



CROCE ROSSA ITALIANA

Croce Rossa Italiana

Corso di formazione
RISCHIO IDROGEOLOGICO FLUVIALE

Natura e funzione degli argini

Giuseppe Bolzoni
Emergency Manager

Il compito degli argini è di separare e proteggere le aree abitate dalle aree golenali inondabili.

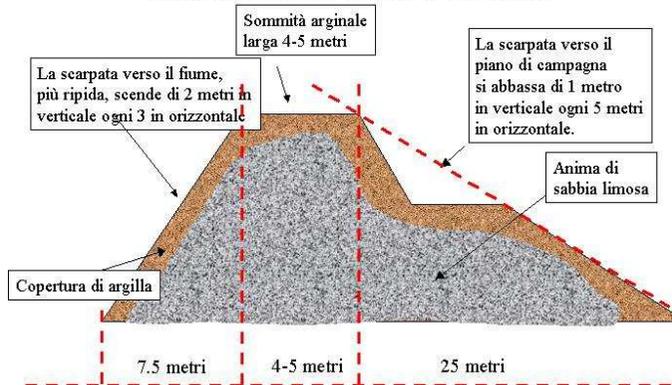
L'argine è un'opera di difesa passiva del territorio atta ad impedire lo straripamento dei corsi d'acqua e l'allagamento delle aree abitate. Esso è generalmente costituito da un rilevato impermeabile in terra simile ad una diga che può raggiungere altezze anche considerevoli (in Italia sia il fiume Po che il fiume Adige hanno argini che superano i 10 metri di altezza).



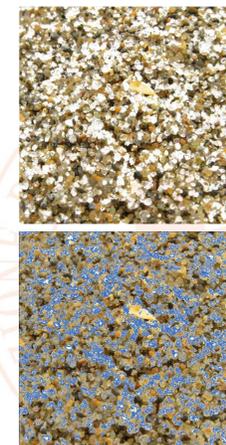
Argine a protezione di San Rocco al Porto durante la piena del Po del 25-11-2019

La tenuta dell'acqua della piena è garantita dalla bassa permeabilità dei componenti utilizzati per la costruzione

DIMENSIONI DEGLI ARGINI

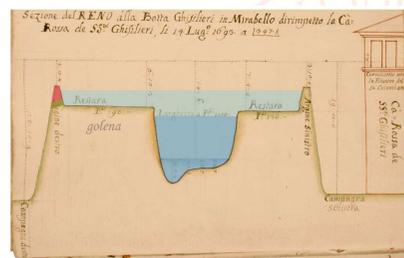
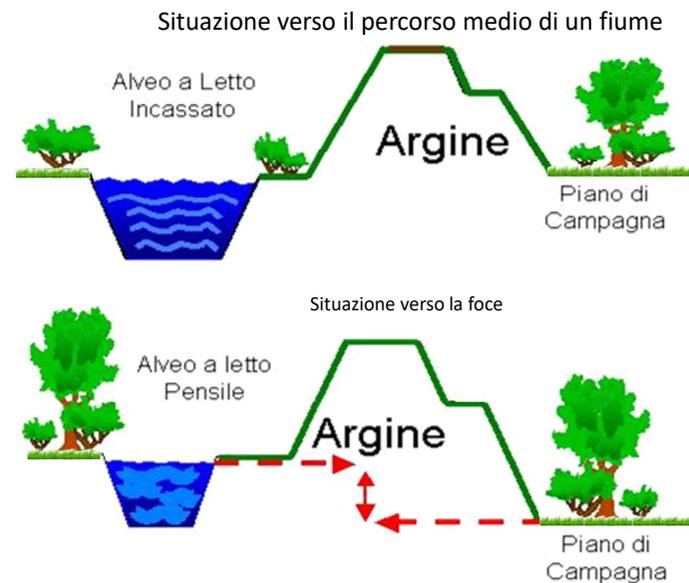
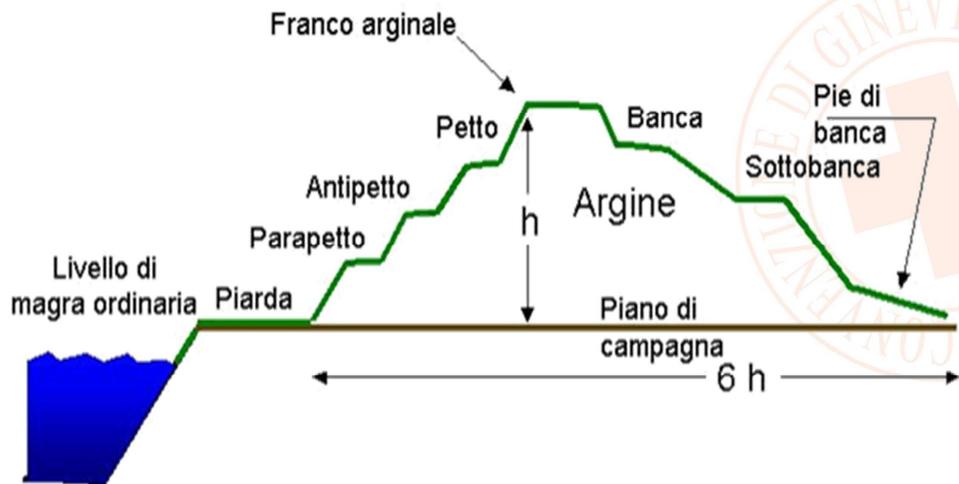


Un argine maestro alto 5 metri dovrà avere una larghezza alla base di circa 37 metri.



Il limo e le sostanze organiche incluse nella sabbia, a contatto con l'acqua della piena, si gonfiano sigillando gli interstizi tra un granello di sabbia e l'altro.

Definizioni relative alle sezioni di un argine e dimensionamento



I fiumi a letto pensile sono fiumi canalizzati dall'uomo che hanno il letto ad un livello superiore alla pianura circostante. Devono essere continuamente soggetti a manutenzione per evitare allagamenti. Si trovano di solito nelle pianure bonificate.

