INDICE

Pagina

A)INTRODUZIONE....3
A.1CONTENUTI....3
A.2ELENCO DEGLI ELABORATI....3
B)MOTIVAZIONI E FINALITÀ DELL'OPERA....5
C)CRITICITÀ E CRITERI GENERALI DI PROGETTAZIONE....6
C.1ASPETTI GEOLOGICI E IDROGEOLOGICI....6
c.1.1Inquadramento Geologico....6
c.1.2Inquadramento Geomorfologico....6
c.1.3Inquadramento Idrogeologico....7
C.2ASPETTI GEOTECNICI....7
C.3ASPETTI IDROLOGICI E IDRAULICI....8
c.3.1Aspetti Idrologici....8
c.3.2Aspetti Idraulici....8
c.3.3Idraulica Marittima....9
c.3.4Trasporto Solido....10
C.4ASPETTI PAESISTICI E AMBIENTALI DI INSERIMENTO DELLE OPERE....10
c.4.1Aspetti Paesistici....10
c.4.2Aspetti Ambientali....10
C.5ASPETTI SISMICI....10
C.6ASPETTI CONNESSI ALLA PROGETTAZIONE DELLA GALLERIA....11
c.6.1Descrizione generale....11
c.6.2Pozzo Torrente Magistrato....13
c.6.3Sbocco a mare....13
c.6.4Galleria naturale....13
C.7ASPETTI CONNESSI ALLA PROGETTAZIONE DELLE OPERE IDRAULICHE DI IMBOCCO E SBOCCO....15
c.7.1Opera di Presa del Torrente San Siro....15
c.7.2Opera di Presa del Torrente Magistrato....16
c.7.3Opera di Sbocco a Mare....17

c.7.4Verifiche e Calcoli Strutturale 17

RIFERIMENTI.....19

APPENDICE A: PRONUNCIA POSITIVA DI COMPATIBILITÀ AMBIENTALE (DELIBERAZIONE DI GIUNTA REGIONALE DELLA LIGURIA No. 1405 DEL 18 NOVEMBRE 2005)

RELAZIONE DESCRITTIVA GENERALE
PROGETTAZIONE DEFINITIVA PER LA REALIZZAZIONE DI UN CANALE SCOLMATORE E SISTEMAZIONE IDRAULICA DEI TORRENTI SAN SIRO E MAGISTRATO IN COMUNE DI SANTA MARGHERITA LIGURE (GE) – AGGIORNAMENTO GIUGNO 2016

A) INTRODUZIONE

Nel mese di Novembre 2004 questo Provveditorato per le opere pubbliche per la Liguria ha affidato all'Associazione Temporanea costituita da D'Appolonia S.p.A., Stone S.p.A., Beta Studio S.r.l. e Prof. Ing. M. Mancini l'incarico di elaborare la progettazione definitiva per la realizzazione di un canale scolmatore a servizio dei Torrenti San Siro e Magistrato nel Comune di Santa Margherita Ligure e attività complementari alla progettazione.

La progettazione definitiva per la realizzazione del canale scolmatore si è conclusa nel mese di Aprile 2005.

L'intervento ha lo scopo di rimuovere le cause delle frequenti esondazioni dei Torrenti San Siro e Magistrato, mediante la realizzazione di una galleria idraulica di lunghezza pari a 2.4 km in Comune di Santa Margherita, che intercetta, mediante due distinte opere di presa, il Torrente San Siro e il Torrente Magistrato e sfocia a mare al di fuori dell'area abitata (nelle vicinanze dell'impianto depuratore). La messa in opera della galleria scolmatrice prevede la realizzazione di un riempimento provvisorio a mare, in corrispondenza del punto in cui sfocia, durante la fase di cantiere.

Il progetto in questione ha ottenuto le autorizzazioni di rito nell'ambito della Conferenza dei Servizi tenutasi presso questo Provveditorato (Intesa Stato - Regione n. 4063 del 10 giugno 2004). E' stata inoltre svolta la procedura di VIA regionale, a conclusione della quale è stato espresso dalla Giunta Regionale della Regione Liguria un giudizio positivo di compatibilità ambientale, con prescrizioni (deliberazione n. 1405 del 18.11.2005).

Il progetto in questione non ha avuto seguito a causa della mancata disponibilità economica.

Recentemente la Regione Liguria ha incluso l'intervento tra quelli ritenuti prioritari, proponendolo al competente Ufficio della Presidenza del Consiglio dei Ministri (Deliberazione n. 435 in data 27.3.2015), per un importo presunto di Euro 33 milioni.

A seguito dell'istruttoria di rito l'intervento è stato concluso tra quelli da finanziare nella seconda fase.

Data l'importanza dell'intervento il Comune di Santa Margherita Ligure si è fatto carico di finanziare l'aggiornamento del progetto definitivo elaborato nel 2005, affidando il compito a questo Provveditorato (convenzione del 16 giugno 2015).

A tal proposito sono stati coinvolti i soggetti che hanno elaborato la versione precedente, coordinati da Personale di questo Provveditorato.

A.1 CONTENUTI

La presente relazione descrittiva generale descrive in sintesi quanto dettagliatamente riportato negli elaborati di progetto, definendone:

contenuti ed elenco degli elaborati (presente capitolo);

motivazioni e finalità del progetto (Capitolo 2);

principali criticità e criteri generali di progettazione (Capitolo 3).

A.2 ELENCO DEGLI ELABORATI

La progettazione, illustrata tenendo conto di tutti gli elaborati richiesti a norma di legge, affronta tutti gli aspetti tecnici correlati alle opere previste, articolandosi secondo il seguente schema:

la categoria di elaborati GI - Geologia e Idrogeologia riporta le considerazioni di carattere geologico ed idrogeologico connesse alla realizzazione della galleria idraulica;

la categoria di elaborati GT - Geotecnica riporta quanto desunto dalle indagini geognostiche pregresse e propedeutiche al progetto definitivo e da quelle integrative effettuate nel corso della progettazione definitiva stessa, analizzando e valutando i parametri principali in ambito geotecnico. La categoria contiene, inoltre, lo studio geotecnico del dissesto gravitativo profondo di versante in corrispondenza del torrente San Siro ;

la categoria di elaborati ID - Idrologia e Idraulica riporta le principali analisi con riferimento agli aspetti Idrologici (Elaborato ID-R01), Idraulici (Elaborato ID-R02), alle Interazioni con la Dinamica Litoranea (Elaborato ID-R03), all'Analisi del Trasporto Solido (Elaborato ID-R04);

la categoria di elaborati SIA - Studi Ambientali contiene gli studi di carattere ambientale;

la categoria di elaborati SI - Sismica riporta le ipotesi di progetto da adottare conformemente all'attuale quadro normativo nazionale e regionale in materia, individuando l'accelerazione di picco orizzontale da prevedersi nella progettazione dell'opera per effetto dell'azione sismica;

la categoria di elaborati GA - Progetto Galleria e Geomeccanica riporta:

- l'indicazione dei calcoli strutturali,
- i principali interventi e fasi esecutive degli scavi,
- le indicazioni relative alla realizzazione degli imbocchi e dello sbocco della galleria,
- gli elaborati grafici di progetto;

la categoria di elaborati OI – Opere Idrauliche, riporta l'indicazione dei calcoli idraulici e strutturali effettuati per ogni singolo manufatto costituente le opere di presa dei Torrenti San Siro e Magistrato e l'opera di sbocco a mare della galleria;

la categoria GE - Elaborati Generali, riporta la documentazione riferita alla totalità dell'intervento di progetto comprendente:

- la relazione descrittiva generale (presente documento),
- la relazione descrittiva degli interventi di stabilizzazione del versante in corrispondenza del torrente San Siro;

- i disciplinari descrittivi tecnici e prestazionali delle opere a progetto;
- le prime indicazioni e disposizioni per la stesura del Piano di Sicurezza;
- gli elaborati di carattere economico (quadro economico, elenco prezzi e computo metrico estimativo);

la categoria IMR - Interventi di mitigazione del rischio idrogeologico contenente gli elaborati di progetto delle opere di stabilizzazione del versante in prossimità del torrente San Siro;

la categoria RI - Rilievi Topografici, riporta la documentazione riferita alle attività di rilievo di terra e batimetrico realizzate a supporto della progettazione definitiva della galleria scolmatrice;

la categoria IF - Indagini Fabbricati, riporta le analisi effettuate sugli immobili e sui manufatti le cui fondazioni potrebbero essere interessate dall'attraversamento del tracciato della galleria redatte su apposite schede dei fabbricati in cui vengono esposte tutte le informazioni necessarie, sia a seguito di interviste ai proprietari degli immobili sia tramite documentazione fotografica;

la categoria PPE - Piano Particellare di Esproprio, riporta le indagini preliminari per la redazione del piano particellare corredato delle planimetrie e delle visure catastali delle proprietà interessate dall'opera.

B) MOTIVAZIONI E FINALITÀ DELL'OPERA

La realizzazione di uno scolmatore in galleria atto a raccogliere e convogliare una parte sostanziale delle portate di piena dei Torrenti San Siro e Magistrato, ha lo scopo di affrontare e risolvere il difficile ed annoso problema attinente alla ridotta capacità idraulica dei corsi d'acqua che interessano il centro storico di Santa Margherita.

Nel loro tratto terminale, infatti, subito a valle delle ripide pendici collinari che caratterizzano l'entroterra ligure, questi corsi d'acqua percorrono il centro storico in alvei che nel tempo sono stati progressivamente ristretti e intubati al di sotto delle pavimentazioni stradali e ai margini dei limitrofi caseggiati spesso di età secolare.

La porzione di portata scolmata verrà convogliata verso un nuovo sbocco a mare in corrispondenza del promontorio roccioso situato a sud-ovest di Santa Margherita Ligure, coinvolgendo interventi di notevole rilevanza sia per gli aspetti strutturali sia per le implicazioni urbanistiche e ambientali.

Infatti, pur essendo la soluzione in galleria di per sé caratterizzata da assenza di particolari vincoli territoriali lungo tutto il suo sviluppo, ed è questo l'aspetto essenziale che ha condotto alla sua adozione, sono comunque rilevanti gli elementi urbanistici e paesistico-ambientali attinenti alle opere di presa sui due rii ed all'opera di sbocco a mare, tenuto conto dell'altissimo pregio ambientale e culturale del sito.

