

LOGO:



TITOLO PROGETTO:

SISTEMA IDRICO DEL MENTA

DESCRIZIONE PROGETTO:

LAVORI DI COMPLETAMENTO DELLO SCHEMA IDRICO SULLA DIGA DEL TORRENTE MENTA: OPERE DI BY-PASS DEL TRATTO TERMINALE DELLA CONDOTTA FORZATA PER L'AVVIO DELL'ADDUZIONE IDROPOTABILE

EMISSIONE	-	GEOM. R. ROTUNDO	ING. D. COSTANTINO	ING. D. COSTANTINO	0	16/02/2017
MOTIVO	FASE P.D.P	ELABORATO	VERIFICATO	APPROVATO	REV.	DATA

FASE:

PROGETTO DEFINITIVO - ESECUTIVO

ASSEVERAZIONI:

GRUPPO DI PROGETTAZIONE:

Dott. Ing. Domenico COSTANTINO

SIA – Studio Ingegneri Associati:

Dott. Ing. Luigi DE BONI

Dott. Ing. Giancarlo MADONI

Dott. Ing. Poul Erik NIELSEN

RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO

Dott. Ing. Giuseppe SORRENTINO

RESPONSABILE SERVIZI INGEGNERIA:

Dott. Ing. Antonio VOCI

UNITA' DI PROGETTAZIONE SORICAL:

Dott. Ing. Luca VITALE

Dott. Ing. Giuseppe VIGLIANI

IMPRESA:

CONSORZIO CONPAT S.C.A.R.L.

L'IMPRESA DESIGNATA



TIPO DOCUMENTO:

RELAZIONE TECNICA E IDRAULICA

ELEMENTO/ITEM:

-

SCALA	LINGUA	FORMATO	TAVOLA	P.D.P.		
-	IT	A4	-			
PROGETTO/COMMESSA		ORIGINE/UNITA'	SISTEMA	PROGRESSIVO		
A.02.4.C		SOP	REL	A02	-	00

FONTI CARTOGRAFICHE: REGIONE CALABRIA – CENTRO CARTOGRAFICO / I.G.M. – ISTITUTO GEOGRAFICO MILITARE
IL PRESENTE DISEGNO E' DI PROPRIETA' DI SO.RI.CAL. S.p.A. – A TERMINE DI LEGGE OGNI DIRITTO E' RISERVATO

Relazione tecnica e idraulica

Sommario

<u>Relazione tecnica e idraulica</u>	<u>1</u>
<u>Sommario</u>	<u>1</u>
<u>Premesse</u>	<u>2</u>
<u>1.Soluzione tecnica per l'adduzione provvisoria</u>	<u>2</u>
<u>2.Caratteristiche e dimensionamento idraulico della nuova condotta adduttrice</u>	<u>8</u>
<u>3.Tracciato della nuova adduttrice</u>	<u>9</u>
<u> Tratto 1 - Dal termine della condotta forzata all'inizio della scarpata</u>	<u>9</u>
<u> Tratto 2 – Dall'inizio della scarpata alla strada provinciale S. Antonio</u>	<u>9</u>
<u> Tratto 3 – Dalla strada provinciale S. Antonio alla pista di servizio della centrale idroelettrica</u>	<u>10</u>
<u> Tratto 4 – Dall'inizio della pista di servizio alla centrale idroelettrica</u>	<u>10</u>
<u>4.Opere d'arte.....</u>	<u>10</u>
<u>5.Ripristini e opere di mitigazione.....</u>	<u>10</u>
<u>6.Piste di servizio e metodologia di posa della condotta</u>	<u>12</u>
<u>7.Protezione catodica attiva condotta di adduzione.....</u>	<u>15</u>

Premesse

Sono descritte le soluzioni tecniche e gli aspetti idraulici relativi alla realizzazione delle opere in progetto, necessarie all'avvio dell'adduzione a scopo idropotabile del sistema del Menta a servizio della città di Reggio Calabria.

1. Soluzione tecnica per l'adduzione provvisoria

Per come riportato nel progetto preliminare a base di gara, Il mancato completamento della condotta forzata nel tratto finale richiede la scelta di un diverso assetto idraulico rispetto a quello previsto dal progetto complessivo.

In primo luogo, la portata di progetto è posta pari a quella media derivabile dall'invaso del Menta prevista (500 l/s), non assumendo rilevanza, ai fini idropotabili, la portata massima di 1500 l/s assunta per il dimensionamento del sistema idroelettrico.

L'aspetto più significativo da tenere in considerazione nella progettazione del sistema di adduzione provvisoria è l'entità della pressione di esercizio che, nel tratto terminale, in assenza di idonei dispositivi, sarebbe di oltre 1000 m, ben al disopra delle prestazioni di qualsiasi condotta o organo idraulico ordinario in campo acquedottistico.

Occorre quindi prevedere un adeguato sistema di dissipazione del carico in eccesso. La scelta progettuale ricade sulla installazione di tre valvole dissipatrici di pressione con efflusso in vasca.

Più esattamente, si prevede il recapito, a valle dell'ultima valvola dissipatrice, nell'esistente vasca di carico dell'adduttrice per il potabilizzatore, collocata in posizione antistante alla centrale di S. Salvatore. Le altre due valvole, evidentemente a monte della precedente, precedono invece due vasche di disconnessione all'uopo realizzate:

- la prima ubicata in adiacenza al manufatto in cui è già previsto, nel progetto originario della condotta forzata, l'alloggiamento della valvola di sezionamento DN900 (progressiva 11267 m);
- la seconda ubicata in un nuovo manufatto posto alla fine del tratto di condotta forzata attualmente realizzata (progressiva 15144 m).

Lo schema è di seguito dettagliato con riferimento alla suddivisione in tratti riportata in Tabella 1.

