

Generalità

Le opere per l'aumento della portata convogliabile sono costituite da:

- Argini;
- Drizzagni.

Il provvedimento ricorrente da secoli contro le inondazioni consiste nella costruzione di argini, o nella sopraelevazione di quelli esistenti, fino ad ottenere una sezione capace di convogliare la portata di progetto.

In altri casi, e specialmente in altri tempi, si è fatto ricorso all'apertura di drizzagni, ossia tratti di alveo scavati con andamento rettilineo, mediante i quali si ottiene un aumento di pendenza e quindi una maggior velocità della corrente.

La sezione può essere aumentata anche mediante l'abbassamento del fondo, con l'asportazione periodica (svasi) dei materiali del fondo. Si tratta di una operazione delicata che può comportare erosioni regressive con danni alle opere di attraversamento e la riduzione del materiale trasportato a valle con conseguente erosione delle spiagge. La tendenza attuale prevede di non alterare l'andamento del corso d'acqua, ripristinando quando possibile l'andamento sinuoso originario in modo da non alterare l'ecosistema acquatico e le cenosi ripariali.



Figura 2.0.1: Argine del Po con banca, sottobanca e piè di banca



Figura 2.0.2: Rettificazione di un tratto del fiume Adda nell'attraversamento della città di Sondrio

La costruzione delle arginature a difesa dei centri abitati iniziò in tempi antichissimi: pare siano stati gli Etruschi a realizzare i primi argini sulle due rive alle foci del Po, opere proseguite dai Romani lungo l'alveo. Le arginature del Po vennero avviate verso la loro estensione attuale intorno al 1500. È importante ricordare anche l'operato dei Veneziani per proteggere la Laguna e i suoi abitati attraverso interventi di deviazione o nuovo inalveamento di grandi fiumi tra i quali, nel 1600, la deviazione del Po a Porto Viro. Nei secoli sono stati realizzati continui lavori di rialzo e ringrosso delle arginature a difesa dei centri abitati per motivi legati da una parte al ripetersi di piene e rotte disastrose, dall'altra all'espandersi delle zone antropizzate. Ma proprio l'interazione fra queste due entità in continua crescita, argini e centri abitati, ha continuato a creare problemi di mutua sicurezza. A partire dal 1500, con editti, notificazioni e ordinanze, furono introdotti i primi criteri per la salvaguardia della integrità e sicurezza delle arginature nei confronti degli interventi ed insediamenti antropici.

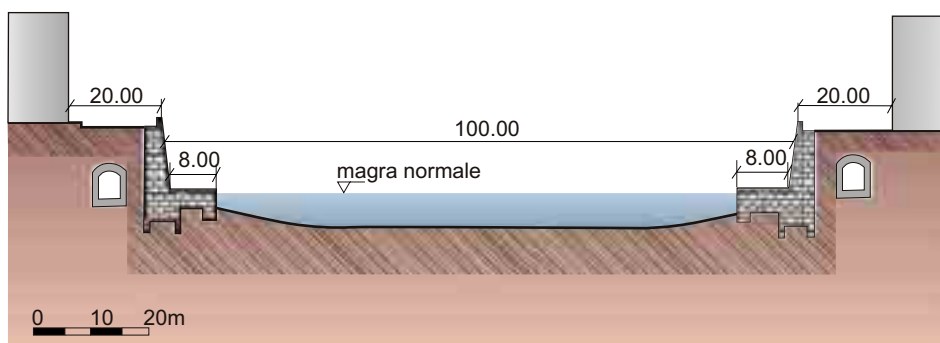


Figura 2.0.3: Nella figura viene illustrato il progetto del 1875 di R. Carnevari, con le modifiche di seguito apportate dei grandi muraglioni di contenimento delle sponde del Tevere nell'attraversamento della città di Roma, eseguiti a partire dal 1876.

