

REGIONE PIEMONTE
COMUNE DI SALICETO
Provincia di Cuneo

**REALIZZAZIONE DI DIFESE
SPONDALI PER LUNATA DI
EROSIONE IN DESTRA
OROGRAFICA IN
LOC. BERGALLI -LAVIGNOLA
CIG: ZB5267C496**

Commitente :

Comune di SALICETO
*Piazza Carlo Giusta n. 4
12079 - Saliceto (CN)*

Progettista :

Ing. BOASSO Piercarlo

Sede : Via E.Accame 20 - 17027 Pietra Ligure (SV)
Tel - fax: 019-612123
cell. +39 335 64 22 389
E-MAIL: piercarlo.boasso@gmail.com

| Scale: 1:- | N. | MODIFICHE | DATA |
|--------------------|--|------------------------|-------------------|
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| REL. 08 | Titolo della tavola: Considerazioni Idrauliche | | |
| | | CODICE PROGETTO : PD-E | Data: Giugno 2019 |

Sommario

La stato di fatto..... 2

Lo stato di progetto 4

Considerazioni idrauliche 5

Verifica di stabilita delle scogliere 7

Introduzione 7

Dimensionamento opere di difesa spondale..... 7

Metodologia di analisi 7

Conclusioni 9

La stato di fatto

Il torrente Bormida durante gli eventi di piena del novembre 2016 in più punti ha esondato con conseguente danno alle infrastrutture esistenti ed allagando vaste aree limitrofe all'alveo attivo.

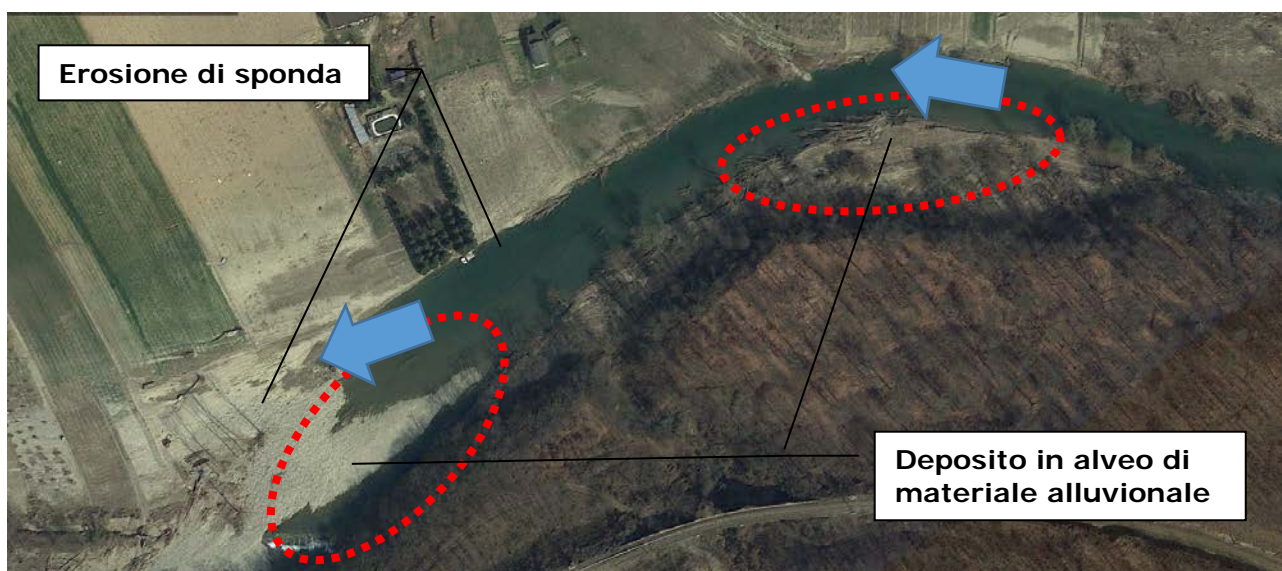
In particolare per l'area posta sulla sponda destra del fiume Bormida, in corrispondenza della località Bergalli – Lavignola è stata oggetto di una marcata erosione di sponda con conseguente danneggiamento alle infrastrutture idrauliche di fognatura presenti a tergo della scarpata spondale preesistente.