	Progressiva (m)	Quota geodetica tubazione (m slm min-max)	Dislivello geodetico nel tratto (m)
Preso Serb. Menta (regolazione portata)	0	livello invaso (1366.55 - 1425.80)	-
Condotta forzata esistente - I Valvola dissipatrice e vasca di disconnessione	11267	1176	191-250 (rispetto al liv. invaso)
Termine condotta forzata posata - II Valvola dissipatrice e vasca di disconnessione	15144	782	394
Immissione nella vasca di carico antistante alla centrale di S. Salvatore - III Valvola dissipatrice	16667	332	450

Tabella 1. Condotta dal serbatoio del Menta alla Centrale di San Salvatore: suddivisione in tratti

Camera valvole dell'opera di presa dall'invaso

L'adduzione parte dalla camera valvole dell'opera di presa dall'invaso del Menta, dove ha inizio la condotta forzata in acciaio DN900.

L'apertura delle valvole a farfalla motorizzate DN1000 delle bocche di presa mette in comunicazione la condotta forzata con il serbatoio.

Nella camera valvole, la condotta forzata DN900 è equipaggiata con una valvola di sezionamento a sgancio automatico di pari diametro, provvista di by-pass DN500.

Nella configurazione attuale, sul by-pass è installata una valvola di sezionamento DN500 a sgancio automatico.

Il progetto prevede il prolungamento verso valle del by-pass, allo scopo di consentire l'installazione in sequenza di:

- una saracinesca DN500, PN16 motorizzata;
- una idrovalvola a membrana con funzione di mantenimento di un valore di pressione costante a valle e di limitazione di portata (DN500, PN16), equipaggiata con doppio filtro "a Y" sul circuito pilota e valvola a tre vie per consentire la pulizia senza interruzione del flusso;
- una valvola a farfalla di sicurezza a contrappeso DN500, PN16 con gruppo rilevatore di velocità a palmola, a sgancio automatico e riarmo manuale tramite centralina oleodinamica.

Il flusso, che avviene attraverso il by-pass (valvola di sezionamento DN900 chiusa), non è regolato da monte, ma ha due livelli di controllo rispetto agli eccessi di velocità:

- il primo ottenuto mediante l'idrovalvola, con portata di soglia superiore di 50 l/s rispetto a quella di progetto di 500 l/s (la valvola interrompe il flusso per $Q=550$ l/s);
- il secondo garantito dalla valvola a palmola, che interviene in chiusura per una velocità maggiore a quella corrispondente ad un portata $Q=600$ l/s.

L'adduzione avviene quindi con un carico di partenza costante determinato dall'idrovalvola, da tarare in conseguenza dei seguenti valori caratteristici del serbatoio:

- quota piezometrica minima a monte: 1394.75 m (asse bocca di presa inferiore);
- quota piezometrica massima di normale esercizio a monte: 1424.50 m (quota di massima regolazione);
- quota piezometrica massima di progetto a monte: 1425.80 m (quota di massimo invaso);

e fissando una quota piezometrica a valle della valvola di 1385 m, che corrisponde ad una pressione di esercizio di 17.5 m.

La perdita di carico determinata dall'idrovalvola ha quindi i valori limite min/max di 9.75/40.8 m.

La vasca di disconnessione

Alla progressiva 11266.86 m, il progetto originario della condotta forzata prevede l'installazione di una valvola di intercettazione DN900-PMA 35.5 bar, con annessi organi di scarico, sfiato e by-pass DN200, quest'ultimo non compreso nel presente progetto e da realizzarsi in altro appalto. Pertanto, mantenendo lo schema di progetto originario, a cavallo della stessa progressiva (11266.86 m) viene realizzata la camera di manovra n. 1, in calcestruzzo armato, per l'alloggio delle apparecchiature suddette nonché delle apparecchiature necessarie per la dissipazione del carico in eccesso.

La camera di manovra, del tipo seminterrato, avrà dimensioni planimetriche 10,60 x12.60 m con altezza netta di 5,30 m, oltre alla porzione fuori terra relativa all'ingresso della camera di manovra stessa. All'interno della camera di manovra, si prevede di realizzare un tratto di condotta DN500-PN40 che si diparte dalla condotta forzata DN900 a monte della valvola di intercettazione, sul quale vengono installati in sequenza:

- una riduzione di diametro(convergente) da DN500 a DN400, in acciaio con spessore 10,00 mm.

- una valvola di intercettazione DN 400, PN40, motorizzata;
- una valvola regolatrice a fuso DN400, PN40 con cestello anti-cavitazione con funzione di dissipazione di pressione ed il sostegno della pressione a monte;
- una idrovalvola a galleggiante DN400 PN25 con funzione di dissipazione del carico residuo a valle della valvola dissipatrice e con funzione di mantenimento del livello costante nella vasca di carico dalla quale si diparte il successivo tratto di adduttrice. Il galleggiante è collocato in un tubo di PVC che funge da vasca di calma.

Il carico da dissipare in condizioni di normale esercizio ($Q=500$ l/s, tubi usati) è pari a 203 m. La valvola a fuso è opportunamente regolata per la dissipazione del carico di 183 m, in modo che la valvola a galleggiante, dissipando il carico residuo di 20 m, operi in assenza di cavitazione.

Il tratto termina con l'immissione in una vasca di disconnessione delle dimensioni planimetriche di 4.00x12.60 m e altezza variabile da 6.05 m a 4.60 m, da realizzare in aderenza alla camera di manovra e suddivisa come segue:

- una vasca di dissipazione dell'eventuale carico residuo a valle della valvola a galleggiante;
- una vasca di calma, di dimensioni nette 3,00 m di larghezza, 3,70 m di lunghezza ed un carico di 2,40m e quindi dimensionata in base ad una velocità inferiore a 0.1 m/s, a cui corrisponde una sezione $A= Q/v = 0.500/0.1 = 5 \text{ m}^2$;
- una vasca di carico, preceduta da uno stramazzo in parete sottile, sul quale il carico, per la portata di progetto, è di circa 23 cm.
- una piccola vasca di scarico in cui saranno convogliate anche gli scarichi delle precedenti vasche ad eccezione della vasca di arrivo con quota di fondo inferiore a quella della vasca di arrivo stessa. Per come riportato negli allegati grafici relativi, a cui si rimanda per una migliore e completa visione, la vasca di arrivo presenta la tubazione di scarico posta al di fuori della camera di manovra e la saracinesca di apertura e chiusura scarico è posta all'interno di un apposito pozzetto adiacente alla vasca stessa.