Generalità

Gli argini sono costituiti da rilevati artificiali in terra con funzione di tenuta d'acqua, di altezza generalmente inferiore ai 10/12 m, che si realizzano specialmente nel bacino inferiore di corsi d'acqua, allo scopo di contenere le acque di piena, e preservare da inondazioni le aree poste lateralmente. Esistono due tipologie di argini: longitudinali e trasversali; i primi corrono continui lungo le sponde, mentre i secondi sono disposti a coppie gli uni di fronte agli altri normalmente alla corrente, e si innestano con una estremità al terreno sommergibile, e con l'altra si estendono simmetricamente verso l'alveo.

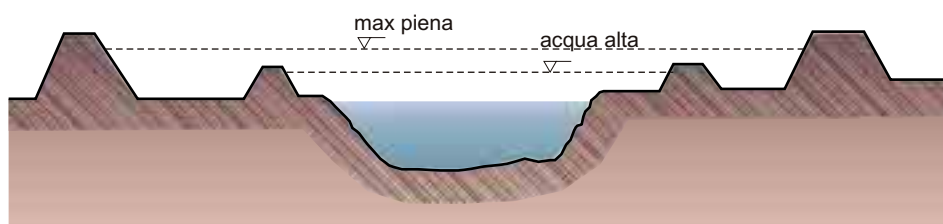
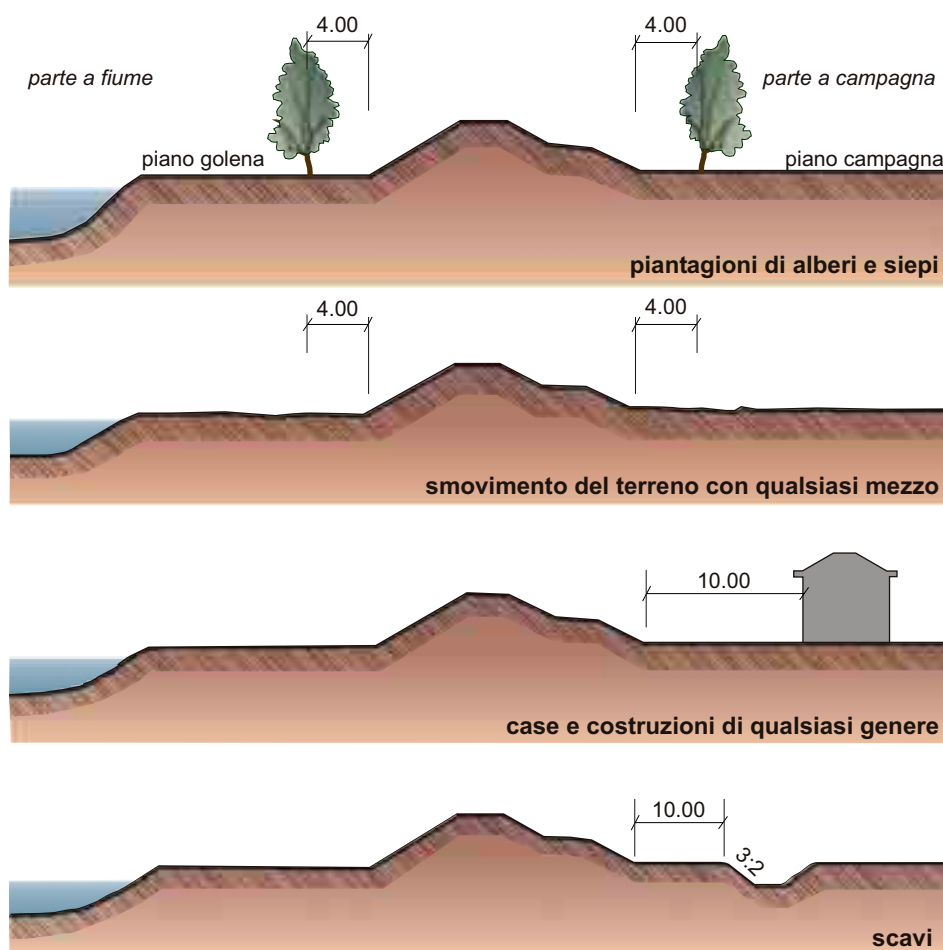


Figura 2.4: La figura rappresenta la sezione trasversale di un corso d'acqua con argini longitudinali maestri, ed argini di golena; con questo assetto il fiume viene ad avere un letto di magra, un letto fra gli argini di golena per le acque alte, ed uno molto più ampio fra gli argini maestri, corrispondenti alla sezione occorrente per il deflusso alle massime piene.