C) CRITICITÀ E CRITERI GENERALI DI PROGETTAZIONE

C.1 ASPETTI GEOLOGICI E IDROGEOLOGICI

La categoria di elaborati geologici e idrogeologici (GI) comprende l'inquadramento geologico, stratigrafico, tettonico e idrogeologico derivante da rilevamento in situ e dalla revisione critica di lavori bibliografici.

c.1.1 Inquadramento Geologico

I principali obiettivi di approfondimento geologico sono legati alla ricostruzione dell'andamento del contatto depositi superficiali-substrato roccioso in corrispondenza delle opere in sotterraneo e alla parametrizzazione geomeccanica degli ammassi rocciosi interessati dal progetto. L'analisi geomorfologica è stata completata dall'osservazione delle foto aeree e particolare interesse è stato dato allo stato della dinamica geomorfologica e ai processi attivi. L'analisi delle foto aeree è stata in particolare sfruttata per distinguere i depositi di versante attivi e delimitare l'estensione dei corpi detritici che possono interferire con gli scavi in sotterraneo.

Nell'ambito della campagna geognostica integrativa sono stati eseguiti 4 sondaggi e una perforazione a distruzione eseguiti nel Febbraio 2005; la campagna è stata completata da indagini geofisiche, prove in situ e prove di laboratorio. L' ammasso roccioso è costituito dai Calcari del Monte Antola, torbiditi calcaree con interstrati argillitici. I calcari risultano sempre la litologia predominante. Nonostante la relativa omogeneità stratigrafica e litologica, l'ammasso roccioso presenta condizioni difformi con un ammasso generalmente da poco a mediamente fratturato con caratteristiche geomeccaniche da discrete a buone e fasce localizzate in corrispondenza di lineamenti tettonici o nella fascia di cerniera di strutture plicative molto chiuse dove l'ammasso roccioso presenta caratteristiche più scadenti. Il substrato roccioso risulta quasi sempre subaffiorante o con coperture generalmente molto ridotte. L' area interessata dai depositi di frana quiescente è stata indagata da sondaggio verticale posto a monte dell'opera che verrà strumentato con inclinometro e da un sondaggio (SB) debolmente inclinato che raggiunge il tracciato. In corrispondenza del pozzo del fosso del Magistrato in sponda idrografica sinistra, considerata l'interferenza di più lineamenti tettonici nella zona, sono stati effettuati i sondaggi SC e SCbis dove si sono eseguite delle prove cross-hole.

c.1.2 Inquadramento Geomorfologico

Sono stati evidenziati i principali processi responsabili delle situazioni di dissesto riscontrate nell'ambito del territorio esaminato, con particolare riferimento per quelli che possono indurre situazioni di pericolosità geologica.

Particolare attenzione è stata posta alla caratterizzazione del deposito attribuibile ad una frana quiescente che presenta delle interferenze con il tracciato della galleria, e che risulta compreso tra le progressive 1+735 e 1+800 presso la Comunale della Madonnetta. L'intervento per attraversare questo settore viene previsto con un

utilizzo sistematico di tubi valvolati in avanzamento del diametro di 87 o 127 mm. Questo tipo di intervento permette di garantire la sicurezza degli operatori e di garantire stabilità dello scavo. I tubi valvolati oltre alla funzione strutturale di un normale infilaggio permettono anche di poter iniettare e consolidare la fascia di ammasso roccioso o di depositi immediatamente sovrastante l'area di scavo. La litologia incontrata in calotta può essere controllata in base al detrito di perforazione dei tubi alcuni metri (fino a 9) prima dell'avanzamento. L'effetto dell'avanzamento dello scavo sullo stato di attività dei depositi deve essere monitorato tramite letture inclinometriche del sondaggio SA effettuato in sede di indagini integrative (D'Appolonia, Stone, Beta Studio, Prof. Mancini, 2005) e eventualmente tramite controllo topografico e la messa in posto di mire di riferimento.

Nel corso delle attività di aggiornamento del progetto definitivo all'attuale Normativa Tecnica per le Costruzioni e di verifica di ottemperanza agli Strumenti di Pianificazione Territoriale, è stato rilevato un elemento geomorfologico significativo presso l'imbocco dello scolmatore sul torrente San Siro.La cartografia ufficiale del Piano di Bacino ex DL 180/98 ambito 15, nell'ultima modifica approvata con DGP n° 124 del 22/09/2014, entrata in vigore in data 06/10/2014, segnala nella carta della Franosità Reale una Deformazione Gravitativa Profonda di Versante (DGPV) di superficie rilevante, valutata in circa 18 ha, che interessa il tracciato della galleria dalla posizione dell'imbocco sul torrente S. Siro per circa 200 m verso valle. Essa è indicata in legenda come FP ed è censita al n° 54-16 di cui, apparentemente, non esiste la nota di caratterizzazione.

La presenza di tale corpo franoso era segnalata nel decreto VIA regionale del 18/11/2005 di approvazione del progetto definitivo originario, seppur senza indicazioni di particolare criticità. Il decreto riportava fra le prescrizioni, al punto E, la seguente indicazione:

"Dovranno essere valutate le ripercussioni della realizzazione dell'opera sulla frana quiescente localizzata in corrispondenza dell'opera di presa sul S. Siro, avvalendosi anche dell'inclinometro già in sito. In particolare si dovrà eseguire un'apposita campagna di monitoraggio articolata nelle fasi pre-intervento, durante l'intervento e post-interventyo. Nel caso emergano criticità innescate dalla frana in esame, si dovranno attuare opportune misure di mitigazione del rischio".

Negli ulteriori rilevanti tematismi, presentati nell'ultima edizione del Piano di Bacino, la DPGV in oggetto è classificata a:

Suscettività al Dissesto "Elevata" (Pg3b);

Rischio Geologico "Medio".

La definizione adottata dalla Regione Liguria indica le DGPV come movimenti di massa molto complessi che si attuano attraverso deformazioni perlopiù molto lente e progressive dell'ammasso roccioso, senza che siano presenti apprezzabili superfici di rottura continue. Il fenomeno deformativo osservato potrebbe essere legato all'attività neotettonica che ha interessato questo settore ligure, che è caratterizzato da faglie e fratture a larga scala associate, in buona parte, a piani sub verticali.

Alla luce delle informazioni raccolte nel corso dei sopralluoghi e dei colloqui in sito, emerge che si sono verificati movimenti della coltre negli anni successivi al periodo 2007-2008: a tale data risale la realizzazione di una gabbionata lungo la strada in sponda destra del torrente S. Siro (non lontano dalla zona di imbocco), che ora presenta deformazioni evidenti.

Allo scopo di approfondire la conoscenza sulle condizioni geomorfologiche e geomeccaniche di questo settore, con particolare riferimento alla zona d'imbocco dello scomatore sul Torrente San Siro e del corrispondente volume interessato dal fenomeno gravitativo, come richiesto dal decreto regionale VIA è stato previsto un programma di indagine, attivato dal Comune di S. Margherita Ligure e , che per gli aspetti geologici, geomorfologici e geomeccanici, ha previsto le seguenti attività:

lettura di foto aeree del comparto, con particolare attenzione al rilievo degli elementi geomorfologici idicatori dei caratteri peculiari della DGPV, dei i processi attivi nell'area e della dinamica evolutiva in atto.;

rilevamento geologico di dettaglio del complesso deformativo;

rilievo geomeccanico degli eventuali affioramenti.

c.1.3 Inquadramento Idrogeologico

Nell'ambito dello studio idrogeologico è stato condotto un censimento dei punti d'acqua presenti nella fascia di territorio interessata dall'opera in progetto, finalizzato alla successiva definizione delle potenziali interferenze e all'eventuale previsione d'interventi di compensazione. Lungo tutto il tracciato della galleria, che s'imposta esclusivamente nei Calcari dell'Antola, viene riconosciuta la presenza di un acquifero. La presenza della falda viene confermata da tutti i sondaggi in fase di perforazione. I pozzi si trovano nei fondovalle dei torrenti principali che attraversano l'area interessata dal progetto (Fossi San Siro, Magistrato e Santa Barbara), oltre che in una zona circoscritta del versante destro del Fosso San Siro.

Non si può escludere completamente una interferenza con l'acquifero a causa del possibile collegamento idraulico tra l'acquifero dei conglomerati e le circolazioni idriche concentrate lungo le zone di fratturazione delle faglie che interessano sia gli stessi conglomerati e sia il basamento meno permeabile di Calcari dell'Antola. I punti d'acqua riconosciuti prossimi all'opera riconosciuti nel censimento effettuato non vengono influenzati ad eccezione di alcune sorgenti in roccia in modo temporaneo. Deve essere preso in considerazione e posto in opera, almeno per le sorgenti prossime allo scavo, un monitoraggio in corso d'opera con letture periodiche delle portate in modo da potere adeguare alle esigenze riscontrate l'intervallo ammissibile tra il fronte di scavo e il getto del rivestimento definitivo. Il monitoraggio può essere esteso anche ai pozzi idropotabili con portate maggiori. In seguito a una individuazione dei punti d'acqua eventualmente soggetti ad interferenza effettuata in questa sede progettuale, considerato il particolare pregio ambientale del territorio, si raccomanda nella fase di progettazione costruttiva un approfondimento idrogeologico mirato alla valutazione delle interferenze, al fine di

poter valutare pre corso d'opera interventi di mitigazione ambientale quali pozzi di emungimento temporanei alternative ad eventuali sorgenti impattate.

C.2 ASPETTI GEOTECNICI

Lo studio geotecnico aggiornato (documento GT-01 e relativi allegati) comprende:

l'analisi ed interpretazione delle indagini pregresse realizzate nel 2003 e propedeutiche alla progettazione definitiva;

l'analisi ed interpretazione delle indagini integrative condotte nel mese di Febbraio 2005 durante le quali sono state eseguite delle prove in foro con prelievo di campioni da sottoporre a prove di laboratorio;

la definizione delle caratteristiche litologiche dei depositi superficiali e della permeabilità dei terreni interessati dalle opere a progetto;

la determinazione dei parametri geotecnici delle formazioni interessate dalle opere a progetto desunte dalle indagini in sito e dalle prove di laboratorio su campioni prelevati sia superficialmente sia nei fori di sondaggio;

gli esiti della campagna geognostica integrativa sul corpo franoso presso l'imbocco sul torrente S. Siro, classificato DGPV come più ampiamente illustrato al precedente paragrafo 3.1.2. Il programma di indagine di approfondimento, che è stato sviluppato a cura del Comune di S. Margherita Ligure, ha previsto:

- esecuzione di due sondaggi verticali a carotaggio continuo, con prove penetrometriche dinamiche SPT e prelievo di campioni per l'esecuzione di prove di laboratorio;
- installazione di piezometri entro i fori di sonda per il controllo sistematico della falda;
- esecuzione di prove sismiche in foro di tipo "Down Hole" e rilevazione di velocità sonica in foro di tipo BHTV;
- esecuzione di distinte prospezioni sismiche, tipo HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) e MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves), per la definizione del profilo di velocità sismiche e la ricostruzione dell'assetto sismostratigrafico nell'ammasso della DGPV, che consentano di estendere linearmente i dati stratigrafici puntuali dei sondaggi meccanici.

