

Impianto idroelettrico di Campiglia Cervo (BI)

INTERVENTI DI INGEGNERIA NATURALISTICA

ATTI AD ASSolvere LA FUNZIONE DI CONTROLLO

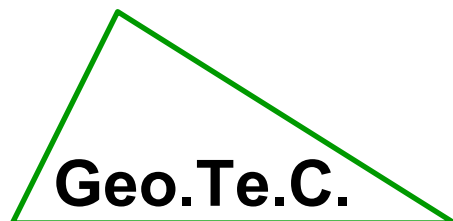
DELL'EROSIONE SUPERFICIALE E LA

STABILIZZAZIONE SUPERFICIALE DEL VERSANTE

Nota geologica

Giugno 2024

Dr. geol. Fabio Alberti



Geo.Te.C. - Geologia Tecnica Camuna
Studio Associato - tel. /fax: 0364-533637
via Albera, 3 - Darfo Boario Terme (BS)
E-mail: info@geotec-studio

Impianto idroelettrico di Campiglia Cervo (BI)

Interventi di ingegneria naturalistica atti ad assolvere la funzione di controllo dell'erosione superficiale e la stabilizzazione superficiale del versante – *Nota geologica*.

Indice

1. Premessa 1
2. Indicazioni di intervento 1
3. Caratteristiche delle opere (da manuale di ingegneria naturalistica – Regione Piemonte) 4

1. Premessa

La presente nota geologica riguarda le indicazioni sulle possibili modalità di intervento per il controllo dell'erosione e della stabilità superficiali dei siti interessati dai lavori di sostituzione della tubazione del tratto della condotta interrata dell'impianto idroelettrico di Campiglia Cervo che si sviluppa sul settore di versante posto a valle dell'abitato di Forgnengo, nel comune di Campiglia Cervo.

Le indicazioni si riferiscono alla sistemazione superficiale dei siti secondo le tecniche dell'ingegneria naturalistica una volta avvenuti la posa e l'ancoraggio della tubazione e il suo rinterro. In linea di massima dove le pendenze sono relativamente contenute si ritengono sufficienti degli interventi di protezione dall'erosione della pioggia e delle acque di scorrimento superficiale mentre in corrispondenza di pendenze accentuate, da valutare anche in funzione delle caratteristiche del terreno utilizzato e delle modalità di posa, si rende necessario il ricorso ad interventi di sostegno.

2. Indicazioni di intervento

Nel tratto compreso tra la SP115 e il sentiero di quota 900 m può bastare un semplice inerbimento con specie idonee, eventualmente aiutato con la stesura di stuoie in fibra naturale opportunamente ancorate per stabilizzare il terreno durante la crescita della vegetazione.



Impianto idroelettrico di Campiglia Cervo (BI)

Interventi di ingegneria naturalistica atti ad assolvere la funzione di controllo dell'erosione superficiale e la stabilizzazione superficiale del versante – *Nota geologica*.



In corrispondenza del sentiero di quota 900 m conviene confermare il muro in pietra in continuità con i tratti adiacenti.

Anche tra il sentiero di quota 900 m ed il tornante di quota 880 m può bastare il semplice inerbimento con specie idonee, eventualmente aiutato con delle stuoie per stabilizzare il terreno durante la crescita della vegetazione.



Impianto idroelettrico di Campiglia Cervo (BI)

Interventi di ingegneria naturalistica atti ad assolvere la funzione di controllo dell'erosione superficiale e la stabilizzazione superficiale del versante – *Nota geologica*.



Nel tratto ripido prima del tornante di quota 880 m si può confermare il muretto in pietra alla base e sopra di esso aggiungere una grata viva invece del solo inerbimento con stuoie.

Nel tratto ripido a valle del tornante di quota 800 m si possono riconfermare le palizzate oppure sostituirle con delle palificate semplici.



