

Ripristino dell'efficienza idraulica: scelta la soluzione migliorativa in PRFV per garantire resistenza e durabilità

Autori: Ing. Massimo Blasone, Ing. Massimo Ventulini, Ing. Enrico Zanello

Questo articolo si pregia del contributo tecnico alla stesura dell'Ing. progettista strutturale e geotecnico Massimo Blasone, del Vicedirettore Tecnico dell'Ente Consorzio di Bonifica Friulana, Ing Massimo Ventulini e dell'Ing. Enrico Zanello, Responsabile Ufficio Tecnico di P-TREX.

Il nuovo progetto di ripristino dell'efficienza idraulica affidato dalla stazione appaltante Consorzio di Bonifica Friulana alla progettazione dell'Ing. Blasone e all'azienda esecutrice Adriacos srl con il supporto di P-TREX, si sviluppa a Fossalon di Grado (UD) e per la particolarità del contesto in cui è localizzato rappresenta una svolta importante nell'implementazione di soluzioni applicative del PRFV.



Fossalon è una fertile area agricola ricavata tramite bonifica nella prima metà del XX secolo. Rimase a lungo semi isolata, finché la spinta economico-turistica dalla vicina località balneare di Grado portò alla costruzione di un ponte sul canale del Primero capace di collegare l'area all'entroterra. L'area è tutt'oggi parte della laguna di Grado, che accoglie due Riserve Naturali, dove sono custodite importanti biodiversità.

Per garantire il contenimento delle acque, soprattutto durante le abbondanti piogge, prevenire il dissesto idrogeologico e favorire l'attività agricola, è stato costruito il reticolo

idraulico e l'impianto idrovoro di Vittoria (progettato nel 1908 e realizzato negli anni '30), intervento statale di grande importanza per tutta la zona. Queste opere hanno permesso la bonifica delle aree paludose-lagunari, rendendole salubri e idonee alle attività agricole e agli insediamenti umani.

Il bacino afferente all'idrovora Vittoria (di circa 2000 ha) è costituito da una vasta area agricola e residenziale posta mediamente a quota inferiore del livello del mare, protetto da questo tramite un sistema di arginature perimetrali poste mediamente a 3 m sopra il livello del medio mare (la max marea arriva a +2,00 s.l.m.m.). Proprio per questa conformazione il bacino necessita di una rete di raccolta delle acque costituita da canali artificiale in terra (principali e secondari) che siano in grado di raccogliere ed allontanare le acque meteoriche e superficiali per convogliarle verso l'impianto di sollevamento meccanico posto nella zona più depressa. Qui l'impianto idrovoro solleva e scarica le acque in eccesso oltre l'argine verso il mare.

L'urbanizzazione iniziata nella seconda metà del secolo scorso e il cambiamento climatico hanno determinato un incremento delle portate di piena in occasione di precipitazioni intense, con la necessità di implementare via via negli anni la potenzialità delle pompe idrovore fino a superare agli oltre 10 mc/sec attuali. Questo incremento però ha causato l'accelerarsi dei fenomeni di frana con il conseguente scivolamento delle scarpate verso il fondo del canale.

La necessità di provvedere alla rimozione del sedimento presente sul fondo canale si rende indispensabili per garantire il funzionamento dell'intero sistema idraulico. Il semplice asporto periodico di questo materiale, oltre alla problematica di trovare un idoneo sito dove depositarlo, non risolverebbe il problema legato ai fenomeni erosivi sulle sponde, anzi lo aggraverebbe.

I canali artificiali in terra richiedono una continua attività di manutenzione, di rimozione dei sedimenti del fondo e il consolidamento delle scarpate. Nel bacino di Vittoria, inoltre, ricco di mercurio naturale, la gestione del sedimento è particolarmente problematica e può essere riutilizzato solamente all'interno del corpo idrico se finalizzato al miglioramento idraulico e gestionale del corso d'acqua, in un'ottica di economia circolare. Diversamente andrebbe gestito verso impianti di recupero o smaltimento con conseguenti impatti economici ed ambientali.