L'analisi dei logs stratigrafici mostra un assetto stratigrafico caratterizzato dalla presenza di quattro formazioni significative:

Calcari dell'Antola: si tratta di calcare marnoso, marna calcarea, calcareniti con occasionali livelli di argilliti e argilliti marnose con valori di fatturazione molto variabili. Sulla base dei rilievi geostrutturali condotti in sito, dei risultati delle prove di laboratorio e dei dati di sondaggio è stato possibile classificare l'ammasso roccioso dei Calcari Marnosi del Monte Antola secondo tre gruppi a cui corrispondono differenti qualità geomeccaniche. Questi gruppi, definiti come Gruppo1, Gruppo 2, Gruppo 3 si riferiscono a condizioni di roccia da buona, discreta, scadente e molto scadente (completamente destrutturata);

Depositi Detritico-Colluviali: si tratta di depositi a granulometria eterometrica, da medio fine a grossolana, con blocchi di dimensioni anche plurimetriche, in abbondante matrice sabbioso–limosa o argillosa, generalmente derivante dal disfacimento superficiale dei calcari dell'Antola. In generale, lo spessore di questi depositi è dell'ordine di 2 m;

Depositi Alluvionali: sono costituiti prevalentemente da materiali a granulometria sabbioso limosa, con orizzonti ghiaiosi o ciottolosi; localmente sono presenti frazioni fino a limoso-argillose. Questi depositi formano il riempimento dei fondovalle dei principali impluvi che interessano l'area del progetto. Le dimensioni dei depositi presenti sono modeste (in genere dell'ordine di due metri di spessore), dal momento che gli impluvi sono prevalentemente in erosione, come testimoniato dagli affioramenti del substrato roccioso lungo i corsi d'acqua;

Coltre nell'area DGPV: come emerge dai primi dati delle indagini integrative eseguite dal Comune di Santa Margherita, la coltre in frana rappresenta una porzione ben circostanziata e delimitata dell'intero sviluppo della galleria; essa è caratterizzata da granulometria eterometrica, da medio fine a grossolana, con blocchi di dimensioni anche plurimetriche, in abbondante matrice sabbioso–limosa o argillosa, generalmente derivante dal disfacimento superficiale dei calcari dell'Antola per effetto delle deformazioni gravitative. In generale, lo spessore di questi depositi è dell'ordine di 4-5 m.

Per quanto riguarda il livello di falda e regime delle pressioni interstiziali, lungo tutto il tracciato della galleria è stata rilevata la presenza di un acquifero libero. La presenza della falda è confermata da tutti i sondaggi eseguiti nelle varie fasi. Le portate misurate nell'indagine sui punti d'acqua superficiali giustificano più la presenza di acquiferi di dimensioni limitate piuttosto che di un unico acquifero esteso a tutto il versante. Da un esame dei profili geologici, idrogeologici e geomeccanici si può prevedere di non superare i 50 m di battente idraulico (corrispondenti a 5 bar di pressione idrostatica lungo lo scavo).

Lo Studio Geotecnico della DGPV in Corrispondenza dell'imbocco del Torrente S.Siro (documento GT-02) è stato redatto a seguito della campagna geognostica integrativa eseguita nel 2015 e contiene le valutazioni della stabilità del versante insistente sul tratto di monte dello scolmatore nei confronti di possibili cinematismi di rottura interessanti le opere a progetto, alla luce dei dati disponibili e della classificazione associata al versante stesso. Alla luce delle criticità emerse dalle

analisi di stabilità del versante, il presente documento definisce, inoltre, le opere di stabilizzazione e il piano di monitoraggio necessari a garantire la sicurezza ai sensi della normativa vigente.

C.3 ASPETTI IDROLOGICI E IDRAULICI

La categoria di elaborati idraulici (ID) comprende:

Relazione Idrologica (Elaborato ID-R01);

Relazione Idraulica (Elaborato ID-R02);

Relazione Interazioni Dinamica Litoranea (Elaborato ID-R03);

Relazione Analisi Trasporto Solido (Elaborato ID-R04).

Nei paragrafi seguenti si riportano i principali criteri di studio e progettazione e le analisi definite negli elaborati di progetto.

c.3.1 Aspetti Idrologici

L'elaborato ID-R01 riporta, con riferimento all'area di studio, la descrizione dell'idrologia di piena ed in particolare:

l'analisi morfologica;

le caratteristiche di assorbimento del terreno;

l'analisi delle precipitazioni intense (con riferimento al progetto preliminare, al Piano di Bacino e all'analisi regionale VAPI mediante la distribuzione GEV per i bacini idrografici del Torrente San Siro e del Fosso Magistrato e confronto tra le diverse metodologie);

la stima delle portate di piena (con riferimento al progetto preliminare, al Piano di Bacino e all'analisi con modello distribuito della trasformazione afflussi deflussi - metodo VAPI_ADD - e confronto tra le diverse metodologie);

il contributo dei rii minori (fosso Cassanello, il fosso di Costa Mezzana e il fosso Santa Barbara);

i riferimenti al modello idrologico distribuito FEST98RS (acronimo di Flash – flood Event – based Spatially – distributed rainfall – runoff Transformation, including Reservoirs System);

i riferimenti al metodo proposto dal Soil Conservation Service noto come metodo Curve Number (CN), per la valutazione del fenomeno di assorbimento del terreno.

c.3.2 Aspetti Idraulici

L'elaborato ID-R02 riporta, con riferimento all'area di studio, le analisi idrauliche relative allo stato di fatto ed a quello di progetto conseguente la realizzazione della galleria scolmatrice per il reticolo idrografico naturale ed urbanizzato del Torrente San Siro e Magistrato.

L’analisi dello stato di fatto è stata dedotta dal Piano di Bacino Stralcio sul Rischio Idrologico per il quale è stato condotto uno studio idraulico con un modello di calcolo in moto permanente. Per ciascun tratto è stata valutata la massima portata smaltibile pari cioè alla massima portata in assenza di disturbi idraulici di valle.

La soluzione di progetto è stata analizzata verificando, con lo stesso modello idraulico impiegato per la redazione del PAI, gli effetti della limitazione della portata in alveo a valle delle opere di derivazione nel canale scolmatore.

Le dimensioni e la forma della sezione della galleria, verificata per le portate di progetto, è stata ottimizzata in funzione delle esigenze costruttive e delle economicità e sicurezza dello scavo condizioni che hanno determinato le dimensioni di scavo rispetto a quelle sufficienti dal punta di vista idraulico.

Forma e dimensione interna della sezione di progetto della galleria idraulica sono state ottenute per successivi affinamenti, partendo dalle sezioni “ovoidale” del progetto preliminare e dalla classica sezione “a ferro di cavallo” sono state individuate le dimensioni minime che permettono il passaggio della portata di progetto con un franco minimo di 1 metro. Per ogni sezione idraulica sono state costruite le rispettive sezioni di scavo. Le dimensioni delle sezioni così ottenute sono però state allargate per garantire un sufficiente grado di sicurezza per gli operatori durante le fasi di costruzione ed una discreta resa di avanzamento del fronte scavo.

A parità di sicurezza e velocità di scavo la sezione “a ferro di cavallo” più bassa rispetto a quella “ovoidale”, comportando un minor volume di smarino, è risultata la meno costosa. La sezione “a ferro di cavallo” è stata quindi leggermente modificata in funzione del dimensionamento statico dell’arco a rovescio e dei piedritti del rivestimento finale della galleria e della forma della gaveta per il drenaggio della galleria.

La sezione idraulica di progetto, rispetto alla sezione di progetto individuata nella fase preliminare, (L=4,86 metri; H=5,1 metri), risulta più larga e meno alta (L=5,1 metri; H=4,6 metri). La sezione è stata infatti ottimizzazione in funzione esigenze costruttive per permettere il passaggio in scurezza dei mezzi di cantiere in modo da limitare il rischio di incidenti estremamente gravi quali lo schiacciamento degli addetti alle varie lavorazioni.

c.3.2.1 Portate di Progetto: Opera di Presa del Torrente San Siro

Sono state determinate le portate di progetto smaltibili nell’alveo del torrente S. Siro nelle diverse sezioni a valle dell’opera di presa: in base alle analisi effettuate risulta che, per un evento marcato da un tempo di ritorno pari a 200 anni, la portata in arrivo alla sezione dell’opera di presa è caratterizzata da un picco pari a 59.4 m^3/s; di questi 5 m^3/s possono proseguire nell’alveo del S. Siro mentre 54.4 m^3/s devono essere scolmati in galleria.

c.3.2.2 Portate di Progetto: Opera di Presa del Torrente Magistrato

In base alle analisi effettuate risulta che, per un evento marcato da un tempo di ritorno pari a 200 anni, la portata in arrivo alla sezione dell'opera di presa è caratterizzata da un picco pari a 16.6 m^3/s; di questi 2 m^3/s possono proseguire nell'alveo del Magistrato mentre 14.6 m^3/s devono essere scolmati in galleria.

c.3.3 Idraulica Marittima

E' stato esaminato il moto ondoso nella zona di Punta Pedale, dove cioè sbocca la galleria scolmatrice in progetto, al fine di definire la condizione idraulica di contorno a valle per il funzionamento della galleria e la sollecitazione ondosa per il dimensionamento della scogliera di protezione del ripascimento, su cui verrà realizzato il cantiere.

Allo sbocco della galleria risulta una condizione di valle definita da un'onda di periodo T = 7,6 s e altezza frangente H pari a 1,6 m. Tale altezza deriva dall'aver considerato l'onda frangente, relativa alla profondità dello sbocco della galleria di 1,5 m e considerando l'incremento dovuto al sopralzo di tempesta di circa 0,5 m.

Le altezze d'onda frangente allo sbocco dei Torrente San Siro e Magistrato sono le seguenti:

Altezze d'onda agli sbocchi			
	Profondità (m)	**profondità + sormonto (m)**	**H (m)**
Sbocco Galleria	1,5	2	1,6
Foce S. Siro	1,4	1,9	1,5
Foce Magistrato	1	1,5	1,2

dove il legame tra profondità e altezza d'onda è espresso da: H= h/1,26.

Il trasporto litoraneo, che è potenzialmente elevato a causa della forte energia delle onde incidenti, risulta trascurabile poiché i fondali di punta del Pedale sono costituiti da materiali grossolani (ciottoli e ghiaia) e completa assenza di materiali fini.

