altrettanto accurata analisi della cantierizzazione in tutte le sue fasi.

Il territorio su cui insiste l'opera in oggetto è caratterizzato da un sistema viario tipicamente montano, con la viabilità di grande comunicazione limitata al fondovalle e una viabilità più leggera che, con una sempre minore capacità e fruibilità man mano che si risale la vallata, giunge sino ai piedi della diga esistente. I notevoli volumi in gioco per la realizzazione dell'opera di sbarramento in progetto e delle opere connesse, ha richiesto un'attenta valutazione sulla localizzazione dei luoghi di approvvigionamento del materiale, dei sistemi di trasporto del materiale e delle aree di stoccaggio. Questo studio è stato effettuato al fine di ridurre al minimo le ricadute negative sul territorio, legate essenzialmente ad un aumento del traffico veicolare e di disagio sul territorio.

Di seguito si riporterà, suddivise per tipologie, le tecniche di trasporto individuate per l'approvvigionamento dei materiali, con indicazione dei volumi in gioco e i sistemi di trasporto che sono stati studiati per ridurre l'impatto sulla viabilità esistente.

2. LA LOGICA GENERALE DELLA CANTIERIZZAZIONE PREVISTA

La sbarramento in progetto è un classico esempio di diga ad arco-gravità, il cui materiale primo per la realizzazione risulta essere il calcestruzzo. Oltre al calcestruzzo e ai materiali ad esso connesso (casseri e ferri), vi sono una moltitudine di altri materiali da far convergere al cantiere in località diga. Data quindi l'eterogeneità dei componenti da movimentare, si è dovuto attingere a diversi sistemi di trasporto che permettessero di raggiungere i siti di lavorazione senza incidere in maniera pesante sulla viabilità esistente e che abbiano un inserimento a basso impatto ambientale nel contesto montano e naturalistico locale.

La complessità dei luoghi e le difficili condizioni imposte dalla viabilità esistente, con particolare riferimento alla strada bianca che sale da Trivero verso il cantiere della diga, hanno imposto dei vincoli sulle strategie di trasporto da utilizzare.

I maggiori volumi da trasportare saranno come detto, rappresentati dai componenti del calcestruzzo per la diga quindi cemento ed inerti, seguiranno casseri, ferri d'armatura, tubazioni, pezzi speciali, carpenterie in genere, ecc..

Dati i volumi di calcestruzzo da gettare ogni giorno, attestati sui 600 m³, la scelta di trasportare i componenti su gomma nel tratto di strada Trivero-sito diga, è stata subito accantonata in quanto, come già detto, la viabilità esistente non permette di garantire il traffico veicolare necessario, vuoi per le ridotte dimensioni della carreggiata, vuoi per la presenza di gallerie con altezza e larghezza ridotte sul percorso che avrebbero inficiato l'efficienza di trasporto dovendo utilizzare autocarri aventi portata ridotta. Una modifica di tale viabilità avrebbe portato ad un impatto sul territorio di non trascurabile entità, impatto che si vuol cercare di rendere il più ridotto possibile.

La progettazione dei sistemi di trasporto si è quindi orientata su altre tecnologie tra le quali, trasporto su nastro e trasporto su fune. La possibilità di adottare un nastro trasportatore, per il trasporto del materiale inerte, si è resa fattibile grazie alla previsione di realizzazione della galleria in progetto che collegherà la Frazione Granero alla centrale esistente del Piancone. Infatti è all'interno di questa che verrà posato il nastro rendendo possibile il trasporto di tutto il materiale inerte senza creare traffico veicolare ed inquinamento acustico nel tratto Granero - Trivero - Castagnea - Piancone.

All'interno della galleria verrà inoltre installato un treno necessario nella fase esecutiva all'estrazione del materiale di smarino, e nella fase di esercizio al trasporto del cemento in polvere e dei materiali in genere.

Allo sbocco della galleria sarà posizionata, su di una struttura ad-hoc, la teleferica che terminerà il trasporto del materiale inerte, per mezzo di appositi vagoncini, nella zona di cantiere della diga in progetto. Questo sistema di trasporto a fune verrà inoltre utilizzato per il trasporto dei materiali in genere utilizzando dei vagoncini speciali.

La soluzione del trasporto su nastro trasportatore in galleria e su teleferica, pur essendo economicamente più onerosa di una sistemazione di forte impatto sulla viabilità esistente, permette quasi di azzerare il trasporto veicolare nella zona montana di maggior pregio.

Per capire meglio il funzionamento del sistema di trasporto nel suo complesso, si vanno ora ad analizzare nello specifico i vari sistemi di trasporto che fanno parte di questo articolato sistema di movimentazione materiali.

3. DIMENSIONAMENTO DEL SISTEMA DI TRASPORTO

Per la definizione del sistema di trasporto ottimale per il caso in oggetto è necessario conoscere nello specifico i materiali e le quantità che dovranno essere movimentate nel corso della realizzazione dell'opera. Il tempo ciclo di cantiere è stato studiato quindi sulla produzione giornaliera di calcestruzzo che si attesterà sui 600 m³.

Si andranno a considerare due turni da 8 ore ciascuno come giornata lavorativa.

Tenendo in conto che il nastro trasportatore e la teleferica saranno in grado di trasportare 150 tonnellate di materiale inerte all'ora, si procede al dimensionamento:

CICLO PRODUZIONE CLS DIGA

Produzione giornaliera cls in diga	600	m ³ /d	
Inerti necessari al confezionamento	720	m ³ /d	
Inerti trasportati dal nodo di valle	335	m ³ /d	
Peso specifico medio del materiale trasportato	1800	kg/m ³	
Peso giornaliero da trasportare	603	t/d	
Capacità di trasporto nastro-teleferica	150	t/h	
Tempo necessario per il trasporto giornaliero	4 h	3 min	
Arrotondamento ciclo	4 h	10 min	
Numero di vasche di stoccaggio a monte	5		
Volume singola vasca	860	m ³	
Capacità di accumulo vasche stazione di monte	4300	m ³	
Tempo di esaurimento scorte inerti	5 d	16 h	

Come si può dedurre dalla tabella allegata, il tempo di esaurimento delle scorte degli inerti è abbastanza ampio per garantire un buon margine alla continuazione della produzione anche in caso di guasti meccanici o avversità meteorologiche.

Si nota inoltre che per portare in quota la quantità di inerti necessaria alla produzione giornaliera di calcestruzzo, bastano poco più di 4 ore di funzionamento, potendo così utilizzare le restanti ore per il trasporto degli altri materiali destinati al cantiere di monte.

Si specifica inoltre che la presenza di 5 silos orizzontali per lo stoccaggio degli inerti sono stati previsti per garantire, nel caso di un mancato funzionamento del frantoio nel sito diga, la possibilità di trasporto degli inerti delle due classi maggiori da valle, con conseguente aumento del tempo ciclo a circa 9 ore.

Altro elemento per il confezionamento dal calcestruzzo è il cemento che analizziamo di seguito come tempo ciclo per il trasporto. Il materiale necessario alla costruzione dello sbarramento materiale verrà trasportato tramite due sistemi di trasporto: treno fino alla località Piancone, e successivamente teleferica fino alla zona diga.

Per il trasporto del cemento si utilizzeranno dei carrelli speciali con caratteristiche simili a quelli per il trasporto degli inerti, pertanto le velocità di salita e le modalità di movimentazione degli stessi saranno pressoché uguali.

CICLO TRASPORTO CEMENTO

Dati iniziali di progetto

produzione giornaliera cls in diga	600 m ³ /d
cemento necessario al confezionamento	180 t/d
volume occupato dal cemento	129 m ³ /d
numero di silo in cantiere	3
volume singolo silo	95 m ³
capacità di stoccaggio	285 m ³

Treno

velocità media pieno carico	9 Km/h
velocità media con cremagliera	5 Km/h
velocità media del convoglio	7 Km/h
numero di vagoni del convoglio	5
carico trasportabile dal singolo vagone	6 t

volume di cemento corrispondente	4 m ³	
volume totale trasportabile per viaggio	22 m ³	
n° di viaggi necessari	6	
lunghezza percorso	3725 m 3.73 Km	
tempo medio per la salita treno	32 min	
tempo ciclo andata-ritorno treno	64 min	
tempo di manovra a valle	15 min	sgancio del convoglio cambio binario aggancio del convoglio
tempo di manovra a monte	30 min	scarico dei vagoni e stoccaggio nei silo
tempo di ciclo parziale	77 min	carico a valle salita scarico a monte
tempo ciclo di un viaggio	109 min	salita di 5 silo pieni discesa di 5 silo vuoti
tempo ciclo totale	10 h 45 min	Trasporto in località Piancone del quantitativo giornaliero di cemento

TELEFERICA

velocità di salita carrello speciale	4 m/s 14.4 Km/h
lunghezza percorso	3550 m 3.55 Km
spaziatura tra i carrelli	50 s 200 m
numero di carrelli in linea	18
tempo per la salita primo carrello	15 min
capacità del singolo carrello	0.8 m ³
capacità totale dei carrelli	14.2 m ³
capacità impianto con questa configurazione	57.6 m ³ /h
quantità necessaria di cemento in diga	129 m ³
tempo necessario per il trasporto	2 h

29 min

Data l'elevata efficienza della teleferica rispetto a quella del treno, sarà possibile intervallare il trasporto di inerti con quello di cemento senza alcun problema temporale. Infatti il treno potrà viaggiare in continuazione per mantenere costante il livello di cemento stoccato nei silo del Piancone, mentre la teleferica potrà riprendere il trasporto degli inerti o degli altri materiali.

Inoltre i livelli di stoccaggio in diga saranno tali da poter scongiurare eventuali ammanchi di materiali in caso di guasto di uno qualsiasi dei mezzi di trasporto.

4. TRASPORTO E APPROVVIGIONAMENTO DEI MATERIALI

Come riportato sulla relazione tecnica, i maggiori volumi in gioco sono dati da inerti, cemento, ferri e casseri. Gli inerti saranno in parte prodotti direttamente in sito mediante la frantumazione della roccia derivante dagli scavi, in parte prelevati da una cava di prestito, individuata in questa fase di progettazione nella cava di proprietà della Lis s.r.l. in prossimità del Fiume Sesia in località Vintebbio. Nell'eventualità di modifica della disponibilità di materiale da parte del cavatore individuato nel presente progetto, si definirà un'altra cava di prestito in grado di fornire un'equivalente capacità

I materiali in genere, convergenti verso il primo sito di stoccaggio, inizieranno il loro percorso di avvicinamento verso la destinazione finale.

Il trasporto dei materiali inizierà localmente dal campo base di Granero, frazione di Portula, posto a quota 486.40m s.l.m. e si concluderà in prossimità del cantiere del nuovo corpo diga a quota 919.00m s.l.m. passando per il centro di smistamento intermedio, posto in prossimità della centrale idroelettrica esistente del Piancone, situato a quota 601.75m s.l.m. percorrendo quindi un dislivello complessivo di 432.60m.

4.1 *Le linee di vettoriamento dei materiali da costruzione*

Come detto nei paragrafi precedenti, la viabilità esistente nel fondovalle risulta in grado di supportare le capacità veicolari previsti per i mezzi di trasporto previsti. Infatti la viabilità principale che si snoda nel fondovalle in sponda destra del torrente Sessera costituita dalla S.P. 113 permette l'approvvigionamento dei materiali dal luogo di produzione/approvvigionamento, sino all'abitato di Granero. Da qui in poi la viabilità è tale da non garantire un'adeguata capacità di trasporto con riferimento ai carichi e alle quantità in movimento. Esistono infatti galleria in roccia naturale e curve con raggi estremamente ridotti che impediscono di fatto un massiccio utilizzao

della strada sterrata esistente, se non a seguito di massicci interventi di adeguamento. Per tale motivo si è dovuto optare per una diversa tipologia di trasporto che andremo ad analizzare nei paragrafi successivi.

4.1.1 *Trasporto su gomma*

Tutto il materiale necessario per la realizzazione dell'opera in oggetto verrà trasportato dal luogo di produzione o stoccaggio al primo nodo di interscambio mediante trasporto su gomma. La viabilità esistente, costituita da strade provinciali e locali, garantisce un soddisfacente grado di fruibilità per i mezzi che interverranno per la realizzazione dell'opera. L'arteria principale di collegamento al nodo di smistamento in località Granero, risulta essere la S.P. 113, la quale permette di raggiungere l'autostrada A26 in località Ghemme dopo una tratta di 25 km.

Il trasporto su gomma sarà di tipo pesante e medio-pesante con l'impiego di camion per trasporto di inerti, autocisterne per il trasporto di cemento sfuso e additivi, autoarticolati per trasporti eccezionali di apparecchiature quali valvole, generatori, carpenterie pesanti...