Per restituire l'originale sezione e garantire la capacità fluente dell'opera idraulica stessa, il progetto ha previsto di ricostruire l'originale sottobanca spondale con il sedimento dell'alveo contenuto all'interno di una palificata in legno, poiché le esperienze svolte finora hanno evidenziato le criticità di seguito riassunte:

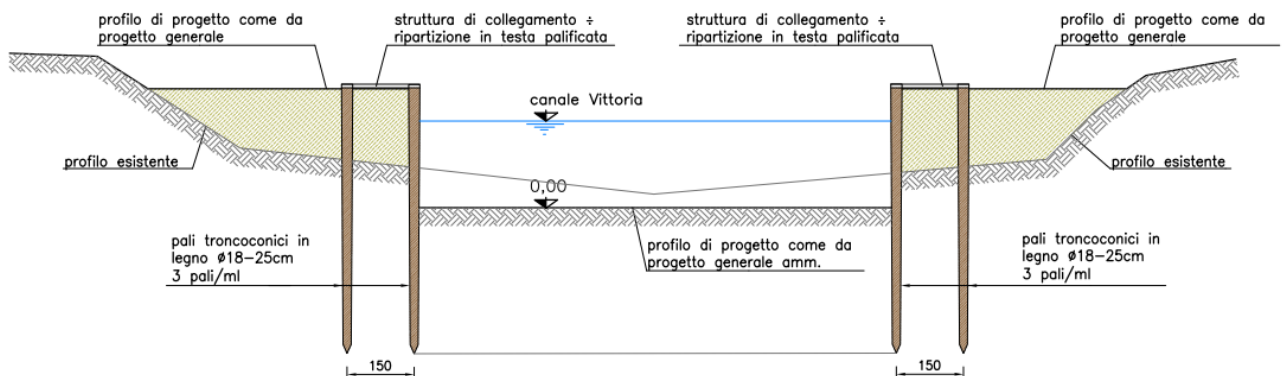
- a. problematiche statiche per il contenimento della spinta del sedimento "liquido" conferito dietro la palificata con pali infissi nel terreno (con schema statico a mensola);
- b. perdita del materiale nel tempo attraverso la palificata;
- c. ammaloramento della palificata in legno per la penetrazione dell'acqua sulle teste palo in particolare in fase di gelo e disgelo;
- d. Ammaloramento della palificata nella zona di escursione (bagnasciuga), non presente invece nella parte permanentemente immersa della palificata o infissa nel terreno;
- e. rapido degrado del sistema di tirantatura (solitamente in cavi di acciaio)
- f. impossibilità a sopportare il carico dei mezzi adibiti alla manutenzione.

Progettazione geotecnica-strutturale in risposta alle aspettative dell'Ente

Le ipotesi progettuali di base prevedevano la riprofilatura dei bordi del canale collettore del bacino di arrivo all'impianto, originariamente modellati in terra ed oggetto di locali franamenti ed instabilità, mediante la costruzione di una palificata di bordo atta a contenere il terreno di monte e consentire contestualmente un dragaggio del fondo canale per riportarlo alle quote idrauliche originarie.

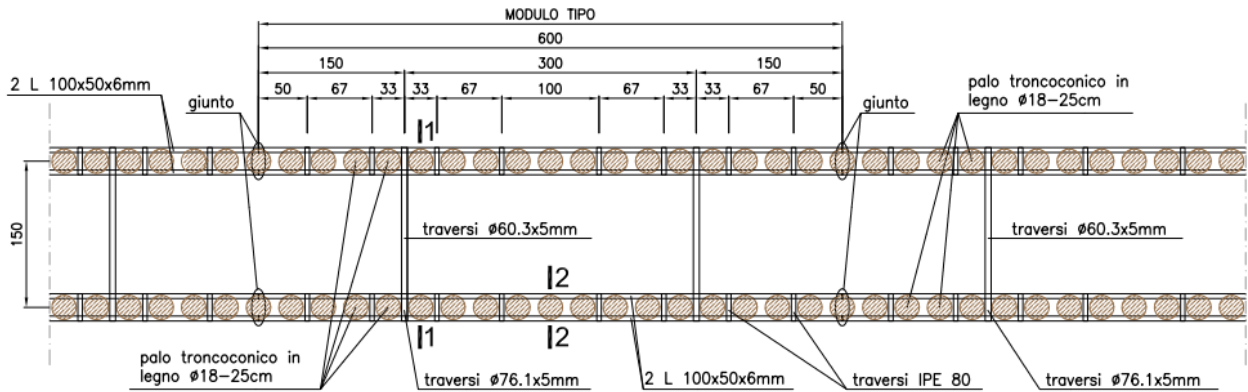
L'intervento, lungo circa 640 m e previsto su entrambe le sponde del canale, si concretizza con la realizzazione di una doppia palificata in legno (pali tronco-conici con diametro variabile da 25 cm in testa a 18 cm in punta, posti ad interasse di 0.33 m e lunghi 6.0 m) formata da due file parallele di pali ad interasse trasversale di circa 1.50 m; in sede di progetto a base di gara, il contrasto in testa delle due file di pali era affidato ad una struttura metallica di collegamento e ripartizione tra le teste pali. Nell'interspazio tra le due palificate, previa disposizione di un telo in geotessuto, viene posizionato il terreno bonificato di risulta dall'escavazione del fondo canale; altrettanto viene previsto a monte della struttura di sostegno, al fine di ripristinare il profilo originario del terreno in prossimità del bordo del canale.