L'argine in frodo (o argine in botta) è un argine posto a diretto contatto con il flusso della corrente di un corso d'acqua, senza interposizione di golena. L'argine si dispone in frodo quando manca spazio per la sua edificazione più arretrata o l'area da difendere ha un valore troppo elevato per sacrificarla.



Argine di Frodo

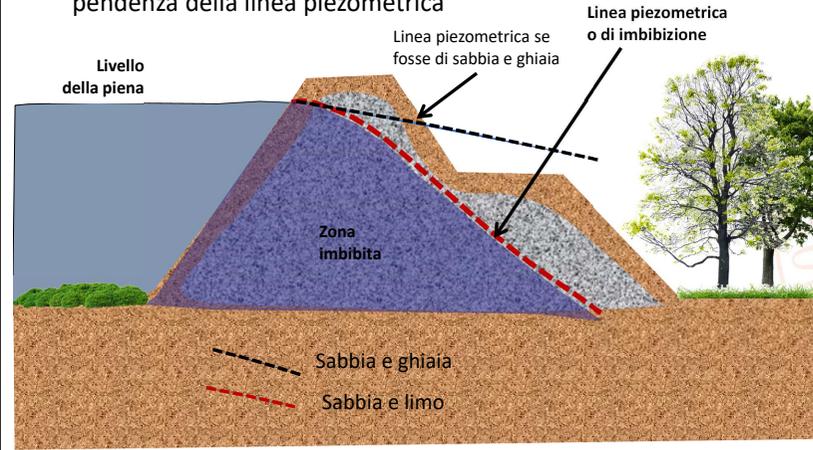
Sul fiume Po gli argini di frodo sono presenti soprattutto verso fine corso in prossimità del delta



Argine di frodo a Polesella in provincia di Rovigo

Argine di frodo a Guarda Ferrarese

La composizione del corpo dell'argine influisce sulla pendenza della linea piezometrica

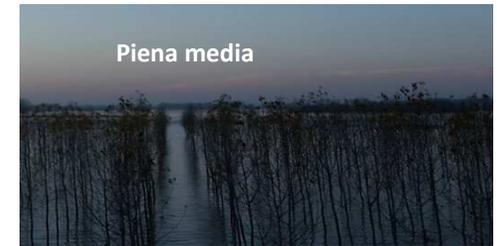
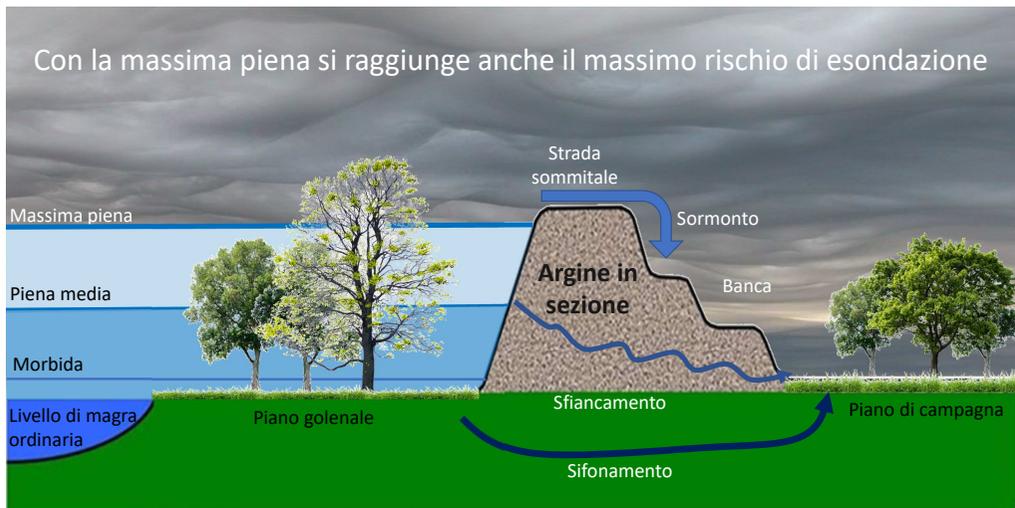


Nelle generiche condizioni di piano campagna orizzontale, la **superficie piezometrica** è la superficie ideale, al di sotto del piano di campagna, in cui il valore della pressione interstiziale è nullo e coincide con il pelo libero della falda.

Se il piano campagna è inclinato, superficie piezometrica e superficie libera non coincidono. In tal caso il pelo libero è il luogo dei punti dove la pressione è nulla mentre la superficie piezometrica è il luogo dei punti ove la pressione interstiziale è data dal prodotto della densità dell'acqua per la differenza di quota tra un generico punto A in esame e la quota del pelo libero sulla linea equipotenziale passante per A. (Da Wikipedia)

Gli argini e la piena

Con la massima piena si raggiunge anche il massimo rischio di esondazione



MECCANISMI DI ROTTURA DEGLI ARGINI

La rottura degli argini, conseguenti o concomitanti allo stato di piena dei fiumi o torrenti possono avvenire per:

Sormonto: quando il livello delle acque di piena supera la sommità arginale

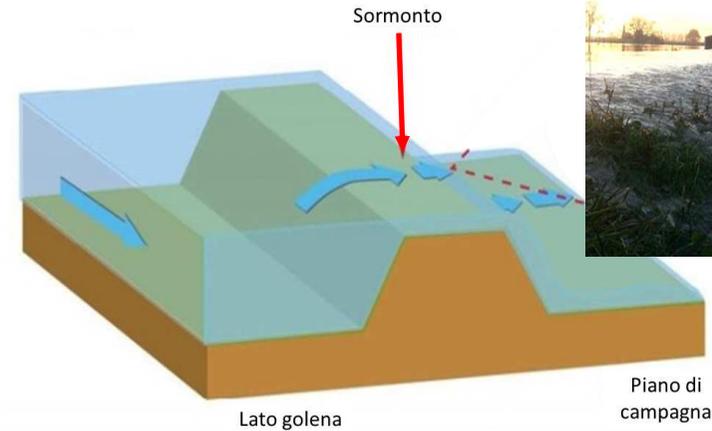
Erosione: quando l'argine colpito obliquamente dalla corrente viene intaccato al piede e frana verso il fiume