In particolare il trasporto degli inerti interesserà la tratta la S.P. 113 tra la cava di prestito della ditta Lis s.r.l. in località Vintebbio e il primo nodo di smistamento di Granero.

Tale tratta di strada sarà quindi quella più interessata dal trasporto veicolare su gomma. Il flusso di traffico da ipotizzare per tale tratto di strada, dovrà tener conto della produzione giornaliera di calcestruzzo che è stimabile in 600 m³/d. Il materiale inerte necessario al confezionamento di tale quantità giornaliera e trasportato su gomma, tenendo conto che circa il 47% verrà prodotto in loco mediante frantumazione di rocce, in condizioni ordinarie di getto è stimabili in 385 m³/d.

Ipotizzando una quantità trasportabile per mezzo di 16 m³, risulta che il traffico giornaliero di inerti consisterà in circa 24 viaggi giornalieri. Il cemento sfuso verrà invece trasportato in autocisterne con volume di carico per mezzo di circa 18 m³ con conseguente ricaduta sulla viabilità per circa 7 viaggi al giorno. Gli altri materiali quali ferri, casseri, water stop, carpenterie varie e tubazioni, avranno un approvvigionamento più discontinuo e quindi più difficile da distribuire su base giornaliera ma che potranno essere valutati in circa 4 viaggi giornalieri aggiuntivi. Si avrà quindi un transito veicolare su un turno di lavoro di 10 ore, di circa 35 viaggi giorno, pari a circa 3,5 viaggi l'ora. Tale incremento della viabilità risulta abbastanza contenuto se paragonato al flusso giornaliero dalla tratta in oggetto e non comporta quindi un aggravamento delle condizioni di traffico della zona. Inoltre il flusso di traffico maggiore riguarderà essenzialmente il tratto dalla cava di prestito di Vintebbio alla stazione di Granero.

La viabilità esistente di accesso al sito diga consiste, a partire dal nodo di valle, nei tratti di strada sotto elencati:

Granero – Castagnea (strada asfaltata) L=6.200 m

Castagnea - Santuario Novareja (strada sterrata) L=2.600 m

Santuario Novareja – Centrale del Piancone (strada sterrata) L=2.900 m

Centrale del Piancone – diga (strada sterrata) L=7.900 m

Tali tratti di strada saranno interessati dal transito di mezzi leggeri per il trasporto di attrezzature di piccole dimensioni e il transito del personale.

4.1.2 Trasporto su rotaia

Il presente progetto esecutivo prevede la realizzazione di una nuova opera di vettoriamento della portata derivata mediante la posa di una nuova condotta idrica in una galleria di nuova realizzazione. Si è pertanto optato per l'utilizzo della galleria in progetto come connessione tra i due centri di smistamento e stoccaggio. La galleria verrà scavata mediante l'impiego di una testa fresante con la tecnica della TBM.



esempio di TBM per lo scavo della galleria

Già in fase di scavo, la galleria verrà attrezzata con una linea ferrata su cui verrà montato un treno elettrico che servirà a trasportare all'esterno il materiale di smarino del materiale derivante dallo scavo. La galleria così realizzata terminerà in località Piancone, nei pressi di una piattaforma in ca che ospiterà il magazzino di stoccaggio dei materiali e la teleferica per il trasporto verso il cantiere della diga in progetto.

A galleria realizzata la linea di trasporto su rotaia verrà mantenuta per trasportare il cemento sfuso all'interno di vagoncini. Il trasporto di materiali quali tubazioni, attrezzature, casseri water stop, carpenterie., etc verrà eseguito per mezzo di appositi carrelli.

Ultimata la galleria, il treno al suo interno verrà affiancato per tutta la durata del cantiere da un sistema di trasporto mediante nastro trasportatore, di cui si parlerà nei paragrafi successivi.

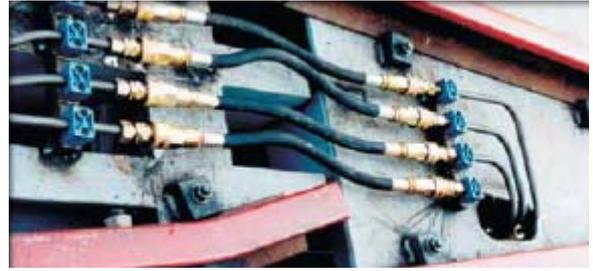
Il treno sarà a trazione elettrica e verrà alimentato da batterie ricaricabili.



locomotore a trazione elettrica (pacchi batterie ricaricabili anteriori)

Questo mezzo sarà dotato, come detto, di appositi vagoni sia per il trasporto del cemento in polvere che dei materiali in genere. Per la corretta movimentazione e lo smistamento dei vari carichi, si predisporrà una zona di manovra che, per mezzo di uno scambio posizionato sui binari, consentirà al convoglio di depositare i vagoni vuoti e ripartire immediatamente con quelli carichi durante il tragitto verso il nodo di monte, ottimizzando e riducendo i tempi ciclo del trasporto.





sistema tipo di scambio per la gestione logistica dei vagoni in cantiere

Sarà inoltre possibile il trasporto, mediante opportuno vagone, anche del personale addetto alle lavorazioni.



trasporto merci



trasporto passeggeri



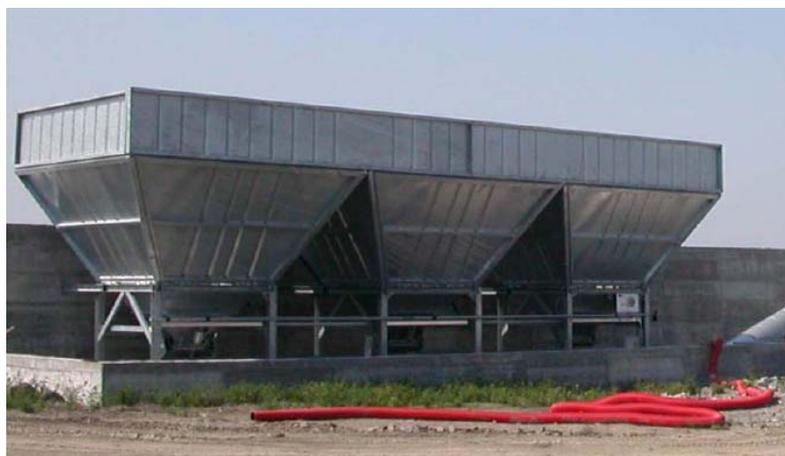
trasporto cemento in polvere

4.1.3 *Trasporto su nastro trasportatore*

Come si è già anticipato, gli inerti destinati alla produzione del calcestruzzo in diga, verranno trasportati fino al nodo del Piancone mediante l'impiego di un nastro trasportatore.



Il nastro trasportatore sarà sormontato dalle tramogge per lo stoccaggio e il caricamento degli inerti. Le tramogge verranno a loro volte caricate mediante pala gommata prelevando il materiale dalle aree di stoccaggio disposte nel piazzale.



tramogge di carico inerti

Si andranno ad installare tre tramogge al fine di avere sempre la continuità nel trasporto sia in caso di cambio della pezzatura dell'inerte da trasportare sia in caso di malfunzionamento di una tramoggia. Mediante opportuni sistemi elettromeccanici, le tramogge saranno in grado di rilasciare una quantità costante di inerte sul nastro.

4.1.4 Trasporto su teleferica

I materiali trasportati mediante treno e nastro trasportatore verranno stoccati nel magazzino del Piancone in attesa di venire trasportati a monte mediante la teleferica.

La linea teleferica avrà un tracciato continuo e rettilineo, privo di stazioni intermedie, per una lunghezza totale di 3550 m ed un dislivello di 333 m. La linea si svilupperà lungo la stessa direttrice dell'attuale galleria, con il conseguente vantaggio di richiedere minimi disboscamenti e sbancamenti. Il sistema previsto è una teleferica bifune a moto continuo, progettata per trasporto di 150 tonnellate/ora di materiali sfusi. Sono previsti vagonetti con capacità di 0.8 m³ o 1100 kg, spazati di 26 s.



teleferica tipo con stazione di carico inerti e sostegni di linea

Per limitare le masse in movimento, date le difficoltà altimetriche del tracciato: si è optato per una velocità di regime dell'impianto pari a 5 m/s, cui corrisponde una spaziatura dei veicoli di 132 m. Le caratteristiche del tracciato fanno preferire la soluzione di impianto bifune rispetto a quello monofune, per gli innegabili benefici in termini di regolarità di esercizio e stabilità delle funi.

L'impianto previsto è a funzionamento completamente automatico, per cui le seguenti operazioni sono completamente controllate dall'apparecchiatura di comando e controllo:

- carico e spaziatura dei veicoli;
- accelerazione, decelerazione, ammortamento e disammorsamento dei veicoli in stazione;
- dosatura del carico nei vagonetti.

Le funzioni sopra descritte sono garantite per qualsiasi velocità di impianto compresa tra 1 e 5 m/s.

Partenza, accelerazione, rallentamento e controllo della velocità di impianto sono realizzate da motori in CA controllati da inverter. Questa architettura, sperimentata da anni su impianti per trasporto persone e materiali, è indubbiamente la migliore ai fini della sincronizzazione delle velocità dei singoli azionamenti rispetto alla velocità fune.

La teleferica ed il nastro trasportatore saranno disposti in serie per mantenere costante il trasporto degli inerti. Infatti il nastro trasportatore scaricherà gli inerti all'interno di una tramoggia rotante che, a sua volta, caricherà i vagoncini destinati alla zona di stoccaggio di monte.

Il caricatore rotante avrà una velocità di rotazione proporzionale alla velocità della fune traente e sarà a questa elettricamente asservito. La rotazione del caricatore realizza altresì una spaziatura precisa che non richiede in uscita, in virtù del sistema di traslazione, ulteriori dispositivi di regolarizzazione o accumulo.

Questo sistema di carico prevede l'impiego di una teleferica ad ammortamento automatico, ossia un impianto in cui i vagoncini che entrano in stazione si sganciano automaticamente, mediante accorgimenti meccanici, dalla fune traente e transitano in stazione ad una velocità ridotta al fine di provvedere alle operazioni di carico da parte delle tramogge rotanti. Al termine del caricamento il vagoncino viene riagganciato in linea iniziando così la salita verso il cantiere di monte.



esempio di magazzino con rotaie di movimentazione vagoni fuori linea

L'uso di questo sistema di trasporto dà la possibilità, mediante l'impiego di rotaie appositamente studiate per permettere lo scorrimento dei vagoncini, di far uscire dal circuito standard i carrelli e permettere quindi l'inserimento di altri vagoncini speciali per il trasporto di altri materiali. Tramite questi accorgimenti sarà così possibile utilizzare la teleferica per il trasporto del cemento in polvere e di tutti gli altri materiali destinati al corpo diga in progetto.

4.1.5 *Trasporto con elicottero*

Alcune forniture, in particolare opere elettromeccaniche particolarmente ingombranti, i getti per i piloni e i cavi della linea teleferica, vista l'inaccessibilità dei luoghi ai mezzi di trasporto convenzionale e i limiti di carico dell'impianto il trasporto su fune, dovranno essere trasportati per via aerea utilizzando elicotteri per il trasporto mezzi.

Gli aeromobili avranno come punto di appoggio per il rifornimento e il carico del materiale il piazzale prospiciente la centrale idroelettrica del Piancone. Qui sarà predisposta un'area temporanea per l'atterraggio del mezzo, lo stoccaggio del materiale da trasportare e il deposito del carburante necessario al tragitto.

Il trasporto sarà limitato al solo materiale senza trasporto di personale.

4.2 *I nodi di interscambio*

Nell'ambito della progettazione del nuovo invaso sul torrente Sessera, si rende necessario realizzare delle opere temporanee propedeutiche all'esecuzione dell'opera stessa. Tali opere provvisorie necessitano dell'allestimento di aree atte allo stoccaggio ed allo smistamento di tutti i materiali, sia quelli derivanti come residuo delle lavorazioni che di nuovo apporto per l'esecuzione delle opere in progetto. Nei paragrafi seguenti vengono descritti i criteri per l'individuazione, la sistemazione e la realizzazione delle aree di cantiere temporanee sopra citate.

Si sono individuate due zone atte ad ospitare i già nominati centri di stoccaggio e smistamento, la prima in frazione Granero nel comune di Portula, denominata nodo di valle, e la seconda nei pressi della centrale idroelettrica esistente denominata Piancone nel Comune di Trivero, denominata nodo di monte.

4.2.1 *Nodo di valle (Granero)*

Il materiale proveniente dai vari stabilimenti di produzione o di cavatura verranno convogliati al primo centro di stoccaggio e smistamento dove il materiale in arrivo verrà stoccato e inizierà gradualmente la salita verso il corpo diga in progetto. Il complesso di smistamento denominato nodo di valle è stato individuato in prossimità dell'incrocio che porta all'abitato di Coggiola dalla S.P. 113. Al piede del rilevato stradale che delimita il tornante si trova una zona boscata che verrà utilizzata come sede dell'area di cantiere in progetto. Da questa zona si inizierà ad aprire la galleria di servizio che condurrà al nodo di monte.

