 Schweizerische Eidgenossenschaft Confédération suisse Confederazione Svizzera Confederaziun svizra	Manuale tecnico Gallerie e geotecnica Scheda tecnica Elementi costruttivi Pericoli naturali	24 001-18500
Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti, dell'energia e delle comunicazioni DATEC Ufficio federale delle strade USTRA Divisione Infrastruttura stradale I	Protezione antiscazzamento e interventi di sistemazione dei corsi d'acqua	V2.02 01.01.2023 Pagina 1 di 4

1. Riferimenti

SR 721.100 Legge federale sulla sistemazione dei corsi d'acqua (LSCA)

SR 721.100.1 Ordinanza sulla sistemazione dei corsi d'acqua (OSCA)

Scheda 24 001-18010 Pericoli naturali – Aspetti generali

Scheda 20 001-00001 Introduzione generale

2. Aspetti generali

Il tracciato delle strade nazionali corre spesso lungo un corso d'acqua o lo attraversa. Gli elementi costruttivi dei rispettivi manufatti si trovano frequentemente presso le sponde di corsi d'acqua e in alcuni casi anche direttamente nel fiume o nel torrente.

Le opere possono pertanto essere soggette all'azione di piene o inondazioni. Le piene danneggiano le opere sia mediante l'erosione dell'alveo e delle sponde lungo il corso d'acqua, sia per l'effetto di inondazioni. Per le opere situate all'interno o lungo i corsi d'acqua, l'erosione locale, il cosiddetto **scalzamento**, rappresenta una delle cause principali dei danni provocati dalle piene.


In seguito a una piena o a un'inondazione le opere a rischio di scalzamento possono essere, tra le altre:

- opere di restringimento di un fiume o di un torrente in costruzione per l'edificazione di un ponte
- spalle di ponte poggianti sulle sponde e piloni di ponte posizionati nel corso d'acqua
- scarpate di vie di transito lungo corsi d'acqua
- sponde di argini nell'ambito di attraversamenti con portate d'acqua elevate sotto un tracciato stradale
- opere stradali che passano sotto fiumi a elevata portata d'acqua.

Processo di scalzamento

Per scalzamento si intende una forte erosione locale del fondo causata da un flusso d'acqua ad alta energia che scorre in direzione orizzontale con elevata turbolenza. Erosioni locali si formano soprattutto dove l'azione erosiva e la capacità di trasporto della corrente sono localmente eccessivamente elevate. Questi fenomeni comprendono i processi di scalzamento e di erosione laterale (aggressione delle sponde). L'eccessiva intensità locale dell'erosione è provocata da un'alta velocità della corrente ($v > \text{ca. } 2 \text{ m/s}$), da una forte turbolenza, da correnti secondarie e dalla sovrapposizione di questi fattori. Gli effetti dei fenomeni di scalzamento locali si distinguono per sede di erosione (buca) e per sede di deposito (pareti). È molto importante conoscere la profondità e la forma del processo di scalzamento, in quanto questo potrebbe compromettere la stabilità delle sponde e danneggiare le fondazioni di opere edili.

Di particolare interesse sono i processi di erosione che riguardano le opere di restringimento e i piloni. Il restringimento di un fiume con fossati e argini di contenimento, anche in corso di costruzione, nonché con spalle e piloni di ponti in fase di utilizzo riduce la sezione del deflusso determinando a livello superficiale un innalzamento locale del livello idrometrico (intumescenza). I piloni che rappresentano un ostacolo alla sezione del flusso possono di conseguenza essere soggetti a fenomeni di scalzamento particolarmente intensi (cfr. Figura 1). Come mostrato nella Figura 2, all'aumento di velocità registrato nella sezione del restringimento corrisponde un incremento del potere erosivo dell'acqua, quindi dello scalzamento.