La galleria non apporta nessun contributo in termini di materiali grossolani o trasporto solido di fondo d'alveo, al trasporto litoraneo; sia perché si tratta di uno scolmatore che entra in funzione solo per eventi di piena di tempo di ritorno di circa tre anni e di breve durata, sia perché le opere di presa sia del T. S. Siro che del T. Magistrato sono appositamente progettate per evitare trasporto di materiale di fondo nella galleria (Relazione Idraulica e di Trasporto Solido, Elaborati ID-R02 e ID-R04 rispettivamente).

c.3.4 Trasporto Solido

Sono stati analizzati i fenomeni di capacità di trasporto solido e calcolata la capacità di sovralluvionamento del manufatto di sfioro sia sul Torrente San Siro che sul fosso Magistrato.

Infatti, l'opera di sfioro nel suo insieme produce una riduzione della capacità di trasporto della corrente sia per la derivazione attraverso il canale scolmatore sia per l'effetto di rigurgito indotto sulla corrente di piena.

L'analisi ha evidenziato come nella configurazione di progetto il processo di trasporto solido durante gli eventi di piena non pregiudica la funzionalità delle opere in progetto.

C.4 ASPETTI PAESISTICI E AMBIENTALI DI INSERIMENTO DELLE OPERE

L'analisi dettagliata degli aspetti paesistici e ambientali associati alle opere a progetto è stata effettuata nell'ambito degli studi specialistici predisposti per la Procedura di Valutazione di Impatto Ambientale, conclusasi con la pronuncia positiva di compatibilità ambientale in merito al progetto definitivo delle opere (Progetto 2005), condizionata al rispetto di prescrizioni emanato dalla Giunta Regionale della Liguria (Deliberazione No. 1405 del 18 Novembre 2005, riportata in Appendice A).

Ai fini della presente Relazione Generale, si evidenzia che nell'Aprile 2016 è stata predisposta una Relazione Tecnico-Ambientale finalizzata a fornire gli elementi atti a chiarire che le valutazioni relative al Progetto 2005, condotte nell'ambito della sopra richiamata Valutazione di Impatto Ambientale (e della relativa Delibera di Compatibilità) possono assumersi come ancora sostanzialmente valide se applicate al Progetto 2015.

c.4.1 Aspetti Paesistici

Per quanto riguarda gli aspetti paesistici, essendo gran parte dell'opera in sotterraneo e considerando che le ottimizzazioni progettuali non comportano variazioni di rilievo nella geometria delle parti sopra terra, le conclusioni riportate nei documenti ambientali 2005 sono confermate. Tale assunto è confermato anche dalle conclusioni della Relazione Paesaggistica finalizzata nell'Aprile 2016.

Nel dettaglio, le principali influenze e gli effetti sul paesaggio saranno imputabili essenzialmente alla presenza delle opere di presa ai Torrenti San Siro e Magistrato e dall'opera di sbocco a mare.

L'analisi condotta ha permesso di concludere che il grado di incidenza paesistica per le opere di presa è basso in quanto le opere avranno limitata visibilità e non modificheranno il contesto paesaggistico nel quale saranno realizzate.

Per quanto riguarda l'opera di sbocco a mare, seppur inserita in un contesto paesaggistico ambientale di particolare pregio, data le sue dimensioni e scelte architettoniche (l'opera sarà configurata in modo da riprendere il motivo

architettonico ad arco tipico degli sfoci a mare dei torrenti liguri) non andrà ad incidere in maniera sensibile sui caratteri del paesaggio presenti.

Per quanto riguarda infine la fase di cantiere, gli impatti sul paesaggio saranno imputabili essenzialmente alla presenza delle strutture e delle attrezzature di cantiere, degli stoccaggi e del riempimento temporaneo (superficie circa 600 m^2) dell'area antistante Punta dell'Ago per permettere l'attacco della galleria.

Sulla base dell'analisi svolta è stato osservato come gli impatti in fase di realizzazione del progetto avranno natura temporanea (durata totale stimata indicativamente intorno ai 3 anni) annullandosi al termine delle attività di cantiere.

Nel complesso il progetto è stato pertanto considerato ad impatto paesistico inferiore alla soglia di rilevanza ed quindi giudicato accettabile sotto il profilo paesistico.

c.4.2 Aspetti Ambientali

Per quanto riguarda gli aspetti ambientali, come anticipato in precedenza, sono da ritenersi confermate le valutazioni già condotte relativamente alla realizzazione del progetto dello scolmatore come delineate nella documentazione ambientale sottoposta a Valutazione di Impatto Ambientale e conclusasi con parere positivo di compatibilità ambientale da parte della Regione Liguria.

Nel dettaglio, nell'ambito della Relazione Tecnico-Ambientale sopra richiamata sono state analizzate le ottimizzazioni progettuali condotte nell'ambito della nuova fase di progettazione (alcune delle quali implementate al fine di ottemperare alle prescrizioni della Delibera VIA) e si è provveduto ad individuarne gli aspetti ambientali connessi. Lo studio ha permesso di stabilire come tali ottimizzazioni non comportano variazioni apprezzabili dell'impatto sull'ambiente, permettendo di confermare le valutazioni di cui ai documenti ambientali a suo tempo predisposti nell'ambito della procedura VIA.

Valutazioni addizionali relative al progetto di messa in sicurezza del movimento franoso (dissesto gravitativo) sono contenute nello Studio di Fattibilità Ambientale relativo a tali opere: le analisi condotte hanno permesso di concludere come le fasi di costruzioni ed esercizio delle opere di sistemazione, predisposte per ottemperare alla prescrizione E della Deliberazione di Giunta Regionale (Appendice A), non comportino impatti di particolare entità.

C.5 ASPETTI SISMICI

Lo studio sismico (SI-01) ha definito l'accelerazione di picco orizzontale da prevedersi nella progettazione dell'opera per effetto dell'azione sismica, conformemente all'attuale quadro normativo nazionale e regionale in materia.

La determinazione dell'azione sismica di riferimento è stata eseguita secondo le NTC 2008, tramite l'ausilio del foglio excel "Spettri-NTC, versione 1.03", rilasciato dal Consiglio Superiore del Lavori Pubblici, che permette di individuare l'accelerazione sismica di riferimento per ogni sito considerando le sue coordinate geografiche.

L’accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido, a_g, è risultata pari a **0,108g** in SLV.

Sono stati inoltre affrontati gli aspetti legati alla sismicità locale, con particolare riferimento alla determinazione della velocità delle onde S che caratterizza i depositi reperiti in sito. La determinazione della velocità delle onde S è stata eseguita attraverso l’analisi delle prove geofisiche in foro. La velocità media delle onde di taglio è pari a 1381 m/s; con riferimento alle categorie di suolo indicate in normativa, il suolo che caratterizza il Volume Significativo dell’area in esame è **TIPO A**.

È stata poi determinata la magnitudo di momento attesa per il sito mediante la procedura di disaggregazione della pericolosità sismica. L’evento sismico dominante. detto anche terremoto di scenario, è stato determinato ricorrendo alla risorsa Web-GIS messa a disposizione dall’Istituto Italiano di Geofisica e Vulcanologia, all’indirizzo Internet “esse1-gis.mi.ingv.it”. La massima **magnitudo di momento** statisticamente prevedibile è **compresa tra 4,50 e 5** e la distanza epicentrale è compresa tra i 5 km ed i 10 km; alla luce di quanto sopra osservato la magnitudo sismica attesa per il sito in esame è pari a 5.

Infine, data la natura del suolo di fondazione ed il limitato spessore di tali sedimenti sul substrato roccioso e considerando che i possibili eventi sismici sono caratterizzati da magnitudo estremamente modeste, si ritiene trascurabile il rischio di potenziale liquefazione al sito di Santa Margherita Ligure oggetto degli interventi.

C.6 ASPETTI CONNESSI ALLA PROGETTAZIONE DELLA GALLERIA

c.6.1 Descrizione generale

L’opera in oggetto ha una lunghezza complessiva pari a 2390 m e ne diparte dalla sponda destra del Torrente San Siro per arrivare a sfociare a mare in prossimità di Punta Pedale.

Con esclusione delle zone di imbocco e sbocco a mare, le coperture presenti lungo il tracciato variano da un minimo di 2-3 diametri di scavo ad un massimo di 100 metri circa.

La sua porzione di monte, di lunghezza pari a 1060 m, parte in corrispondenza dell’opera di presa sul Torrente San Siro a quota 25,50 m s.l.m. e termina in corrispondenza della presa sul Torrente Magistrato a quota 15,30 m s.l.m. realizzando una pendenza pari a circa l’1%.

La sua porzione di valle, di lunghezza pari a circa 1330 metri, parte in corrispondenza della presa sul Torrente Magistrato e termina in corrispondenza dello sbocco a mare a quota 0,00 m s.l.m.; la sua pendenza è compresa tra 1% e 3,8% (ultimi 85 m verso mare) oltre una modesta zona con pendenza del 10%.

L’avanzamento dello scavo è previsto a piena sezione con tecnica tradizionale mediante l’impiego di martellone in terreni o rocce tenere e per mezzo di esplosivo (localmente condotto con microcariche) nell’ammasso roccioso consistente; gli attraversamenti delle zone di faglia e/o delle zone ove l’ammasso è fratturato saranno

previsti mediante demolitore meccanico. Le seguenti Figure 1 e 2 mostrano il tracciato della galleria ed il profilo.

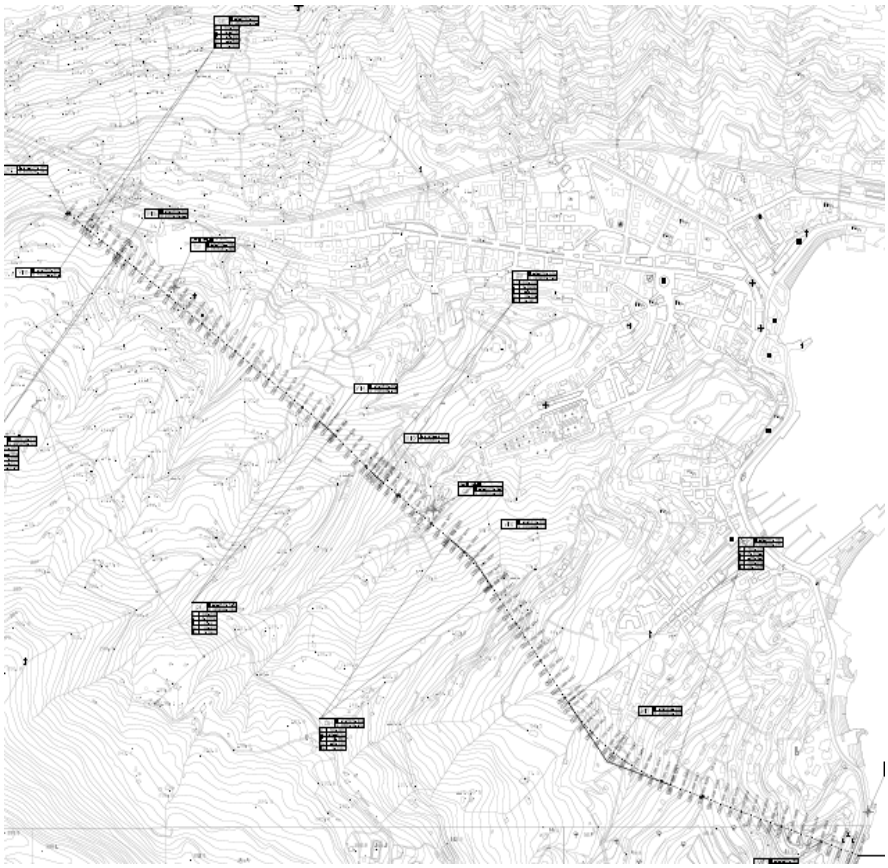


Figura 1: Tracciato della galleria scolmatrice.