La galleria avrà la funzione principale di ospitare la condotta forzata in arrivo dall'opera di captazione in prossimità del nodo di monte inoltre, in fase di cantierizzazione e quindi

provvisoriamente, ospiterà le tecnologie necessarie al trasporto dei materiali per la realizzazione del nuovo invaso. Questo secondo impiego è stato pensato per non andare a gravare eccessivamente il traffico veicolare in transito sulla S.P. 113 durante il periodo necessario alla realizzazione delle opere in quanto il numero elevato di mezzi pesanti impiegati per il trasporto di inerti, cemento e quant'altro necessario alla cantierizzazione dell'invaso sarebbe risultato continuo e frequente rendendo necessari ordinari interventi di risanamento e ripristino sia del manto che del corpo stradale.

Inoltre tale soluzione di trasporto merci, a causa delle ridotte dimensioni della carreggiata della strada sterrata che dal Comune di Trivero sale verso il nodo di monte e delle difficoltà di transito dei mezzi riscontrate in alcuni punti durante i sopralluoghi, si è resa necessaria per evitare un aumento considerevole del tempo ciclo di andata e ritorno dei mezzi con il conseguente prolungamento delle lavorazioni.

Pertanto, per ovviare alle varie problematiche inerenti al trasporto dei materiali sopra esposte, si andrà a sfruttare la galleria in progetto per la posa della condotta di derivazione, avente un diametro di 4.70 m necessario a contenere in primis il sistema di trasporto precedentemente descritto e successivamente la condotta. Tale manufatto si svilupperà per circa 3700 m e partirà dal nodo di valle sopra individuato e sboccherà in prossimità della centrale idroelettrica del Piancone nel nodo di monte.

Il centro di smistamento da cui partirà la suddetta galleria e il relativo sistema di trasporto è stato progettato per ridurre al minimo i tempi morti di stoccaggio e di movimentazione dei materiali depositati. La zona prevede una suddivisione su due livelli: il primo è destinato al ricevimento ed allo stoccaggio dei vari materiali e del cemento in polvere entro apposite aree; il secondo, posto ad una quota più elevata ed è destinato all'immagazzinamento delle varie pezzature del materiale inerte.

Come descritto nei precedenti paragrafi tutti i materiali destinati alle aree di cantiere di monte verranno fin qui trasportati su gomma. Una volta giunti nell'area di stoccaggio, i mezzi di trasporto dovranno seguire un percorso a senso unico di marcia studiato in maniera tale da agevolare al meglio l'uscita e l'immissione dei mezzi dalla strada provinciale 113. Una volta entrati nell'area di cantiere gli inerti avranno un percorso dedicato in quanto verranno scaricare nella porzione sopraelevata dell'area. Gli inerti verranno stoccati, a seconda della pezzatura, all'interno di apposite trincee in cemento armato. Il cemento in polvere verrà stivato in silo monolitici in acciaio e gli altri materiali nelle apposite aree dedicate poste nell'area bassa del centro.

In quest'ultima zona, il materiale verrà movimentato per mezzo di muletti o gru, e verrà trasportato a monte tramite il treno elettrico.

4.2.1.1 Fasi operative di cantierizzazione

Come riportato nelle tavole C01 e C02 allegate al presente progetto, per poter realizzare in maniera sicura e funzionale l'area di stoccaggio e smistamento materiali del nodo di valle, si dovrà procedere attraverso successivi step. Il posizionamento e la progettazione di tutte le opere è stata vincolata all'ubicazione dell'imbocco della galleria in progetto. Infatti, dovendo installare all'interno della galleria le tecnologie necessarie per il trasporto dei materiali a monte e volendo ottimizzare le operazioni di carico e scarico, si è reso necessario individuare un tratto rettilineo per agevolare le manovre, pertanto tutte le strutture e le opere si svilupperanno in linea retta perpendicolarmente allo sbocco della galleria.

La prima fase (tav. C01) prevede innanzitutto un diradamento della vegetazione esistente al fine di rendere accessibile l'area interessata dall'intervento. Successivamente si andranno a realizzare le opere di bonifica e di contenimento che andranno a delimitare la zona d'intervento. Gli interventi previsti in questa fase vengono esposti di seguito:

- posa della recinzione temporanea di cantiere a delimitazione dell'area delle lavorazioni;
- messa in opera di paratia in micropali in prossimità del ponte esistente della S.P. 113 e realizzazione del manufatto di imbocco per la regimazione del rio esistente;
- posa di tubazione in PEAD corrugato DN1000 per la deviazione temporanea del rio esistente;
- scavo di sbancamento per la posa dello scatolare prefabbricato avente dimensioni 1.60x1.60 m per la regimazione delle acque del suddetto rio e suo collegamento con il manufatto di scarico esistente;
- realizzazione del manufatto di dissipazione (vedere particolare A tav. C03) dello scarico della condotta forzata in progetto e suo collegamento allo scatolare precedentemente posato;

La galleria in progetto verrà scavata in parte in tradizionale con l'uso di esplosivo, ed in parte mediante l'impiego di una fresa a testa rotante "TBM". Questa macchina dovrà venire posizionata quanto più possibile in prossimità di un trovante in roccia, e per poter trovare materiale valido per iniziare lo scavo ci si dovrà avvicinare al versante che discende verso la S.P. 113 scavando al di sotto della stessa. Non avendo la possibilità di deviare il traffico veicolare su

viabilità alternative, si andrà a realizzare una paratia in micropali sulla quale si intesterà una soletta carrabile in c.a. come descritto nel seguito al fine di mantenere sempre fruibile la strada.

- deviazione temporanea del traffico veicolare in destra, salendo verso Trivero, per poter eseguire le paratie in micropali;
- realizzazione delle paratie in micropali 1, 2 e 3 (tav. C02 e G16);
- realizzazione delle paratie in micropali 4 per il contenimento del rilevato stradale. In questo caso si dovranno prevedere in alcuni casi fino a tre ordini di tiranti a trefolo per poter garantire la tenuta delle paratie dato l'elevato fronte di scavo;
- getto del muro di sostegno in c.a. 5.

Terminate le operazioni sopra descritte si procederà alla realizzazione della soletta in c.a. per il successivo transito dei mezzi sulla S.P. 113. Per la sua realizzazione si avanzerà come riportato nelle sezioni C-C (tav. C04):

- scavo di sbancamento all'interno delle paratie;
- realizzazione del getto della soletta (spessore 80 cm) con inglobamento delle paratie perimetrali;
- ripristino del manto stradale.

Nella seconda fase, per quello che riguarda la realizzazione della seconda parte di soletta carrabile, si procederà analogamente a quanto descritto in precedenza:

- deviazione del traffico veicolare in sinistra, salendo verso Trivero, sulla soletta precedentemente realizzata e posa della recinzione di cantiere;
- individuazione e spostamento dei sottoservizi esistenti;
- realizzazione delle paratie in micropali 6, 7 e 8 (tav. C02 e G16);
- realizzazione della soletta in c.a. come descritto in precedenza;
- ripristino del manto stradale e dei sottoservizi;
- ripristino della viabilità della S.P. 113.

La soletta verrà ricaricata con misto stabilizzato al fine di garantire un ricoprimento minimo di 100 cm al di sopra dei sottoservizi.

Terminata della soletta si potrà procedere allo scavo del materiale confinato al di sotto della stessa per poter raggiungere la zona di partenza della galleria in progetto. Per poter eseguire

agevolmente ed in sicurezza questa operazione sarà necessario realizzare una rampa che permetta l'accesso alla zona di scavo per l'asportazione del materiale dall'alto verso il basso mediante escavatori e pale gommate. Ad intervalli prefissati (tav. C04 e G16) si procederà all'installazione di tiranti a trefolo sulle paratie preesistenti per poter procedere in sicurezza durante le operazioni di scavo. L'asportazione del materiale procederà fino alla quota di progetto 484,60 m.s.m. all'imbocco dello scavo, e a 485,25 m.s.m. al termine dello scavo.

Raggiunte tali quote si andrà a realizzare una soletta di fondazione avente spessore 60 cm che si estenderà fin fuori dallo scavo (tav. C03 sez. C-C) formando così la struttura di appoggio per le trincee di contenimento che verranno realizzate successivamente.

4.2.1.2 Preparazione area di cantiere

Nell'area di cantiere in progetto si dovranno gestire lo stoccaggio e lo smistamento dei materiali necessari all'esecuzione del corpo diga e delle opere accessorie durante tutto il periodo di cantierizzazione. Come già anticipato, tutti gli inerti verranno trasportati mediante un nastro trasportatore che partirà dal piazzale di stoccaggio e smistamento a quota 486.40 m.s.m. per arrivare al nodo di monte a quota 601,75 m.s.m..

Per caricare gli inerti sul nastro si utilizzeranno tre tramogge di circa 15 m³ l'una posizionate al di sopra dello stesso. Per mezzo di sensori volumetrici installati nelle vasche, sarà possibile erogare una quantità costante ma variabile (a seconda delle necessità produttive del cantiere di monte) di inerte direttamente sul nastro. Il nastro, per poter garantire nel cantiere di monte un accumulo superiore al consumo giornaliero al fine di poter continuare le lavorazioni anche in caso di guasto agli impianti di valle, dovrà essere in grado di trasportare almeno 90 m³/h il che vuol dire che il tempo di svuotamento delle singole tramogge sarà di circa 10 minuti. Pertanto le vasche saranno tre al fine di non interrompere il trasporto col nastro durante le fasi di carico delle tramogge, infatti durante lo svuotamento della prima si potrà caricare, mediante pala gommata, la seconda e la terza che si apriranno man mano con lo svuotamento di quella precedente e così via. Inoltre, nel caso di guasto di una delle tre, sarà possibile continuare il trasporto con le due rimanenti.

Come già detto, il carico delle tramogge avverrà dall'alto mediante pala gommata dal piazzale che si andrà a realizzare a quota 490,90 m.s.m.. La realizzazione di questo piazzale è stata subordinata dalla necessità di avere uno spazio adeguato allo stoccaggio sino a cinque classi di inerti necessari per il confezionamento del calcestruzzo e dalla necessità di voler caricare le tramogge in minor tempo con le pale gommate. Nonostante le due classi di inerti di maggior

pezzatura siano previste da produrre direttamente in sito, si è previsto due spazi aggiuntivo per lo stoccaggio di ulteriori quantitativi di tali pezzature da integrare a quelle prodotte.

Le cinque diverse granulometrie verranno stoccate separatamente all'interno di spazi delimitati da muri di contenimento alti 4,00 m realizzati in c.a. che si eleveranno al di sopra del piazzale di movimentazione a quota 490,90 m.s.m.. Ogni singola zona sarà in grado di contenere circa 400 m³ di inerte. Questi volumi derivano dal fatto che la produzione giornaliera (due turni di 8 ore) di cls nel cantiere di monte sarà di circa 600 m³/d, il che vuol dire utilizzare circa 720 m³/d di inerti. Di questi, come detto, circa il 46,50% sarà prodotto in sito mediante frantumazione della roccia esistente derivante dallo scavo. Volendo mantenere quindi un accumulo tale da poter continuare le lavorazioni per almeno 2 giorni in caso di mancata fornitura, si è calcolato un volume di stoccaggio per la singola pezzatura di 400 m³ che, in totale, creano 2000 m³ di stoccaggio in grado di mantenere le scorte per circa 2 giorni.

L'apporto di inerti nelle singole aree di stoccaggio sarà garantito dai mezzi di trasporto che potranno accedere all'area mediante rampe che partiranno da quota 486,40 m.s.m. aventi una pendenza media del 13%. L'accesso e la circolazione dei mezzi all'interno dell'area di deposito sono stati studiati al fine di limitare le interferenze tra i mezzi e facilitare l'uscita e l'immissione sulla S.P. 113, infatti si è ipotizzata una circolazione antioraria che garantisce grande praticità e snellezza nelle operazioni.

Per realizzare il piazzale di movimentazione inerti a 490,90 m.s.m. (tav. C02 e C03 sez. B-B) si dovranno innalzare, verso la zona interna, delle trincee in c.a. aventi uno spessore di 80 cm che permetteranno di contenere il materiale proveniente dallo smarino della galleria in progetto. Anche lungo la strada provinciale, in particolare dall'ingresso del cantiere fino all'incrocio per Coggiola (tav C02), si dovrà prevedere un'opera di contenimento del materiale di nuovo apporto in quanto la strada in quel tratto risulta al di sotto della quota di progetto. Pertanto verranno realizzate delle opere di contenimento mediante l'ausilio di terra armata che permetteranno di ridurre in primis l'ingombro delle scarpate che si andranno a formare e successivamente l'impatto ambientale in quanto al termine della posa tutto il tratto verrà inerbito mediante idrosemina.