L'erosione di sponda prende origine a valle della curvatura d'alveo, sul lato esterno in sponda destra. L'erosione al piede ha compromesso la stabilità della sponda scalzando e asportando la cortina di alberi ripariali ivi presenti prima dell'evento calamitoso. La sponda trovandosi pertanto priva di ogni protezione ad opera dell'apparato radicale della vegetazione spondale è stata facilmente erosa in quanto i terreni sono di natura alluvionale, incoerente di tessitura medio fine.



Situazione antecedente la piena del 2016

Nei punti maggiormente esposti l'erosione ha raggiunto un'estensione decametrica, interessando le infrastrutture idrauliche presenti.



Indicazione della dinamica fluviale durante l'ento di piena

L'erosione di sponda si è protratta verso a valle, rettificando la curva naturale del alveo inciso. Si segnala inoltre che durante l'evento si è creato un esteso deposito di materiale litoide sia nella zona del lato interno alla curva in corrispondenza della sponda sinistra, che nella zona di valle nella parte centrale dell' alveo naturale.

Tali depositi sono una diretta conseguenza della dinamica fluviale e delle circolazioni idriche che hanno caratterizzato l'evento di piena sia nella sua fase di massima attività che nella fase discendente di esaurimento.

Nei giorni successivi all'evento di piena sono stati realizzati alcuni primi interventi di messa in sicurezza delle infrastrutture idrauliche di fognatura con spostamento verso monte delle condotte e dei manufatti asserviti alla fognatura, e disattivazione dei manufatti danneggiati. Nel contempo è stata realizzata una pulizia delle aree private dai detriti trasportati dalla piena.

Attualmente la sponda destra, a seguito dell'erosione di sponda subita durante l'evento del 2016, risulta priva di ogni protezione vegetazionale e pertanto di facile erosione anche per eventi idraulici con tempo di ritorno annuale. Occorre pertanto dare corso ad un intervento di protezione dall' erosione di sponda nel tratto di alveo maggiormente esposto al fine di conferire una maggior caratteristica di resistenza e stabilità nel tempo.

In particolare l'opera di difesa deve interessare tutto il tratto oggetto di erosione e prolungata verso monte fino a raggiungere l'attacco della curva, estendendosi fino all'innesto del rio Bergalli in sponda destra.

In corrispondenza di quest'ultimo occorre realizzare un'attestazione risvoltando la scogliera per proteggere l'innesto del rio e per creare un adeguato inmersamento nella sponda naturale, il tutto al fine di evitare nuove erosioni nella zona retrostante la scogliera che ne determinerebbero il crollo.

Infine è necessario liberare l'alveo dai depositi di materiale litoide che realizzano di fatto un ostacolo di fondo al deflusso nell'alveo naturale.

Lo stato di progetto

La realizzazione della difese spondali, hanno come obiettivo il consolidamento delle scarpate di sponda danneggiate dagli eventi di piena. La difesa citata viene realizzata per mezzo di una mantellata in massi ciclopici da posizionarsi a ridosso della sponda attuale.

L'altezza della protezione spondale risulta mediamente di circa 2.50 – 3.00 m; la massicciata dovrà prevedere un inmersamento al di sotto del fondo alveo non inferiore a metri uno, ed un inclinazione minima rispetto alla verticale di 3/2 .

Dal punto di vista idraulico occorre intervenire con una difesa in massi laddove l'incidenza della corrente è maggiore, ed implica la maggior probabilità di erosione. Questo tratto è stato identificato a valle della curva, nella sponda destra, ricompreso tra la confluenza del rio Bergalli ed il manufatto di fognatura posto a valle.

Per il tratto al valle del manufatto di fognatura, che durante l'evento di piena è stato oggetto di erosione ed asportazione della coltre superficiale è stato scelto di realizzare un tombamento degli avvallamenti presenti, con ricostruzione della sponda naturale preesistente utilizzando il materiale d'alveo movimentato e derivante dalla pulizia ed il ripristino della sezione di deflusso dell'alveo naturale.

La sezione ricostruita riprende l'andamento della sponda preesistente, parzialmente ancora a tratti visibile. Le quote della testa della sponda saranno simili a quelle preesistenti.