Figura 2.1.1: Distanze minime dalle arginature fluviali. D.M. 25/27/1924 n.523.

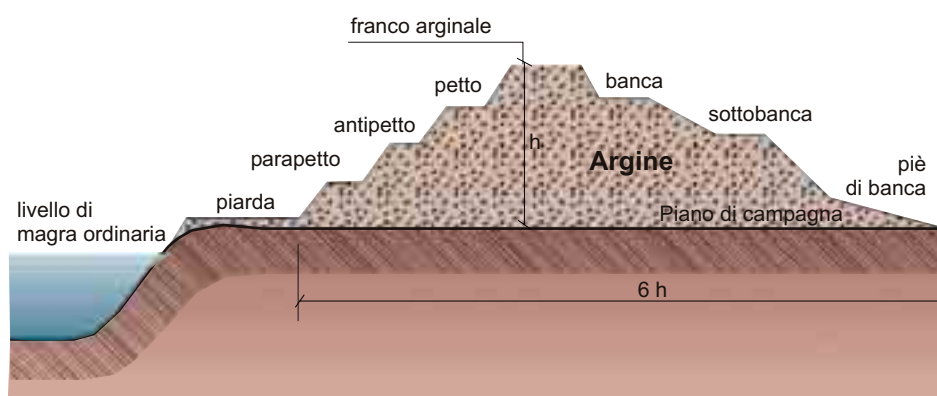


Argini longitudinali

Essi hanno la funzione di impedire ogni comunicazione fra l'alveo e il territorio laterale, ed obbligano la corrente in piena a passare per una sezione convenientemente limitata. Gli argini longitudinali si dicono in froldo, se sono costruiti in diretta continuazione delle sponde del corso d'acqua, generalmente però nei corsi d'acqua importanti e soggetti a notevoli piene, gli argini longitudinali sorgono a distanza dalle sponde, in modo da lasciare alle acque di piena un certo letto di espansione; il terreno compreso fra gli argini e le sponde prende il nome di golena.

Non è raro il caso che il terreno di golena sia del tutto o in parte soggetto a coltivazione o altre attività pertanto può essere necessario proteggerlo dalle piene che non siano massime mediante arginelli minori, detti argini sommergibili di golena.

Figura 2.1.2: Gli argini maestri di grandi corsi d'acqua sovente presentano una sezione più complessa di quella trapezia ordinaria, così come illustrato in figura. Inoltre talora l'argine funziona anche da strada, ed allora è sistemato in sommità secondo il profilo ordinario di strada carrabile in rilevato.



Per determinare la distanza fra gli argini maestri longitudinali e la loro altezza, occorre conoscere la portata delle massime piene.

La sezione trasversale degli argini è generalmente trapezia; per gli argini maestri, la larghezza in sommità generalmente non è inferiore a 2 m sino ad una larghezza di fiume di m. 40 ed aumentando poi, sino ad un certo limite, di cm. 4 per ogni metro di maggiore larghezza.

Gli argini maestri di grandi corsi d'acqua generalmente presentano una sezione più complessa di quella trapezia ordinaria; essi vengono rinforzati sia verso fiume che verso campagna. Le dimensioni trasversali che così vengono ad avere questi argini sono superiori a quelle che risulterebbero dai calcoli basati sull'equilibrio statico del terrapieno assoggettato alla spinta dell'acqua; tali sezioni rinforzate si adottano per allontanare il pericolo derivante dalla filtrazione dell'acqua attraverso la massa del terrapieno o nel suolo sottostante, e per evitare franamenti dell'argine, anche in caso di parziali erosioni prodotte da una eccessiva velocità della corrente.