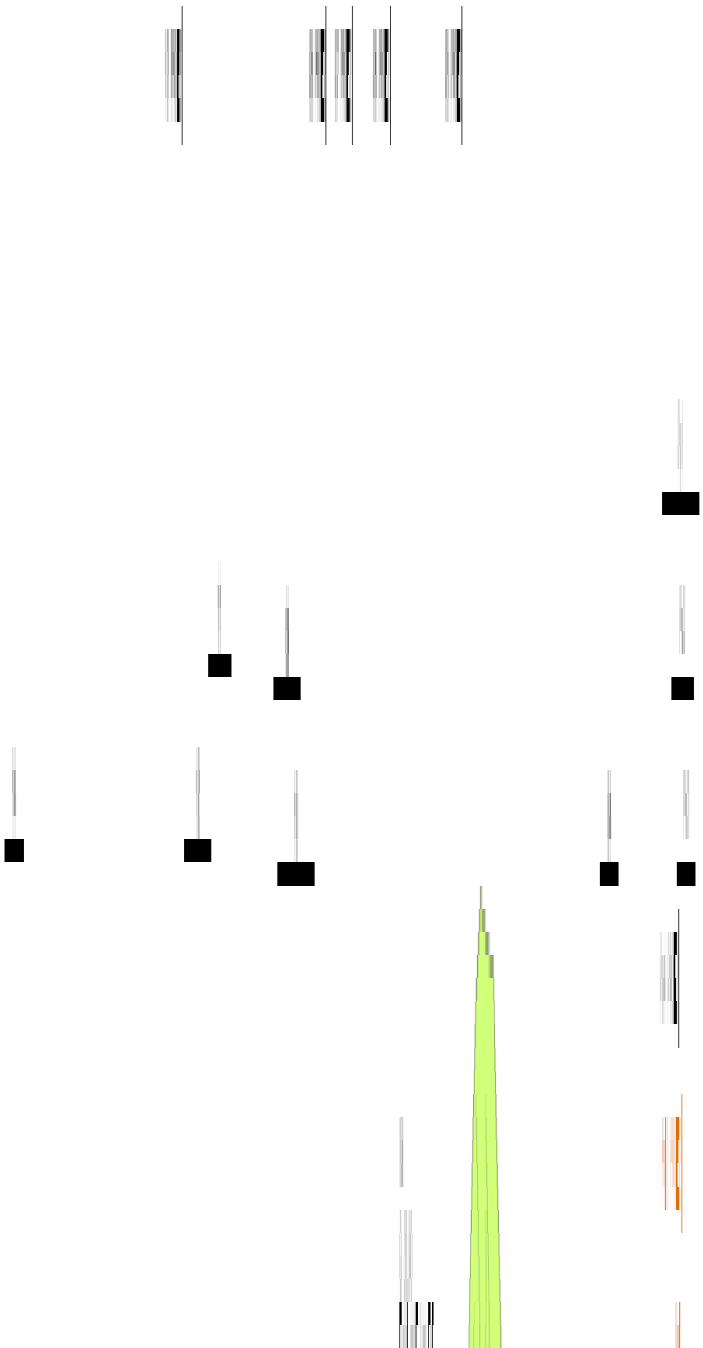


Figura 2: Profilo geomeccanico e del tracciato.

Imbocco Torrente San Siro

L'imbocco della galleria presso il Torrente San Siro ricade in un'area di frana codificata dagli strumenti di pianificazione come Deformazione Gravitativa Profonda di Versante (DGPV) per la quale è stato svolto uno specifico studio finalizzato a capirne le condizioni attuali e le ripercussioni dovute all'inserimento dell'opera di imbocco.

I risultati a cui il citato studio è pervenuto sono stati tenuti in opportuna considerazione all'interno del presente documento.

Proprio in virtù di detti risultati l'opera di imbocco ha subito una modifica ed ora prevede la realizzazione di una robusta partia di micropali coadiuvati da più ordini di tiranti attivi provvisionali, necessari alla realizzazione degli scavi in condizioni di sicurezza sia nei confronti del cantiere della galleria che nei confronti dell'area in frana. Le verifiche di stabilità generale del versante condotte hanno consentito l'analisi del comportamento generale del versante e la definizione delle opere di stabilizzazione necessarie.

Gli interventi previsti nell'area di imbocco dello scolmatore soddisfano da una parte il requisito di messa in sicurezza del cantiere durante la realizzazione delle opere di imbocco, dall'altra il requisito di stabilizzazione del tratto di versante insistente sulle stesse e caratterizzato da pronunciata acclività, rispettivamente nel breve e nel lungo termine.

I principali criteri di scelta progettuali adottati hanno riguardato i seguenti aspetti:

- minimizzazione delle attività di scavo per ridurre il rischio di potenziale attivazione del movimento franoso;
- proteggere il versante da potenziale instabilità;
- connotare le opere da un punto di vista di ingegneria naturalistica;
- mantenere pressoché inalterate le condizioni idrogeologiche esistenti in termini di permeabilità del versante.

Gli interventi a progetto riguardano nel dettaglio:

- la realizzazione di una paratia intirantata di micropali;
- la stabilizzazione e riprofilatura del versante mediante doppio livello di terre rinforzate, raccordo con il terreno esistente e realizzazione di palizzate in legno;
- raccolta acque superficiali di ruscellamento;
- installazione di strumentazione di monitoraggio geotecnico.

Una volta raggiunto il piano di lavoro, sarà realizzata la dima di attacco e si provvederà al consolidamento del fronte di scavo mediante iniezioni di consolidamento del nucleo e del contorno.

Per l’analisi del comportamento della galleria in prossimità dell’imbocco del Torrente San Siro è stato effettuato il calcolo delle azioni interne, adottando il metodo delle reazioni iperstatiche ed eseguendo un’opportuna analisi numerica con l’ausilio di elementi finiti monodimensionali; le sollecitazioni e le deformazioni sono determinate per via numerica mediante il programma di calcolo SAP2000.

La configurazione finale prevede la ricopertura della galleria ed interventi di riprofilatura del versante per raccordarsi alla topografia dell’area.

Sono altresì previsti interventi di regimentazione delle acque superficiali e di infiltrazione, in accordo con i risultati dello studio effettuato sull’area sede di DGPV.

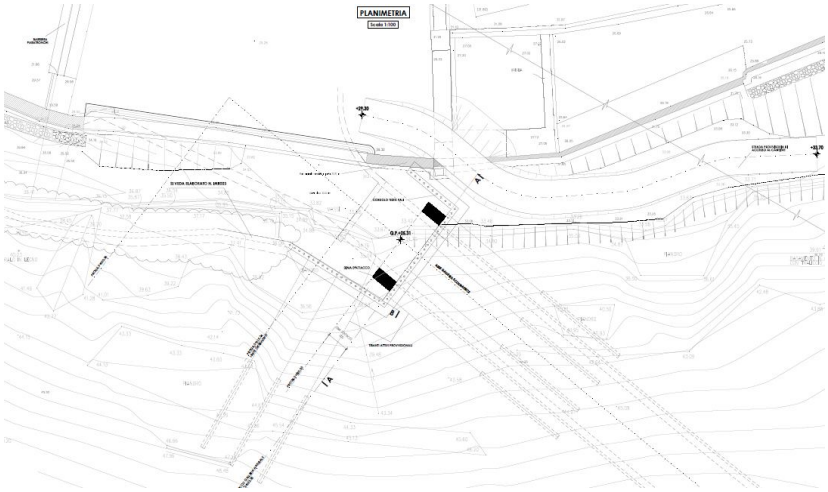


Figura 3**: Imbocco presso il Torrente San Siro.**

c.6.2 Pozzo Torrente Magistrato

L'opera di presa prevista sul torrente Magistrato è costituita da un pozzo verticale, deputato a riversare l'acqua captata nella galleria sottostante realizzato tramite la tecnica del raise-boring, che prevede la successione delle seguenti fasi:

- esecuzione di un camerone di smarino posto nella galleria, al di sotto del pozzo magistrato;
- esecuzione da piano campagna del foro pilota ed inserimento dell'asta guida;
- posizionamento della testa fresante in galleria e collegamento all'asta guida;
- avvio della macchina con contemporaneo richiamo, verso piano campagna, della testa fresante.

La testa fresante lavorando in risalita permetterà di raccogliere il materiale di smarino all'interno della galleria, il materiale sarà successivamente trasportato all'imbocco a mare.

Preliminarmente è necessaria l'esecuzione di uno scavo per l'alloggiamento della macchina del rise-boring ed il successivo risezionamento del torrente.

Il rivestimento provvisorio sarà realizzato mediante l'impiego di sprit-beton di spessore 5 cm coadiuvato da centine in carpenteria metallica disposte ad intervalli regolari di 3 m.

Il rivestimento definitivo sarà realizzato in calcestruzzo armato mediante un guscio di spessore 50 cm.