Il materiale necessario per la realizzazione del terrazzamento sarà di circa 7000 m³ e verrà costipato mediante rullo compattatore per strati successivi di spessore non superiore a 30 cm. Con tale soluzione si andrà a risolvere parte del problema dello smaltimento del materiale di smarino e si annulleranno le spese che si dovrebbero sostenere se si dovesse comprare del materiale e trasportarlo in loco.

4.2.1.3 Fase di scavo della galleria

Prima di iniziare con lo scavo della galleria, si dovrà realizzare il piazzale di stoccaggio e movimentazione previsto a quota 486,40 m.s.m. per poter installare il treno necessario alle operazioni di smarino e per creare un primo spazio di accumulo del materiale scavato. Il piano così creato si prolungherà fino all'imbocco della galleria (tav. C03 sez. C-C).

Come già accennato il collegamento tra il nodo di valle ed il nodo di monte avverrà mediante una galleria all'interno della quale verranno sistemati i sistemi di trasporto precedentemente indicati. La galleria vera e propria verrà realizzata in parte mediante scavo meccanizzato con l'impiego di una fresa a testa rotante "TBM" ed in parte utilizzando lo scavo in tradizionale (vedere tavole geologiche allegate). Per quanto riguarda la parte di scavo meccanizzato il diametro di progetto sarà di 5,00 m con una sezione utile di scavo pari a 19,63 m², e si svilupperà per circa 3656 m. Il materiale proveniente dallo smarino (71767 m³) verrà in parte utilizzato per creare il piano di camminamento in galleria (6700 m³) e in parte per il riempimento delle trincee del nodo di valle (7000 m³), la parte eccedente verrà trasportata in zone apposite per poter venire successivamente riutilizzata. Per ulteriori dettagli in merito alle fasi realizzative della galleria, si rimanda alla relazione geologica allegata.

4.2.1.4 Avviamento del cantiere di valle

Al termine delle operazioni sopra descritte si potrà iniziare l'installazione delle ultime apparecchiature necessarie. Tra queste si collocano i silo di stoccaggio del cemento in polvere ed il nastro trasportatore. Per quanto riguarda il trasporto degli inerti col nastro si è già descritto il funzionamento, mentre per quanto riguarda il trasporto del cemento in polvere si utilizzeranno dei carrelli speciali che verranno trainati dal treno. Il cemento verrà spinto nei carrelli mediante aria compressa e ogni vagoncino sarà in grado di trasportare all'incirca 2.85 mc. Per lo stoccaggio del cemento si installeranno, sia per il nodo di valle che per quello di monte, tre silo da 85÷90 m³ l'uno al fine di avere scorte sufficienti per continuare le lavorazioni in caso di avaria dei mezzi di trasporto.

4.2.2 Nodo di monte (Piancone)

Il successivo complesso di stoccaggio e smistamento denominato "nodo di monte" è stato individuato in prossimità della centrale idroelettrica denominata "Piancone 1" raggiungibile mediante una scomoda e tortuosa pista sterrata che parte dal comune di Trivero.

Attualmente in questa zona non vi sono gli spazi idonei ad ospitare le infrastrutture necessarie allo stoccaggio ed allo smistamento dei materiali da costruzione destinati al corpo diga nel cantiere di monte, pertanto sarà necessario intervenire per creare la situazione più adatta a tale scopo.

Per il trasporto dei materiali verso il cantiere terminale di monte, si andrà ad utilizzare una teleferica ad ammortamento automatico che permetterà, mediante l'impiego di opportuni carrelli, di trasportare agevolmente inerti e cemento per la produzione del calcestruzzo, che i materiali in genere necessari alla realizzazione del corpo diga e dei manufatti accessori. Le apparecchiature di comando e controllo, i sistemi di trasporto provenienti dal nodo di valle, le aree di stoccaggio e la stazione della teleferica saranno sistemati all'interno di un'opportuna struttura in carpenteria metallica.

Come già detto in precedenza, tutto il materiale verrà portato a questa stazione utilizzando la galleria in progetto mediante nastro trasportatore e convoglio ferroviario. Questo tratto di galleria verrà scavato con l'ausilio di fresa a testa rotante "TBM" e, nel momento in cui sboccherà in questa zona (tav. C06), sarà necessario estrarla pezzo per pezzo. Per poter eseguire agevolmente questa operazione sarà necessario realizzare un piazzale che servirà in primis per l'estrazione della fresa e successivamente come deposito preliminare per i materiali necessari alla costruzione della piattaforma del capannone (tav. C07).

Per la realizzazione di questo piazzale (tav. C06) in destra orografica a monte del ponte esistente, sarà necessario innanzi tutto demolire la struttura adibita attualmente a deposito e successivamente elevare un nuovo muro di contenimento in c.a. che si andrà in un secondo tempo a riempire con materiale proveniente dall'attiguo scavo dell'opera di captazione andando a raggiungere la quota di progetto 601,75 m.s.m. (quota del piano di camminamento).

La piattaforma che ospiterà la partenza della teleferica, l'arrivo della ferrovia e l'area di stoccaggio, verrà realizzata al di sopra del torrente Sessera previa realizzazione di opportuni setti in cemento armato per il sostegno della struttura (tav. C06 sez. B-B e C07) e avrà una forma trapezia. Le dimensioni delle due basi saranno di 46,65 m e 39,25 m, mentre i lati minori misureranno 35,50 m e 36,25 m per una superficie complessiva di 1525 m².

La struttura portante sarà in travi reticolari in acciaio realizzate con profilato tipo HEM 300 sulla quale si andranno a posare delle lamiere grecate con funzione portante. Le travi avranno un'altezza di 2.00 m e saranno posate formando un graticcio. Il tutto verrà successivamente consolidato mediante un getto di calcestruzzo preventivamente armato con della rete elettrosaldata

φ10 maglia 20x20 cm che porterà il piano finito alla quota di progetto 601,75 m.s.m.. La soletta così realizzata avrà uno spessore di 50 cm.

A maturazione avvenuta del getto si realizzerà il capannone in carpenteria metallica che andrà a coprire la parte destinata allo stoccaggio ed alla movimentazione dei materiali da costruzione (tav. C07 e C08). La costruzione avrà una struttura portante in capriate in acciaio ed una copertura in lamiera d'acciaio. Tutto il perimetro, esclusa la parete verso monte, verrà rivestito anch'esso in lamiera. La struttura così realizzata avrà una dimensione in pianta di 38,30x35,50 m, ed al colmo misurerà 13,65 m. La superficie coperta sarà di 1364,25 m².

Le singole parti in acciaio del basamento che del capannone, sono state studiate in maniera tale da poterle trasportare agevolmente fino al nodo di monte mediante l'impiego del treno. Successivamente verranno assemblate nelle vicinanze della zona di posa per poter venire movimentate con idonei mezzi.

Il calcestruzzo che verrà utilizzato per la realizzazione delle elevazioni e della soletta del basamento, verrà realizzato in loco mediante l'impiego di una centrale di betonaggio mobile e gli inerti necessari verranno prodotti mediante l'uso di un frantoio mobile posizionato nelle vicinanze della centrale idroelettrica che sarà alimentato con il materiale proveniente dallo scavo della vasca dell'opera di captazione (tav. C06).

L'impianto di betonaggio sarà in grado di produrre circa 45 m³/h, avrà tre tramogge per il carico degli inerti da 8 m³ l'una e sarà corredata da silo per lo stoccaggio del cemento in polvere.

Al fine di mitigare l'intervento, tutti i muri di contenimento verranno rivestiti con pietra a spacco per adeguarli alle strutture già presenti in loco. Inoltre, per poter eseguire in sicurezza tutti gli interventi in alveo, prima dell'inizio di qualsiasi lavorazione sarà necessario realizzare una tura in massi ciclopici che verrà spostata man mano con l'avanzamento delle lavorazioni per non andare ad interferire con il normale deflusso delle acque del torrente Sessera.

4.2.2.1 Analisi dimensionale mezzi di trasporto

La necessità primaria di trasporto durante tutto il periodo di cantierizzazione è il trasporto a monte dei componenti del calcestruzzo, inerti e cemento. La produzione giornaliera (su due turni di 8 ore) preventivata di calcestruzzo per la realizzazione del corpo diga sarà di 600 m³/d, a cui corrisponde una quantità di 720 m³/d di inerti di cui circa 335 m³/d saranno approvvigionati dal nodo di valle. Come già accennato in precedenza si utilizzeranno 5 pezzature differenti, di cui 3 verranno stoccate separatamente in apposite trincee nel nodo di valle. Il volume accumulabile per ogni trincea sarà di 400 m³ circa, necessari a garantire una portata continua al cantiere di monte per

2 giorni e 19 ore nel caso in cui si dovessero avere problemi di fornitura presso il nodo di valle. Nel caso in cui si avessero invece problemi ai sistemi di trasporto installati in cantiere, si è previsto uno stoccaggio a monte che permetta di continuare le lavorazioni per 2 giorni.

Pertanto il nastro trasportatore che si andrà ad installare in galleria dovrà avere una portata minima di $90 \text{ m}^3/\text{h}$ che verranno regolati in base al consumo giornaliero di inerti nel cantiere di monte.

Il nastro trasportatore, nel nodo di monte, in maniera automatica caricherà una tramoggia rotante che a sua volta caricherà i carrelli della teleferica diretti verso il cantiere del corpo diga. Tutto il processo verrà controllato elettronicamente da opportuni apparati installati nella stazione della teleferica che potranno venire regolati ad-hoc a seconda della richiesta di materiali da monte.

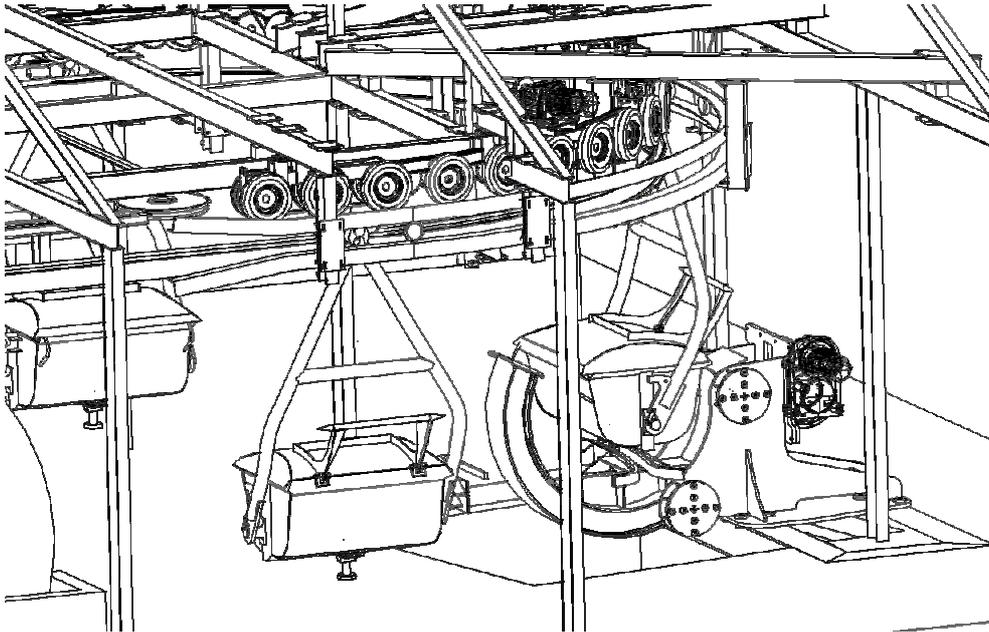
Oltre al nastro trasportatore verrà installato nella galleria anche un treno che servirà a trasportare i materiali non movimentabili attraverso il nastro. In primis si trasporterà il cemento in polvere destinato al cantiere di monte che ammonterà a $129 \text{ m}^3/\text{d}$.

Il cemento in polvere verrà stoccato nel nodo di valle e nel nodo di monte in 3 silo dalla capacità di circa 95 m^3 l'uno per un totale di 285 m^3 per ogni nodo. Con questi volumi si sarà in grado di garantire un accumulo per 2 giorni e 5 ore. Il cemento verrà caricato in appositi vagoni nel nodo di valle e successivamente scaricato e stoccato nei silo del nodo di monte mediante aria compressa. Da qui in poi, sempre con analogo procedimento, verranno riempiti speciali vagoncini, aventi un volume utile di circa $0,80 \text{ mc}$ l'uno, che verranno immessi sulla linea della teleferica.

4.3 *Nodo diga*

I materiali caricati sui carrelli della linea teleferica con sistemi diversi a seconda della tipologia di materiale, giungeranno presso il cantiere della diga, presso il quale verrà realizzato una struttura di cantiere articolata. La descrizione di tale struttura è rimandata al capitolo seguente in cui si andrà a spiegare le singole parti della struttura e la funzione che ricoprono nello schema funzionale del cantiere.