Impianto idroelettrico di Campiglia Cervo (BI)

Interventi di ingegneria naturalistica atti ad assolvere la funzione di controllo dell'erosione superficiale e la stabilizzazione superficiale del versante – *Nota geologica.*

3. Caratteristiche delle opere (da: Manuale di ingegneria naturalistica. – Regione Piemonte)

Palificate vive di sostegno

Le **palificate vive di sostegno a una parete** costituiscono una evoluzione delle palificate semplici, data dall'inserimento di pali trasversali (**traversi**) tra i pali orizzontali sovrapposti (**correnti**). Anche queste strutture sono ancorate alla base da pali in legno o tondini in acciaio ad aderenza migliorata (del diametro minimo di 32 mm). Il tondame utilizzato, di legno idoneo e durabile di latifolia (castagno) o conifera (larice), ha diametro di 20 - 25 cm. L'elevazione di questa struttura consente il recupero di **quote maggiori** rispetto alla palificata semplice e, rispetto alle palificate di sostegno a doppia parete, di seguito descritte, richiede un **minore volume di scavo**. Per conferire alla stessa maggiore stabilità e capacità di consolidamento possono essere aumentate sia la lunghezza e la dimensione degli ancoraggi, sia quella dei traversi in legname, che vengono infissi nel pendio, da cui deriva anche la denominazione della struttura come **"palificata ad infissione"**.

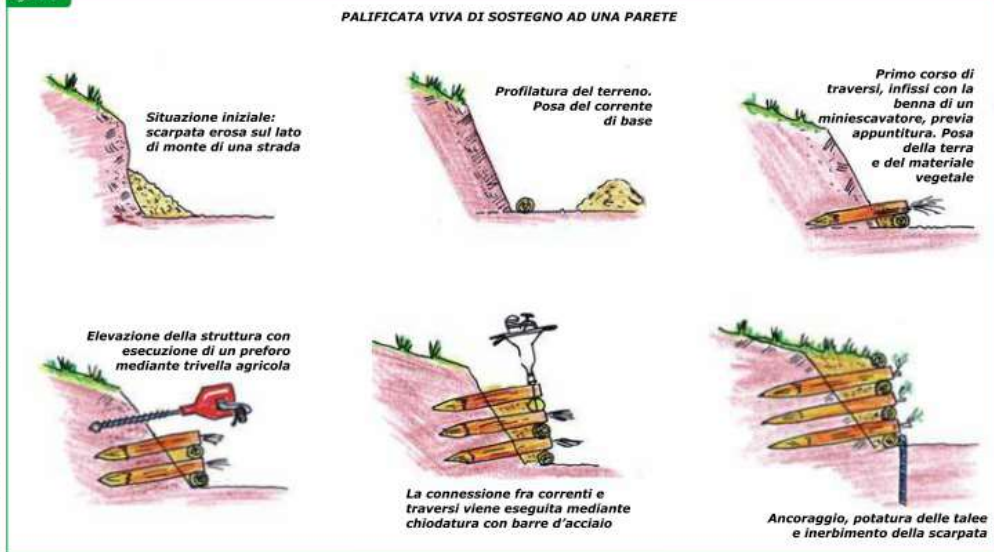
Il completamento dell'opera si ha con il riempimento dello spazio residuo individuato fra il pendio e la parete in legname con strati di materiale terroso

proveniente dallo scavo stesso o riportato, alternati alla posa di talee o piante disposte vicine orizzontalmente, appartenenti a specie arbustive e/o arboree dotate di elevata capacità di vegetare e in grado di emettere radici dal fusto interrato (minimo 100 talee e/o 5 piantine radicate per metro quadrato di facciata esterna). I migliori risultati nella realizzazione dell'opera si ottengono quando sia possibile effettuare agevolmente l'infissione dei traversi nel versante e quando siano previsti montanti verticali o piloti che stabilizzino la parte in elevazione della struttura (fig.8). L'ambito tipico di impiego è pertanto:

- il consolidamento di scarpate a monte di tracciati stradali;
- il consolidamento spondale.

Le palificate vive di sostegno ad una parete possono anche essere validamente integrate

Figura 8



05

tecniche costruttive

1. Scavo di sbancamento per la realizzazione del piano di posa della struttura; questo deve essere eseguito con una lieve contropendenza verso monte, dell'ordine di 5° - 20°. Considerato che l'opera viene realizzata in parte ad infissione, i volumi di scavo saranno limitati a quanto necessario per permettere la posa degli elementi longitudinali (correnti), in quanto quelli trasversali (traversi) saranno infissi nella parete di scavo per la gran parte della loro lunghezza.