Argini trasversali

Questi argini si dicono anche ortogonali, perché nei tratti d'alveo rettilinei vengono disposti a coppie in direzione circa normale alla corrente. La corrente obbligata a passare fra le teste delle successive coppie di argini viene centralizzata, e nei periodi di piena le acque alte stendendosi come in altrettanti bacini nelle zone comprese fra ciascuna coppia di argini e la successiva, danno luogo ad abbondanti depositi e si ha di conseguenza un graduale sovrizzo della golena rispetto all'alveo.

Descrizione e Caratteristiche

Gli argini vengono realizzati con terreno compattato aventi caratteristiche fisiche e meccaniche adeguate a renderlo stabile e a trattenere e contenere l'acqua; la tipologia di tali materiali condiziona la forma della sezione arginale.

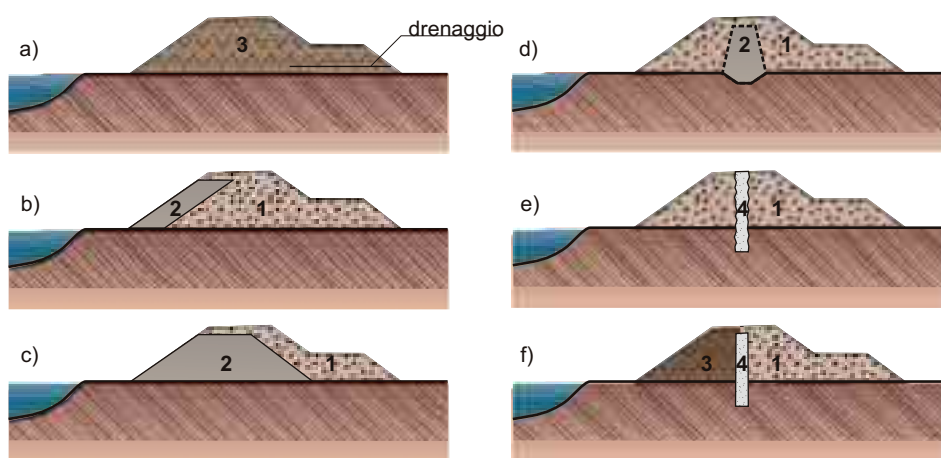
Si utilizzano generalmente materiali a bassa permeabilità di natura argillosa e limosa, in grado di assicurare la stabilità del complesso argine-terreno di fondazione e nel contempo da adattarsi ai cedimenti del terreno di fondazione.

E' importante che nella costruzione dell'argine si eviti la creazione di superfici di discontinuità tra il nuovo manufatto ed il terreno di fondazione o un argine già esistente; a tal fine si prevedono scotichi, solcature, gradonature. Il terreno normalmente viene posto in opera a strati dello spessore dell'ordine di 30-35 cm e successivamente compattato.

Generalmente però per ragioni economiche la costruzione degli argini si usano i terreni presenti in golena od in alveo. La limitata disponibilità di terreni a bassa permeabilità può richiedere di adottare sezioni analoghe a quelle delle dighe in terra zonate, ma la realizzazione di tali sezioni risulta complessa e di difficile gestione.

Figura 2.1-3: Sezioni arginali a zone con permeabilità diversa, atte a garantire funzioni di drenaggio e di impermeabilizzazione. Questa tecnica consente di minimizzare la quantità di materiali con determinate caratteristiche idrauliche, il cui reperimento in certi casi può costituire un costo elevato. (Colleselli, 1998, rid.)

- 1) materiale molto permeabile
- 2) materiale impermeabile
- 3) materiale permeabile
- 4) setto impermeabile



Si adottano, nella pratica sezioni, formate con materiali omogenei con filtri e drenaggi verso campagna o sezioni formate da sole due zone, mettendo in opera il materiale meno permeabile e meno erodibile verso fiume e quello più permeabile e più stabile verso campagna.