Dalla vasca di carico si diparte la condotta DN500 per l'adduzione, sulla quale è installata una seconda valvola di intercettazione DN500 PN40, prima dell'innesto nella condotta forzata a valle della valvola di sezionamento DN900.

Come sopra riportato la vasca è munita di condotte di scarico per le necessarie operazioni di manutenzione, oltre ad una vaschetta terminale per la raccolta e l'allontanamento degli sfiori di portata. Dovendo preservare la possibilità di evacuare l'intera portata in arrivo, la condotta di scarico (tubazione in PVC PN 10, della lunghezza complessiva di 293,14 m, munita di

saracinesca di intercettazione e regolazione, prima dello scarico finale nel vallone Carbone) è prolungata fino al recapito nell'adiacente corso d'acqua, dove pietrame di prima categoria e quindi con peso sino a 1400 kg, interrato sino alla quota del piano campagna, è disposto per evitare l'erosione nel punto di scarico.

Considerate le significative capacità disponibili nel potabilizzatore, che consentono una temporanea interruzione dell'adduzione, non si ritiene di realizzare un by-pass della vasca.

Il vasca di disconnessione

Alla progressiva 15144 m ha termine il tratto già realizzato della condotta forzata. Al termine della stessa si predispone una flangia cieca (DN900, PN 64). La flangia, come peraltro riportato nel progetto preliminare, non è dimensionata per la pressione di esercizio della condotta forzata (PMA 84.7 bar) e quindi richiede comunque la disconnessione nella vasca n. 1. In altri termini, la condotta forzata non dovrà essere riempita fino alla flangia senza preventiva disconnessione idraulica nella vasca di monte.

A monte della flangia viene realizzata la camera di manovra n. 2, anch'essa in calcestruzzo armato, per la dissipazione del carico in eccesso.

La camera di manovra, del tipo seminterrato, avrà dimensioni planimetriche 10,60x12.60 m con altezza netta di 5,30 m, oltre alla porzione fuori terra dovuta al torrino di accesso alla camera di manovra stessa. All'interno della camera di manovra, si prevede di realizzare un tratto di condotta DN500 spessore 10,0 mm, che si diparte dalla condotta forzata sul quale vengono installati in sequenza:

- una riduzione di diametro (convergente) da DN500 a DN400, in acciaio con spessore 10,00 mm.
- una valvola di intercettazione DN400, PMA 84.7 bar motorizzata (la valvola, nella futura fase di esercizio dell'impianto idroelettrico, sarà sottoposta alla pressione della condotta forzata);
- una valvola dissipatrice DN400, PN64 bar con cestello anti-cavitazione con funzione di dissipazione di pressione ed il sostegno della pressione a monte. La valvola dissipatrice è PN64 e non PMA 84.7 bar. Di conseguenza, a seguito del futuro avvio dell'esercizio della condotta forzata, potrà essere utilizzata solo previa disconnessione eseguita nella vasca a monte (come per la flangia cieca posta al termine della condotta forzata).
- una idrovalvola a galleggiante DN400 PN25 con funzione di dissipazione del carico residuo a valle della valvola dissipatrice e con funzione di mantenimento del livello

costante nella vasca di carico dalla quale si diparte il successivo tratto di adduttrice. Il galleggiante è collocato in un tubo di PVC che funge da vasca di calma.

Il carico da dissipare in condizioni di normale esercizio ($Q=500$ l/s, tubi usati) è pari a 391 m. La valvola a fuso è opportunamente regolata per la dissipazione del carico di 371 m, in modo che la valvola a galleggiante, dissipando il carico residuo di 20 m, operi in assenza di cavitazione.

Il tratto termina con l'immissione in una vasca di disconnessione delle dimensioni planimetriche di 4.00x12.60 m e altezza variabile da 6.05 m a 4.60 m, da realizzare in aderenza alla camera di manovra e suddivisa come segue:

- una vasca di dissipazione dell'eventuale carico residuo a valle della valvola a galleggiante;
- una vasca di calma, di dimensioni nette 3,00 m di larghezza, 3,70 m di lunghezza ed un carico di 2,40m e quindi dimensionata in base ad una velocità inferiore a 0.1 m/s, a cui corrisponde una sezione $A= Q/v = 0.500/0.1 = 5$ m²;
- una vasca di carico, preceduta da uno stramazzo in parete sottile, sul quale il carico, per la portata di progetto, è di circa 23 cm.
- una piccola vasca di scarico in cui saranno convogliate anche gli scarichi delle precedenti vasche ad eccezione della vasca di arrivo con quota di fondo inferiore a quella della vasca di arrivo stessa. Come per la vasca di disconnessione n.1 e per come riportato negli allegati grafici relativi, a cui si rimanda per una migliore e completa visione, la vasca di arrivo presenta la tubazione di scarico posta al di fuori della camera di manovra e la saracinesca di apertura e chiusura scarico è posta all'interno di un apposito pozzetto adiacente alla vasca stessa.

Dalla vasca di carico si diparte la condotta per l'adduzione (nuova condotta di by-pass DN500), all'inizio della quale è installata una valvola di intercettazione DN500, PN16.

La vasca è munita di condotte di scarico per le necessarie operazioni di manutenzione, oltre ad una vaschetta terminale per la raccolta e l'allontanamento degli sfiori di portata. Dovendo anche qui, preservare la possibilità di evacuare l'intera portata in arrivo, la condotta di scarico (tubazione in PVC PN 10 della lunghezza complessiva di 354,70 m, munita di saracinesca di intercettazione e regolazione, prima dello scarico finale) è prolungata fino al recapito nel corso d'acqua idoneo più prossimo.

Considerate le significative capacità disponibili nel potabilizzatore, che consentono una temporanea interruzione dell'adduzione, non si ritiene di realizzare un by-pass della vasca.

Condotta di by-pass DN500

Al termine della condotta forzata ha inizio una condotta in acciaio DN500, con spessore variabile e precisamente 6,3 mm nel primo tratto di circa 925 m e di 10,00 mm nel secondo tratto di circa 775 m e quindi dello sviluppo complessivo di 1700 m, funzionale al superamento del dislivello geodetico residuo (450 m) fino all'immissione nella vasca antistante alla centrale idroelettrica di S. Salvatore (vasca di carico della condotta di adduzione al potabilizzatore).