SEZIONE TRASVERSALE TIPO DI PROGETTO - 1:100



La struttura metallica di ripartizione originariamente prevista in progetto era in acciaio autoprotettente, costituita da travi longitudinali a cavallo delle due file di pali, collegate trasversalmente. Ciascuna trave veniva prevista formata da due correnti longitudinali in profilo L100x50x6mm, a sinistra e destra del palo, su cui appoggiano con il lato corto; i profili a "L" sono collegati trasversalmente da travi IPE 80. Su un modulo base di 6m di sviluppo, le due file di pali e relative travi longitudinali di coronamento, sono collegate da un profilo tubolare Ø 60.3x5.0mm che copre l'interasse trasversale di 1.50m tra le due file di pali; il profilo si innesta, da ciascun lato, su un profilo tubolare Ø 76.1x5.0mm che connette anch'esso i due profili a "L" longitudinali.

PLANIMETRIA STRUTTURA DI COLLEGAMENTO - RIPARTIZIONE - 1:50



Sul modulo base di 6.0m, si prevedevano quindi 6 collegamenti trasversali IPE 80 (ogni 1.0m circa oltre a due per lato in prossimità del collegamento trasversale tra le due paratie) e 2 collegamenti tra le due file di pali, con interasse reciproco di 3.0m. La scelta dell'acciaio autoprotettivo (S355 J0W UNI EN 10025) era ovviamente dettata dal cercare di proteggere la struttura dall'ambiente sicuramente aggressivo in cui si sarebbe venuta a trovare.

In sede di gara d'appalto, tra i criteri di valutazione dell'Offerta Tecnica, veniva appunto valutata la possibilità di fornire una **soluzione migliorativa** "per la realizzazione della connessione trasversale tra le due palificare nei confronti della protezione contro i fenomeni corrosivi verso gli agenti aggressivi considerate le condizioni ambientali dell'opera (agenti atmosferici, presenza d'acqua, contatto con terreno,..)"; la soluzione che è stata premiata dall'Amministrazione appaltante (Consorzio di Bonifica Pianura Friulana) è quella proposta dall'Appaltatore Adriacos S.r.l. di Latisana (Ud) mediante l'utilizzo di profili in PRFV a marchio P-TREX prodotti da FIBRE NET S.p.A., in quanto fornisce garanzia di durabilità oltre che rispondere ai requisiti di resistenza di progetto.



Dal punto di vista geotecnico, il sito in esame è posizionato in una zona litoranea a Est dell'abitato di Grado (Go), in corrispondenza del canale artificiale di bonifica adduttore dell'idrovora Vittoria, conseguente all'azione di bonifica dell'intera area perilagunare prossima alla laguna di Marano e Grado. In questa zona, in particolare, i depositi creati dal delta del fiume Isonzo contendono all'azione del mare la formazione di aree caratterizzate da stratificazioni sabbiose e limo-sabbiose, intercalate a elementi argillosi o anche organici. Tutta l'area è stata oggetto di intensi interventi antropici volti a bonificare gli strati deposizionali di origine lagunare superficiali e a ridurre l'altezza della falda (trattandosi di zone depresse di circa 40÷50 cm rispetto al livello medio mare, il cui controllo del livello delle acque interne è affidato all'azione di idrovore quali quelle presenti nell'impianto Vittoria).