Gli inerti, giunti nella stazione di monte, verranno scaricati con modalità analoghe al caricamento eseguito nel nodo del Piancone. Il materiale trasportato verrà quindi stoccato in vasche di accumulo posizionate al di sotto del piano di arrivo posto a quota $916,00 \text{ m.s.m.}$. Le vasche saranno cinque come il numero di pezzature di inerti necessari al confezionamento del calcestruzzo e avranno capacità unitaria di circa 2.000 m^3 . Anche in questa stazione i vagoncini potranno essere tolti dalla linea principale per permettere lo scarico dei materiali diversi dagli inerti.



sistema di svuotamento automatico dei vagoni con gli inerti nella stazione di monte

Il cemento verrà stoccato in silos monolitici in acciaio e verrà movimentato per mezzo di aria compressa.



silos simili a quelli che verranno installati nei centri di smistamento

Gli inerti verranno successivamente estratti dai depositi mediante nastri trasportatori e andranno a caricare le tramogge dosatrici dell'impianto di betonaggio. Queste rilasceranno la dose esatta di inerte previsto dal mix-design e lo scaricheranno all'interno dei miscelatori che doseranno a loro volta acqua e cemento.

Il calcestruzzo così confezionato verrà caricato e movimentato per mezzo di due gru a torre in appositi cestelli. L'impianto di betonaggio avrà una potenzialità di circa 80 mc/h e potrà quindi fornire la quantità di calcestruzzo giornaliera prevista in progetto. I getti verranno eseguiti in successione con uno sviluppo dei conci a scacchiera, come riportato sulle tavole progettuali.

Per una completa illustrazione delle fasi di esecuzione dell'opera si rimanda al paragrafo successivo.

5. CANTIERISTICA DIGA

Le opere infrastrutturali strategiche, qual'è la diga in progetto, richiedono vista la complessità, una particolare attenzione in fase di progettazione per lo sviluppo di tutte le problematiche di esercizio dell'opera. Non meno attenzione è stata riservata però alla cantierizzazione dell'opera che, viste le dimensioni e le quantità di materiale in gioco, necessita un'analisi sulla logistica di approvvigionamento dei materiali, come analizzato nei capitoli precedenti, ma anche ad un'attenta analisi delle capacità produttive e organizzative del cantiere in sito. Di seguito si andranno ad descrivere nel dettaglio le operazioni propedeutiche al cantiere, le opere provvisoriale e le modalità di realizzazione dell'opera.

5.1 *Opere provvisoriale e allestimenti cantiere*

La limitata disponibilità di aree per l'installazione del cantiere e l'ingente quantità di mezzi e materiali in gioco hanno portato alla necessità di realizzare opere ad hoc per l'installazione delle tramogge per lo stoccaggio degli inerti, per il confezionamento del calcestruzzo e per l'installazione di attrezzature di vario genere. È stato pertanto necessario prevedere in sponda sinistra una struttura in ca gettato in opera, riportata sull'elaborato grafico DP11, che grazie ad una serie di terrazzamenti, permetterà l'installazione della stazione di arrivo della teleferica, delle vasche di accumulo degli inerti, le tramogge per il confezionamento e l'impianto di confezionamento del calcestruzzo.

La struttura sarà realizzata come detto in ca gettato in opera, previa realizzazione degli scavi e della realizzazione di chiodature della superficie di fondazione, eseguite mediante carotaggio della roccia naturale e successiva cementazione del foro.

L'edificio sarà costituita da pilastri di dimensione 1,00x1,00 m di altezze variabili, travi di dimensione 0,70x1,50 m e 0,40x0,70 e solai in latero-cemento.

La struttura ospitante la stazione di arrivo della teleferica sarà realizzata a quota 916,00 m.s.m., in parte ricadente sulla struttura sopra descritta e in parte su una platea in ca. La struttura, eseguita in acciaio, sarà simile a quella prevista per il nodo di smistamento del Piancone e ospiterà, oltre alla stazione di arrivo della teleferica, un'area per il distacco dei carrelli e lo scarico degli stessi nelle vasche di stoccaggio.

A lato dell'edificio sopra descritto verrà realizzata un'ulteriore piattaforma in ca per lo stoccaggio dei materiali vari, quali casseri, ferri, serbatoio dell'acqua e del carburante ...

La realizzazione di queste prime strutture risulterà piuttosto difficoltosa, vista l'assenza in loco di un impianto di betonaggio e di un efficiente sistema di trasporto. Sarà quindi necessario trasportare casseri, ferri e ponteggi dal nodo del Piancone sino al sito diga mediante mezzi gommati. Il calcestruzzo per i getti verrà trasportato mediante autobetoniere di piccole dimensioni per permetterne il transito sulla strada sterrata di collegamento al sito diga.

5.2 *Movimenti terra e regimazione delle acque*

Come detto nella relazione tecnica, il volume di roccia derivante dallo scavo della diga risulterà nell'ordine di circa 120.000 m³ che, una volta stoccato a causa del rigonfiamento naturale del materiale smosso risulterà volumetricamente pari a circa 150.000 m³. Questo materiale verrà ad essere stoccato sul fondo valle, previa realizzazione di un condotto scatolare in ca. Tale scatolare di dimensioni interne 4,00 x 6,00 m avrà pareti di spessore 1,00 m e uno sviluppo di circa 120 m, realizzato in due fasi successive, come riportato negli elaborati di progetto, al fine di seguire l'avanzamento degli scavi.

Il materiale di risulta degli scavi, prevalentemente roccia, avrà una di pezzatura massima intorno ai 60 cm e verrà stoccato in sito per poter essere successivamente frantumato e riutilizzato per il confezionamento del calcestruzzo.

Tale materiale verrà inoltre in parte utilizzato per l'esecuzione di ture temporanee per la realizzazione in primis delle operazioni di scavo della fondazione, in seguito per le operazioni di iniezione dello schermo di impermeabilizzazione e infine per la l'esecuzione dei primi getti di fondazione.

La pezzatura massima di 60 cm di diametro è definita per permettere la lavorazione dell'inerte da parte del frantoio mobile che verrà installato in sponda destra dal torrente Sessera. Per ridurre problematiche riguardo la differenziazione delle granulometrie e la modifica continua della spaziatura delle ganasce del frantoio, si produrrà in sito solo le due classi granulometriche di maggior dimensione.



Come riportato sulla relazione tecnica generale la quantità di materiale stoccato risulta più che sufficiente agli utilizzi previsti.

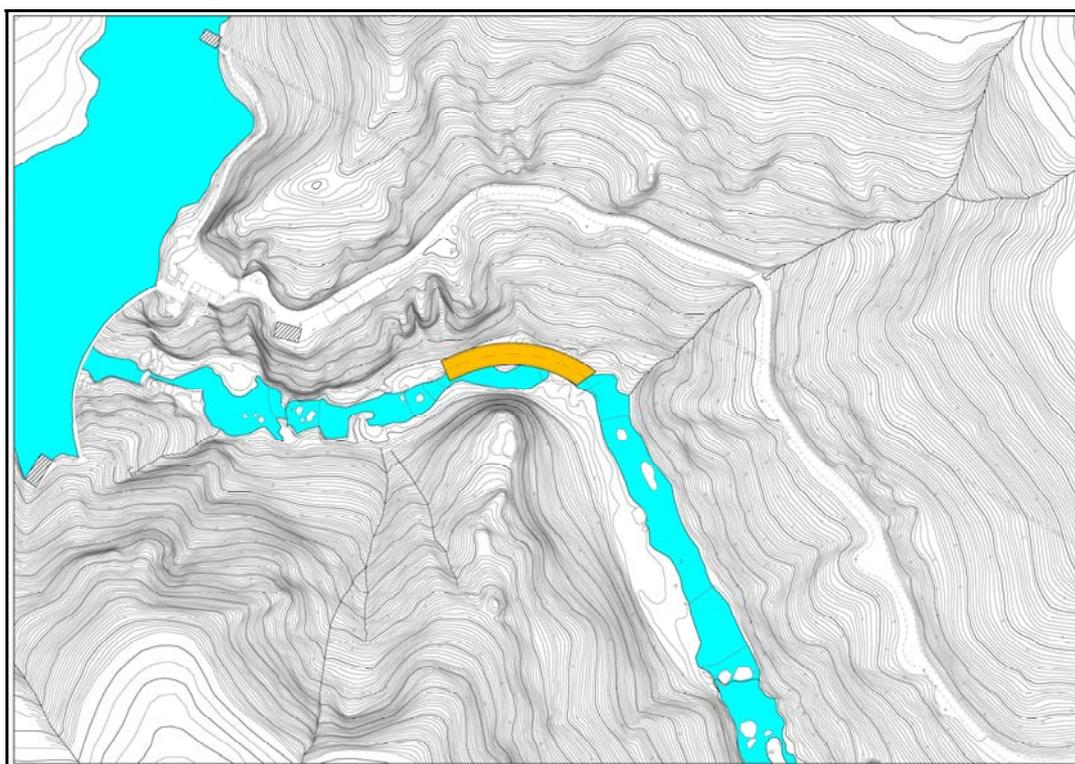
5.3 *Esecuzione delle opere*

La realizzazione della diga in progetto passa attraverso fasi di cantiere ben definite che partono dagli scavi all'allestimento del cantiere, alle opere di deviazione provvisoria delle acque ai getti progressivi dello sbarramento.

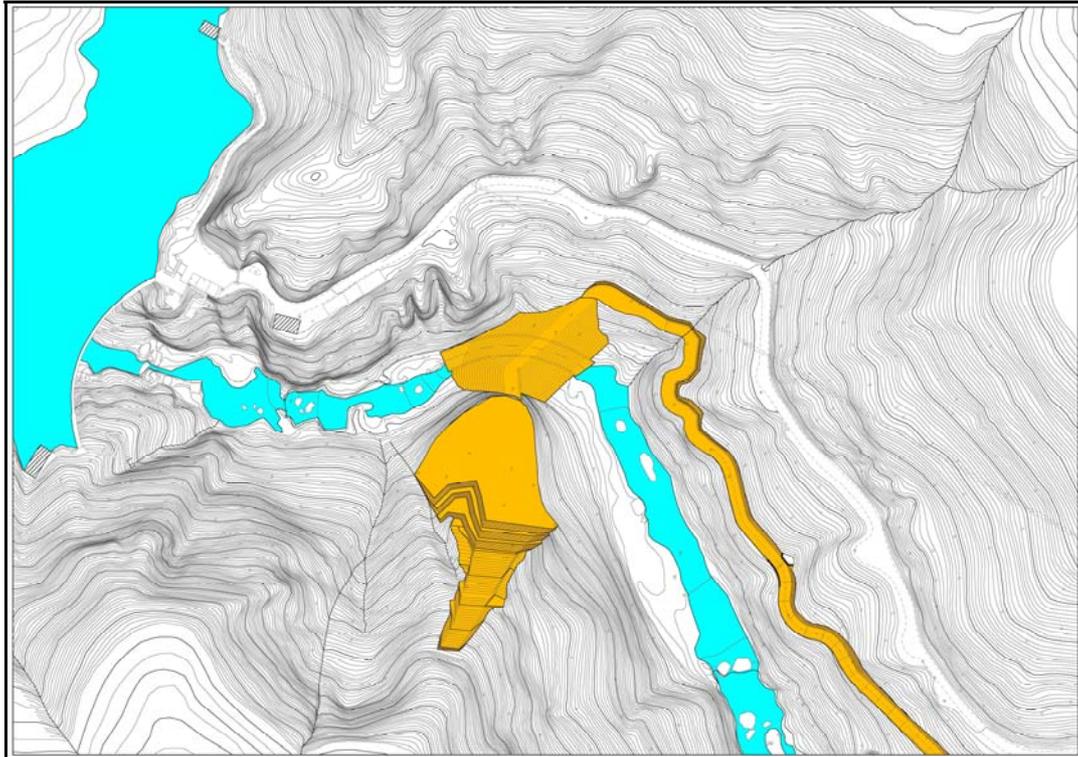
Le opere provvisionali, sono state progettate per garantire livelli prestazionali e di fruizione tali da permettere i livelli di produzione giornaliera previsti dal progetto. Sono inoltre state studiate in modo da garantire una loro completa rimozione a fine cantiere e l'occultamento dei segni della loro preesistenza a fine lavori. È stato infatti previsto l'installazione del cantiere in una porzione di alveo interessata dalla sommersione del nuovo invaso.

5.3.1 *Fase 1*

L'installazione del cantiere passa attraverso alcune fasi propedeutiche per la preparazione del sito ad ospitare le opere provvisionali. Si procederà inizialmente con la realizzazione della prima porzione di scatolare in ca gettato in opera nell'alveo del torrente Sessera.