La condotta è opportunamente ancorata e protetta. Le caratteristiche del tracciato e le opere di sostegno e difesa dall'erosione sono descritte nel seguito.

III vasca di disconnessione o vasca di arrivo

La condotta di by-pass DN500 ha termine nell'esistente vasca di carico (interrata) dell'adduttrice DN1200 per l'impianto di potabilizzazione.

Prima dell'immissione nella vasca di carico, viene realizzata una camera di manovra seminterrata delle dimensioni di 10,60x6,60 m, dove vengono installati in sequenza:

- una riduzione di diametro (convergente) da DN500 a DN400, in acciaio con spessore 10,00 mm.
- una valvola di intercettazione DN400, PN64;
- una valvola dissipatrice a fuso DN400, PN64 con cestello anti-cavitazione con funzione di dissipazione di pressione ed il sostegno della pressione a monte;
- una seconda valvola regolatrice a fuso DN400 PN 25 con funzione di dissipazione del carico residuo a valle della valvola dissipatrice e di regolazione della portata.

Il carico da dissipare in condizioni di normale esercizio ($Q=500$ l/s, tubi usati) è pari a 426 m. La prima valvola a fuso è opportunamente regolata per la dissipazione del carico di 400 m, in modo che la seconda valvola a fuso regoli la portata dissipando contemporaneamente il carico residuo di 26 m.

Dopo la valvola a fuso regolatrice la condotta, per mezzo di un diffusore conico, torna ad essere DN500 e percorsi circa 20 m, va a recapitare la portata di 500 l/s alla vasca di carico esistente.

Operando sull'ultima valvola a fuso, il sistema di vasche munite di valvola a galleggiante realizzato a monte consente di regolare da valle l'intera adduzione, senza dare luogo a svuotamento delle vasche di carico (e quindi immissione di aria in condotta) o a sfioro di portata dalle stesse.

Caratteristiche e dimensionamento idraulico della nuova condotta adduttrice

Il nuovo by-pass DN500 è realizzato con tubazioni in acciaio al carbonio saldate con rivestimento esterno di tipo pesante in bitume. Operando in eccesso di carico, il dimensionamento viene eseguito in base alla velocità.

Per il dimensionamento della condotta stessa si fa riferimento alla portata di 500 l/s di cui al progetto preliminare posto a base di gara. Assumendo un diametro nominale di 500 mm, la velocità corrispondente risulta pari a 2.5 m/s.

La portata di 500 l/s è da ritenersi come portata *massima* che è possibile addurre. È da precisare, infatti, che la disponibilità di carico consentirebbe l'adduzione di una portata assai maggiore, che determinerebbe, però, velocità incompatibili con l'esercizio della condotta DN500 e certamente causa di danneggiamenti della stessa.

Il calcolo delle perdite distribuite viene eseguito con la formula di Colebrook nella versione esplicita di Pezzoli per il calcolo della cadente piezometrica:

$$J = \frac{2Q^2}{\pi^2 g D^5} \frac{1}{\log^2 \left(\frac{\epsilon}{3.71D} + 3.61 \left(\frac{Dv}{Q} \right)^{7/8} \right)}$$

in cui:

D: diametro della condotta (m)

J: cadente piezometrica

Q: portata (m³/s)

ε: scabrezza equivalente della condotta (m)

μ: viscosità cinematica del fluido (10⁻⁶ m²/s)

g: accelerazione di gravità (9.81 m/s²)

Si assume una scabrezza di 1 mm a tubi usati e di 0.1 mm a tubi nuovi, peraltro poco influente perché la condotta presenta un notevole eccesso di carico.

Tracciati e profili delle opere di adduzione sono ottenuti da base cartografica 1:2000 e da rilievo topografico all'uopo eseguito.

I risultati dei calcoli idraulici, così come quelli relativi alle condotte di scarico delle vasche di disconnessione sono riportati in allegato alla fine della presente relazione.

Tracciato della nuova adduttrice

Tratto 1 - Dal termine della condotta forzata all'inizio della scarpata

La condotta DN500 sarà posata, dalla vasca di disconnessione n. 2 fino all'inizio del tratto più ripido (Tratto 1 di 420 m circa), su piste sterrate esistenti o su suoli collinari, in aree sommitali o lungo versanti, comunque con pendenza contenuta.

Trattasi di suoli agricoli alternati ad incolti e macchia, con coltivazioni non intensive e presenza di specie arboree (con prevalenza di oliveti), che saranno interessati dalle lavorazioni in progetto solo per:

- l'edificazione della Vasca di disconnessione n. 2;
- il tratto limitato (80 m circa) compreso fra le piste esistenti e l'inizio del successivo Tratto 2.

Gli insediamenti sono limitati a poche unità abitative rurali e rudimentali ricoveri per animali, peraltro non interessati direttamente dal tracciato della condotta, né dalla realizzazione della vasca di disconnessione, se non per il transito temporaneo sulle piste di accesso.

Tratto 2 – Dall'inizio della scarpata alla strada provinciale S. Antonio

Il successivo tratto ha uno sviluppo di circa 490 m ed una pendenza media superiore al 50% (località Pitrani).

Il tracciato percorre infatti un ripido versante delimitato da due incisioni (corsi d'acqua non perenni). I terreni attraversati dalla condotta (con relative opere di protezione) sono inizialmente costituiti da boschi radi di querce caducifoglie, alternati a macchia bassa, piuttosto degradati perché localmente percorsi da incendi recenti. Frequenti gli affioramenti rocciosi.

Più a valle, i terreni sono prevalentemente terrazzati con muretti a secco, con prevalenza di oliveti apparentemente abbandonati e presenza di *Opuntia ficus-indica* e ricomparsa di querce caducifoglie solo sull'ultima scarpata sovrastante alla strada provinciale S. Antonio.

Riguardo agli insediamenti, nell'area si rinvengono solo i resti diroccati di costruzioni in pietra, presumibili ricoveri per animali da tempo abbandonati.