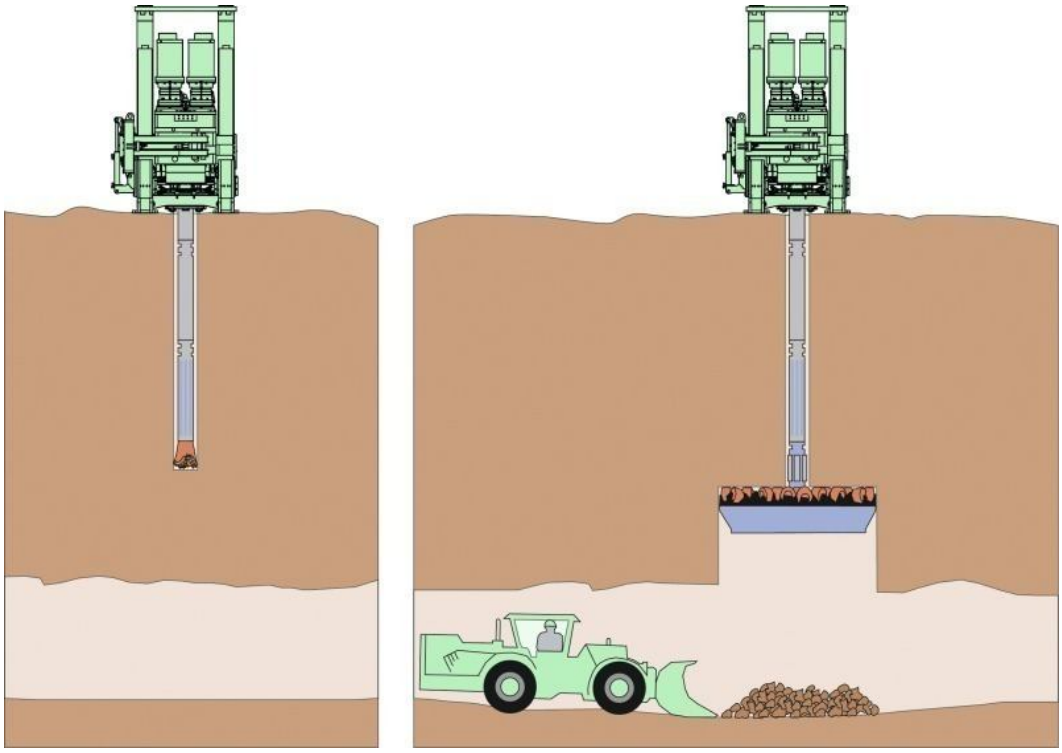


Figura 4: Schematizzazione del processo realizzativo mediante tecnica rise-boring.

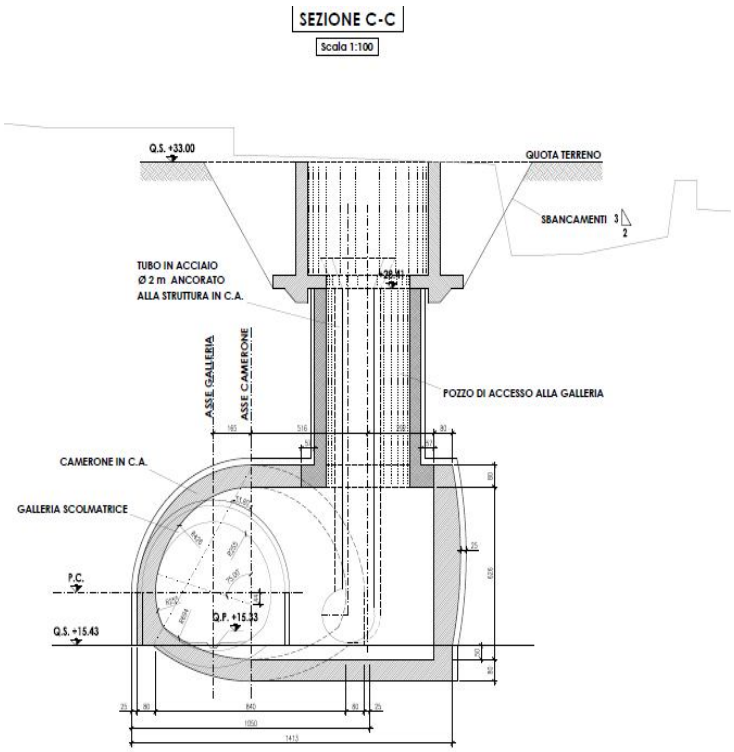


Figura 5: Particolare del pozzo Torrente Magistrato.

c.6.3 Sbocco a mare

Lo sbocco a mare verrà realizzato tramite attacco diretto in roccia, previa realizzazione di alcuni interventi di protezione della falesia che costituisce il versante in analogia a quelli che recentemente sono stati posti nelle immediate vicinanze in occasione della realizzazione del depuratore cittadino.

Gli interventi di protezione consistono nel disgaggio dei blocchi instabili e nella posa di chiodi e rete di protezione.

Successivamente si provvederà alla realizzazione di una palificata lungo l'esistente viabilità, al successivo getto di un solettone in calcestruzzo armato (da realizzarsi in due fasi in modo tale da non compromettere l'uso della strada, che collega Santa Margherita Ligure a Portofino) ed alla realizzazione della dima di attacco.

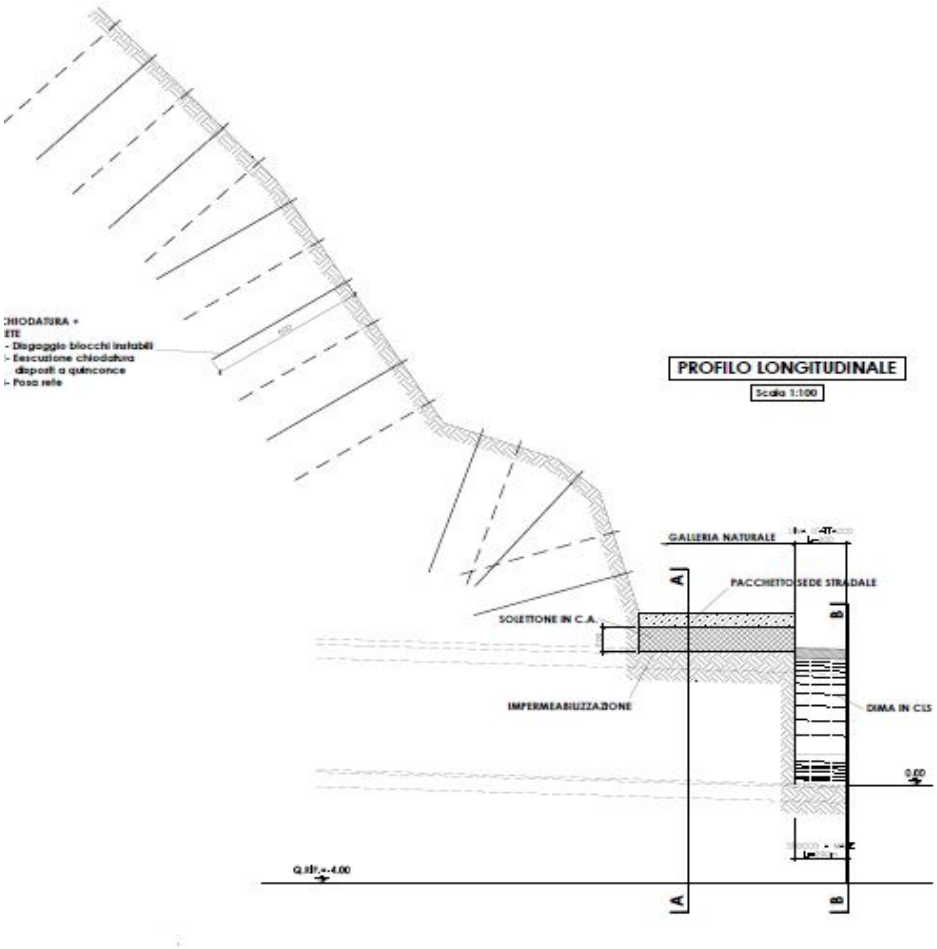


Figura 6: Sbocco a mare.

c.6.4 Galleria naturale

Le sezioni tipo previste per lo scavo sono tre: B0, B0V a sagoma troncoconica e B1V a sagoma troncoconica quest'ultima solo per la penetrazione nell'area codificata come DGPV; la loro scelta discende dall'applicazione del metodo ADECO-RS di nota e comprovata affidabilità.

In configurazione di progetto la galleria, essendo totalmente impermeabilizzata (sezione impermeabilizzante denominata tipo "2"), non costituirà dreno preferenziale per le fratture presenti nell'ammasso roccioso. Anche l'interazione della galleria con l'ammasso roccioso sarà non significativa, poiché la presenza della galleria, attraversando una formazione a bassa permabilità, non ne provocherà sostanziali variazioni.

Per tale motivo si ritiene che le capacità di emungimento dei pozzi non possano venire influenzate.

In linea generale l'acronimo ADECO-RS si riferisce all'Analisi delle Deformazioni controllate nelle Rocce e nei Suoli e definisce un approccio progettuale e costruttivo ideato nel 1998 dal prof. Ing. P. Lunardi.

Questo metodo parte dalla semplice osservazione della tridimensionalità del problema statico della realizzazione di una galleria in avanzamento e perviene alle seguenti conclusioni:

- la stabilità della galleria (sia a breve che a lungo termine) dipende dalla formazione di un effetto arco nel terreno al contorno del cavo;
- la sua formazione è segnalata dall'entità e dal tipo di risposta deformativa del terreno allo scavo;
- la risposta deformativa si identifica nell'estrusione del nucleo di avanzamento al fronte ed evolve dapprima come preconvergenza, poi come convergenza (che rappresenta solo l'ultimo stadio del processo);
- la risposta deformativa è condizionata dalla rigidezza del nucleo di avanzamento;
- la stabilizzazione della galleria si consegue con azioni di precontenimento del cavo oltre che di semplice contenimento.

Il metodo ADECO-RS prevede che il progetto e la costruzione dell'opera sotterranea si sviluppino attraverso le seguenti fasi:

- una fase conoscitiva che consente, attraverso una analisi dettagliata ed un esame critico dei dati disponibili, una preliminare caratterizzazione geomeccanica dell'ammasso roccioso interessato dallo scavo;
- una fase di diagnosi, da cui dipende la scelta degli interventi di stabilizzazione, nella quale, sulla base delle conoscenze geologiche, idrogeologiche, geotecniche e geomeccaniche raccolte nella fase conoscitiva, si effettua una previsione attendibile riguardo al comportamento tensio deformativo dello scavo in sotterraneo in assenza di interventi di stabilizzazione.
- Essa è effettuata tramite l'impiego del metodo delle "linee caratteristiche", analizzando i differenti gruppi geomeccanici individuati nella fase conoscitiva ed in base ai differenti valori di copertura, in termini di genesi, localizzazione, evoluzione ed entità dei probabili fenomeni deformativi che si innescano nella fascia di terreno od ammasso roccioso intorno allo scavo ponendo particolare attenzione la stabilità del fronte di scavo.

  Punto terminale della fase di diagnosi è la definizione delle classi di comportamento che avviene considerando quale elemento centrale per l'analisi proprio la stabilità; il metodo ADECO-RS individua le seguenti tre categorie di comportamento:

  - caso "A", fronte stabile;
  - caso "B" fronte stabile a breve termine;

- caso “C” fronte instabile.