 Schweizerische Eidgenossenschaft Confédération suisse Confederazione Svizzera Confederaziun svizra	Manuale tecnico Gallerie e geotecnica Scheda tecnica Elementi costruttivi Pericoli naturali	24 001-18500
Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti, dell'energia e delle comunicazioni DATEC Ufficio federale delle strade USTRA Divisione Infrastruttura stradale I	Protezione antiscazzamento e interventi di sistemazione dei corsi d'acqua	V2.02 01.01.2023 Pagina 2 di 4

Planimetria

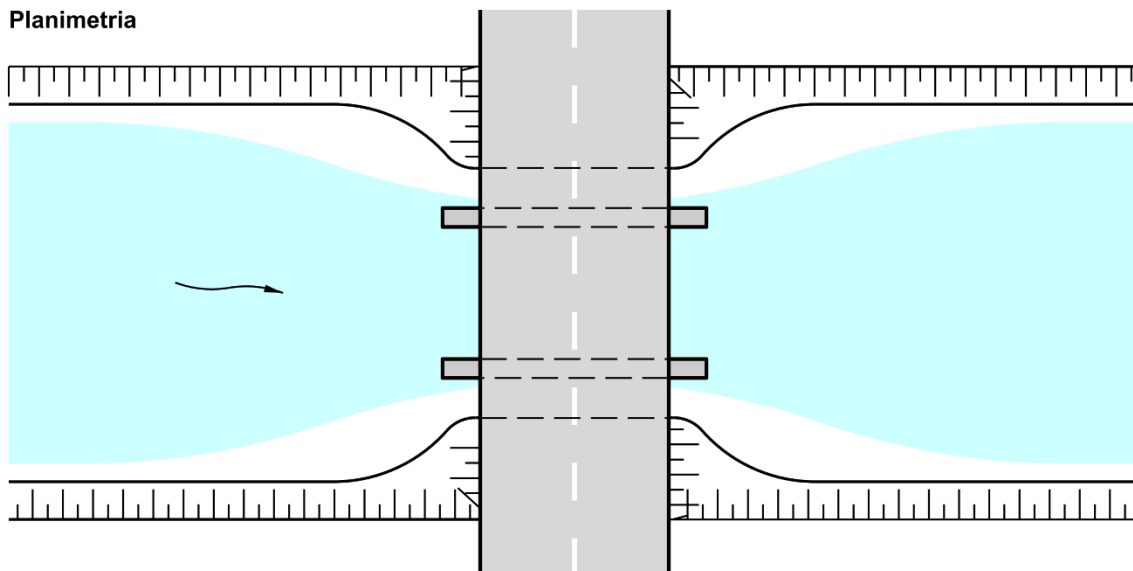


Figura 1: Esempio di un forte restringimento dovuto alla costruzione di un ponte

Sezione longitudinale

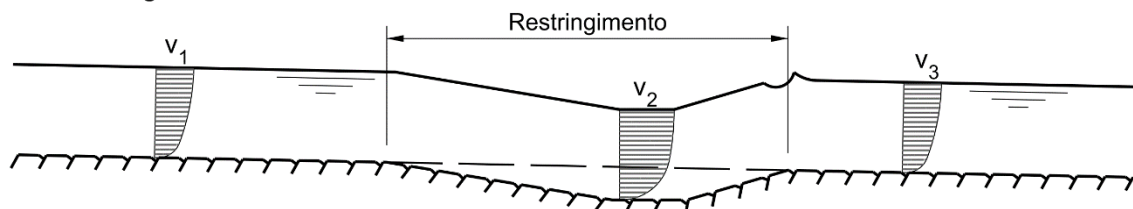



Figura 2: Scalzamento in alveo nella sezione di restringimento a seguito di un aumento della velocità

Le forti correnti e le alte forze di trascinamento corrispondenti richiedono una **protezione antiscazzamento**. Si tratta di una misura costruttiva per evitare sprofondamenti nell'alveo del corso d'acqua (scalzamento), in particolare presso i piloni di ponti, nelle anse dei fiumi o in altre sedi fortemente sollecitate dalle correnti. Ai fini della protezione delle opere è importante prendere in considerazione non solo l'azione dell'acqua, ma anche il materiale solido trasportato dalla corrente (detriti, sedimenti, legname galleggiante, ecc.).