Sfiancamento: quando a causa della lunga durata della piena o per la cattiva consistenza del rilevato, l'argine si rammollisce e cede dal lato campagna

Sifonamento: quando l'acqua filtra al di sotto o all'interno del corpo arginale e fuoriesce sulla parte esterna dello stesso, o sul terreno di campagna attiguo (fontanazzi)

Rif. M. Vergnani (AIPO 2014)

Meccanismi di rottura degli argini Sormonto



Nella seconda fase l'argine crolla come indicato dalla freccia

Nella prima fase avviene l'erosione del piede dell'argine

Tracimazione o sormonto arginale

Durante un evento di piena imprevista, con livelli che progressivamente superano il franco arginale fino a giungere al coronamento dell'argine, le acque di piena possono defluire in cascata raggiungendo il piano campagna e nel punto di impatto innescare un processo erosivo. Con il perdurare della tracimazione, il rilevato arginale, può venire più o meno rapidamente demolito.



Tentativo di blocco di una esondazione per tracimazione



Rottura degli argini

Per sormonto:

Il livello delle acque supera la quota della sommità arginale con asportazione della cotica erbosa dal lato campagna



Rimedi:

a) Prima

Coronelle (sopralzo arginale con sacchi o teli ed aratura del ciglio)

b) Dopo

Rapido allontanamento delle acque; Tentativi di chiusura della rotta con ricostruzione o affondamento materiali non rimovibili.



L'acqua in caduta dalla sommità dell'argine provoca l'erosione del piede verso il lato da inondare con il conseguente collassamento dell'argine stesso.

Rottura di un argine golenale per sormonto
S. Rocco al Porto (LO)



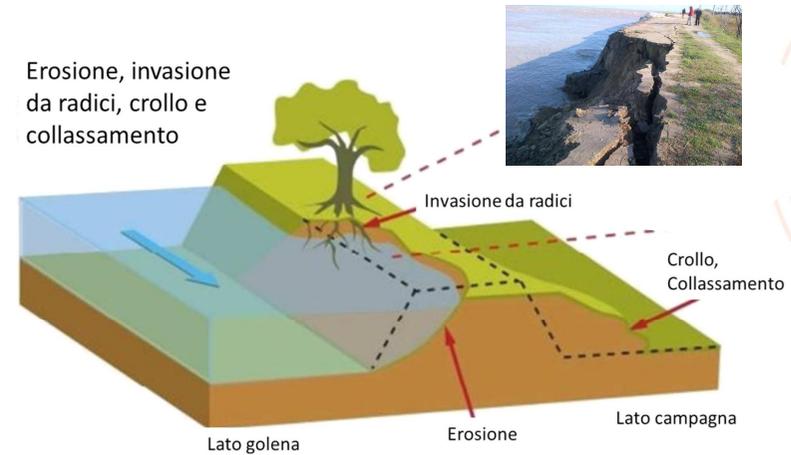
Protezione di una "Bassura" o "corda molle" su un argine golenale dovuta al passaggio di una strada.

Una bassura o corda molle sulla sommità arginale consiste in un abbassamento dell'altezza dell'argine in determinati punti. Abbassamento che può avere origini diverse tra le quali il passaggio di una strada o un assestamento verso il basso dell'argine stesso. A causa di una bassura potrebbe verificarsi un sormonto arginale durante una piena.

Meccanismi di rottura degli argini

Erosione

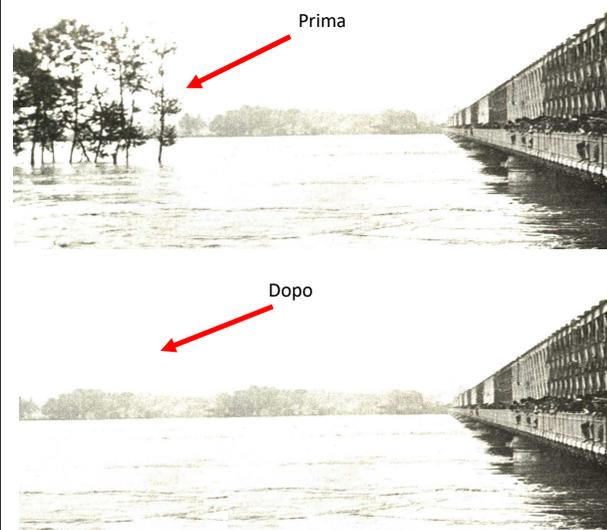
Erosione, invasione da radici, crollo e collassamento



Per evitare fenomeni di infiltrazione ed erosione dovuti alla crescita di piante e arbusti, tutti gli anni l'argine dovrebbe essere rasato per evitare lo sviluppo di piante

Erosione

Durante un evento di piena le acque erodono obliquamente il piede dell'argine facendolo franare verso il lato golena.



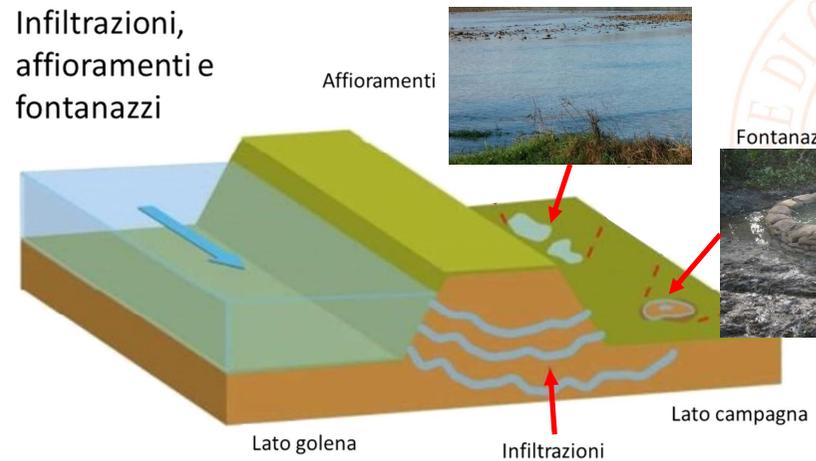
Non è facile comprendere se sono in atto fenomeni di erosione. Un sistema per capirlo è il controllo degli alberi affioranti sul livello della piena. La loro scomparsa è un'indicazione che sotto il pelo dell'acqua è in atto un fenomeno di erosione. I volontari addetti al controllo della piena dovrebbero controllare questi dettagli. In genere, storicamente, si conoscono i punti soggetti a fenomeni erosivi.