- una fase di terapia che consente, successivamente all’individuazione delle categorie di comportamento, la definizione degli interventi progettuali più idonei da mettere in atto per la realizzazione delle gallerie;
- una fase operativa e di controllo in corso d’opera dove sono forniti, per ciascuna sezione tipo, dei valori limite di deformazione e delle linee guida per l’applicazione delle stesse sezioni; attraverso l’adozione di sistematici rilievi geostrutturali dei fronti di scavo e la messa in opera di un adeguato sistema di monitoraggio saranno verificate la correttezza della delle ipotesi progettuali e gestite le eventuali discrepanze.

Le figure seguenti mostrano le sezioni tipo applicate per la galleria.

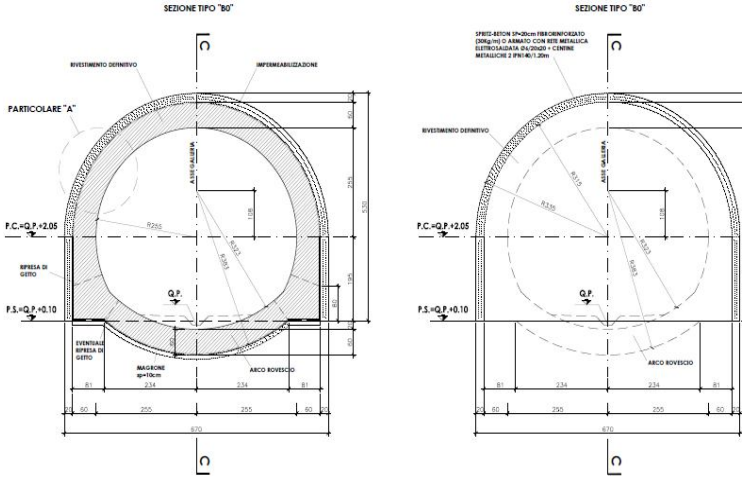


Figura 7: Sezione tipo B0.

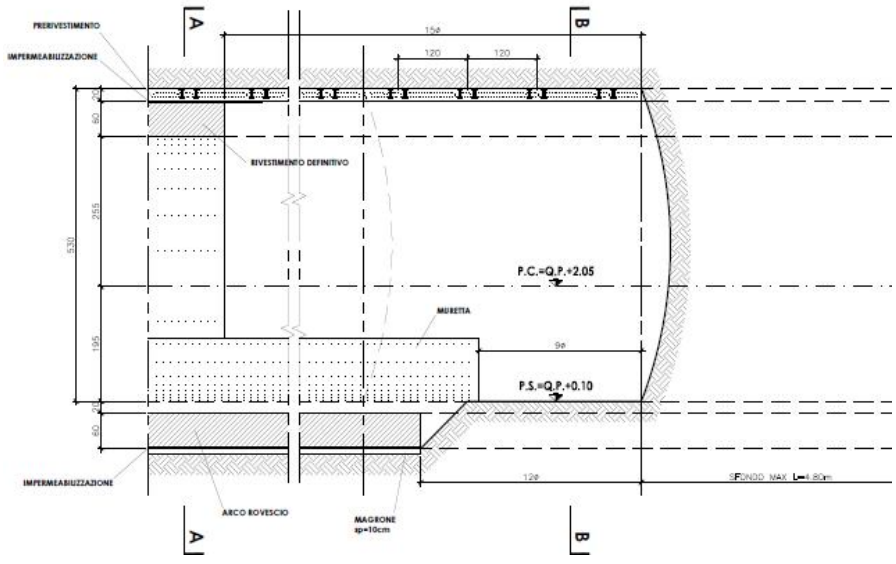


Figura 8: Profilo longitudinale della sezione tipo B0.

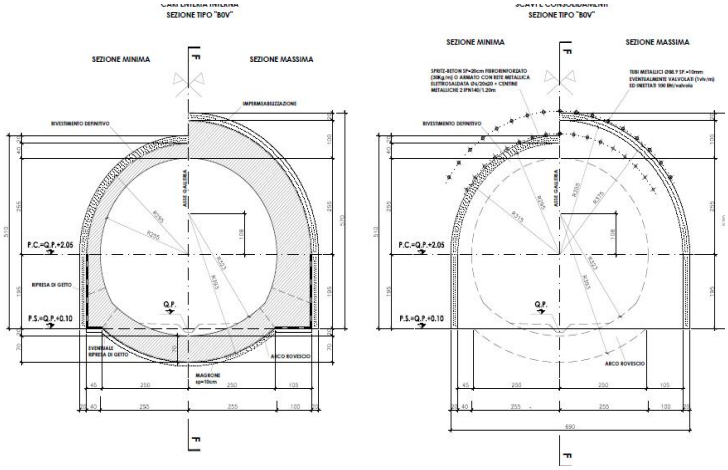


Figura 9: Sezione tipo B0V.

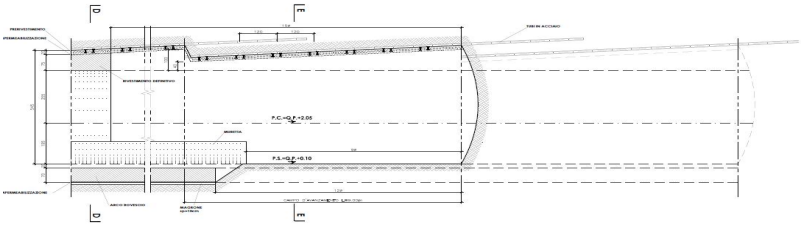


Figura 10: Profilo longitudinale della sezione tipo B0V.

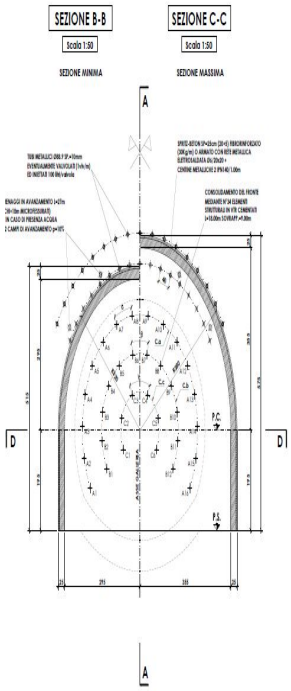


Figura 11: Sezione tipo B1V.

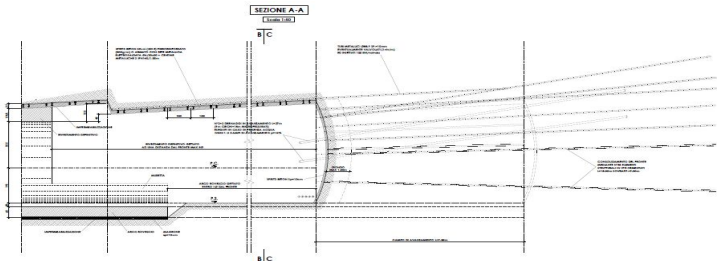


Figura 12: Profilo longitudinale della sezione tipo B1V.

C.7 ASPETTI CONNESSI ALLA PROGETTAZIONE DELLE OPERE IDRAULICHE DI IMBOCCO E SBOCCO

L'Elaborato OI-R01: Relazione Tecnica e di Calcolo, Progetto Opere Idrauliche Imbocco e Sbocco, presenta una dettagliata descrizione tecnica dell'insieme dei manufatti costituenti le due opere di presa e quella di restituzione a mare, nonché del loro comportamento previsto nei diversi scenari di funzionamento e riporta i calcoli preliminari dei manufatti costituenti le due opere di presa.

L'opera di presa del torrente San Siro è costituita da una briglia selettiva aperta per la trattenuta del materiale flottante, da una vasca di deposito per la trattenuta del trasporto solido di fondo, da uno sfioratore laterale atto alla deviazione della portata in galleria e da uno sbarramento in alveo a valle dello sfioratore.

L'opera di presa del torrente Magistrato è costituita da una briglia selettiva aperta per la trattenuta del materiale flottante, da una vasca di deposito per la trattenuta del trasporto solido di fondo, da uno sfioratore laterale atto alla deviazione della portata in un pozzo collegato con la galleria sottostante e da uno sbarramento in alveo a valle dello sfioratore.

Il manufatto di scarico a mare è costituito da una platea in calcestruzzo armato con dei denti per la dissipazione dell'energia della corrente e da due pennelli laterali in massi naturali per il convogliamento della portata sfiorata in mare.

c.7.1 Opera di Presa del Torrente San Siro

L'opera di presa sul torrente S. Siro è costituita dai seguenti elementi:

sbarramento di regolazione sul torrente San Siro per il controllo della portata verso valle e il sostegno della quota del pelo libero in corrispondenza dello sfioratore laterale;

sfioratore laterale in destra, e vasca di gronda per convogliare l'acqua alla galleria idraulica;

briglia selettiva per la trattenuta dei corpi galleggianti;

zona di deposito del materiale litoide;

opere di completamento quali muri di sostegno, scarico di emergenza, rampe di accesso all'alveo per l'espletamento delle attività di manutenzione.

Il dimensionamento della bocca tarata (larghezza-altezza), e dello sfioratore laterale (altezza del coronamento, lunghezza) è stato eseguito con un duplice obiettivo: in primo luogo al fine di ottenere i valori delle portate di progetto a valle delle opere e in secondo luogo con l'intento di limitare la frequenza di entrata in funzione della galleria ai soli eventi effettivamente necessari. Se dal punto di vista teorico questi due obiettivi possono trovare una soluzione ottimale, dal punto si vista pratico il vincolo imposto dallo stato dei luoghi (e in particolare dalla disponibilità di spazi), nonché dai costi delle opere in progetto è tale da dover ricercare una soluzione che sia il miglior compromesso tra le due diverse problematiche. Sulla base dei risultati di questo processo di ricerca della condizione ottimale è stata scelta la soluzione che prevede una luce libera, posta sul fondo del manufatto limitatore, di 1.2 m di larghezza e 1.0 m di altezza, e uno sfioratore laterale di lunghezza pari a 20.5 m e altezza del coronamento pari a 1.35 m rispetto al fondo alveo.

A valle dello sfioratore è posto uno scivolo di raccordo con la sezione della galleria.

La quota all'imbocco della galleria, pari a 25.5 m s.m.m. è stata individuata in modo da assicurare la disconnessione idraulica tra la soglia di sfioro sul San Siro e la galleria stessa.