Per le opere soggette all'azione delle correnti d'acqua esistono molteplici metodologie di calcolo per stabilire la possibile profondità di scalzamento. Con l'ausilio di queste tecniche è possibile stimare il **rischio di scalzamento** delle opere che si trovano nei corsi d'acqua. La profondità di scalzamento dipende per lo più dal materiale detritico, dalla forma dell'opera, dalla profondità dell'acqua e dalla velocità della corrente (pressione critica della corrente $v \times h > 2 \text{ m}^2/\text{s}$).

I processi di scalzamento si verificano nelle anse e nelle confluenze dei corsi d'acqua, in corrispondenza di differenze di ruvidità e attraverso installazioni interrato, quali sostegni, piloni e frangiflutti. Modelli di calcolo più recenti mostrano che nelle forme di alveo più ampie si verificano processi di scalzamento locali significativamente più profondi che in condizioni di deflusso monodimensionale.

 Schweizerische Eidgenossenschaft Confédération suisse Confederazione Svizzera Confederaziun svizra	Manuale tecnico Gallerie e geotecnica Scheda tecnica Elementi costruttivi Pericoli naturali	24 001-18500
Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti, dell'energia e delle comunicazioni DATEC Ufficio federale delle strade USTRA	Protezione antiscalzamento e interventi di sistemazione dei corsi d'acqua	V2.02 01.01.2023
Divisione Infrastruttura stradale I		Pagina 3 di 4

3. Requisiti

Aspetti generali

La sequenza di misure protettive di ingegneria idraulica (vedere l'Ordinanza sulla sistemazione dei corsi d'acqua, OSCA) è strutturata nel seguente modo:

- interventi di manutenzione dei corsi d'acqua (manutenzione stagionale delle sponde)
- misure di pianificazione del territorio (con considerazione delle zone di pericolo e delle carte dei pericoli)
- misure costruttive (realizzazione di impianti resistenti alle piene, allestimento di zone inondabili, bacini di ritenzione, incremento della capacità).

Protezione antiscalzamento in caso di pericolo di piena

- È necessario determinare l'entità dell'intumescenza e i rapporti di portata nella sezione di restringimento di corsi d'acqua attraverso un calcolo del profilo di corrente.
- Nel caso di velocità di corrente elevate ($v > 2$ m/s) che determinano forti erosioni, si deve assolutamente verificare la stabilità dell'alveo e della sponda nei confronti dell'erosione ed eventualmente attuare misure antierosione.
- Per impedire l'azione delle forze di trascinamento è necessario prevedere una protezione antiscalzamento costituita da una scogliera in blocchi di pietra con uno strato filtrante sottostante, a seconda del tipo di fondo, o eventualmente uno strato di geotessile in grado di impedire i dilavamenti nel sottosuolo.

Esempio:

A causa del rischio di piena imminente per il ponte di Staldbach della circonvallazione A9 attorno a Visp, su entrambi i lati del fiume Vispa sono state allestite misure di protezione antiscalzamento con palancolati e micropali fino a 5 metri sotto l'alveo del fiume.




Figura 3: Protezione antiscalzamento (circonvallazione A9 attorno a Visp)

Inondazioni

I processi di inondazione dinamica caratterizzati da erosioni (scalzamenti) e depositi di materiale solido determinano elevate velocità di corrente ($v > \text{circa } 2$ m/s). Questi fenomeni interessano soprattutto le opere che si trovano lungo vie di deflusso fortemente canalizzate e con pendenza marcata – come fiumi, torrenti, tratti stradali, gole torrentizie ecc. – e possono mettere allo scoperto o addirittura scalzare le fondazioni di opere e la zona ai piedi di sponde e argini.

- Per la valutazione delle opere esposte non protette si deve prendere in considerazione quanto segue:
 - gli effetti in ogni caso significativi sulle opere interrate del possibile carico esercitato dai depositi di materiale solido
 - l'azione idrostatica e idrodinamica della corrente d'acqua, nonché la forza d'impatto dei solidi trasportati dall'acqua
 - la geometria del processo di scalzamento potenzialmente in atto, con eventuale verifica della stabilità di sponde e argini in questo contesto.
- È opportuno verificare i rischi di piena nei **tratti di carreggiata** nei pressi di corsi d'acqua esposti al pericolo di inondazione e prevedere misure costruttive di protezione adeguate.

