

Gli argini

Dia 2

Gli argini di un fiume sono delle strutture artificiali che delimitano il corso di un fiume e le aree circostanti (golene). Generalmente sono costituiti da terrapieni che aiutano a contenere l'acqua all'interno di uno spazio delimitato. 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).

Dia 3

Foto aerea: argine a protezione di San Rocco al Porto durante la piena del Po del 25-11-2019

Dia 4

La tenuta dell'acqua della piena è garantita dalla bassa permeabilità dei componenti utilizzati per la costruzione. Nel disegno è riportato lo schema di un argine in sezione e la composizione del materiale utilizzato per la sua costruzione nonché le dimensioni ottimali del manufatto.

L'anima di un argine è composta da sabbia limosa; cioè da una miscela di sabbia che dà corpo all'argine e da limo che sigilla la struttura riducendone la permeabilità durante le piene. Il limo composto da argille e da sostanze organiche incluso nella sabbia, a contatto con l'acqua della piena, si gonfia sigillando gli interstizi tra un granello di sabbia e l'altro. Il tutto è ricoperto da terreno argilloso fittamente inerbo per ridurre la capacità erosiva della corrente di piena. Sulla sommità è presente una strada sommitale che deve essere larga almeno 4-5 metri. La scarpata verso il fiume è più ripida e scende di 2 metri in verticale ogni 3 metri in orizzontale. La scarpata verso il piano di campagna si abbassa di 1 metro in verticale ogni 5 metri in orizzontale e, solitamente, sono presenti una o più "banche" che riducono la quantità di materiale che serve per costruire l'argine senza indebolirne la struttura.

Dia 5

Disegno con le definizioni relative alle sezioni di un argine e loro dimensionamento. In generale la larghezza di un argine deve essere 6 volte l'altezza. Per cui un argine alto 5 metri dovrà avere una sezione larga 30 metri alla base.

Dia 6

Schema di argini con il letto incassato e con il letto pensile.

Dia 7

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. di solito si trovano nelle pianure bonificate.

Dia 8

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.

Dia 9

Sul fiume Po gli argini di frodo sono presenti soprattutto verso fine corso in prossimità del delta. Nelle foto è visibile un argine di frodo a Polesella in provincia di Rovigo e un altro a Guarda Ferrarese in provincia di Ferrara.

Dia 10

La linea piezometrica di un argine lungo un fiume rappresenta il profilo della superficie dell'acqua all'interno dell'argine stesso durante la massima piena. Questa linea è determinata dalla somma delle pressioni dell'acqua nel terreno lungo la base dell'argine e tiene conto della presenza di acque sotterranee.

In termini più semplici, la linea piezometrica mostra il livello dell'acqua all'interno dell'argine. È influenzata dalla presenza di acque superficiali (come le acque di piena del fiume) e dalle acque sotterranee che possono agire sulla base dell'argine.

Durante le piene, la pressione dell'acqua aumenta all'interno e sotto l'argine. La linea piezometrica riflette il profilo del livello dell'acqua all'interno dell'argine in risposta a questa pressione. La permeabilità dell'argine, che dipende dai materiali utilizzati nella sua costruzione, influisce sulla capacità dell'acqua di attraversare o essere trattenuta dal terreno dell'argine. Una corretta gestione della linea piezometrica è cruciale per garantire la stabilità dell'argine e prevenire potenziali rischi di cedimento o collasso durante eventi di piena.

Gli ingegneri e i gestori delle risorse idriche devono prevedere la curvatura della possibile linea piezometrica durante la progettazione del manufatto; curvatura che dipende anche dalla permeabilità dell'argine in conseguenza della composizione del materiale di costruzione dell'argine stesso.

Dia 11

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

L'esondazione del piano di campagna può manifestarsi in quattro modi differenti: per sormonto, per erosione, per sfiancamento e per sifonamento.

Dia 12

Foto con tre esempi di piena: morbida, piena media e massima piena.

Dia 13

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)

Dia 14

Schema di esondazione per sormonto.

Dia 15

Tracimazione o sormonto arginale

Durante un evento di piena, con livelli che progressivamente superano il franco arginale fino a giungere alla strada sommitale 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.

Dia 16

Tentativo di blocco del punto di rottura causato dalla tracimazione dell'acqua di piena.

Dia 17

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 a S. Rocco al Porto (LO).