Stesura di un telo anti infiltrazione e antierosione in previsione di una piena



Meccanismi di rottura degli argini Erosione interna e sifonamento

Infiltrazioni,
affioramenti e
fontanazzi



Sifonamento

Durante un evento di piena, a seguito dell'aumento dei livelli idrici, o per la presenza di cavità nel corpo arginale (dipendenti da radici putrefatte, tane di animali ecc.), può verificarsi la progressiva asportazione di materiale costituente il corpo arginale stesso per l'effetto erosivo di moti filtranti emergenti alla superficie del suolo sul lato a campagna, minando la stabilità del rilevato stesso.

Tali fenomeni sono denominati fontanazzi e risultano più pericolosi quando l'acqua che fuoriesce si mostra torbida, denotando cioè l'asportazione di terra sabbia e ghiaia da sotto l'argine.

La creazione dei fontanazzi, prima che si raggiunga la condizione critica, è preceduta da manifestazioni di premonizione (presenza di acqua affiorante, rigonfiamento del terreno, rumorosi sfiati di aria, ecc.).



Arginatura di un fontanazzo

Rottura degli argini

Per sifonamento (fontanazzi):

Filtrazione al di sotto del corpo arginale a causa di vie preferenziali:
Disomogeneità geologico-geotecniche del sottosuolo;
Presenza di opere interferenti longitudinalmente con l'arginatura.

Rimedi:

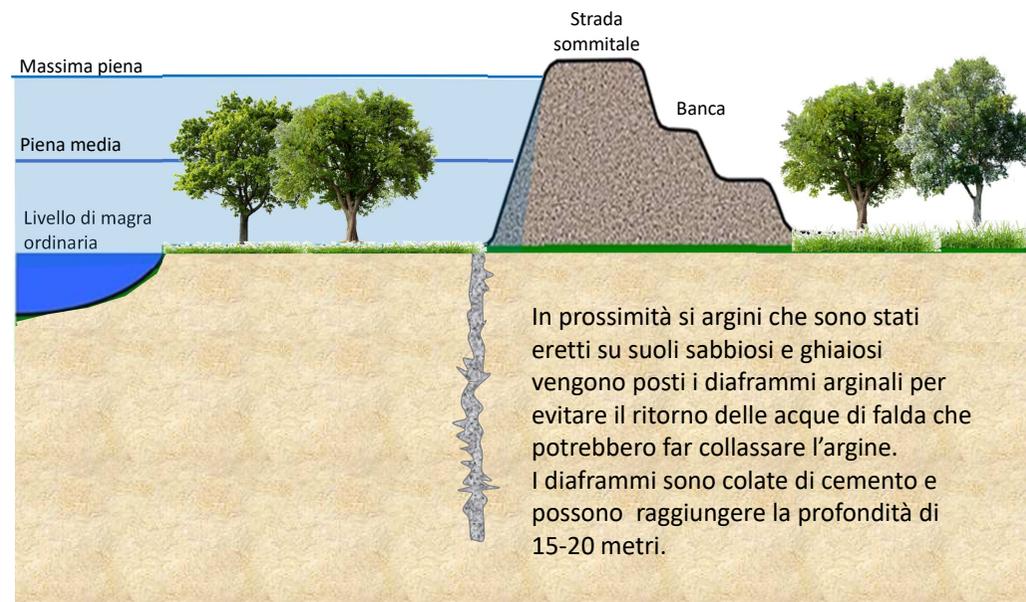
a) Prima

✓ Circondamento fino all'equilibrio con:

- sacchi di sabbia;
- tubi di cemento autoportanti;

b) Dopo

- ✓ Rapido allontanamento delle acque;
- ✓ Tentativi di chiusura della rotta (ricostruzione, affondamento massi e ciottolami)

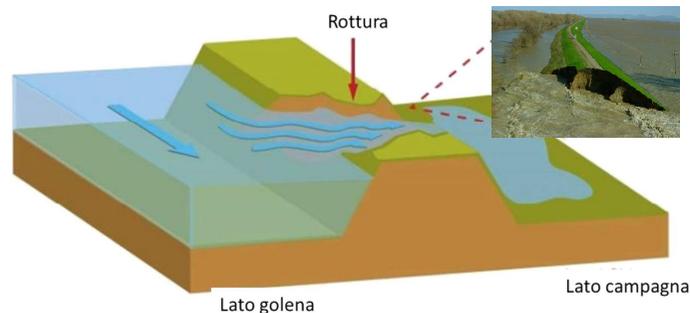


Meccanismi di rottura degli argini

Rottura per sfiancamento

Questo fenomeno accade per una debolezza intrinseca della composizione del manufatto e dopo una lunga permanenza dell'onda di piena a contatto con l'argine.

Rottura



Sfiancamento

Lo sfiancamento si verifica quando il corpo arginale, a causa della sua completa imbibizione d'acqua viene interessato da cedimenti. Tale fenomeno può verificarsi anche durante la riduzione del livello di piena successivo alla fase acuta, soprattutto se questa si è prolungata nel tempo.

La saturazione del terreno arginale e la contestuale assenza di spinta idrostatica dell'acqua del fiume provoca uno squilibrio con conseguente possibile instabilità.



Rottura degli argini

Per sfiancamento:

Argine imbibito per:

- ✓ Disuniformità geologico-geotecniche del corpo arginale;
- ✓ Piena di rilevante durata temporale.