Anche se sono stati previste a monte dello sfioratore delle opere per l'intercettazione del materiale galleggiante (briglia di ritenuta) e del trasporto solido (zona di deposito) non è possibile escludere che possa verificarsi una situazione imprevista per la quale la galleria scolmatrice possa essere parzialmente ostruita e non sia in grado di far defluire tutta la portata in arrivo. Per far fronte a tale circostanza è stato inserito, uno sfioro di emergenza posto a quota 32.70 m s.m.m. Attraverso lo sfioro di emergenza possono essere smaltiti circa 45 m^3/s con pelo libero a quota 34.00 m s.m.m. (sommità dei muri di sponda).

La necessità di evitare che materiale flottante, movimentabile durante gli eventi di piena, possa intasare l'imbocco della galleria scolmatrice impone la realizzazione, a monte dello sfioratore laterale, di una briglia selettiva appositamente studiata per l'intercettazione e la trattenuta del materiale galleggiante (briglia a paramento inclinato). Il materiale galleggiante che giunge a ridosso della briglia per effetto combinato del galleggiamento e dell'inclinazione del paramento tende a portarsi in alto, lasciando così la parte bassa delle larghe aperture sgombra e quindi efficiente per lo smaltimento sul fondo del materiale lapideo trasportato dalla corrente. Il fondo della briglia è rivestito da massi annegati nel getto per assicurarne la durabilità. Al fine poi di evitare il verificarsi di intensi fenomeni erosivi o di rapido deperimento del rivestimento in calcestruzzo in corrispondenza del salto dell'acqua, si è protetto il fondo alveo per una lunghezza di oltre 5 m con un rivestimento a massi di adeguata pezzatura e peso. Il funzionamento idraulico della briglia è stato verificato per l'ipotesi di portata di piena duecentennale sia nel caso di deflusso libero che nell'ipotesi di completo interrimento del paramento di monte fino alla quota massima di gàveta fissata dalla più elevata della barre orizzontali. E' stato

messo a punto un modello idraulico relativo al tratto del torrente interessato dal manufatto a mezzo del codice di simulazione monodimensionale *Hec-Ras* (Hydrologic Engineering Center, River Analysis System). La ricostruzione dei profili idraulici è riportata in dettaglio nella Relazione OI-R01 a cui si rimanda.

Per far fronte a problemi di deposito di materiale solido in occasione dei maggiori eventi di piena è stata prevista una zona di deposito del materiale solido tra la briglia per la trattenuta del materiale flottante e la briglia selettiva reticolare paratronchi (esistente) posta a monte dell'opera di derivazione. Per favorire il deposito del materiale trasportato è stata creato un allargamento dell'alveo (fino ad una larghezza al fondo pari a circa 20 m) così da creare una zona di rallentamento della corrente (favorito anche dal rigurgito provocato dalla briglia presente a valle) e quindi il deposito del materiale trasportato dalla corrente. Parte del materiale depositato durante la piena può venire movimentato successivamente nei periodi di morbida e defluire in maniera naturale verso valle. Per la rimozione del materiale a pezzatura maggiore si dovrà invece procedere a periodiche operazioni di manutenzione: il materiale asportato verrà utilizzato per ripascere le spiagge poste in prossimità alla foce del San Siro.

c.7.2 Opera di Presa del Torrente Magistrato

L'opera di presa del Torrente Magistrato è costituita dai seguenti elementi:

sbarramento di regolazione sul torrente Magistrato per il controllo della portata verso valle e il sostegno della quota del pelo libero in corrispondenza dello sfioratore laterale;

sfioratore laterale in destra e vasca di gronda per convogliare l'acqua al pozzo di raccordo con la galleria idraulica;

briglia selettiva per la trattenuta dei corpi galleggianti;

zona di deposito del materiale litoide;

opere di completamento quali muri di sostegno, rampe di accesso all'alveo per l'espletamento delle attività di manutenzione

In maniera analoga a quanto osservato per l'opera di presa sul torrente S. Siro il dimensionamento della bocca tarata (larghezza-altezza), e dello sfioratore laterale (altezza del coronamento, lunghezza) deve tener conto oltre che dei valori delle portate che si vuole far transitare a valle delle opere, anche dell'obiettivo di limitare la frequenza di entrata in funzione dell'opera ai soli eventi critici, e di rispettare i vincoli imposti dallo stato dei luoghi (e in particolare dalla disponibilità di spazi), nonché dai costi delle opere in progetto. Sulla base delle differenti ipotesi analizzate nella ricerca della condizione di progetto che tenesse conto delle differenti variabili sopra menzionate, è stata scelta la soluzione che prevede una luce libera, posta sul fondo del manufatto limitatore, di 1 m di larghezza e 0.5 m di altezza, e uno

sfioratore laterale di lunghezza pari a 9.5 m e altezza del coronamento pari a 1.40 m sul fondo alveo.

Attraverso uno scivolo di raccordo le acque scolmate dallo sfioratore laterale sono convogliate verso una vasca dove è posto l'imbocco a calice del tubo d'acciaio verticale di diametro 2.0 m. Tale tubo, in acciaio a saldatura elicoidale e dotato di flangie, scende in un pozzo posto a lato della galleria fino alla quota di fondo della stessa e prosegue poi con andamento orizzontale fino a collegarsi con la galleria idraulica. Il sistema è stato progettato per minimizzare i fenomeni di rigurgito che potrebbero venire a crearsi in galleria a monte dell'immissione delle acque sfiorate dal Magistrato: la portata si immette in pressione in galleria con un angolo di 30° rispetto all'asse della stessa così da conservare buona parte della quantità di moto. Sul fondo della galleria un gradino sagomato a scivolo, che inizia subito a monte dell'immissione dal tubo, accresce la spinta totale di monte minimizzando ulteriormente gli eventuali sovralzi del pelo libero nel tratto che precede l'immissione della portata derivata dal torrente Magistrato. Nella fascia superiore delle pareti di contenimento del calice di ingresso al condotto verticale sono previste delle aperture di troppo pieno in grado di scaricare nella galleria, attraverso il pozzo di accesso, la portata rifiutata dal condotto nell'eventualità di ostruzione parziale o totale.

Il trasporto flottante, come nel caso dell'opera di presa del torrente S. Siro, è controllato tramite una briglia aperta a paramento inclinato che risulta particolarmente adatta a svolgere tale funzione, presentando nel contempo minori rischi di ostruzione ed interrimento. Il funzionamento idraulico della briglia è stato verificato per l'ipotesi di portata di piena duecentennale sia nel caso di deflusso libero che nell'ipotesi di completo interrimento del paramento di monte fino alla quota massima di gàveta fissata dalla più elevata della barre orizzontali.

c.7.3 Opera di Sbocco a Mare

Al piede dello sbocco della galleria viene realizzata un'opera di protezione prevalentemente posta sotto il livello del mare. L'opera sporgerà dal medio mare di circa 0.6 metri. Tale opera avrà il duplice obiettivo di proteggere la galleria dai fenomeni di erosione durante le mareggiate e di dissipare l'energia della corrente scolmata dalla galleria.

L'opera è costituita da:

una platea in calcestruzzo a pianta trapezia di ingombro pari a 30 m² circa con denti sporgenti posti sotto il livello del mare;

due pennelli laterali in massi naturali di II categoria (1-3 t).

Sulla base dei risultati delle analisi riportate nella relazione idraulica la corrente in uscita dall'ultimo tratto di galleria, sfocia in mare con una velocità di circa 13 m/s e quindi con una forte capacità di erosione e di spinta. L'opera di sbocco a mare

prevede la realizzazione di un bacino delimitato a valle da una soglia dentata, al fine di dissipare l'energia della corrente tramite un risalto.

c.7.4 Verifiche e Calcoli Strutturale

Il progetto degli interventi previsti è stato sviluppato nell'osservanza della vigente normativa tecnica NTC 2008, facendo riferimento, qualora necessario, anche alle normative precedentemente vigenti. L'analisi e le verifiche strutturali dei manufatti sono redatte secondo quanto previsto nel D.M. 14 Gennaio 2008 secondo il metodo semiprobabilistico agli stati limite. Secondo tale metodologia la sicurezza strutturale deve essere verificata tramite il confronto tra la resistenza e l'effetto delle azioni. Le verifiche strutturali delle opere di dettaglio, riportate nella relazione OI-R01, comprendono:

a) stati limite ultimi: capacità di evitare crolli, perdite di equilibrio e dissesti gravi, totali o parziali, che possano compromettere l'incolumità delle persone ovvero comportare la perdita di beni, ovvero provocare gravi danni ambientali e sociali, ovvero mettere fuori servizio l'opera:
    1. perdita di equilibrio della struttura o di una sua parte;
    2. spostamenti o deformazioni eccessive;
    3. raggiungimento della massima capacità di resistenza di parti di strutture, collegamenti, fondazioni;
    4. raggiungimento della massima capacità di resistenza della struttura nel suo insieme;
    5. raggiungimento di meccanismi di collasso nei terreni;
    6. rottura di membrature e collegamenti per fatica;
    7. rottura di membrature e collegamenti per altri effetti dipendenti dal tempo;
    8. instabilità di parti della struttura o del suo insieme;
b) stati limite di esercizio: capacità di garantire le prestazioni previste per le condizioni di esercizio:
    1. danneggiamenti locali (ad es. eccessiva fessurazione del calcestruzzo) che possano ridurre la durabilità della struttura, la sua efficienza o il suo aspetto;
    2. spostamenti e deformazioni che possano limitare l'uso della costruzione, la sua efficienza e il suo aspetto;
    3. spostamenti e deformazioni che possano compromettere l'efficienza e l'aspetto di elementi non strutturali, impianti, macchinari;
    4. vibrazioni che possano compromettere l'uso della costruzione;

5. danni per fatica che possano compromettere la durabilità;
6. corrosione e/o eccessivo degrado dei materiali in funzione dell'ambiente di esposizione.

RIFERIMENTI

D'Appolonia, Beta Studio, Stone, Prof. Ing. M. Mancini, 2005, "Studio di Impatto Ambientale" relativo alla Progettazione Definitiva di un Canale Scolmatore e Sistemazione Idraulica dei Torrenti S. Siro e Magistrato in Comune di Santa Margherita Ligure e Attività Complementari alla Progettazione.

Prof. Maurizio Pansini, 2004, Relazione di Incidenza Relativa al Progetto di Sistemazione dell'Area di Punta Pedale (Santa Margherita Ligure).

Provincia di Genova – Area 08, 2002, Progetto di Prospezioni Geognostiche Propedeutiche al Progetto Definitivo del Canale Scolmatore dei Torrenti San Siro e Magistrato in Comune di Santa Margherita Ligure (Genova) nell'Ambito degli Interventi di Sistemazione Idraulica dei due Bacini.

Paoletti, Mozzo, Piacentino, Rossetti, Pelle, 2000, Interventi di Sistemazione Idraulica del Torrente San Siro – Progetto Preliminare.