Dia 18

La "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. Una bassura potrebbe favorire lo straripamento del fiume a causa di un sormonto arginale durante una piena. Nella foto la protezione di una "Bassura" con un cordolo di terra su un argine golenale; bassura dovuta al passaggio di una strada.

Dia 19

Disegno con i meccanismi di rottura degli argini a causa dell'erosione.

Per evitare fenomeni di infiltrazione ed erosione dovuti alla crescita di piante e arbusti, tutti gli anni l'erba dell'argine dovrebbe essere rasata e gli arbusti estirpati.

Dia 20

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

Dia 21

Non è facile comprendere se sono in atto fenomeni di erosione sotto il livello dell'acqua torbida di una piena. 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. Storicamente, si conoscono i punti soggetti a fenomeni erosivi.

Dia 22

Foto che ritrae la stesura di un telo anti infiltrazione e antierosione in previsione di una piena.

Dia 23

Disegno con lo schema di un fenomeno di sifonamento e relativo affioramento dei fontanazzi.

Dia 24

Sifonamento

Il sifonamento e la formazione dei fontanazzi sono fenomeni idrogeologici che possono verificarsi durante una piena in corrispondenza di argini di fiumi verso il lato campagna.

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, ecc.).

Dia 25

Arginatura di un fontanazzo con una coronella di sacchi di sabbia.

Dia 26

Diaframmi

In prossimità di argini che sono stati eretti su suoli sabbiosi e ghiaiosi i fenomeni di sifonamento durante le piene sono intensi e causano fontanazzi molto pericolosi. Per evitare questi fenomeni, in queste aree vengono posti dei diaframmi arginali per evitare il ritorno delle acque di piena che potrebbero far collassare l'argine.

I diaframmi sono costituiti da colate di cemento e possono raggiungere la profondità di 15-20 metri.

Dia 27

Rottura per sfiancamento

Questo fenomeno accade per una debolezza intrinseca della composizione del manufatto o dopo una lunga permanenza dell'onda di piena a contatto con l'argine. La rottura di un argine per sfiancamento è un evento idrogeologico grave che può verificarsi quando la pressione dell'acqua dal lato golena imbibisce il manufatto e ne causa il rammollimento con il conseguente cedimento.

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.

La prevenzione di tali rotture richiede una progettazione e una costruzione attente dell'argine, con un'attenzione particolare alla scelta dei materiali, alla resistenza alla permeazione dell'acqua e alla gestione delle acque di piena. La manutenzione regolare e il monitoraggio continuo durante le piene sono essenziali per rilevare segni precoci di degrado e intervenire tempestivamente.

Dia 28

Fotografia della rottura di un argine per sfiancamento.

Dia 29

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

Dia 30

In mancanza di spazio, invece di arginature in terra, si può ricorrere a barriere in cemento armato o altri materiali. Nella foto: piena del Lambro in via Camaldoli (Milano)

Dia 31

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.

Il sopralzo arginale in cemento armato è una pratica ingegneristica che comporta l'aumento dell'altezza di un argine esistente mediante l'aggiunta di una barriera sovrapposta realizzata in cemento armato. Questo intervento può essere necessario per migliorare la sicurezza dell'argine quando non è possibile rialzarlo allargandone la base a causa di impedimenti su ambo i lati del manufatto come abitazioni o altre strutture.

Il sopralzo arginale in cemento armato è un'opzione che può consentire l'adeguamento delle infrastrutture di difesa contro le inondazioni in situazioni in cui altri approcci non sono praticabili.

Dia 32

Foto con protezioni in cemento armato a New Orleans.

Dia 33

Schema di sopralzo arginale in cemento armato.

Dia 34

Progetto per un sopralzo arginale

Dia 35

New Orleans - 1° settembre 2008: filmato di una piena con protezione utilizzando argini in cemento armato.

Dia 36

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.

Dia 37

Schema di sopralzo arginale che segue la regola della costruzione degli argini per cui all'innalzamento di un metro del sopralzo devono corrispondere sei metri di allargamento del piede.

Dia 38

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. I problemi e le situazioni anomale dovranno essere raccolti durante il percorso e comunicati 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.

Dia 39

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

Dia 40

Nelle foto sono riportati alcuni esempi di trascuratezza degli argini

Dia 41

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 di 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.