Rimedi:

a) Precedenti:

Rivestimento della scarpata arginale verso fiume con:

- ✓ Teli impermeabili (6 x 8 m; "disposti a tegola"; zavorrati; ancorati al ciglio);
- ✓ massi, ciottolame, gabbioni;
- ✓ ciuffata (alberi con chioma zavorrata)
- ✓ Rinforzo del corpo arginale al lato campagna con
 - sacchetti di sabbia;
 - riporto di terreno per tutta la lunghezza del tratto deformato

b) Successivi:

- ✓ Rapido allontanamento delle acque;
- ✓ Tentativi di chiusura della rotta (ricostruzione, affondamento massi e ciottolame)

Protezione di un tratto di argine con sacchi di sabbia che potrebbe essere soggetto a sfiancamento





In mancanza di spazio, invece di arginature in terra, si può ricorrere a barriere in cemento armato o altri materiali.

Piena del Lambro in via Camaldoli (Milano)



Comune di Boretto (Reggio Emilia)

Essendo impossibile l'innalzamento degli argini a causa delle abitazioni situate su ambo i lati dell'argine, per prevenire le inondazioni è stato innalzato un muretto di cemento armato a bordo strada, sul lato del fiume.



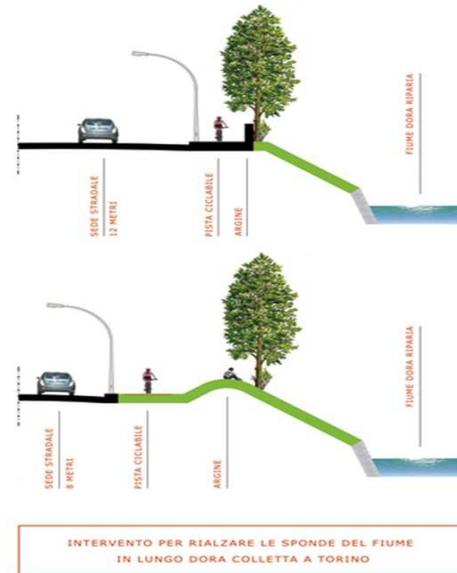
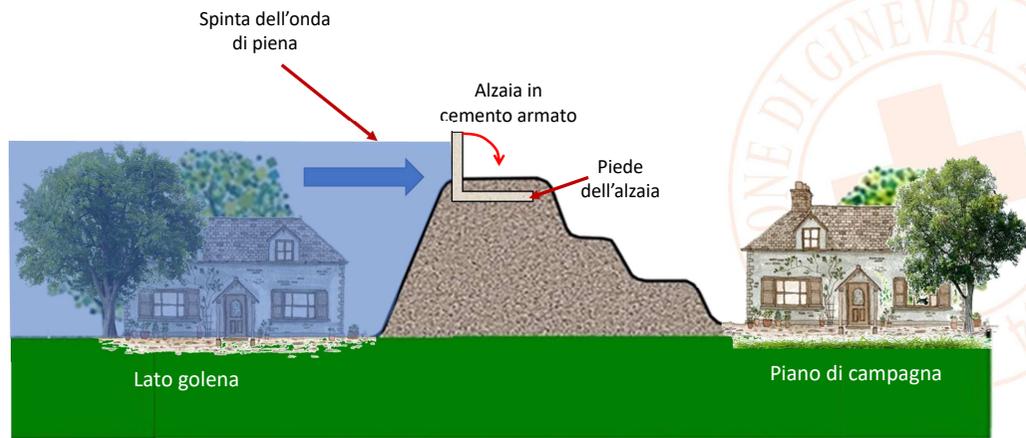
Alzaia in cemento armato

Binario per lo scorrimento di una paratoia in caso di piena

Questo tipo di protezione può essere imponente come nel caso riportato sotto



Chiusura di paratoie a New Orleans in attesa di una piena del Mississippi



Progetto per un
sopralzo arginale



New Orleans 1 settembre 2008
Argini del fiume Mississippi

Nel caso ci fosse spazio sufficiente per l'innalzamento e il conseguente allargamento dell'argine, è possibile creare un'alzaia in terra. Va ricordato che per ogni metro di innalzamento, l'argine dovrà essere allargato di sei metri.





Controllo preventivo degli argini

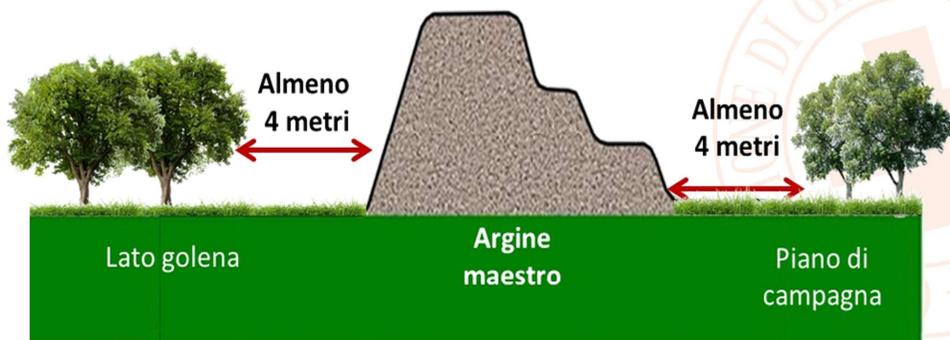
La verifica delle condizioni degli argini deve essere fatta in tempi normali, quindi non durante le piene.

I volontari si devono disporre sulla sommità arginale, sul lato golena e sul lato campagna come indicato nella foto sottostante.

I problemi e le situazioni anomale dovranno essere raccolte durante il percorso e comunicate alla sala operativa. Al termine dell'esercitazione, le informazioni raccolte dovranno essere comunicate al sindaco che, a sua volta, informerà il personale AIPO responsabile della gestione di quel tratto di argine.



Il Regio Decreto n° 523 del 25 luglio 1904 prevede alcune restrizioni delle attività che si possono svolgere in prossimità degli argini. Tale decreto è tuttora in vigore e deve essere rispettato.



Piantagione di alberi e siepi

La mancata pulizia di un argine favorisce lo scavo di tane da parte degli animali



Alcuni esempi di trascuratezza degli argini



Cespugli sugli argini



Tana di tasso



Negli ultimi decenni, per evitare l'eventuale erosione della sommità arginale in caso di piena, la strada sommitale è stata asfaltata.