Questo permetterà di realizzare la nuova strada di accesso alla diga (tratto C-D) mediante l'esecuzione di scavo in roccia e di tutte le opere definitive inerenti ad essa (muri di sostegno, chiodature...). Il materiale derivante dallo scavo della nuova strada verrà frantumato e utilizzato per la realizzazione di una prima ricarica delle strade di cantiere a raggiungere il sito diga.



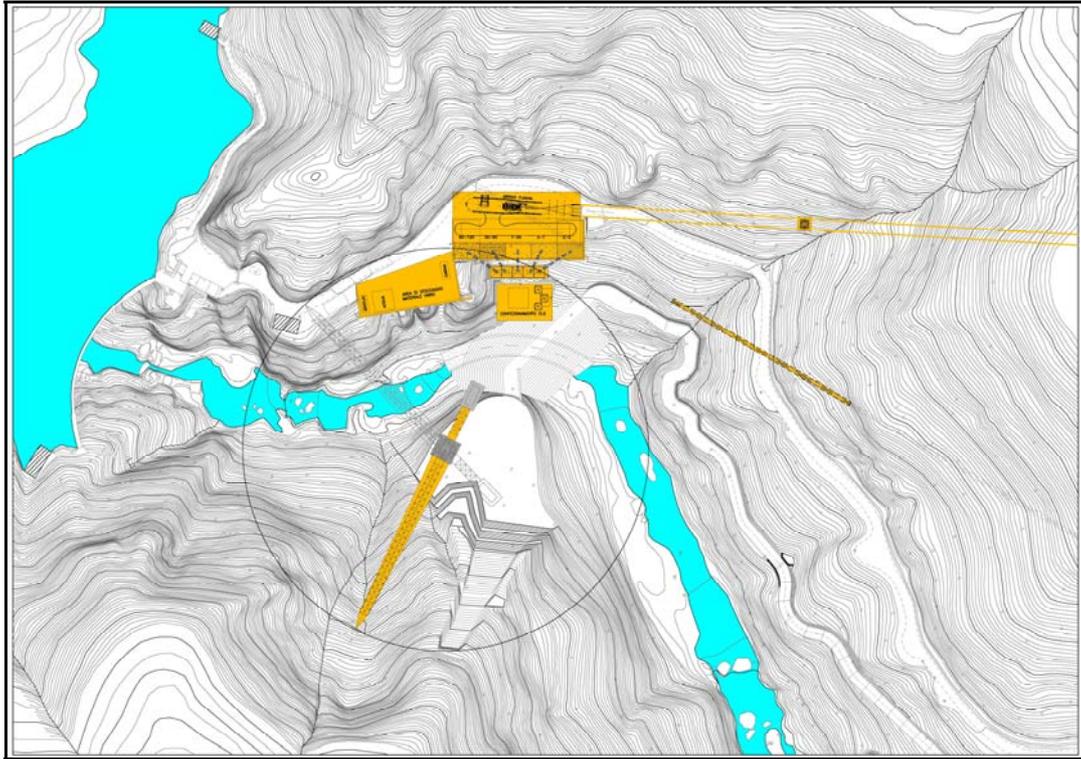
Ultimato lo scatolare in fondo alveo per la tombinatura del torrente Sessera si procederà all'esecuzione degli scavi di fondazione in sponda destra. In concomitanza si procederà alla realizzazione degli scavi in sponda sinistra per l'installazione del cantiere.

5.3.2 Fase 2

Nella seconda fase si procederà alla realizzazione delle strutture di cantiere per l'alloggiamento della stazione di arrivo della teleferica, dei silos di stoccaggio e dell'impianto di betonaggio descritti nei precedenti paragrafi. Si procederà inoltre all'installazione della gru prevista in sponda destra e del frantoio.

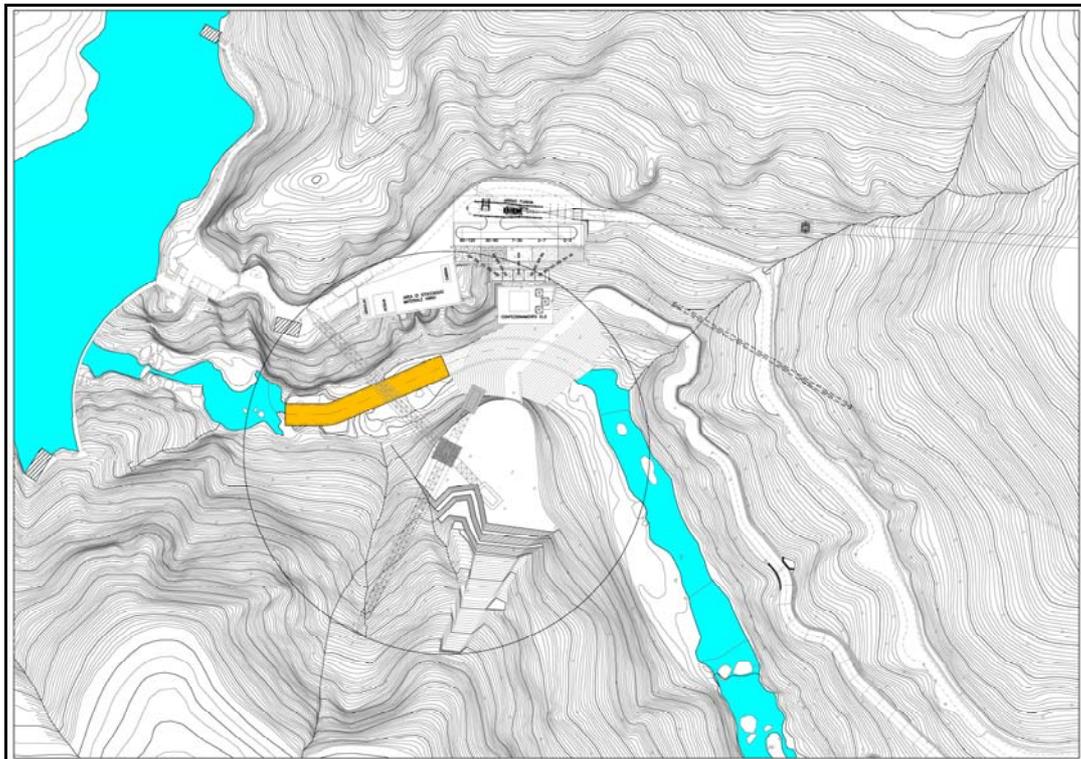
Per evitare in fase di scavo cedimenti o fessurazioni delle pareti della cunicolo di derivazione esistente, si andrà ad intubare il cunicolo in corrispondenza del tratto sottostante la fondazione della diga in sponda sinistra. Per fare ciò verrà posata una tubazione in acciaio DN 1600 con successivo intasamento con ca dell'intercapedine tra tubazione e roccia il tutto per una lunghezza di circa 80 m. La tubazione presenterà delle predisposizioni, in particolare pezzi speciali ad Y nel tratto iniziale e finale, per la deviazione della derivazione nelle fasi successive.

In tale fase si andranno quindi ad attivare la nuova linea elettrica posata lungo strada, per l'alimentazione delle utenze di cantiere, tra cui la stazione di arrivo della teleferica. Installato l'impianto di betonaggio e tutto il sistema di confezionamento del calcestruzzo si procederà alla realizzazione della seconda piattaforma di cantiere per il deposito dei materiali vari trasportati con la teleferica.



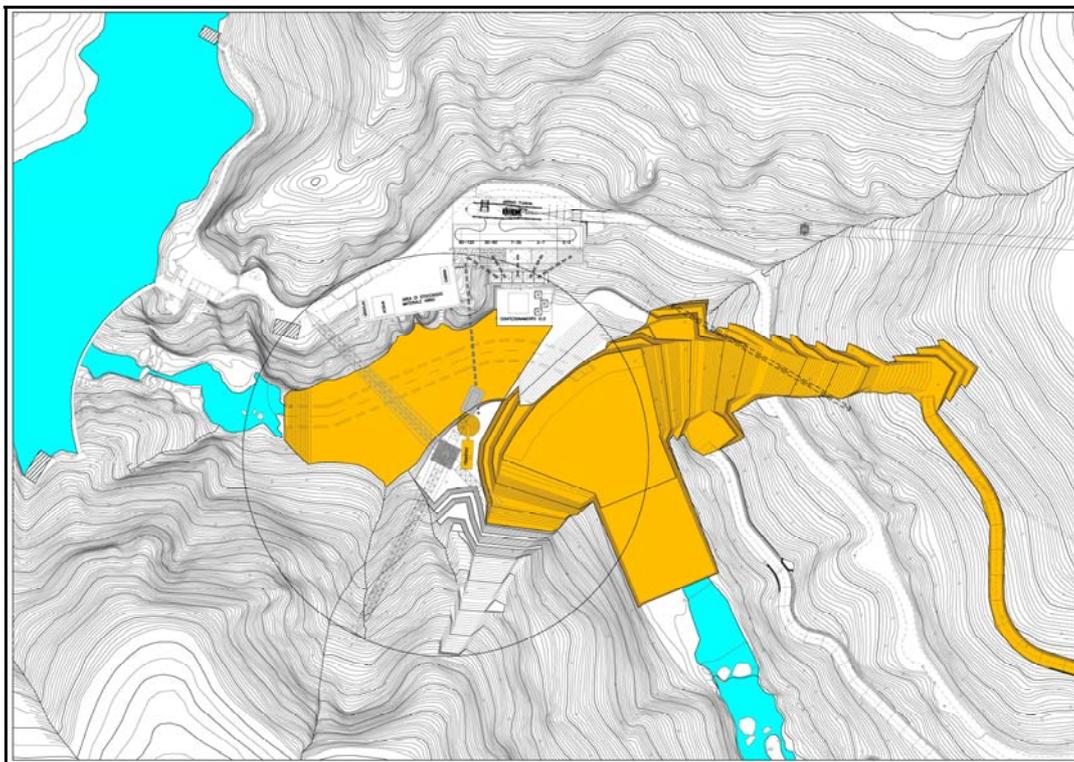
5.3.3 Fase 3

In tale fase si andrà ad estendere lo scatolare provvisorio nell'alveo del torrente, al fine di consentire lo stoccaggio del materiale derivante dagli scavi nelle fasi successive.



Lo scatolare, come riportato nella relazione idraulica allegata al progetto, è progettato per esitare portate di piena sino a $500 \text{ m}^3/\text{s}$ con tempo di ritorno di 50 anni.

In tale fase si procederà alla realizzazione della strada di accesso al coronamento e all'esecuzione degli scavi in sponda sinistra ed in alveo. Il materiale di risulta verrà stoccato sempre in alveo sullo scatolare per il tombinamento del torrente Sessera.



Nella presente fase si dovrà procedere all'esecuzione di ture provvisorie per deviare il flusso dell'acqua del torrente e consentire l'esecuzione degli scavi nel fondo valle. Si procederà quindi alla realizzazione delle perforazioni per l'esecuzione delle successive iniezioni dello schermo di tenuta.

5.3.4 Fase 4

Si proseguirà in questa fase con l'esecuzione delle iniezioni per lo schermo di tenuta e si procederà all'esecuzione della galleria di collegamento tra l'edificio di ripartizione in progetto e la galleria di derivazione esistente. Le modalità di esecuzione di tale galleria sono riportate nell'apposita tavola di progetto. Dovrà essere eseguita di seguito una deviazione della galleria di derivazione esistente, mediante la posa di una tubazione in acciaio DN 2000 posata a mezza costa.