Figura 2.1.4: Quando necessario, soprattutto nel caso di argini esistenti, si può assicurare l'impermeabilità del rilevato arginale mediante geosintetici usati sia in superficie che all'interno dell'argine stesso come un diaframma verticale.



Gli argini di grandi dimensioni hanno pendenza più dolce verso campagna, per l'esigenza di contenere la linea di filtrazione, al fine di garantire la stabilità del rilevato stesso e per la necessità di contrastare il pericolo di perdita di consistenza del terreno a campagna e di sifonamento attraverso il terreno di fondazione. Questo ultimo fenomeno è dovuto all'incremento della pressione dell'acqua nel terreno di fondazione. L'acqua infatti oltre che attraverso l'argine filtra anche nel terreno di fondazione e l'incremento di pressione che ne deriva è in grado di sollevare il terreno oltre l'argine (fontanazzi) ed innescare un fenomeno di erosione che arretra verso il fiume causando anche il collasso dell'argine.

Figura 2.1.5: Fenomeno del sifonamento oltre il piede di un argine. L'acqua che filtra dal fiume verso l'esterno, solleva ed erode il terreno oltre il piede dell'argine, dove viene a mancare il peso stabilizzante del terreno del rilevato. Nella prima fase il terreno oltre l'argine si fluidifica e l'acqua affiora abbondantemente, erodendo il terreno. Nella seconda fase, l'erosione è arretrata ormai verso il fiume creando un vero e proprio canale e provocando il collasso dell'argine a causa dell'asportazione di terreno al di sotto di esso.

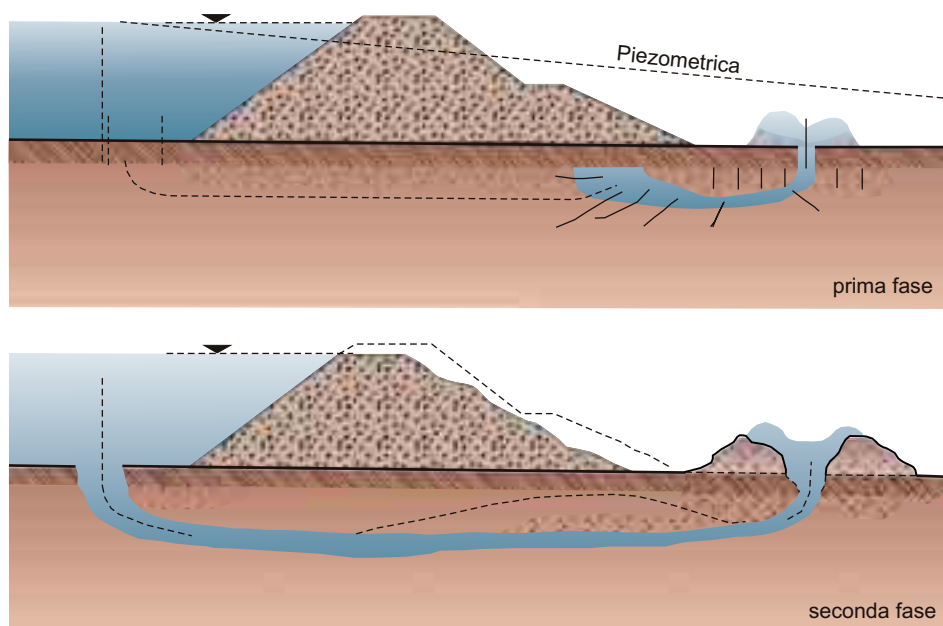


Figura 2.1.6: Fontanazzo formatosi a causa del sifonamento lungo gli argini del fiume Oglio in comune di Marcaria (alluvione ottobre 2000).