Il terreno di bordo del canale esistente su cui si sono intestate le palificate in legno è caratterizzato da una fitta alternanza di limi sabbiosi, sabbie limose, limi argillosi sabbiosi, mediamente consistenti e solo in profondità, dove compaiono banchi sabbiosi, addensati. La falda acquifera, regolata dalla presenza delle idrovore, si attesta sostanzialmente alla quota del canale di adduzione, a circa -1.5m dal piano campagna circostante. Le azioni sismiche devono essere riferite ad un terreno di modeste caratteristiche geotecniche, per le quali si adotta una categoria del sottosuolo "D" ai sensi della tab. 3.2.II del D.M. 17/01/2018.

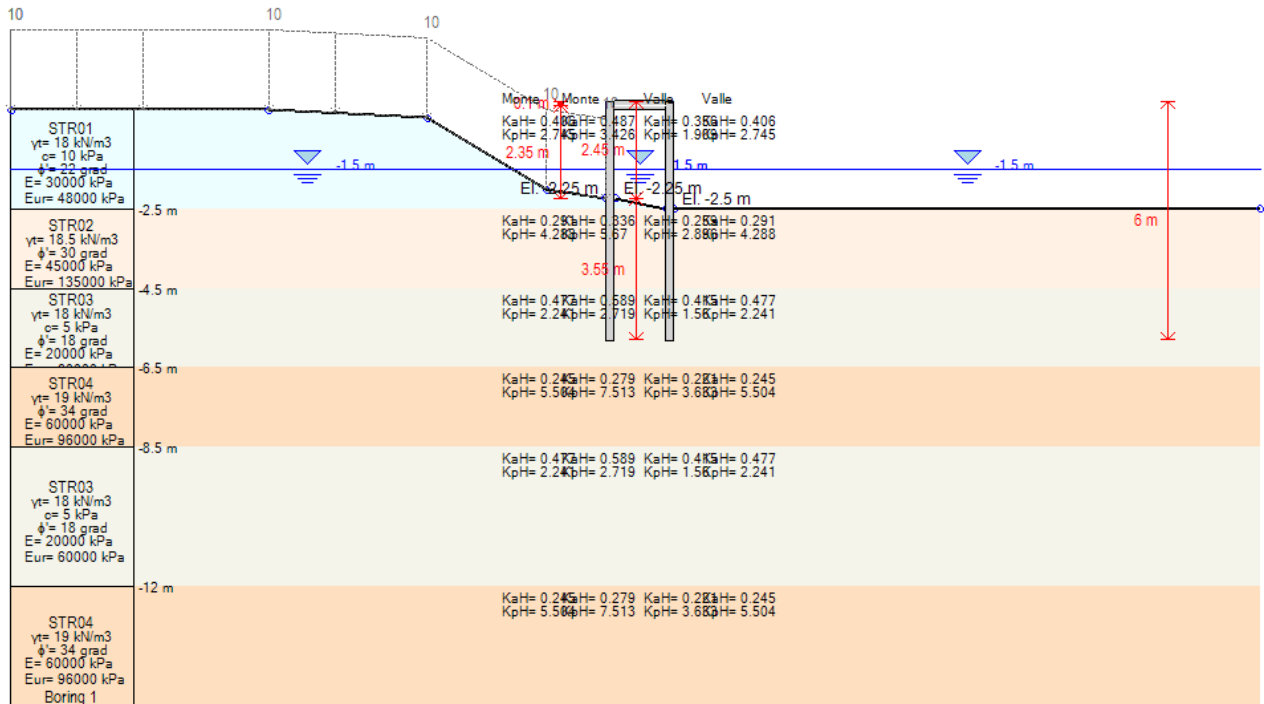
L'analisi geotecnica e strutturale delle opere è stata condotta con il programma Paratie Plus seguendo le medesime fasi costruttive previste in progetto, di seguito elencate:

- 1) esecuzione dei pali verticali da 6m di lunghezza e presenza della trave di ripartizione e contrasto superiore;