Questo favorisce l'attività dei corvi che utilizzano l'asfalto per la rottura del guscio delle noci per poterne mangiare il contenuto. Essendo gli argini in aree poco frequentate da persone e mezzi, i corvi possono svolgere questa attività senza essere disturbati. Se il guscio della noce si rompe non esiste alcun problema e il contenuto viene mangiato ma se la noce rimbalza sull'asfalto e finisce nell'erba adiacente, esiste una buona probabilità che questa germogli facendo crescere una nuova pianta di noci sull'argine stesso.

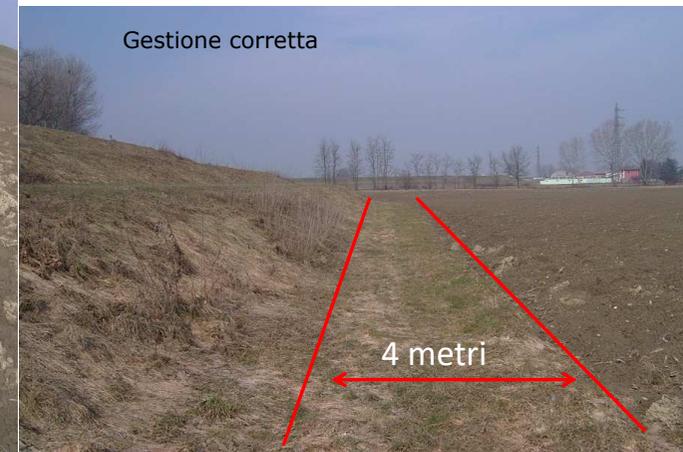


Lo stesso decreto prevede alcune restrizioni delle attività che si possono svolgere in prossimità degli argini.



Movimento del terreno con qualsiasi mezzo

Nella foto di sinistra, l'aratura è stata fatta fino al piede dell'argine nonostante sia una zona soggetta a fontanazzi. Notare un "piede di banca", nel cerchio, tipico delle aree soggette a questi fenomeni.



Gestione corretta

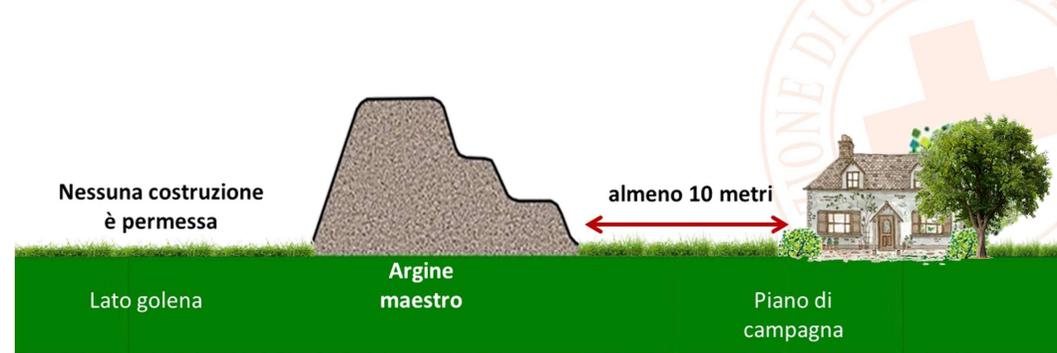
4 metri

Il taglio dell'erba e degli arbusti lungo gli argini è consentito e necessario per una corretta manutenzione del manufatto.

La stagione migliore per ridurre la probabilità di ricrescita degli arbusti è l'estate e, in particolare, durante il mese di luglio. Mese durante il quale la scarsità di piogge rallenta e riduce la possibilità di nuova germinazione delle piante e degli arbusti tagliati senza rovinare il manto erboso.



La distanza delle costruzioni dall'argine maestro sul lato campagna deve essere di almeno 10 metri mentre recenti disposizioni aggiuntive proibiscono la costruzione di edifici con finalità abitative di qualsiasi genere nelle aree golenali.



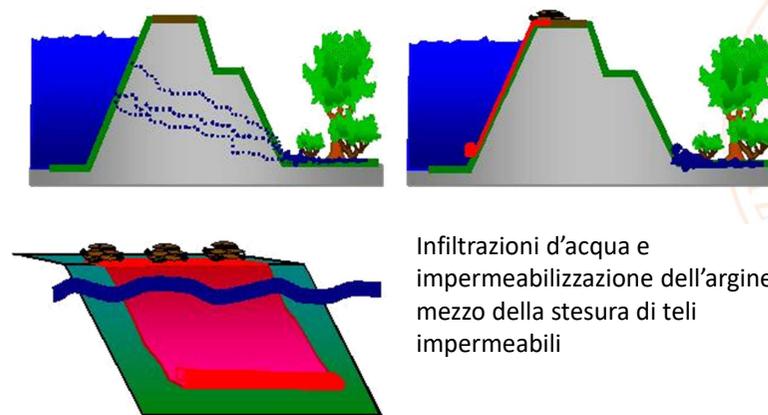
Case e costruzioni di qualsiasi genere

Sia dal lato campagna che dal lato golena, è proibito effettuare scavi di qualsiasi tipo in prossimità degli argini. La distanza minima consentita è di almeno 10 metri. Questo perché la modifica della consistenza del suolo potrebbe favorire fenomeni di sifonamento e il conseguente collassamento dell'argine durante una piena.