Tratto 3 – Dalla strada provinciale S. Antonio alla pista di servizio della centrale idroelettrica

Successivamente, il tracciato si sviluppa per 400 m circa con pendenze minori, ma comunque ragguardevoli, costeggiando o attraversando piste esistenti (presumibilmente a servizio dell'elettrodotto aereo esistente), fino a pervenire alla esistente pista di servizio della centrale idroelettrica.

Il tracciato della condotta, dopo un primo tratto sub-pianeggiante di circa 100 m interessato da colture arboree, attraversa più ripidi terreni a macchia con alternanza di querce caducifoglie.

Come nel primo tratto, gli insediamenti sono limitati a poche unità abitative rurali e rudimentali ricoveri per animali, in parte diroccati e abbandonati, non interessati direttamente dal tracciato della condotta.

Tratto 4 – Dall’inizio della pista di servizio alla centrale idroelettrica

L'ultimo tratto, sub-pianeggiante, costeggia la strada di servizio della centrale idroelettrica (lunghezza 230 m circa), che si sviluppa limitrofa a terreni alluvionali scarsamente vegetati compresi fra il piede dei versanti e l'argine della fiumara S. Agata.

Oltre all'edificio della centrale, sono presenti rudimentali ricoveri per animali.

4. Opere d'arte

Lungo il tratto di by-pass DN500, sono previste, da monte a valle, le seguenti opere d'arte principali:

- Blocchi di ancoraggio per curve altimetriche e planimetriche;
- attraversamento della strada provinciale, comprensivo a monte di un pozzetto di intercettazione sulla condotta ,a protezione dell'attraversamento stesso;
- opere di sistemazione idraulico-forestale del tracciato della condotta di by-pass, allo scopo di stabilizzare il terreno in corrispondenza degli scavi (v. par. successivo);
- interventi sui muri a secco intercettati dalla condotta, con ripristino della sagoma preesistente e ricostruiti con la tecnica cuci e scuci;
- brigliette interrato (soglie) realizzate in sacchi di Juta pieni di sabbia e cemento con funzione di stabilizzazione del terreno riportato nello scavo della condotta per la sua protezione dall'erosione.

5. Ripristini e opere di mitigazione

Saranno eseguiti ripristini morfologici e vegetazionali finalizzati sia a proteggere il terreno dall'azione erosiva dell'acqua, sia a proteggere le opere di sistemazione idraulico-forestale (graticciate) integrando la loro funzione e mitigando l'impatto estetico e paesaggistico dovuto alla realizzazione dell'opera.

I ripristini in progetto sono i seguenti.

1. Selezione del terreno di scavo e successivo rinterro con ripristino morfologico e dello strato superficiale di terreno vegetale, che viene messo da parte durante le operazioni di scavo della condotta stessa.
2. Stabilizzazione della fascia di scavo con le brigliette sopra descritte ed opere di ingegneria naturalistica (graticciate) per evitare il successivo dilavamento del terreno esercitato dalle acque ruscellanti.
3. Rivegetazione delle aree interessate da scavo e delle piazzole di lavoro (se vegetate nella situazione ante-operam) con specie analoghe a quelle preesistenti opportunamente preservate in fase di scavo o con miscugli di semi di specie di rapido attecchimento (*Festuca ovina*, *Trifolium pratensis*, *Bromus erectus*, *Medicago lupulina* ecc).
4. Alberatura disposta lungo le recinzioni delle vasche di disconnessione (*Quercus sp.* per la vasca n. 2, conifere per la vasca n. 1).

6. Piste di servizio e metodologia di posa della condotta

La soluzione progettuale riportata nel presente progetto definitivo-esecutivo, evita quasi del tutto la realizzazione di nuove piste, limitando il più possibile l'impatto paesaggistico-ambientale e soprattutto i movimenti di terra nel tratto più acclive del versante, riducendo altresì i tempi di esecuzione;

Il progetto prevede infatti, oltre all'adeguamento e/o alla nuova realizzazione di piste di accesso alle vasche di disconnessione idraulica, necessarie per la conduzione delle stesse, l'adeguamento di una pista esistente della lunghezza di circa 408 m che, dalla strada provinciale S. Antonio per Cardeto, a quota 491,77 raggiunge la zona di posa della condotta in progetto a quota 545,20 e servirà per la sua manutenzione e controllo.

In tal modo si evita la realizzazione di piste di accesso nel tratto intermedio di posa della condotta di adduzione, caratterizzato dalle maggiori pendenze. In tale tratto, i movimenti di terra vengono infatti limitati alla realizzazione della sola pista lungo il tracciato della condotta, di larghezza pari o di poco inferiore ai 5 m, che viene utilizzata sia per l'esecuzione dello scavo, sia per la discesa dei materiali e sia per la posa della condotta. A questo scopo, si prevede di utilizzare una slitta posa-tubi ed un escavatore a "ragno" e cioè un escavatore munito di bracci semoventi stabilizzanti che ne permettono l'operatività in terreni anche non pianeggianti e pertanto permette di poter effettuare la posa della condotta in spazi ristretti e soprattutto di poter limitare considerevolmente gli scavi ed i successivi rinterri dovuti ad apertura di piste di maggiori

dimensioni. La realizzazione di nuove piste ne risulta limitata a brevi tratti, a tutto vantaggio dei tempi di esecuzione dell'opera e dell'acquisizione delle autorizzazioni, con particolare riferimento all'autorizzazione relativa al vincolo idrogeologico.

Infatti, venendo esclusa la realizzazione di nuove piste di servizio per la realizzazione della condotta sulla parte più acclive del versante, il tutto è limitato alla sola pista (di ridotta larghezza e priva di movimenti di terra significativi) in corrispondenza dello scavo necessario per la posa della condotta DN500. Inoltre, la necessità di stabilizzare il ricoprimento dello scavo per evitare fenomeni di erosione incanalata, determina anche il rinverdimento della pista di posa della condotta con il conseguente miglioramento ambientale e paesaggistico.