La tubazione che partirà poco a valle della finestra d'ispezione della galleria esistente, passerà in corrispondenza del piano di posa della torre di presa in progetto, proseguirà verso il nuovo edificio di ripartizione dello scarico di mezzo-fondo e si immetterà nella galleria di derivazione esistente. Si dovrà quindi predisporre già tutte le opere previste in galleria, cioè

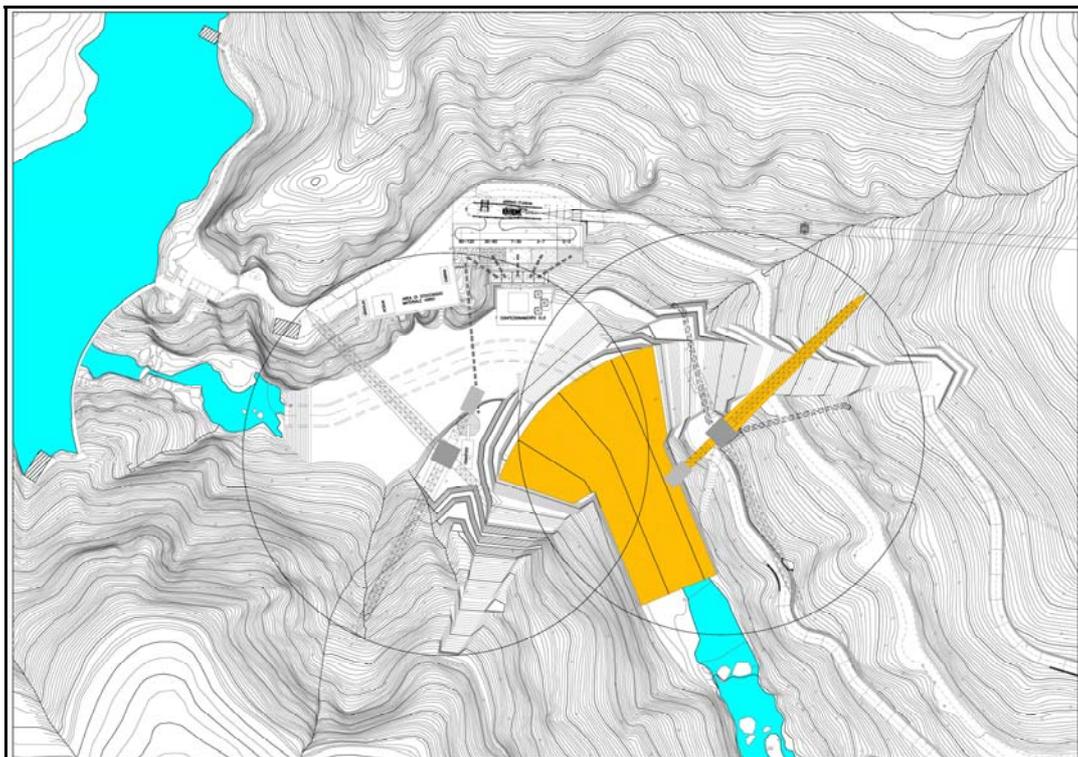
rivestimenti, blindatura del primo tratto di sbocco della tubazione e selle per l'appoggio della condotta.

In corrispondenza dell'edificio di ripartizione si dovrà realizzare il getto di base per l'edificio di ripartizione, inglobando al suo interno lo scatolare a Y che ospiterà le paratoie. Le paratoie non verranno installate in questa fase e i vani destinati ad ospitarle verranno sigillate con dei coperchi flangiati. La tubazione dovrà inoltre prevedere le predisposizioni per la successiva installazione del venturimetro, del pezzo speciale in corrispondenza della torre di presa e la deviazione per lo scarico di mezzo-fondo dal locale di manovra. Tali diramazioni in tale fase dovranno essere chiuse per mezzo di flange cieche.

5.3.5 Fase 5

A questo punto sarà possibile installare la seconda gru a torre utilizzando come basamento il blocco di ancoraggio del manufatto di ripartizione dello scarico di mezzo-fondo.

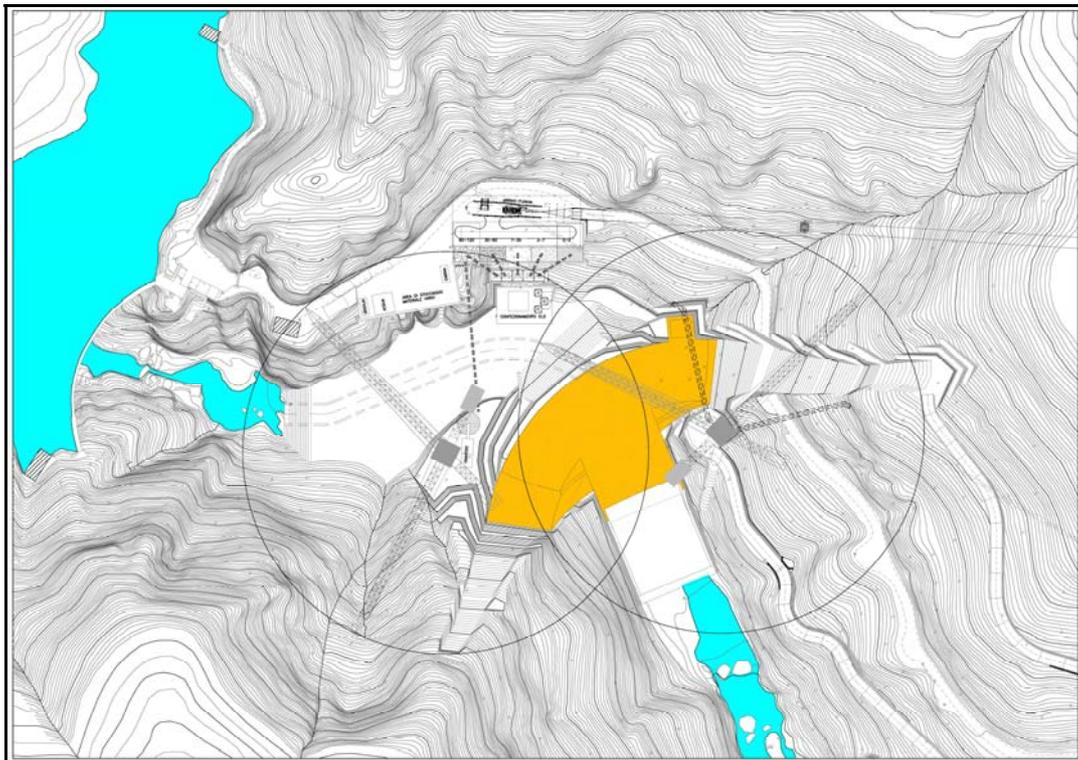
Fatto ciò si procederà alla realizzazione dei primi getti del corpo diga con l'inglobamento dello scatolare in acciaio dello scarico di fondo. Tale apertura all'interno del corpo diga, di dimensione 4,00x4,00 coinciderà con il tratto terminale dello scatolare in ca di tombinatura del torrente e permetterà l'allontanamento delle portate di piena del Sessera. È da evidenziare che a monte del cantiere persisterà la diga esistente che, seppur limitatamente, potrà fungere da bacino di laminazione per lo smorzamento della portata in arrivo.



Nell'eseguire i getti si andranno ad inserire anche tutte le strumentazioni di misura previste da annegare nel getto, nonché la tubazione per lo scarico di fondo e per le areazioni dello scarico di fondo.

5.3.6 Fase 6

Si procederà in questa fase all'esecuzione dei getti della diga a salire. Il proseguimento dei getti farà sì che il materiale di scavo precedentemente stoccato e frantumato per essere utilizzato per il confezionamento del calcestruzzo, venga a diminuire di volume, riducendo progressivamente il piazzale.

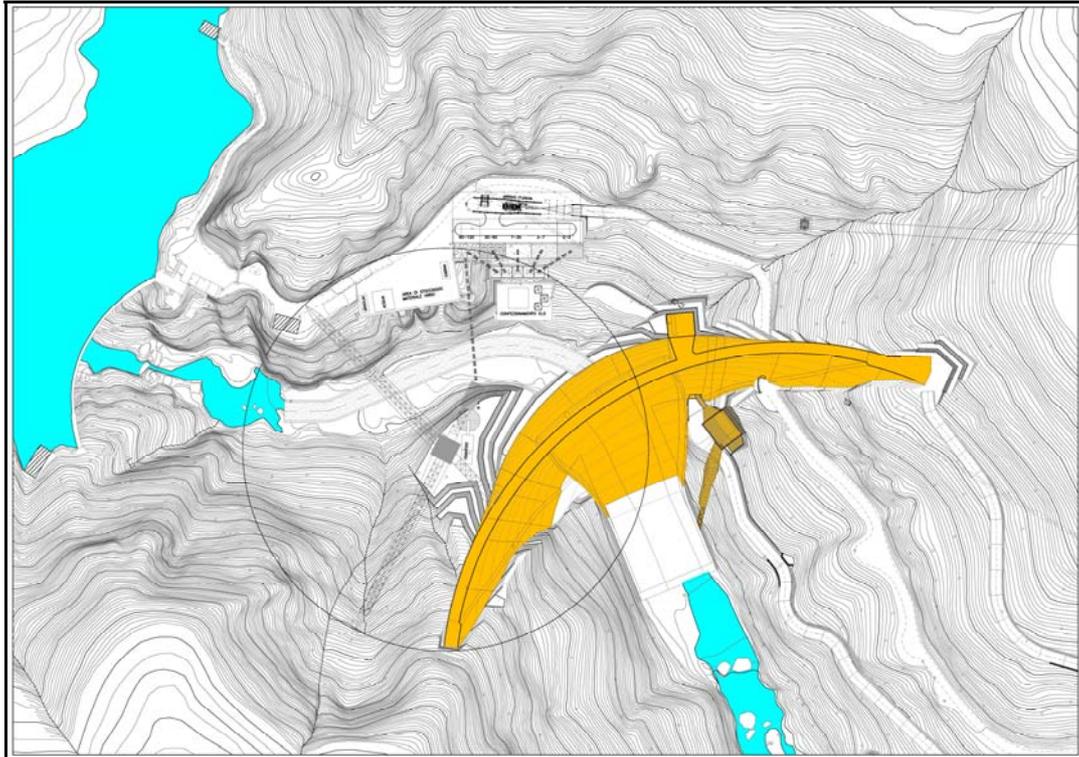


In tale fase si dovrà inoltre posare la tubazione di scarico di mezzo fondo e gli elementi della tubazione dell'opera di presa all'edificio di manovra del mezzo-fondo.

Vi saranno alcune temporanee interruzioni della derivazione dalla diga esistente al fine di poter eseguire le operazioni di allaccio della tubazione in progetto già posata con la condotta di rilascio di mezzo-fondo inglobata nel corpo diga.

5.3.7 Fase 7

In questa fase si procederà all'ultimazione dei getti della diga sino a quota coronamento e si ultimeranno le opere accessorie allo sbarramento, quali l'edificio di manovra, l'edificio sovrastante l'opera di presa, carpenterie, impianti elettrici, sistemi di misura, etc.



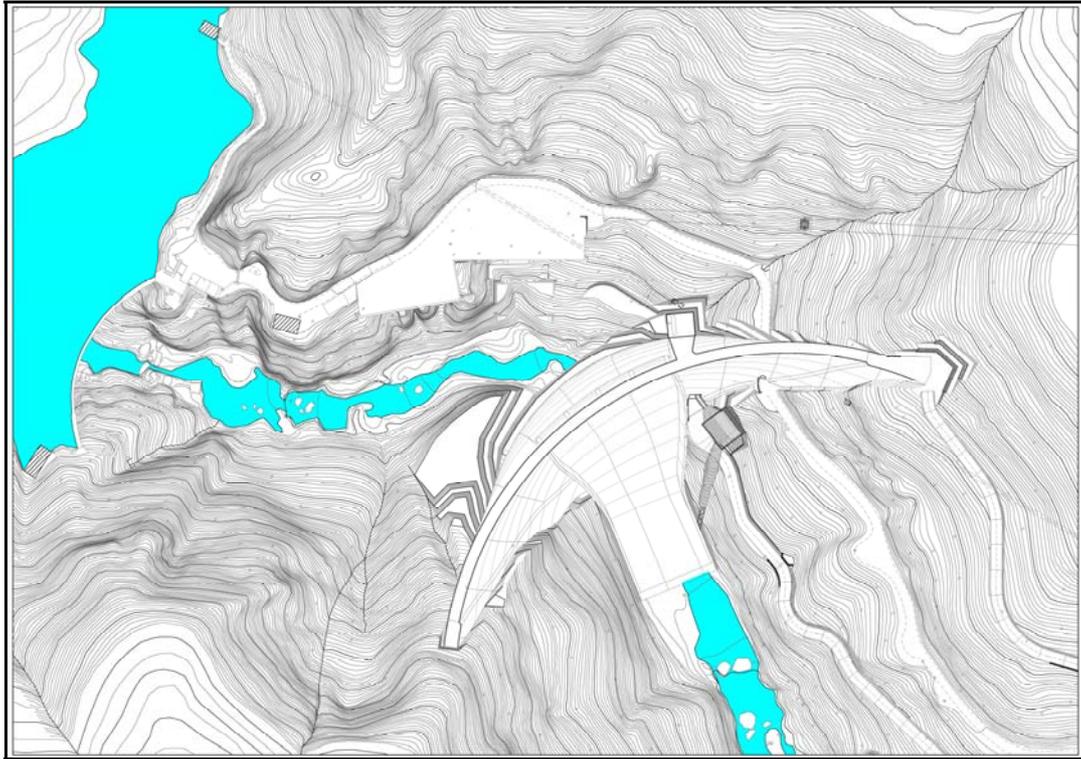
Si potrà inoltre procedere alla rimozione della gru a torre in sponda sinistra e si ultimerà la posa delle tubazioni all'interno dell'opera di presa.