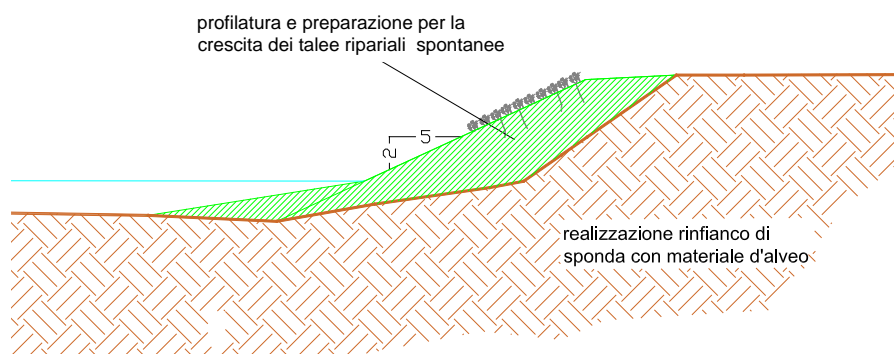


Fig. 1 – intervento di rinfilanco a valle del manufatto – sponda destra.

La realizzazione della mantellata in massi prevista in sponda destra, riprende il profilo del terreno antecedente l'evento di piena, mentre la tipologia rispecchia per uniformità i manufatti esistenti e realizzati in altri ambiti territoriali comunali.

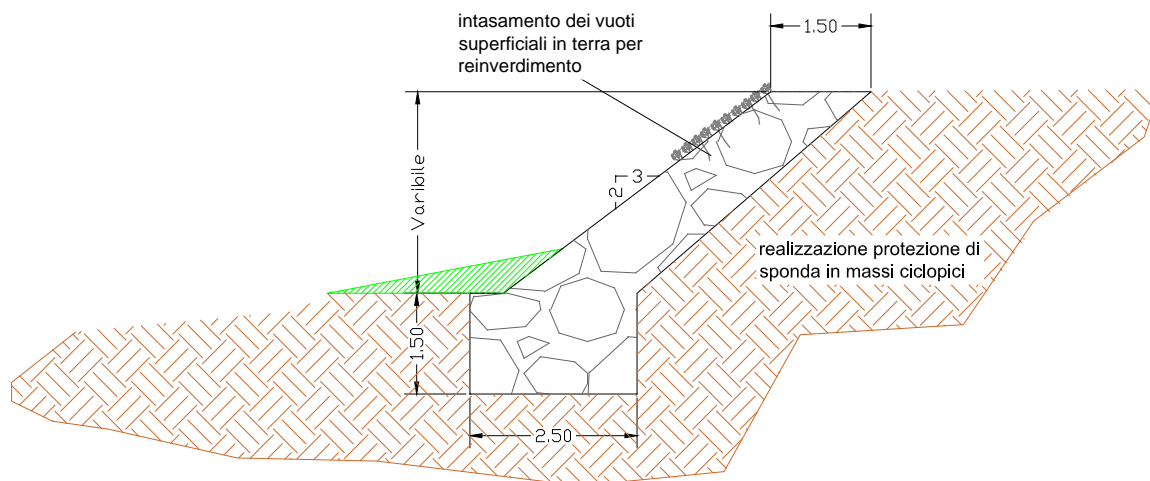


Fig. 2 – intervento a monte del manufatto idraulico – sponda destra

Le difese spondali in progetto dovranno essere collegate ai manufatti esistenti senza soluzione di continuità al fine di evitare la creazione di punti di discontinuità con conseguenti e potenziali punti deboli nella struttura.

Verso monte è necessario prevedere un immorsamento nella sponda attuale per una profondità minima di 1.5 metri al fine di evitare scalzamenti ed erosioni nella parte retrostante. Il risvolto deve protrarsi lungo la sponda de rio Bergalli.

Infine il progetto prevede uno spostamento di materiale d'alveo depositato in corrispondenza della intradosso della curva d'alveo e più a valle nella zona centrale del fiume. Il materiale scavato viene totalmente reimpiegato nell'imbottimento delle sponde e delle escavazioni ad opera della piena verificatesi in sponda destra.