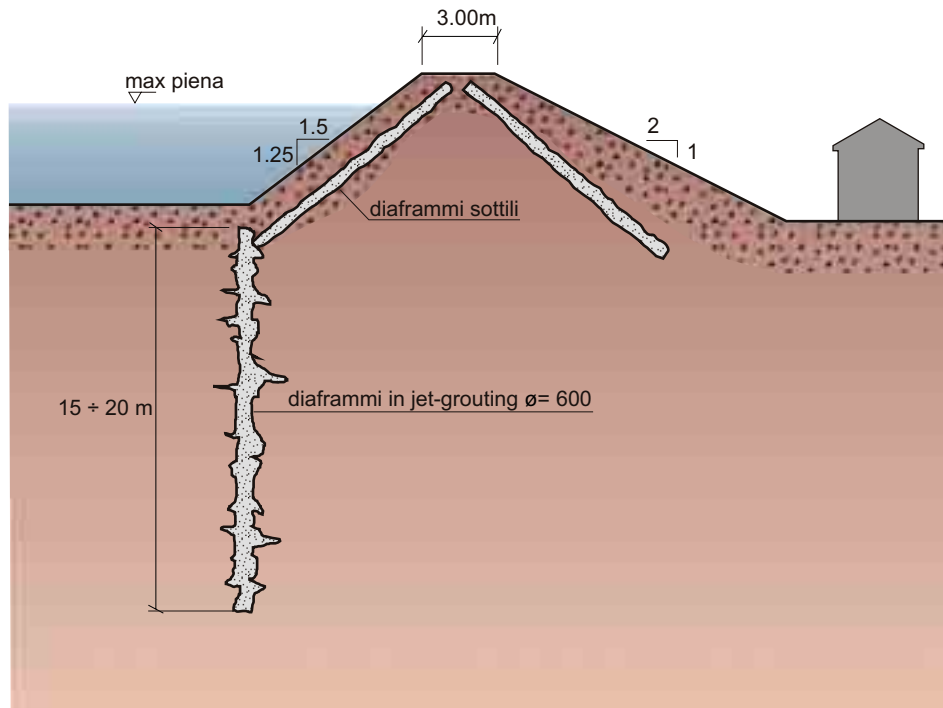
Per diminuire il carico idraulico tra il fiume e l'area soggetta al sifonamento (differenza tra le rispettive quote dell'acqua) si usano sacchetti di sabbia per creare un piccolo bacino. La conseguenza è una diminuzione della velocità media di filtrazione dell'acqua ed una diminuzione della sua capacità di erosione subsuperficiale.



La rotta di un argine è un evento che può avere conseguenze catastrofiche e può avvenire in vari modi, tra i quali il meccanismo principale (60-70 % dei casi) è quello del sormonto.

Il sifonamento attraverso l'argine invece rappresenta circa il 20% delle rotture; queste rotture si prevengono rafforzando l'argine od impedendo la filtrazione dell'acqua attraverso e sotto l'argine con diaframmi in argilla o calcestruzzo e palancolate.

Figura 2.1.7: I diaframmi oltre che al piede degli argini possono essere utilizzati per impermeabilizzare il corpo stesso del rilevato e rafforzarlo; un esempio di questa applicazione è riportato nella figura che si riferisce ad un intervento lungo il Tagliamento, dove per la realizzazione è stata impiegata la tecnica del Jet-grouting



In assenza di spazio per un adeguato sviluppo laterale degli argini inoltre può essere necessario ricorrere a muri di contenimento.

Un tipico esempio è rappresentato dalla difesa, con un muro di sostegno ed un diaframma dell'argine di protezione dell'abitato di Ariano Polesine. A seguito dei vistosi fenomeni di sifonamento verificatisi nel centro abitato durante la piena del 1994 è stato progettato un nuovo diaframma a fiume di maggiore lunghezza rispetto a quello costruito negli anni '60, tale da intercettare gli strati limosi ed argillosi profondi.