Nel tratto centrale, sempre per mantenere al minimo i movimenti di materie necessari all'esecuzione dell'opera e dove risulta particolarmente onerosa la realizzazione di piste per il transito dei mezzi necessari allo scavo, allo sfilamento ed alla posa dei tubi, nonché alla realizzazione di opere di ancoraggio della condotta e di difesa dall'erosione dello scavo sarà utilizzata una slitta posa-tubi. Il tratto compreso tra i picchetti planimetrici 27, posto a quota 728,51 e 44, posto a quota 598,49, della lunghezza complessiva di circa 275,00 m, infatti, presenta pendenze elevate (fino a 40° e oltre) e quindi sarebbero richiesti consistenti scavi. Inoltre, il dislivello complessivo nel tratto è di 130 m e di conseguenza, volendo contenere la pendenza entro valori normalmente accettabili per il transito di mezzi pesanti e carichi, lo sviluppo della pista da realizzare sarebbe di oltre 1 Km. In alternativa alla realizzazione di piste di servizio, si è deciso di utilizzare delle slitte sia per la posa ed allineamento di tubi che per gli altri materiali eventualmente necessari. La slitta è una macchina specificamente progettata per tratti di trincea a forte pendenza nei quali non è possibile utilizzare il trattore posa-tubi (v. Allegato grafico relativo all'ingegnerizzazione dei lavori). La slitta ha il telaio con ruote in gomma piena ed è equipaggiata con due selle rivestite sulle quali viene bloccato il tubo con apposite fasce. La slitta, posizionata nella trincea, è trattenuta per mezzo di funi in acciaio da un verricello posizionato a monte del tratto in pendenza o resa solidale all'escavatore a ragno posto a valle. Lo stesso fa scendere la slitta fino al raggiungimento della posizione richiesta. Le selle sono dotate di cilindri idraulici che permettono di alzare, abbassare e traslare il tubo al fine di ottenere l'allineamento. Il sistema idraulico è azionato da un motore a scoppio installato a bordo della slitta.

- La sequenza delle operazioni di lavoro previste per il tratto in questione è la seguente:
- Esecuzione parziale dello scavo per la posa della condotta mediante escavatore a ragno, fino alla profondità di 40 cm circa
- Sfilamento della condotta in posizione adiacente allo scavo mediante escavatore a ragno+slitta posa-tubi. La slitta si muove in sicurezza all'interno dello scavo parziale.
- Completamento dello scavo mediante escavatore a ragno.

- Discesa dei materiali (sabbia, cemento) nel primo tratto (più ripido) mediante escavatore a ragno+cassone su slitta;
- Predisposizione letto di posa in sabbia;
- Posa della condotta mediante escavatore a ragno e saldatura delle stesse;
- Realizzazione delle brigliette di contenimento con sacchi Juta pieni di sabbia e cemento;
- Rinterro parziale con materiale vagliato proveniente dagli scavi;
- Esecuzione del rinterro con materiale proveniente dalla coltre superficiale degli scavi e precedentemente accantonato e successiva idrosemina mediante escavatore a ragno
- L'esecuzione delle opere di sostegno (blocchi di ancoraggio) avverrà contestualmente alla posa della condotta.

Pertanto, il risultato finale è la realizzazione di una sola pista, parzialmente sovrapposta alla traccia dello scavo, della lunghezza di 275 m con alcune piccole piazzole per il deposito temporaneo di materiali.

L'escavatore a ragno sarà utilizzato preferenzialmente anche nel tratto acclive fra le progressive 856,70 (picchetto 78) e 919,77 (picchetto 82) e fra le progressive 11219,21 (picchetto 112) e 1324,50 (picchetto 116), dove le pendenze son superiori al 60%.

Inoltre, dovendo procedere a lavorazioni immediatamente a monte della strada provinciale attraversata dalla condotta, dove peraltro è prevista la realizzazione di un apposito blocco di ancoraggio che ingloba anche il nuovo muro di sostegno della lunghezza di 3,00 m, sarà utilizzata una rete paramassi alla testa del muro di sostegno esistente, per uno sviluppo di circa 60 m . La stessa potrà utilmente permanere come opera di protezione in caso di futuri interventi di manutenzione lungo il tratto di condotta.

Per ciò che riguarda la pista esistente da ampliare ed adeguare con accesso dalla strada provinciale S. Antonio per Cardeto sopra richiamata, essa è in gran parte esistente e per il primo tratto di circa 100 m è anche pavimentata in cemento. Essa però presenta l'accesso dalla strada provinciale in condizioni di transito molto precarie e pericolose e pertanto nel presente progetto, per come si può rilevare dagli allegati grafici relativi è stato studiato un nuovo accesso posto circa 30 m più a monte, che permetterà di accedere anche a mezzi di medie dimensioni. Considerata l'ubicazione della pista, per accedere da essa alla strada provinciale in sicurezza è stato previsto il posizionamento di uno specchio stradale in corrispondenza dell'accesso stesso, anche in considerazione del fatto che pista stessa, di servizio alla condotta di adduzione, munita di cancello con lucchetto di chiusura, sarà utilizzata dal personale addetto alla manutenzione e controllo soltanto per verifiche in caso di malfunzionamento della condotta stessa e pertanto rarissime volte nel corso della vita della condotta stessa, che possono essere considerate mediamente in non più di una volta l'anno. Durante il corso dei lavori di che trattasi, considerato che sarà utilizzato poche volte al giorno, l'accesso, ogni volta che verrà utilizzato dai mezzi di cantiere sarà presidiato da apposito personale.

La seconda parte della pista esistente, in sola terra battuta, da ampliare ed adeguare al transito di automezzi di medie dimensioni, avrà una larghezza carrabile media di 3,45 m e sarà dotata di una cunetta laterale in cemento per lo smaltimento delle acque meteoriche. Quindi la larghezza totale, comprensiva della cunetta laterale della nuova pista sarà uguale a 4,00 m. Il fondo stradale della pista sarà realizzato in misto granulometrico stabilizzato di spessore medio pari a 30 cm e sarà sagomato con pendenza trasversale di circa il 2% verso la cunetta.