Considerazioni idrauliche

Dal punto di vista idraulico le difese spondali vengono realizzate al solo scopo di evitare il progredire dell'erosione della sponda senza sostanziale modifica della sezione di deflusso esistente.

Lo stesso concetto si può affermare per quanto riguarda gli spostamenti del materiale depositato, che avviene per compensazione dei volumi, pertanto la sezione idraulica di deflusso della piena non subisce variazioni, in quanto viene rimodellato il profilo di sponda attuale.

L'impiego di massi di dimensioni minime assunte in 0.5 mc (>0.4 mc) è sufficiente a garantire la stabilità dell'opera nel tempo, in relazione al fatto che essa potrà essere vegetata per tutta la sua altezza.

La sommità della scogliera è prevista ad una quota simile o inferiore al piano campagna attuale pertanto non costituisce un impedimento all'eventuale sormonto dell'acqua in piena.

In conclusione, essendo il presente progetto un intervento di ripristino e conservazione delle opere esistenti, per tutto quanto sopra esposto si può asserire che, con l'attuazione del progetto e l'inserimento delle difese spondali non viene modificata la dinamica fluviale in relazione al deflusso delle portate di piena del Fiume Bormida, rimangono pertanto invariati i tiranti idrici e le classificazioni di pericolosità idraulica previsti negli strumenti urbanistici vigenti.

Verifica di stabilità delle scogliere

Introduzione

La presente verifica statica e dimensionamento delle opere di difesa spondale in progetto, a protezione delle sponde del fiume Bormida, in località Bergalli - Lavignola in comune di Saliceto, è redatta a corredo del progetto esecutivo delle opere di sistemazione idraulica dei tratti di sponda interessati da evidenti fenomeni erosivi durante l'evento calamitoso.

Dimensionamento opere di difesa spondale

Le protezioni di sponda a progetto prevedono la formazione di mantellate con massi ciclopici di cava in parte di nuova fornitura ed in parte provenienti dal recupero dei massi presenti in loco per smantellamento delle difese esistenti. Di seguito viene riportato il calcolo di verifica per la stabilità delle opere di difesa a progetto.

Metodologia di analisi

In letteratura sono disponibili varie formule per la valutazione della stabilità dei materiali di assegnata granulometria soggetti all'azione di trascinamento della corrente.

Questi procedimenti si basano sulla determinazione dei valori critici della velocità o delle tensioni tangenziali e sul confronto con i valori reali di tali grandezze.

Seguendo il criterio che si basa sulla definizione dello sforzo tangenziale esercitato dalla corrente sul materiale costituente il letto fluviale, la condizione di stabilità del fondo risulta quando $\tau_{cr} > \tau_0$, ovvero quando la tensione tangenziale critica è maggiore o uguale a quella esercitata dalla corrente.

La tensione tangenziale sulle sponde dell'alveo è data dalla formula:

$$\tau_0 = \xi \times \gamma_w \times h \times i$$

Dove γ_w [kN/m³] è il peso specifico dell'acqua, R [m] è il raggio idraulico della sezione, h il tirante idrico [m], i [m/m] la pendenza locale della linea di energia e ξ è lo sforzo tangenziale massimo adimensionalizzato sulle sponde.

La seguente analisi di stabilità è riferita alla teoria della tensione tangenziale critica (Shields, 1936) attraverso la valutazione della forza che determina il moto incipiente dei granuli, è rappresentata in termini generali con la seguente relazione che esprime una condizione di equilibrio:

$$\frac{\tau_{cr}}{(\gamma_s - \gamma_w) * d} = \Theta(Re)$$

Dove:

τ_{cr} = tensione tangenziale critica [N/m²]

γ_s = peso specifico materiale d'alveo [kN/m³]

γ_w = peso specifico dell'acqua [kN/m³]

d = diametro del granulo [m]

Θ = parametro adimensionale dipendente dalle caratteristiche dei granuli e del letto fluviale e dal numero di Reynolds di grano (Re) relativo alla velocità di attrito u:

$$u = \sqrt{\frac{\tau_{cr}}{\rho}}$$

La suddetta condizione di equilibrio è stata tradotta in termini empirici da osservazioni sperimentali, ciascuna caratterizzata da limiti e campi di applicabilità specifici che ne condizionano l'utilizzo.