Si procederà di seguito alla demolizione dello scatolare per il tombinamento del torrente Sessera. Il ferro d'armatura verrà allontanato mentre il calcestruzzo verrà frantumato e, previa miscelazione con un collante atossico e trasparente, utilizzato per la ricarica delle strade di accesso al sito diga.

5.3.8 Fase 8

Ultimate le operazioni di sistemazione finale delle strade e l'opera stessa si procederà alla rimozione progressiva del cantiere e alla demolizione di tutte le opere provvisorie. La rimozione sarà graduale, con lo smantellamento della gru rimanente, dell'impianto di betonaggio e del frantoio. Fatto questo verrà il turno della stazione della teleferica e di seguito della struttura in ca che ospitava tutto il sistema di cantiere.

Si ultimeranno in questa fase anche le opere accessorie quali la casa di guardia, l'inghiaimento delle strade di accesso, l'impianto di illuminazione delle strade e tutte le opere propedeutiche alle fasi di collaudo della diga.



Sino a tale fase la diga esistente mantiene la sua funzionalità e la derivazione delle acque avviene tramite la nuova condotta di derivazione che passa attraverso il nuovo corpo diga e il manufatto di ripartizione. Ultime l'opera bisognerà procedere con gli invasi sperimentali e la demolizione della diga esistente della quale si parlerà di seguito.

5.4 Invasi sperimentali

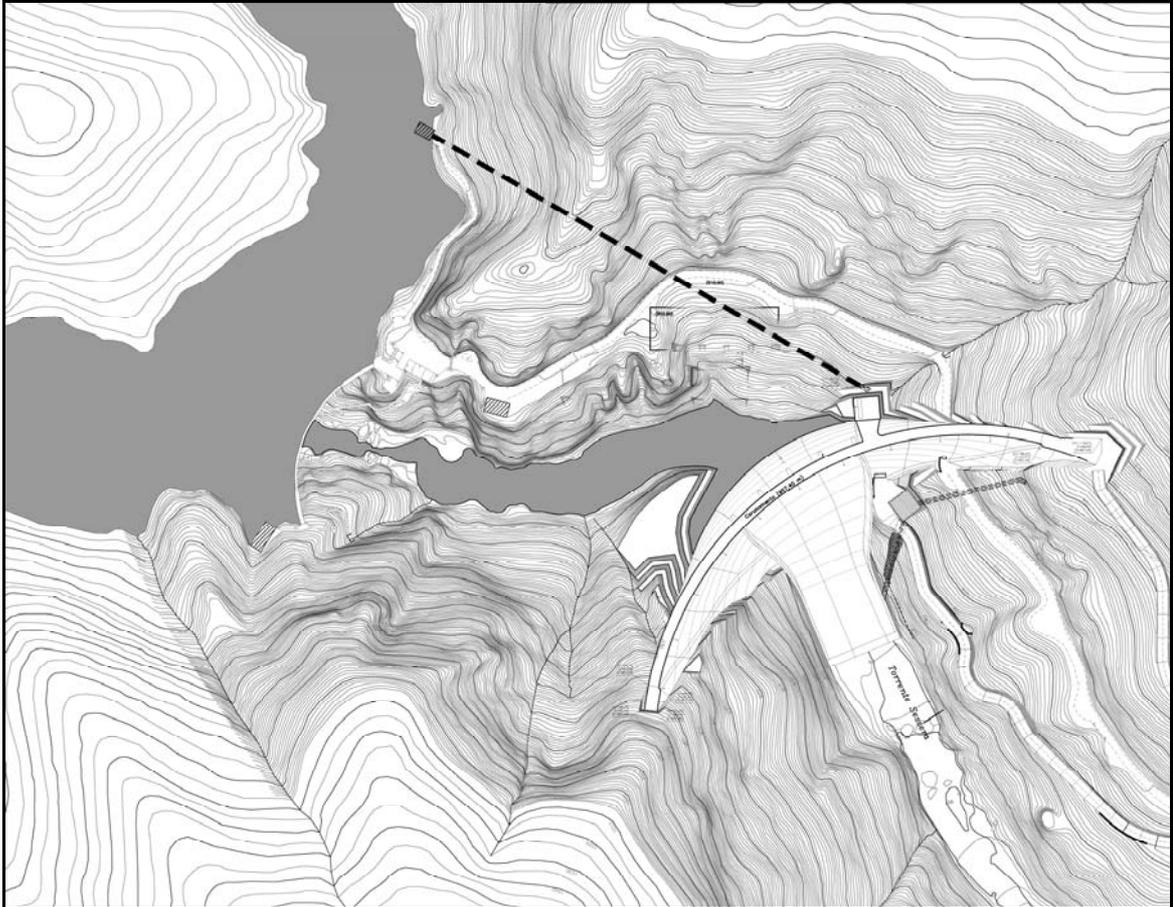
Ultimato il nuovo sbarramento sul Torrente Sessera e si dovranno eseguire una serie di operazioni propedeutiche alla messa in regime del nuovo invaso. L'esecuzione degli invasi sperimentali nelle dighe di nuova realizzazione avvengono gradualmente andando a incrementare il livello idrico del bacino gradualmente, monitorando le reazioni della struttura alle condizioni di carico.

Nel caso specifico, l'esecuzione degli invasi sperimentali trovano una seria limitazione vista la presenza della diga esistente subito a monte. Altro elemento da tenere in considerazione è la gestione di queste fasi nell'ottica di creare meno disagio possibile alle utenze idroelettriche di valle.

Si è optato quindi per l'esecuzione di una serie di fasi per la gestione degli invasi sperimentali e in contemporanea mantenere attiva la derivazione della portata idroelettrica a valle, limitando il più possibile i periodi di inattività.

5.4.1 Fase A

Ultimata l'opera di sbarramento si procederà all'esecuzione del primo invaso sperimentale sino a quota 871,50 m.s.m., quota che permette di lambire la base della diga esistente. Il battente idrico sulla nuova diga risulta esser di circa 6,00 m.

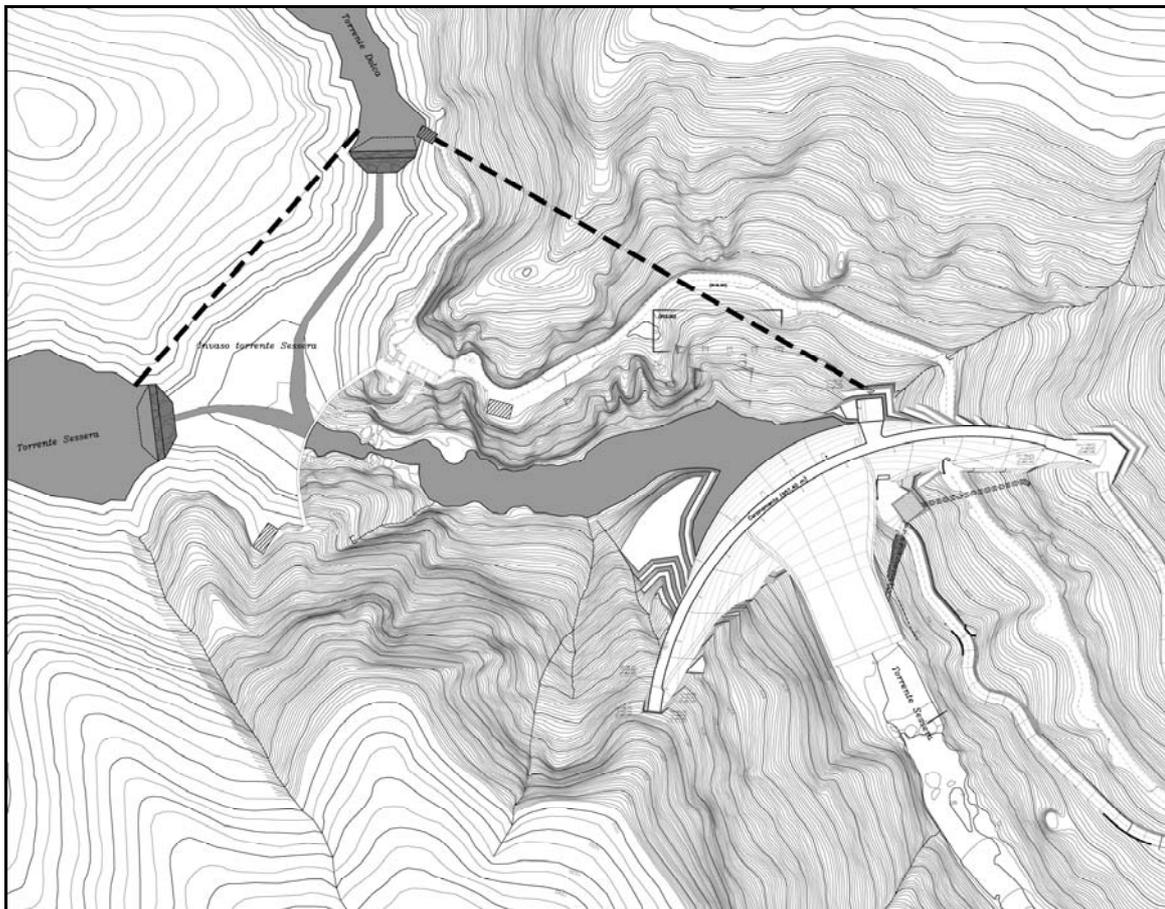


5.4.2 Fase B

Successivamente all'invaso della porzione di alveo tra le due dighe, procederà allo svuotamento progressivo del bacino di monte, con l'esecuzione successiva di due ture. Le due ture, sul Sessera e sul Dolca, permetteranno di creare due piccoli invasi sui rispettivi torrenti che saranno messi in comunicazione mediante la riattivazione del tratto di galleria esistente che in passato permetteva la derivazione prima della costruzione dello sbarramento esistente. Questo permetterà di continuare a derivare una discreta portata per uso idroelettrico dall'opera di derivazione esistente.

Le ture saranno realizzate con il materiale derivante dalla demolizione delle opere di cantiere e avranno inglobato al loro interno una tubazione per consentire il rilascio del deflusso minimo vitale a valle. Le ture risulteranno comunque di altezza ridotta, circa 5,30 m, per facilitare in caso di piena uno scavalcamento della tura per garantirne il normale deflusso verso valle.

Questo permetterà la messa in asciutta del tratto di alveo a monte dello sbarramento esistente per favorire le lavorazioni della fase successiva.



5.4.3 Fase C

Ultimata la realizzazione delle ture si procederà alla demolizione della diga esistente mediante la tecnica delle demolizioni controllate mediante esplosivo.

La demolizione avverrà a conci, mediante la realizzazione lungo la definita linea di taglio di una serie di fori in cui verranno alloggiati le cariche esplosive. La demolizione della diga non sarà totale ma parziale al fine di sfruttare la parte bassa della diga che rimarrà come avandiga per il trattenimento di eventuali materiali trasportati dal torrente. Per un maggior dettaglio sullo schema di demolizione della diga esistente si rimanda alla Tav. 46 del progetto.

Il materiale di risulta della diga esistente, valutabile in qualche migliaio di m³, verrà prelevato dal fondo del torrente e portato a valle alle discariche di inerti.

Una volta demolita la diga esistente e rimosse le macerie si procederà all'aumento del livello d'invaso per i successivi step di esecuzione degli invasi sperimentali.

5.4.4 Fase D

Una volta che il nuovo bacino si atterrerà alla quota di 887,00 m.s.m. si procederà ad attivare la nuova opera di presa, previa esecuzione di alcune operazioni. La prima riguarderà la disconnessione della nuova tubazione di derivazione dal peduncolo di collegamento alla galleria esistente mediante taglio della tubazione e cementazione del primo tratto di galleria.

Altra operazione da intraprendere sarà la demolizione della torre di presa esistente e l'intasamento del tratto iniziale della vecchia galleria di derivazione. Ultimate queste operazioni si provvederà all'incremento progressivo del livello d'invaso sino ad completare tutti gli step di verifica ed arrivare alla quota di 951,00 m.s.m.



5.5 *Sistemazioni finali*

Con l'ultimazione degli invasi sperimentali si dovrà procedere alla rimozione di tutte le opere provvisoriale e le installazioni di cantiere che sono servite alla realizzazione dell'opera. A tal fine si dovrà procedere alla rimozione dell'impianto di trasporto su fune mediante la rimozione della stazione in località Piancone, la demolizione dei piloni e il rimboscamento della striscia disboscata per fare spazio alla linea teleferica.

Si dovrà, proseguendo nelle operazioni di ripristino, rimuovere l'impianto sul torrente Sessera in località Piancone con il ripristino delle sponde e la sistemazione ambientale del sito. Stesse operazioni dovranno essere eseguite sul nodo di valle, con la rimozione del cantiere e la realizzazione dell'edificio a servizio della condotta.

Le operazioni di ripristino e riduzione dell'impatto ambientale saranno meglio descritte sulla relazione dello studio dell'impatto ambientale.