7. Protezione catodica attiva della condotta

1. Premessa - La corrosione dei metalli è un fenomeno fisico-chimico che avviene con degradazione di uno o più metalli in contatto con un certo ambiente e che comporta la presenza simultanea di due reazioni, una anodica di ossidazione e una catodica di riduzione. Quando un metallo è a contatto con un elettrolita (acqua, terreno, umidità, ecc.) assume un potenziale elettrico determinato dalle reazioni chimiche citate ed il cui valore dipende dal metallo e dall'elettrolita. Due metalli diversi a contatto elettrico fra loro e immersi in un elettrolita, assumendo due diversi valori di potenziale, provocano il flusso di una corrente elettrica spontanea che tende a condurre i potenziali naturali dei metalli verso uno stesso valore detto potenziale di corrosione o misto. La circolazione di corrente nel metallo avviene a livello elettronico, mentre nell'elettrolita avviene mediante migrazione ionica connessa con le reazioni di ossidoriduzione e pertanto con disgregazione del metallo il cui potenziale è più anodico. Per ciò che concerne le condotte interrate, la corrosione avviene principalmente in quei punti della struttura dove il rivestimento risulta danneggiato o assente. Per questo la regola fondamentale da seguire, per ridurre al minimo i rischi di corrosione di una condotta metallica, è assicurare la maggiore conservazione possibile del rivestimento esterno. Tale rivestimento infatti, fisicamente e chimicamente resistente, impedisce lo stabilirsi di pile naturali di corrosione, nonché lo scambio di correnti, presenti in ambienti di posa particolarmente aggressivi. Tra la superficie di una qualsiasi struttura interrata ed il terreno si stabilisce infatti un'interazione più o meno evidente ed a tale interazione non si sottraggono, ovviamente, le condotte interrate, nude o rivestite. Il terreno per la sua costituzione ha un comportamento elettrolitico, perciò un metallo a contatto con il terreno ha un comportamento analogo a quello di un metallo a contatto con una soluzione acquosa e subisce i possibili fenomeni di corrosione. Il verificarsi di tale fenomeno è, quindi, la conseguenza della formazione di una vera e propria pila che innescherà un processo corrosivo.

Il metodo di prevenzione della corrosione, previsto in progetto, a supporto della protezione passiva relativa al rivestimento bituminoso di tipo pesante della condotta, è la protezione catodica attiva con utilizzo di anodi galvanici. Questo metodo sfrutta la corrente stessa di corrosione per ottenere un potenziale di protezione per la struttura interessata e per ottenere ciò

bisognerà collegare all'acciaio da proteggere un altro elemento costituito da un metallo più anodico. Tale azione protettiva risulta tanto più efficace quanto maggiore è la differenza di nobiltà tra i due metalli, cioè quanto maggiore è la differenza di potenziale ai capi della pila - struttura da proteggere/ambiente/metallo protettore.

In tali tipi di impianti la protezione è ottenuta a spese del materiale anodico che si corrode (anodi sacrificali) composto da anodi al magnesio, che verranno posati in un letto anodico costituito da una miscela elettrolitica (backfill) allo scopo di rendere uniforme il loro consumo, diminuire la loro resistenza verso terra (e quindi aumentare la corrente erogata) e favorire l'uniforme distribuzione del campo elettrico.

Con la metodologia prevista per il dimensionamento del sistema di protezione catodica è indispensabile che la condotta sia posata ed isolata da altri organi estranei all'opera. Solo in queste condizioni si potrà rilevare lo stato elettrico, l'interazione con l'ambiente di posa e determinare la precisa ubicazione delle aree anodiche che consentiranno di definire la potenza e la positura della stazione di protezione catodica.

Per la determinazione dei valori di corrente da fornire e del potenziale di struttura (d.d.p.) da imporre sarà necessario conoscere tramite misure preliminari e prove di alimentazione i parametri caratterizzanti le strutture da proteggere. I valori da ricavare, durante la realizzazione della condotta sono i seguenti:

- R = resistenza longitudinale
- V_a = ddp ad alimentatore inserito
- V_s = ddp ad alimentatore disinserito
- V_n = ddp naturale
- V_r = Resist. isol. $\times I = V_a - V_s$
- V_p = polarizzazione = $V_s - V_n$

In base ai valori ricavati è possibile determinare la resistenza di isolamento della condotta che è data da:

$$R_{is} = \frac{\text{Variazione di potenziale} \times \text{Superficie}}{\text{corrente fornita}}$$

–

dove le tensioni sono in Volt, le correnti in Ampere e le resistenze in Ohm.

Bisognerà quindi eseguire anche le misure della resistività dei terreni sia alla profondità di posa delle condotte che nelle ubicazioni ed alle profondità ipotizzate per la posa dei dispersori anodici.

Per le misure della resistività in superficie si impiegheranno quattro aste metalliche (elettrodi) lunghe circa 500 mm di diametro di circa 10 mm. Esse saranno immerse nel terreno a distanze eguali secondo un allineamento rettilineo e collegate ad un misuratore di resistenza a quattro morsetti alimentato da un generatore a corrente alternata di frequenza opportuna, facendo attenzione che non siano presenti strutture metalliche interrate nelle vicinanze che potrebbero

alterare i risultati della misura. Pertanto in presenza di condutture metalliche interrato potrà essere opportuno realizzare un allineamento perpendicolare al tracciato delle stesse, sistemando tutti gli elettrodi dallo stesso lato rispetto alla condotta.

Sulla base del valore di resistenza di isolamento sopra ricavato, si calcolerà la corrente necessaria per la protezione catodica della struttura, imponendo che nei punti più sfavoriti la d.d.p. verso terra sia almeno -0.9 V, ma mai più negativa di -2 V con riferimento all'elettrodo impolarizzabile al solfato di rame.

Per determinare la corrente, si dovranno prima determinare i valori della resistenza unitaria (r) di isolamento pari al rapporto fra la resistenza di isolamento e la superficie unitaria esterna, e quindi la costante di attenuazione (α) data dalla radice quadrata del rapporto fra la resistenza longitudinale e la resistenza unitaria.