In particolare alcuni autori hanno individuato valori empirici specifici del parametro di Shields:

Nel caso di alveo orizzontale, per $Re > 200$, si assume pari al valore 0.06:

$$\Theta_c = \frac{u^2}{g \times d \times \Delta} \quad \text{dove} \quad \Delta = \frac{\gamma_s - \gamma_w}{\gamma_w}$$

Di seguito vengono considerati i coefficienti correttivi da applicare al valore θ_c nei casi di pendenza del fondo alveo non trascurabile, di bassa sommergenza relativa ed il caso di protezione delle sponde per tenere conto dell'inclinazione delle stesse.

Nel caso di pendenze del fondo non trascurabile

$$\left| \cos(\alpha) - \frac{\sin(\alpha)}{\tan(\phi)} \right|$$

Dove α è la pendenza del fondo alveo e ϕ l'angolo di attrito del materiale lapideo del fondo alveo.

Nel caso si debba considerare la pendenza delle sponde

$$\left| \cos(\vartheta) \times \sqrt{1 - \frac{\tan^2(\vartheta)}{\tan^2(\phi)}} \right|$$

con ϑ pendenza delle sponde.

Nel caso occorra computare gli effetti della sommergenza relativa

$$1 + 0.67 \times \left| \frac{d}{h} \right|^{0.5}$$

La stabilità del sistema di protezione può essere giudicata sulla base di un confronto fra la tensione tangenziale ottenuta dal calcolo a quella massima ammissibile caratteristica dell'opera.

Le scogliere sono state progettate con un'inclinazione del paramento esterno pari a $3/2$ corrisponde a un angolo sull'orizzontale di circa 33° (α); l'altezza totale rispetto al fondo alveo sistemato è variabile con un intervallo di tra 2.5 m e 3.0 m.

L'angolo di attrito interno del materiale da scogliera è stato assunto pari a: 46° (ϕ). Si trascura a favore di sicurezza l'incastro generato dal intasamento dei vuoti a cemento.

Dalle verifiche riportate di seguito i massi utilizzati per realizzare la scogliera dovranno avere dimensioni non inferiori a $d=0.8$ m con volume del masso caratteristico maggiore di $0.80 \times d^3$

= 0.4 m³ e peso maggiore di 0.4x 26 = 10.6 kN; il coefficiente di sicurezza risulta superiore a 1.83.


È stata verificata la stabilità dei massi tramite il calcolo della tensione tangenziale alla parete, calcolata nelle condizioni di portata con TR 200 anni ($Q = 1081 \text{ m}^3/\text{s}$), considerando il grado d'incastro tipico delle scogliere. Ma trascurando a favore di sicurezza il grado di incastro generato dall' intasamento dei vuoti con calcestruzzo.

Di seguito si riportano i risultati relativi alla condizione di portata verificate:

- $Q_{200} = 1750 \text{ m}^3/\text{s}$ portata con tempo di ritorno 200 anni
- $\tau_o = 12.357 \text{ N/mm}^2$ tensione tangenziale massima
- $\tau_{cr} = 22.67 \text{ N/mm}^2$ tensione tangenziale critica
- $C_s = 1.83$ Coefficiente di sicurezza τ_{cr} / τ_o

Conclusioni

Relativamente alla zona in esame si ritiene necessario in via cautelativa mantenere massi con massa superiore a 10.6 kN in quanto la zona di intervento è prossima ad una confluenza di rii minori e zone abitate limitrofe. Infine la scogliera in progetto è posta all'esterno di una curva e quindi soggetta a fenomeni erosivi. Onde evitare dunque lo scalzamento si prevede di realizzare una scogliera con fondazione continua di 2.5 m di larghezza e 1.5 m di profondità e mantenere una pendenza del paramento come da progetto, utilizzando massi di cava con idonee caratteristiche resistive di massa non inferiore a 10.6 kN, come riportato nell'elaborato grafico di progetto.

 ORDINE DEGLI INGEGNERI
DELLA PROVINCIA DI SALERNO
A984 Dott. Ing. Piercarlo Boasso