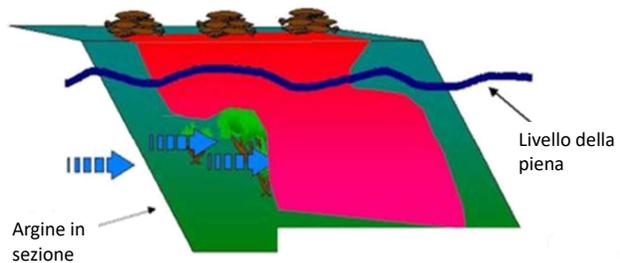
Scavi di qualsiasi genere

Blocco delle infiltrazioni

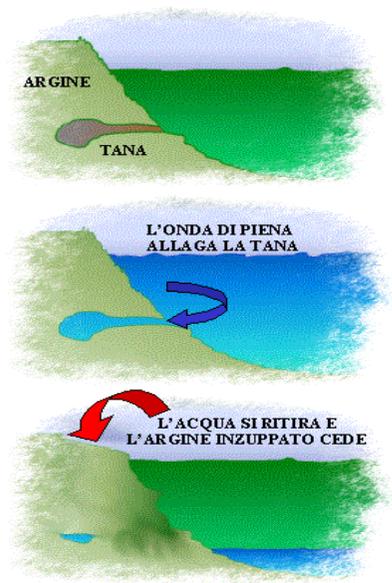


Infiltrazioni d'acqua e impermeabilizzazione dell'argine per mezzo della stesura di teli impermeabili

Il telo non aderente non permette l'isolamento dell'argine dalla massa d'acqua della piena



Collassamento dell'argine maestro durante una piena dovuto a tane di animali



Volontari all'opera per l'arginatura di un fontanazzo durante una piena



Preparazione di un telo anti infiltrazione con piena in corso



Cedimento dell'argine per sfiancamento dovuto alle infiltrazioni d'acqua e all'inzuppamento



Franco arginale

Margine di sicurezza della quota di sommità arginale, generalmente pari a 1 metro, sopra la quota di massima piena.

Qualora le acque di piena superino tale valore, potrebbe non essere più garantita la stabilità dell'opera e quindi la zona retrostante (piano di campagna) risulta potenzialmente a rischio di allagamento a seguito del possibile cedimento della struttura. Al verificarsi di tale evenienza, vanno immediatamente adottati i provvedimenti di protezione civile atti alla salvaguardia della pubblica incolumità, tenendo anche conto delle indicazioni contenute nelle schede descrittive delle mappe di pericolosità contenute nel Piano Gestioni Rischio Alluvioni.

Livello di MASSIMA PIENA



Paletto per segnalare la massima piena raggiunta

Bolla d'acqua che si può formare ai piedi dell'argine dal lato campagna. Se rotta, si origina un fontanazzo



Cotica di erba che forma, con le radici, uno strato impermeabile che resiste alla pressione dell'acqua



Come appare una infiltrazione di acqua sotto la cotica di erba

Foto storiche
Arginatura di sormonto presso Piacenza – Piena del Po - 1951



Per rendere impermeabile l'arginatura di un sormonto con i sacchi si può utilizzare un telo impermeabile disposto come in figura. Questo permette di approntare un'arginatura frettolosa ma sufficientemente efficace.



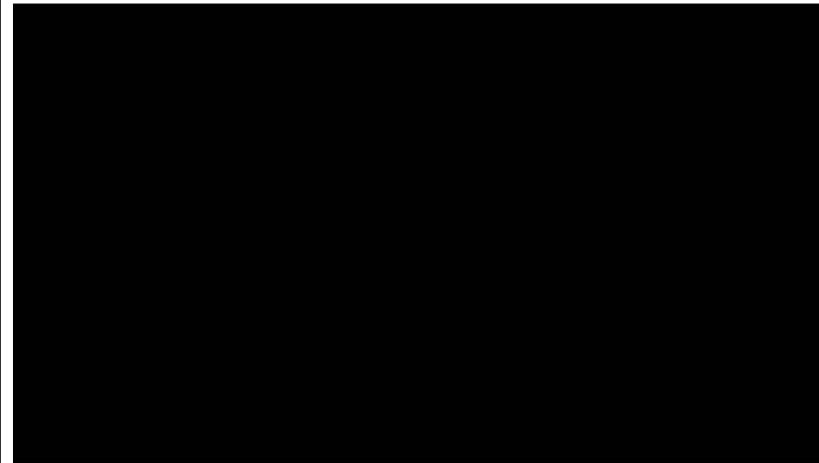
L'uso dei sacchi per contrastare il sormonto arginale durante una piena richiede uno sforzo ingente. E' possibile utilizzare tecniche alternative.



Arginatura di un sormonto con arginella di terra protetta da telo in plastica



Preparazione di un cordolo per bloccare un sormonto arginale (esercitazione)



Preparazione del cordolo per l'arginatura di un sormonto arginale



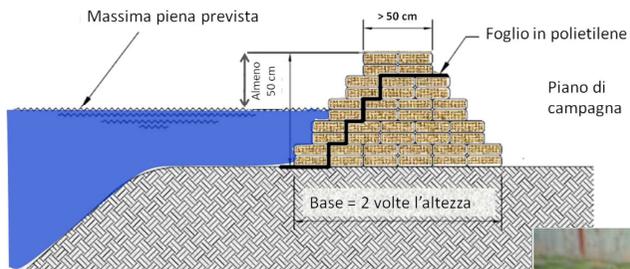
I mezzi meccanici pesanti possono provocare seri danni agli argini inzuppati d'acqua



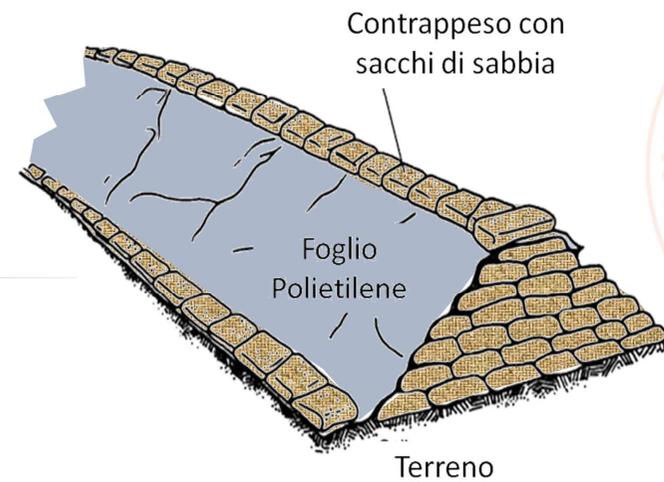
Metodo corretto per operare sugli argini. Non potendo fare diversamente, utilizzare mezzi leggeri (L'arginatura in terra senza protezione non è corretta)