2. Posa del primo ordine di elementi longitudinali (correnti), di lunghezza normalmente variabile da 3 a 6 m e diametro minimo 20 - 25 cm, in legno durabile di latifolia (castagno) o conifera (larice), opportunamente scortecciato. Il legname dovrà avere le medesime caratteristiche già indicate per le palificate semplici.

3. Giunzione longitudinale degli elementi mediante incastro e chiodatura con tondini, di lunghezza pari alla somma dei diametri che devono vincolare, o graffe in acciaio ad aderenza migliorata (di diametro 12 - 16 mm), infissi, previa foratura del tronco (con punte da trapano del diametro di 10 - 14 mm), mediante battitura.

4. Preparazione e sagomatura a punta degli elementi trasversali e loro infissione con una lieve contropendenza verso monte, dell'ordine di 5° - 20°, a formare il primo ordine di traversi, a interassi da 1 a 2 m (normalmente 1,5 - 1,7 m). Ai fini della stabilità della struttura potranno essere realizzati appositi incastri tra i pali e l'infissione profonda dei traversi nella parete di scavo; ciò comporta la sagomatura a punta della estremità dei traversi e l'eventuale loro rinforzo con "puntazze" metalliche; l'infissione potrà essere agevolata dalla realizzazione di un preforo mediante trivellatrice portatile a rotazione.

5. Collegamento dei traversi ai correnti con tondini o graffe, secondo le modalità e con l'impiego dei materiali di cui al punto 3, operando anche eventuali sagomature in

corrispondenza dei punti di contatto.

6. In taluni casi può essere prevista la disposizione di piloti verticali di ancoraggio infissi profondamente nel terreno (almeno 1,5m). I piloti, secondo le diverse varianti costruttive, possono essere costituiti da tondini di acciaio ad aderenza migliorata di diametro minimo 32 mm, ovvero da profilati a T o tubolari disposti anteriormente ai correnti, oppure da pali in legno di diametro non inferiore a 10 cm, disposti posteriormente ai correnti.

7. In corrispondenza all'incrocio tra correnti, traversi e piloti verticali in legname potranno effettuarsi le giunzioni con legature, chiodi, graffe, staffe, ecc., secondo le modalità già descritte per le giunzioni longitudinali e trasversali.

8. Il riempimento della struttura deve essere di norma effettuato a strati, al fine di ottenere il massimo grado di compattazione interna, e realizzato con materiale terroso e materiale vegetale. Il terreno riportato può essere quindi addizionato con ciottolame, ove sia necessario sortire maggiore effetto drenante e raggiungere più elevati valori di peso specifico del materiale di riempimento, ovvero con terreno più fertile, al fine di migliorare le caratteristiche nutrizionali del substrato sul quale verrà messo a dimora il materiale vegetale.

9. Si procede quindi alla disposizione per strati di talee e/o piantine radicate (minimo 100 talee e/o 5 piantine radicate per metro quadrato di facciata esterna). Il materiale vegetale deve avere lunghezza prossima o pari alla profondità della struttura, in modo da essere a contatto con la parete di scavo e garantire una ottimale radicazione. Gli strati di materiale vegetale devono essere posati su terreno fine, in posizione suborizzontale e ricaricati accuratamente con materiale terroso, per evitare la formazione di sacche d'aria; le talee dovranno sporgere per non più di 5 cm, mentre le piantine radicate dovranno essere interrate fino al colletto radicale; la spuntatura o potatura della parte aerea delle talee deve essere effettuata con un taglio

netto, inclinato verso il basso (con la faccia tagliata che guardi il terreno).

10. La struttura procede in elevazione con la ripetizione della successione operativa da 1 a 9. Nella formazione dei successivi ordini di correnti e traversi si potrà optare per una disposizione allineata o alternata dei traversi ai vari livelli della struttura, avendo cura però di eseguire sempre la giunzione tra i correnti in corrispondenza di un traverso inferiore, per evitare di creare punti di debolezza e operare così collegamenti più efficaci (figg. da 9 a 17).