Dia 42

Le attività in prossimità degli argini sono regolate dal Regio Decreto n° 523 del 25 luglio 1904 che prevede alcune restrizioni dei lavori che si possono svolgere in prossimità degli argini. Tale decreto è tuttora in vigore e deve essere rispettato.

La piantagione di alberi o siepi deve essere distante dall'argine almeno di 4 metri.

Dia 43

Anche il movimento terra non può essere fatto a meno di 4 metri dell'argine.

Dia 44

Nella foto di sinistra, l'aratura è stata fatta fino al piede dell'argine nonostante sia una zona soggetta a fontanazzi. A destra un "piede di banca" tenuto in modo corretto.

Dia 45

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.

Dia 46

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.

Dia 47

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.

Dia 48

Gli animali presenti sul nostro territorio che possono scavare tane negli argini sono principalmente le nutrie, le volpi, le lepri e i conigli e i tassi.

Le nutrie scavano tane solo a pelo d'acqua per cui non sono pericolose per gli argini ma favoriscono il collasso delle rive in prossimità del corso d'acqua.

Le volpi in genere utilizzano tane scavate da altri animali; principalmente tane abbandonate dai tassi.

I conigli e le lepri sono pericolosi perché scavano tane di piccole dimensioni ma molto profonde e articolate.

I tassi sono gli animali più pericolosi perché scavano tane di grandi dimensioni e molto profonde.

Il meccanismo di indebolimento di un argine a causa della presenza di tane prevede l'ingresso delle acque di piena nelle tane e l'imbibimento delle sue pareti. Al ritiro delle acque il terreno sopra la tana cede facendo franare il lato dell'argine verso la golen. Se le tane sono molto lunghe possono attraversare l'argine stesso facendo sifonare le acque di piena quando raggiungono l'altezza della tana.

Dia 49

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

Dia 50

Foto di un intervento dei volontari per l'arginatura di un fontanazzo.

Dia 51

Preparazione di un telo anti infiltrazione con piena in corso durante una esercitazione.

Dia 52

Cedimento dell'argine per sfiancamento dovuto alle infiltrazioni d'acqua e all'inzuppamento durante una piena.

Dia 53

Franco arginale è il 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 del Piano Gestioni Rischio Alluvioni.

Dia 54

Ai piedi dell'argine dal lato campagna si può formare una bolla d'acqua che viene trattenuta dalle radici dell'erba. Se questa bolla viene rotta si origina un fontanazzo. La cotica di erba con le radici forma uno strato impermeabile che resiste alla pressione dell'acqua ed evita la formazione del fontanazzo.

Dai 55

Filmato. Come appare una infiltrazione di acqua sotto la cotica di erba

Dia 56

Foto storica dell'arginatura del sormonto arginale sull'argine di Piacenza – Piena del Po – 1951

Dia 57

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

Dia 58

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

Dia 59

Foto di un muretto di sacchi per evitare il sormonto arginale durante una piena.

Dai 60

Alternativa ai sacchi di sabbia. Arginatura di un sormonto con arginella di terra protetta da telo in plastica.

Dia 61

Preparazione di un cordolo per bloccare un sormonto arginale durante una esercitazione.

Dia 62

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

Dia 63

Nella foto è indicato il metodo corretto per operare sugli argini. Non potendo fare diversamente si possono utilizzare mezzi leggeri (L'arginatura in terra senza protezione riportata nella foto non è corretta).

Dia 64

Schema tipico di un sopralzo arginale visto in sezione. Per essere resistente alla spinta dell'acqua di piena l'ampiezza del manufatto deve essere due volte l'altezza. La sommità deve essere di almeno 50 cm di larghezza. All'interno dell'arginella deve essere inserito un foglio di plastica per evitare il ruscellamento attraverso la sabbia. L'altezza del manufatto deve essere almeno 50 cm più elevata della presunta altezza della piena.

Dia 65

Metodo alternativo per l'impermeabilizzazione di un sopralzo arginale.

Dia 66

Schema di una sezione delle dimensioni di una diga.

Dia 67

Come sovrapporre i sacchi di sabbia durante la costruzione di un sopralzo arginale.

Dia 68

Dettagli dell'operazione riportata nella dia precedente.

Dia 69

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 dalle 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.

Dia 70

Argine diviso in sezioni per facilitare la comunicazione delle squadre in perlustrazione con la sala operativa.

Dia 71 e 72

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 per richiedere i soccorsi. 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 inviare il personale necessario per poterla rintracciare rapidamente.