Figura 2.1.8: La scarsità di spazio disponibile nei centri abitati può rendere necessario l'impiego di muri di sponda per diminuire l'ingombro degli argini. In tal caso però si possono innescare fenomeni di sifonamento degli argini. Per evitare che ciò accada si può ricorrere all'impiego di diaframmi che, se opportunamente dimensionati, costringono l'acqua che filtra sotto l'argine a percorrere distanze maggiori prima di riaffiorare oltre il piede del rilevato. La dissipazione di energia che ne consegue, impedisce l'innescare di fenomeni di sifonamento.

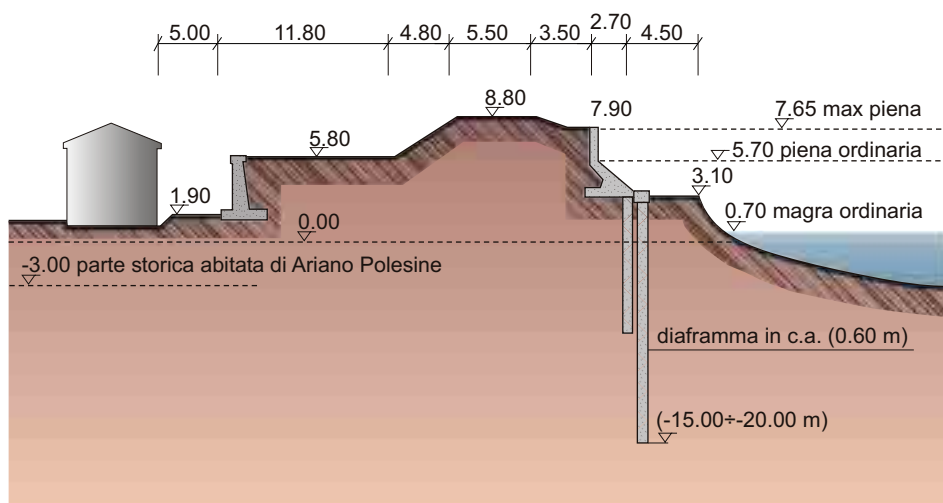
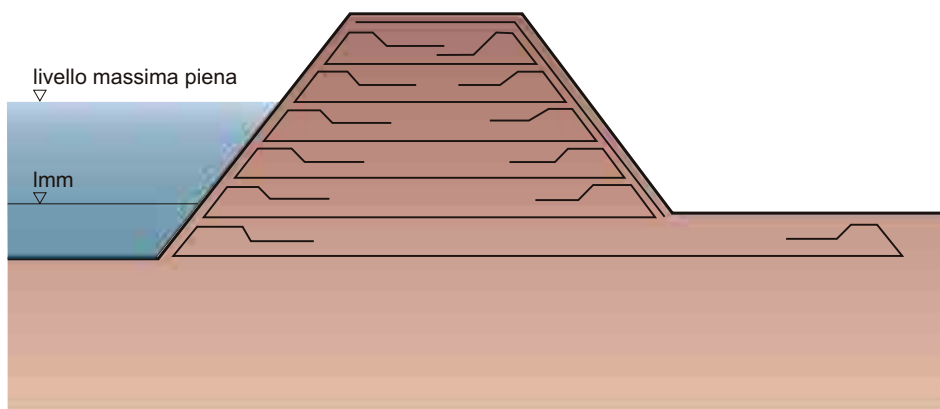


Figura 2.1.9: La diminuzione di ingombro degli argini si può conseguire anche aumentando la pendenza delle scarpate per mezzo della tecnica del rinforzo dei terreni: l'aggiunta di rinforzi plastici o metallici opportunamente dimensionati può consentire di realizzare inclinazioni di 60-70°.