Impianto idroelettrico di Campiglia Cervo (BI)

Interventi di ingegneria naturalistica atti ad assolvere la funzione di controllo dell'erosione superficiale e la stabilizzazione superficiale del versante – *Nota geologica.*

05

tecniche costruttive



78

Ingegneria Naturalistica: nozioni e tecniche di base

Grate vive

Le grate vive in legname rappresentano una valida tecnica di sistemazione di scarpate anche nel caso in cui ci siano elevati valori di pendenza (da 40° a oltre 60°) e non sia possibile ridurre l'inclinazione del pendio con movimenti di terra, permettendo così anche l'impiego di altre tipologie.

Il caso tipico di applicazione è nella sistemazione delle scarpate a monte di tracciati stradali.

La struttura è costituita da una serie di tronchi verticali, aderenti alla scarpata, e distanziati tra loro da 1 a 2 metri. Su questi vengono fissati, mediante tondini o graffe in acciaio ad aderenza migliorata, viti o bullonature, dei tronchi orizzontali, a costituire maglie quadrate o rettangolari (tipicamente di 1 m x 1 m, 1,5 m x 1,5 m, 1 m x 2 m, 1,5 m x 2 m, 2 m x 2 m).

Il tondame utilizzato, di legno idoneo e durabile di latifolia (castagno) o conifera (larice), sempre scortecciato, ha diametro di 20 - 25 cm. La grata può poggiare direttamente sul terreno, oppure su opere di sostegno, quali palificate a doppia parete, muri in pietrame o scogliere. L'ancoraggio alla scarpata può essere effettuato mediante piloti in legno o con tondini in acciaio, per una profondità non inferiore a 1,0 - 1,5 m.

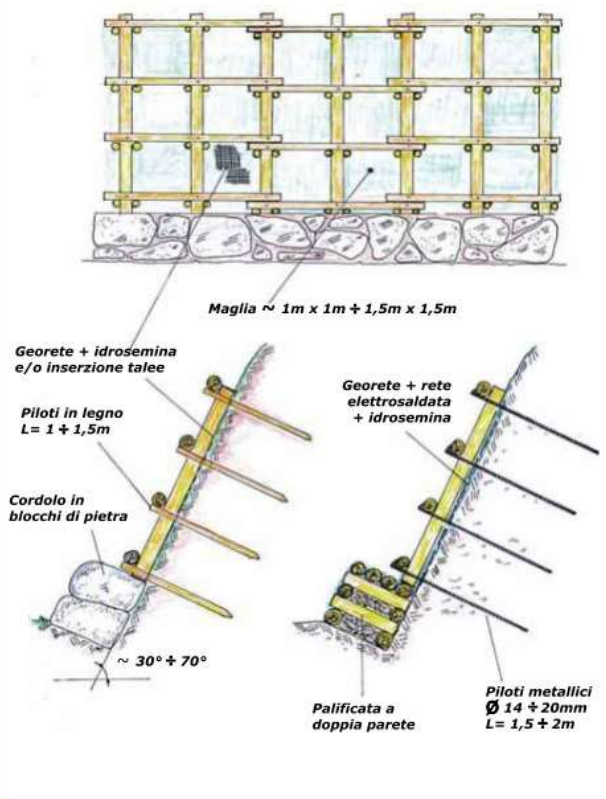
Prima della costruzione della struttura occorre che il terreno della scarpata sia ripulito da cespugliame e ciottoli, superficialmente riprofilato ed eventualmente protetto con reti antierosive o con una rete elettrosaldata. L'operazione deve essere completata con l'inerbimento mediante idrosemina e l'impianto di talee e piantine radicate all'interno dei quadri in legname. Le grate vive possono svilupparsi ad altezza notevole, purché le scarpate oggetto di sistemazione siano opportunamente sagomate. Su scarpate ripide (oltre 50°) è opportuno non elevare la grata oltre i 6 m, altrimenti occorre che il profilo venga gradonato per non pregiudicare la stabilità della struttura, o che la grata sia realizzata in due porzioni. La funzione prevalente svolta dalle grate vive è quella di realizzare un consolidamento superficiale di scarpate e pendii molto inclinati, soggetti a fenomeni di erosione.

Le grate vive non sono opere di sostegno, né sono in grado - in linea generale - di svolgere una funzione di contrasto delle spinte del versante, se non con l'utilizzo di ancoraggi speciali.