Una volta noti α ed r (resistenza unitaria e costante di attenuazione) sarà possibile determinare la corrente e la d.d.p. nel punto di alimentazione mediante le formule di attenuazione:

$$V_1 = V_2 \cosh(\alpha \times L) + (r/\alpha) \times I_2 \times \sinh(\alpha \times L)$$
$$I_1 = I_2 \cosh(\alpha \times L) + V_2 (\alpha/r) \times \sinh(\alpha \times L)$$

I valori di d.d.p. da assumere nei punti estremi per i calcoli saranno relativi alla sola tensione prodotta dalla circolazione della corrente, con esclusione del potenziale naturale e della polarizzazione.

Per ciò che concerne il calcolo dei dispersori risulta che il peso di ciascun dispersore è dato dalla formula

$$P = I \times \text{anni} \times \text{Cons}/\text{rend}$$

dove:

I è la corrente da erogare, Cons. è il consumo in Kg. per A. anno e rend. è il rendimento delle barre costituenti il dispersore con R_c = resistenza dei cavi elettrici.

La resistenza di un dispersore posato in verticale è pari a

$$R_d = (0,0171 \times \text{res} / N \times L) \times ((\ln 8 \times L/d) - 1 + (2 \times L \times \ln 0,656 \times N/S))$$

dove:

res è la resistività del terreno in Ohm.cm; N il numero di elementi che compongono il dispersore;

L la lunghezza degli elementi in cm; S la spaziatura fra gli elementi.

La resistenza equivalente della struttura si ricaverà con la formula

$$\text{res equiv} = r/\alpha \times \tanh(\alpha \times L)$$

dove L è la lunghezza della struttura.

La resistenza dei cavi, supponendo che nell'impianto di che trattasi, ad alimentatore si utilizzino circa 100 m di cavo con sezione 16 mmq, è di circa 0.1 ohm. La potenza elettrica necessaria in corrente continua è pari a $W_c = R \times I^2 \times n$ mentre in corrente alternata è pari a $W_a = W_c / \text{rend.}$ Il consumo annuo di corrente previsto sarà pari a $E = W \times 8760 / 1000$

Ad impianti realizzati si procederà alla loro energizzazione ed alla verifica delle raggiunte condizioni di protezione.

CALCOLI IDRAULICI

CONDOTTA ADDUTTRICE DA MENTA A SAN SALVATORE Dn 500 mm

782

condotta in acciaio USATA DA MOLTI ANNI

Portata (l/sec)	Diametro (mm)	Scabrezza (mm)	Viscosità cinem. (m/sec)	Lunghezza (m)
500,00	500	1,00	1,00E-06	1550,25
Cadente (mm/m)		Perdita di carico (m)		Velocità (m/sec)
15,6429		24,2505		2,5465

757,750

TUBAZIONE IN ACCIAIO nuova

Portata (l/sec)	Diametro (mm)	Scabrezza (mm)	Viscosità cinem. (m/sec)	Lunghezza (m)
500,00	500	0,10	1,00E-06	1550,25
Cadente (mm/m)		Perdita di carico (m)		Velocità (m/sec)
9,6584		14,9730		2,5465

767,027

TUBAZIONE IN ACCIAIO USATA DA MOLTI ANNI

Portata (l/sec)	Diametro (mm)	Scabrezza (mm)	Viscosità cinem. (m/sec)	Lunghezza (m)
400,00	500	1,00	1,00E-06	1550,25
Cadente (mm/m)		Perdita di carico (m)		Velocità (m/sec)
10,0310		15,5506		2,0372

766,449

TUBAZIONE IN ACCIAIO nuova

Portata (l/sec)	Diametro (mm)	Scabrezza (mm)	Viscosità cinem. (m/sec)	Lunghezza (m)
400,00	500	0,10	1,00E-06	1550,25
Cadente (mm/m)		Perdita di carico (m)		Velocità (m/sec)
6,2534		9,6943		2,0372

772,306

TUBAZIONE IN ACCIAIO USATA DA MOLTI ANNI

Portata (l/sec)	Diametro (mm)	Scabrezza (mm)	Viscosità cinem. (m/sec)	Lunghezza (m)
300,00	500	1,00	1,00E-06	1550,25
Cadente (mm/m)		Perdita di carico (m)		Velocità (m/sec)
5,6602		8,7748		1,5279

773,23

TUBAZIONE IN ACCIAIO nuova

Portata (l/sec)	Diametro (mm)	Scabrezza (mm)	Viscosità cinem. (m/sec)	Lunghezza (m)
300,00	500	0,50	1,00E-06	1550,25
Cadente (mm/m)		Perdita di carico (m)		Velocità (m/sec)
4,7987		7,4392		1,5279

774,561

CONDOTTA DI SCARICO VASCA DI DISCONNESSIONE 1 Dn 500 mm in PVC PN 10

condotta in acciaio USATA DA MOLTI ANNI

Portata (l/sec)	Diametro (mm)	Scabrezza (mm)	Viscosità cinem. (m/sec)	Lunghezza (m)
500,00	500	0,25	1,00E-06	291,14
Cadente (mm/m)		Perdita di carico (m)		Velocità (m/sec)
11,3798		3,3131		2,5465

TUBAZIONE IN ACCIAIO nuova

Portata (l/sec)	Diametro (mm)	Scabrezza (mm)	Viscosità cinem. (m/sec)	Lunghezza (m)
500,00	500	0,05	1,00E-06	291,14
Cadente (mm/m)		Perdita di carico (m)		Velocità (m/sec)
8,7783		2,5557		2,5465

CONDOTTA DI SCARICO VASCA DI DISCONNESSIONE 2 Dn 500 mm in PVC PN 10

TUBAZIONE IN ACCIAIO USATA DA MOLTI ANNI

Portata (l/sec)	Diametro (mm)	Scabrezza (mm)	Viscosità cinem. (m/sec)	Lunghezza (m)
400,00	500	0,25	1,00E-06	354,7
Cadente (mm/m)		Perdita di carico (m)		Velocità (m/sec)
7,3270		2,5989		2,0372

TUBAZIONE IN ACCIAIO nuova

Portata (l/sec)	Diametro (mm)	Scabrezza (mm)	Viscosità cinem. (m/sec)	Lunghezza (m)
400,00	500	0,05	1,00E-06	354,7
Cadente (mm/m)		Perdita di carico (m)		Velocità (m/sec)
5,7164		2,0276		2,0372