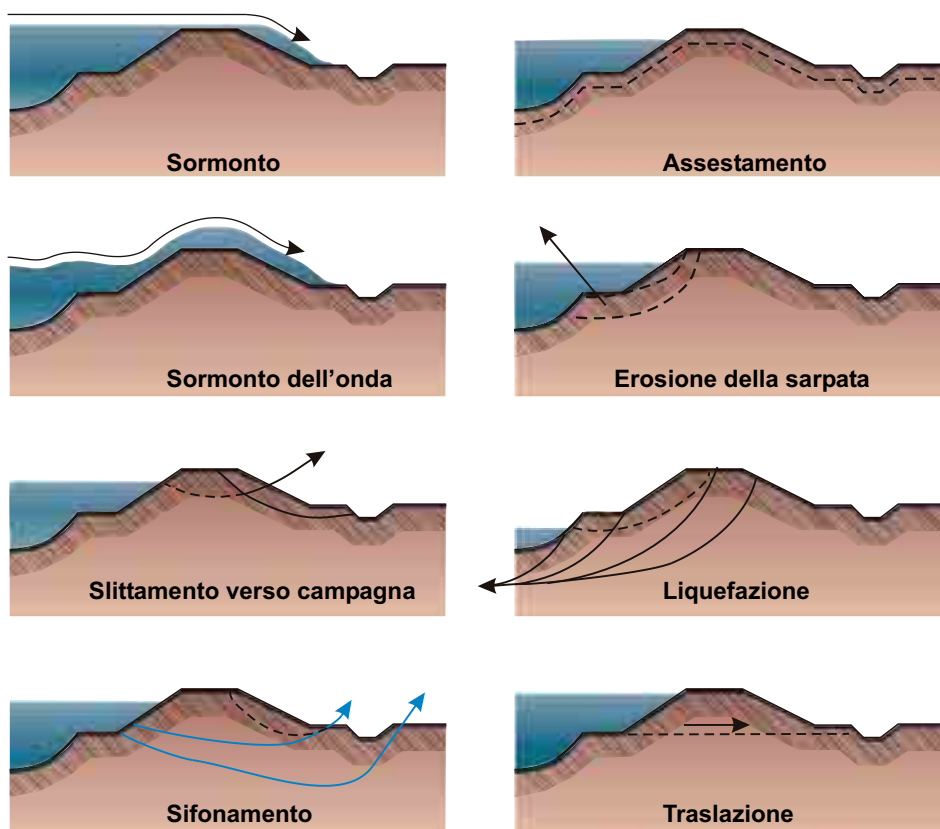
L'uso di questa tecnica richiede però l'impermeabilizzazione dell'argine per impedire fenomeni di filtrazione che verrebbero accentuati dalla presenza di discontinuità all'interno del terreno.



La rottura degli argini può avvenire anche per scorrimento sulla base dovuto a scarso immorsamento o perdita di consistenza del terreno di fondazione o del rilevato stesso causata dall'imbibizione.

Infine può accadere che l'argine sia intaccato dall'erosione; questo può riguardare soprattutto per gli argini in frodo; in tali casi è opportuno intervenire realizzando dei rivestimenti protettivi con tecniche diverse a seconda della velocità della corrente..

Figura 2.1.10: Meccanismi di rottura degli argini.



L'arginamento di un fiume produce effetti significativi sia sul tratto direttamente interessato che in quelli a valle di esso. Nel tratto arginato la portata, ora completamente contenuta della sezione, è causa di velocità di corrente più elevata con conseguente minor deposito e maggiore escavazione. Al contrario nei tronchi inferiori la capacità di trasporto del fiume rimane immutata e l'eccesso di trasporto solido proveniente da monte tende a depositarsi. Sempre a valle inoltre cambierà il regime delle piene, aumentando la velocità con cui vi giungono

Figura 2.1.11: Rottura artificiale controllata per abbassare il livello della piena dell'argine di golena del fiume Po nel comune di Serravalle-Libiola in provincia di Mantova (alluvione ottobre 2000).



Figura 2.1.12: Rottura dell'argine dell'Arno in località "Roffia", ad ovest di Empoli. La rottura dell'argine, durante l'evento alluvionale del 20-21 ottobre 1992, laminò l'onda di piena abbassando il livello dell'acqua del fiume, a valle, di oltre un metro e mezzo.