Le fasi operative inerenti la costruzione di una grata viva in condizioni ordinarie (con ancoraggi a infissione) sono di seguito analizzate per una situazione tipica di intervento.

Figura 27

TIPOLOGIE UTILIZZATE NELLA MESSA IN OPERA DI GRATE VIVE A CAMERA



05

tecniche costruttive

89

Ingegneria Naturalistica: nozioni e tecniche di base

Impianto idroelettrico di Campiglia Cervo (BI)

Interventi di ingegneria naturalistica atti ad assolvere la funzione di controllo dell'erosione superficiale e la stabilizzazione superficiale del versante – *Nota geologica.*

05

tecniche costruttive

Successione operativa

1. Profilatura della scarpata con taglio della vegetazione e abbattimento (disgaggio) di eventuali masse rocciose;
2. Intercettazione e allontanamento delle acque, anche con la realizzazione di canalizzazioni a monte dell'opera;
3. Stesura della rete in fibra naturale, ben aderente alla superficie di scarpata, e fissaggio con picchetti di acciaio;
4. In caso di evidente tendenza al distacco di ciottolame, pietrame o di fenomeni di fluidificazione di suolo, si effettua la posa di una rete metallica elettrosaldata sopra il telo di rete;
5. Disposizione dei montanti verticali in legno, garantendone l'aderenza al terreno;
6. Realizzazione di punti di ancoraggio al suolo: la tipologia più comunemente utilizzata prevede l'infissione (previa eventuale formazione di preforo con trivella) di tondini in barre di acciaio ad aderenza migliorata di diametro di 24-32 mm; gli ancoraggi possono essere disposti a fianco dei montanti verticali vincolati con legature con filo di ferro, oppure possono attraversarli. Gli ancoraggi sono quindi costituiti da una parte interrata (di lunghezza non inferiore a 1 m) e da una parte fuori terra di lunghezza pari al diametro del montante verticale o di lunghezza superiore (nel caso si decida di far poggiare sull'ancoraggio anche la paleria orizzontale descritta al punto successivo).
7. Montaggio delle travature orizzontali, costituite da pali in legno, collegate ai montanti mediante incastro e chiodatura con tondini di lunghezza pari alla somma dei diametri che devono vincolare, o graffe, in acciaio ad aderenza migliorata (di diametro 12 - 16 mm), infissi, previa foratura del tronco (con punte da trapano del diametro di 10 - 14 mm), mediante battitura. I pali costituenti la travatura orizzontale, inoltre, possono appoggiare sulla parte sporgente degli ancoraggi.
8. A seconda delle situazioni di impianto e dei substrati presenti, nonché del contesto in cui l'opera viene inserita, si scelgono le modalità di

rivegetazione e si procede alla posa del materiale vegetale. Può essere previsto il solo inerbimento con idrosemina, o più opportunamente, l'infissione di talee direttamente nel pendio o la rivetigazione dei quadri, previo riporto di terreno fertile. In quest'ultimo caso l'inerte riportato andrà a occupare il volume individuato tra montanti e travi della struttura e potrà essere contenuto da una rete in fibra naturale o metallica. Le grate vive possono poggiare su una fondazione di pietrame costipato, oppure su un manufatto di sostegno (muratura esistente, scogliera o palificata a doppia parete).

I limiti costruttivi delle grate vive risultano evidenti in tutte quelle situazioni in cui le superfici in scarpata sono caratterizzate dalla presenza di forti spinte del terreno o di notevoli altezze. In tutti questi casi si dovranno adottare sistemi speciali di ancoraggio che aumentino la capacità di contrasto da parte della struttura, ovvero ricorrere a più idonee opere di sostegno e contenimento del versante.



Figg.29-30-31-32: fasi costruttive ed elementi di una grata viva

90

Ingegneria naturalistica: nozioni e tecniche di base



GRATA VIVA: DETTAGLI DI COSTRUZIONE



Preparazione della base dei montanti

Trasporto e posizionamento dei montanti



Collegamento del montante al corrente intermedio esterno della palificata di sostegno

05

tecniche costruttive

91

Ingegneria Naturalistica: nozioni e tecniche di base