 Schweizerische Eidgenossenschaft Confédération suisse Confederazione Svizzera Confederaziun svizra	Manuale tecnico Gallerie e geotecnica Scheda tecnica Elementi costruttivi Pericoli naturali	24 001-18500
Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti, dell'energia e delle comunicazioni DATEC Ufficio federale delle strade USTRA	Protezione antiscazzamento e interventi di sistemazione dei corsi d'acqua	V2.02 01.01.2023
Divisione Infrastruttura stradale I		Pagina 4 di 4

Misure costruttive per la protezione delle sponde

Le opere di protezione delle sponde (opere di deviazione), che proteggono dall'erosione laterale, si differenziano in **strutture di sostegno** flessibili, semi-flessibili e rigide.

Le opere costruttive **flessibili** si distinguono per la loro capacità di adattamento a svariate condizioni (ad es. scalzamento) ed includono, ad esempio, scogliere in blocchi di pietra e opere di ingegneria naturalistica (fascine/vegetazione in rotoli).

Le opere costruttive **rigide** (tra cui ad es. muri di sponda rinforzati) non presentano questa flessibilità e sono pertanto soggette a un maggior rischio di sottoerosione.

Le opere costruttive **semi-flessibili** rappresentano una via di mezzo, in quanto si adattano abbastanza facilmente a diverse condizioni, ma non sopportano di norma movimenti di grande entità. Nel seguito sono descritte alcune misure importanti per la protezione delle sponde. Nella maggior parte dei casi si utilizzano in modo congiunto.

- Una protezione delle sponde con **scogliera in blocchi di pietra** dovrebbe essere prevista come misura locale per evitare fenditure sulle sponde, come protezione sistematica delle scarpate di un corso d'acqua incassato e infine come protezione antierosione sul lato acqua di sponde e argini. I blocchi sono posati in modo relativamente casuale (costruzione flessibile), in modo da consentire l'adattamento della scogliera ad assestamenti e sottoerosioni. Poiché l'esposizione anche di un solo blocco ha un ruolo determinante per l'aggressione della corrente e pertanto anche per l'erosione, nella costruzione della scogliera in blocchi bisogna cercare di far combaciare al meglio le pietre per creare una struttura coesa. Se tra i blocchi sono presenti ampie fughe sussiste il pericolo di erosione interna (dilavamento di materiale fine). Tale evenienza va contrastata inserendo uno strato filtrante o di geotessile.
- Il problema principale della protezione delle sponde è rappresentato per lo più dalla **protezione del piede**. Le fondazioni di questo tipo di protezione devono essere alla profondità di scalzamento attesa oppure si deve prevedere la posa di un tappeto di protezione anti-scalzamento. In caso di erosione i blocchi si assestano semplicemente di conseguenza garantendo comunque la protezione delle sponde.
- I **muri di sponda** sono le costruzioni più rigide e si utilizzano per la protezione dall'erosione laterale. Tali muri possono essere realizzati in calcestruzzo gettato in opera (eventualmente rivestito in pietra naturale), muratura a secco, oppure con elementi di calcestruzzo, file di pali, diaframmi palancolati o gabbioni riempiti con pietre. Di regola sono impiegati dove per problemi di spazio non si possono realizzare costruzioni più flessibili, ad esempio opere di ingegneria naturalistica, e dove la protezione antierosione deve garantire la sicurezza di persone e infrastrutture lungo le vie di transito sulle sponde di un fiume.

Monitoraggio

- Qualora ai piedi delle opere di costruzione sopra descritte si riscontrino scalzamenti si deve procedere a rilievi regolari, seguiti da opportune valutazioni.
- I processi di scalzamento alle maggiori profondità si verificano durante le piene, quando spesso non è possibile (anche successivamente) procedere a una loro valutazione.

Per le infrastrutture più a rischio è tuttavia necessario rilevare le profondità di erosione con un apposito **sistema di monitoraggio dello scalzamento** permanente, anche nel corso di piene.