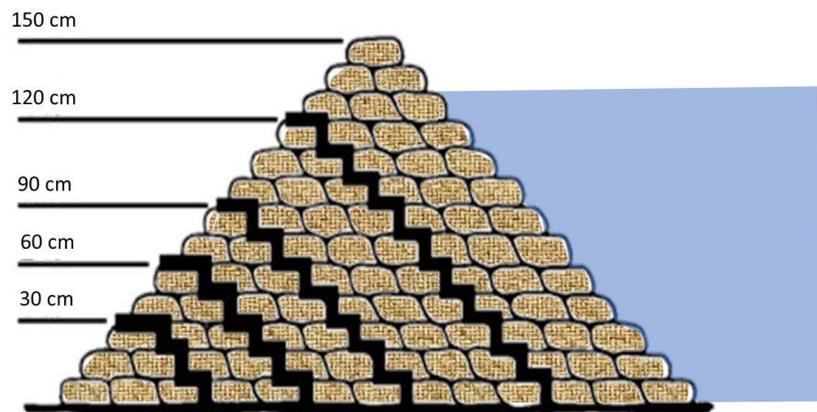
Tipica diga con sacchi di sabbia



Impermeabilizzazione di una diga



Le dimensioni di una diga fatta con sacchi di sabbia deve essere larga due volte l'altezza

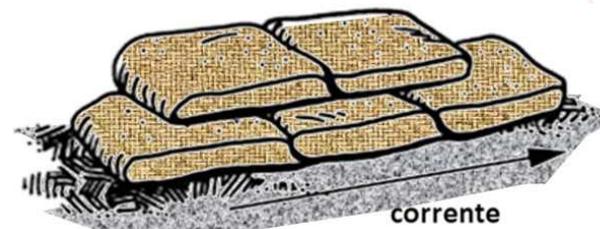


Sovrapposizione dei sacchi di sabbia

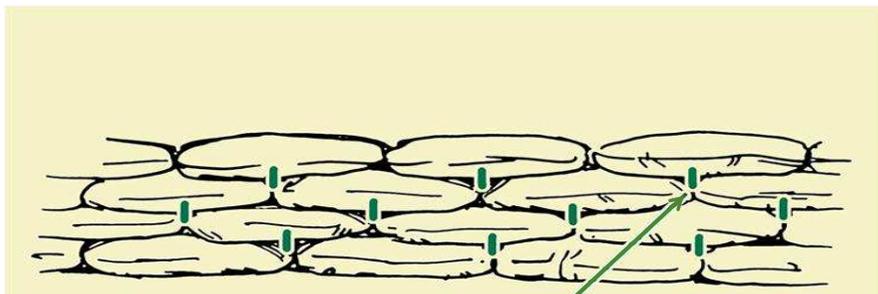


corrente

Sovrapporre i sacchi di sabbia parallelamente alla corrente



corrente



Costruire ogni strato in modo che l'estremità di ogni sacco si allinei con il centro del sacco sottostante



Il servizio di piena viene attivato al superamento del segnale di guardia agli idrometri regolatori di riferimento sui corsi d'acqua dove viene espletato il servizio di piena e sulla base di condizioni meteo avverse con valori idrometrici in incremento agli idrometri di monte. All'attivazione, viene disposta la chiusura delle paratoie esistenti lungo il sistema arginale e ha inizio il monitoraggio delle arginature stesse.

Il personale AIPO preposto, coadiuvato eventualmente da squadre della protezione civile o altro personale esterno (operai di imprese già operanti per AIPO in forza di un contratto con obbligo di attivazione di vigilanza), percorrerà il sistema arginale, con la frequenza che l'evento richiede, al fine di verificare lo stato delle arginature stesse e segnalare immediatamente i fenomeni che potrebbero verificarsi lungo le strutture stesse (fenomeni di erosione, sifonamento, sormonto ecc.) per intervenire nell'immediato a contrastare i dissesti di seguito descritti, provvedendo alla esecuzione dei lavori e/o forniture necessarie all'occorrenza.

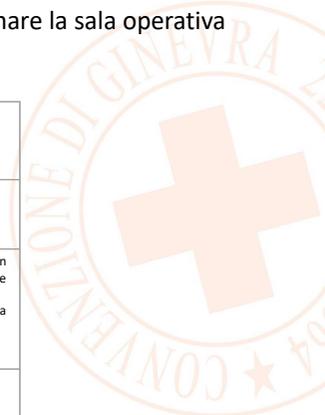
Controllo degli argini - Suddivisione in sezioni



Le squadre addette al controllo degli argini, devono lavorare in sicurezza e fare rapporto al termine di ogni uscita. Se necessario, devono chiamare la sala operativa via radio.

Foglio di controllo degli argini durante la piena (data.....)

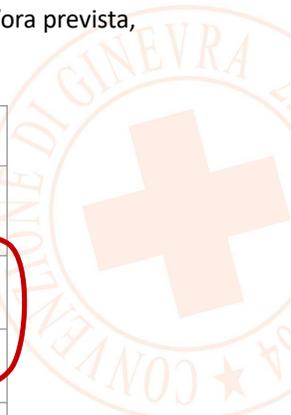
Settore	Resp. Squadra	Orario	Segnalazioni
A, B, C	Giovanni C.	14.30-16.30	1.- la corrente ha trascinato via una fila di alberi. Potrebbe essere in corso un fenomeno di erosione nella zona B in località (ore 15.10) 2.- Fenomeni di lieve ruscellamento in zona A di fronte alla cascina Chiesto controllo tecnico (ore 16.00)
D, E, F	Paolo V.	14.30-16.30	Nulla da segnalare
.....



Per motivi di sicurezza, gli orari assegnati ad ogni squadra devono essere assolutamente rispettati. Se una squadra non dovesse rientrare all'ora prevista, è necessario rintracciarla immediatamente.

Gruppo per il controllo degli argini (Giorno 17/10/2000)

Ora uscita	Componenti gruppo	Tratto di argine da controllare	Ora rientro previsto
19.30	Rossi, Verdi, Brambilla	Settore A, B, C – mezzo proprio – radio + cellulare n.....	21.30
21.30	Badini, Pasquali, Bertotto	Settore D, E, F – Pulmino del comune – solo cellulare n.....	23.30
.....



Grazie per l'attenzione