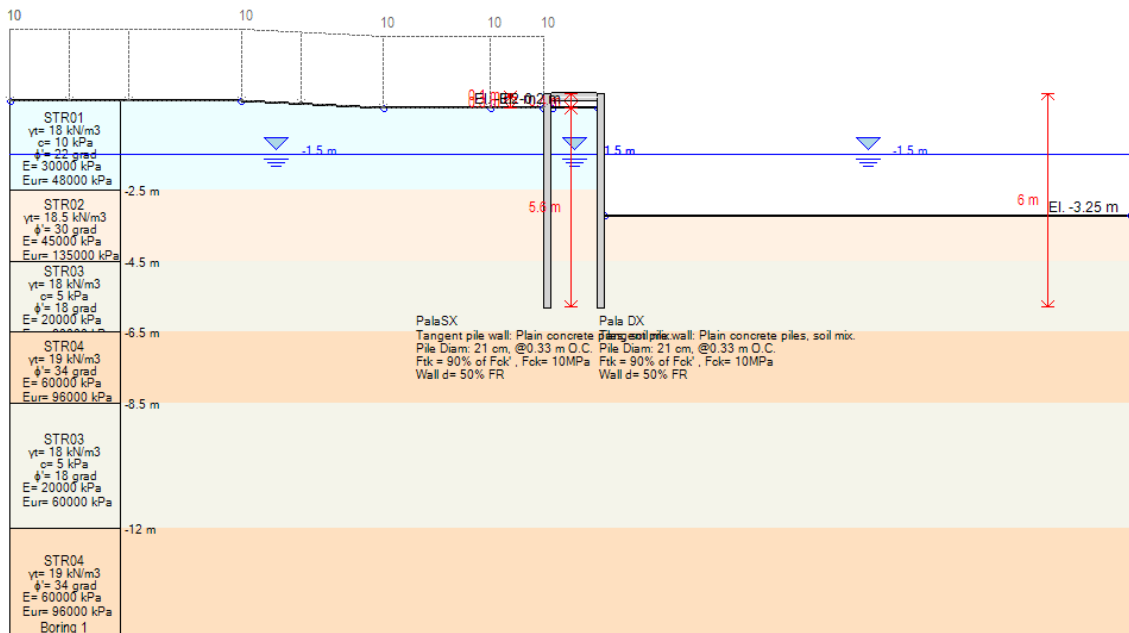
- 2) riempimento interno e a monte della paratia e scavo lato valle fino a circa -3.25m dal p.c. esterno originario;
- 3) situazione di esercizio, con innalzamento della falda a monte di 50cm e massimo carico accidentale sul rilevato
- 4) azione sismica di progetto

Le immagini seguenti riassumono le 3 fasi di calcolo geotecnico della palificata con la trave di ripartizione in testa:

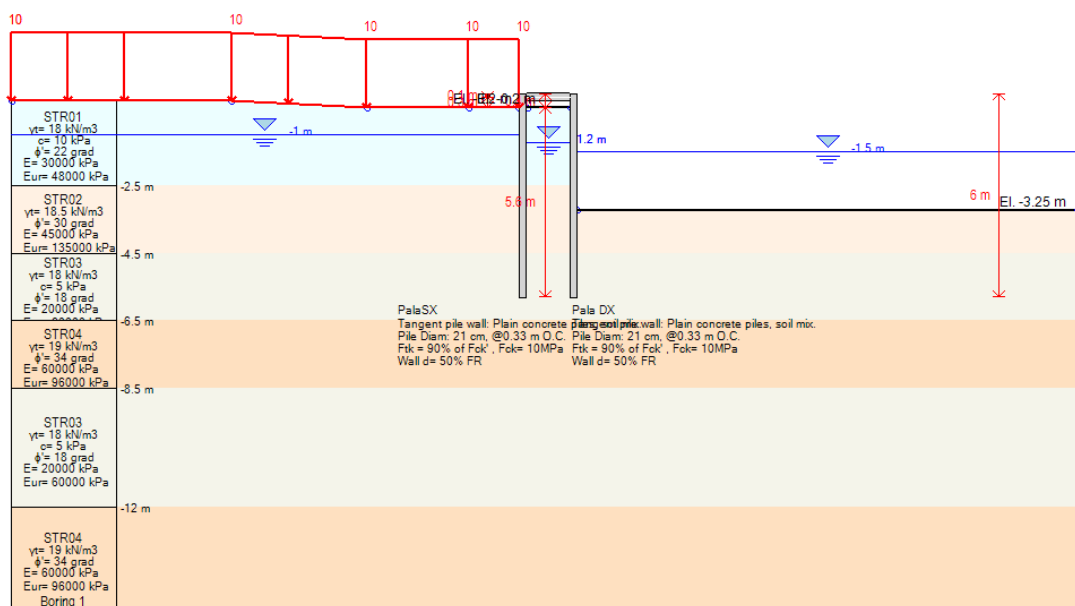
FASE 1)



FASE 2)

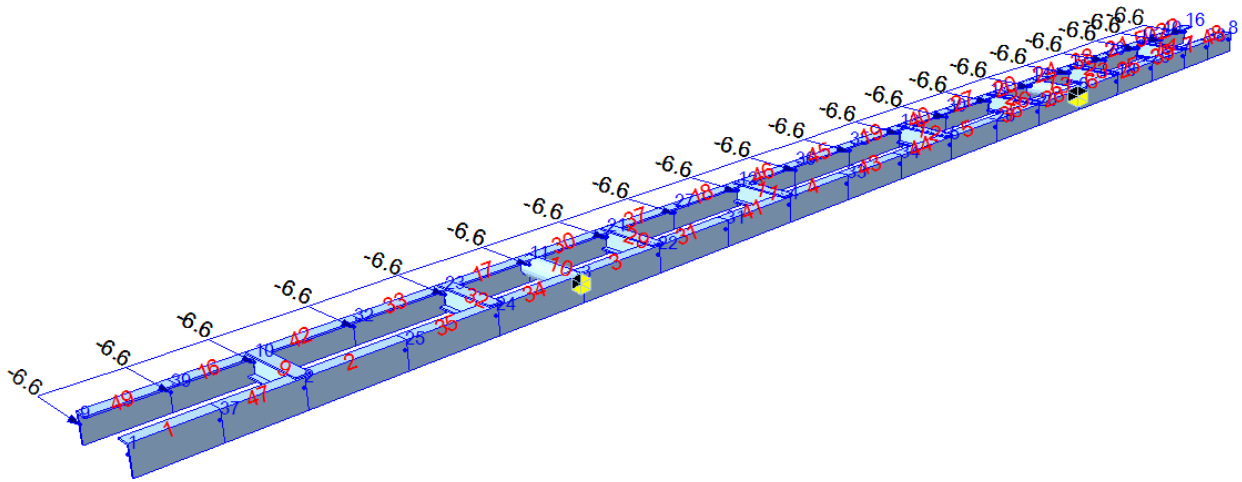


FASE 3)



I risultati dell'elaborazione di calcolo hanno consentito di verificare le due paratie in pali e la struttura di ripartizione; le sollecitazioni trasmesse dal modello geotecnico in testa palificata sono state quindi inserite in una apposita modellazione ad E.F. della struttura metallica; le stesse sollecitazioni sono poi state, in sede esecutiva, adottate per la verifica della soluzione migliorativa in profili PRFV di P-TREX.

La modellazione della trave di collegamento, condotta con il codice ad E.F. Midas Gen, è sintetizzata nella figura seguente (in cui è evidenziato anche il carico applicato alla struttura):



Conclusioni

Si può evidenziare come:

- la soluzione geotecnica strutturale adottata abbia trovato un sistema molto più economico dei sistemi tradizionali a mensola, anche considerando che il costo esponenziale delle palificate lignee con lunghezze superiori agli 8 metri (in questi terreni sarebbero le lunghezze si aggiravano sui 12 metri).
- la soluzione di riutilizzare il sedimento, in un'ottica di economia circolare, lo ha trasformato da "problema" a risorsa
- l'uso di materiali innovativi per la tirantatura ha annullato il problema della corrosione, dei classici ancoraggi metallici aumentandone la durabilità e offrendo una efficace protezione alle teste.
- proteggendo il traverso di collegamento in PRFV (posto in opera con le ali verso l'alto) con un tronco in legno unito alle ottime proprietà meccaniche dei profilati, permette anche la possibilità di transitare con mezzi meccanici al di sopra della struttura minimizzando i costi di gestione del corso d'acqua.
- la prefabbricazione del sistema di tirantatura ha permesso più che un dimezzamento dei tempi di realizzazione delle opere, con il conseguente abbattimento dei costi.
- l'elemento "debole" del sistema resta la parte in legno nella zona del bagnasciuga, che determina la vita utile dell'intera opera.

