

DISSESTO IDROGEOLOGICO IN AREE URBANIZZATE

A cura di V. Francani

Vincenzo.francani@polimi.it

Indice

1.	PREMESSA.....	PAG. 2
2.	NORMATIVA NAZIONALE.....	PAG. 3
3.	INSTABILITA' NELLE ROCCE ALTERATE.....	PAG. 4
4.	STABILITÀ APPARENTE DI AMMASSI ROCCIOSI FRATTURATI.....	PAG. 7
5.	INSTABILITÀ DOVUTA A DGPV.....	PAG. 8
6.	INTERAZIONE FRA INSTABILITÀ DEI VERSANTI E RETE IDRICA SUPERFICIALE	PAG. 9
7.	CONCLUSIONE	PAG. 19
8.	8. BIBLIOGRAFIA.....	PAG. 21

1 PREMESSA

L'intensa urbanizzazione porta a rilevanti squilibri idrogeologici in molteplici aree geografiche.

Quando le aree abitate si espandono lo scorrimento delle acque superficiali, dovute all'impermeabilizzazione del suolo, e l'infiltrazione causata da scarichi e da perdite nelle infrastrutture idrauliche aumentano in modo anomalo e incontrollato. Aumentano così i fenomeni erosivi e l'esposizione dei versanti alle frane.

Non è un caso che i rischi maggiori siano in corrispondenza delle regioni più urbanizzate. In figura 1 è possibile osservare la percentuale di città europee che potrebbero essere esposte ad alluvioni. È ben evidente che le città italiane sono quelle maggiormente esposte.

Nel dopoguerra in Italia le vittime per frana sono state 2447 (in media 59 per anno) e il danno annuo da frane è pari a 2.500 milioni di Euro (stima per difetto) (Fig 1b).

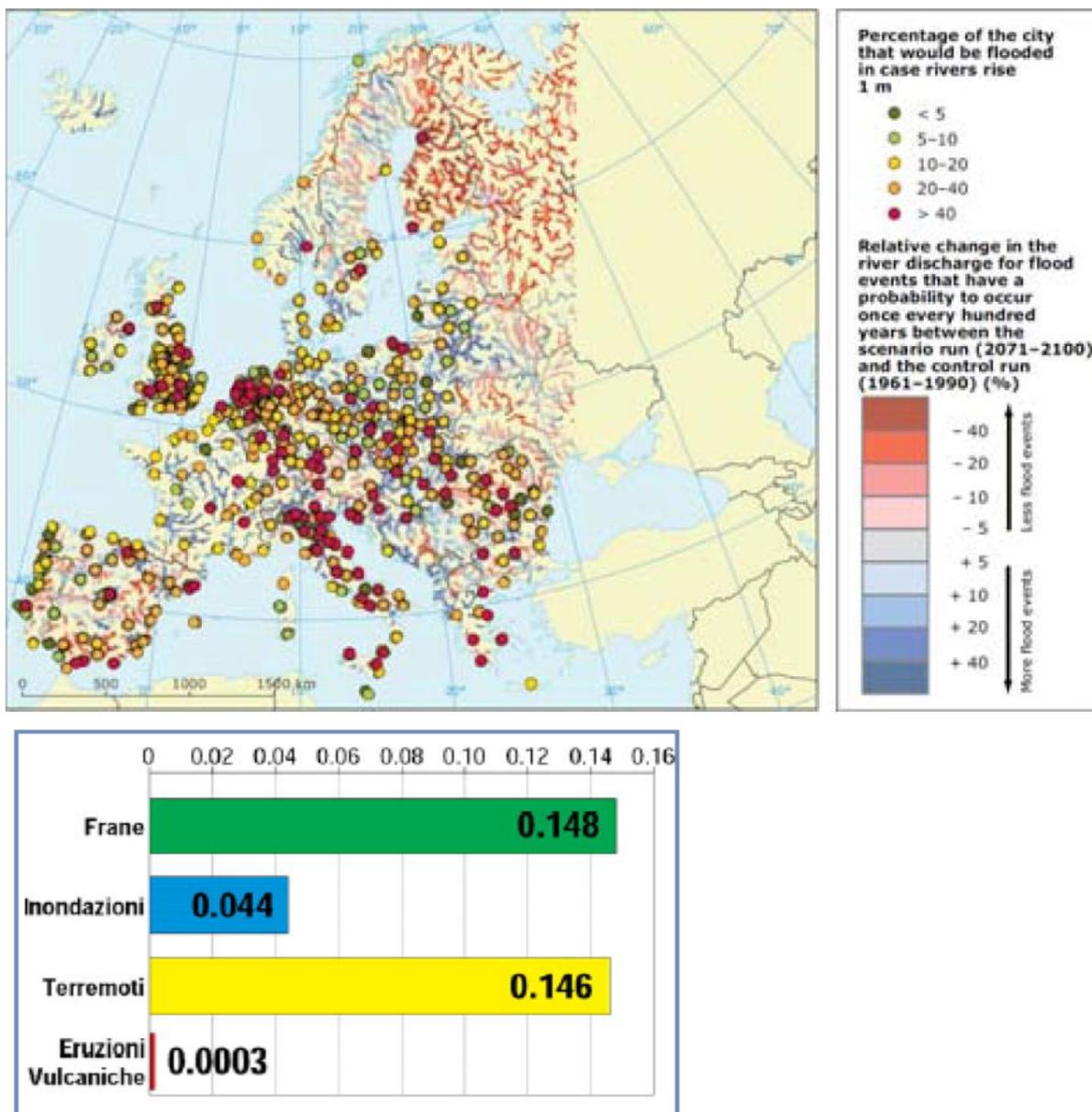


Fig. 1 a) Percentuali dell'area urbana delle città europee esposte ad alluvioni. b) Mortalità in Italia nel periodo 1950-2002 per frane, inondazioni, terremoti ed eruzioni vulcaniche

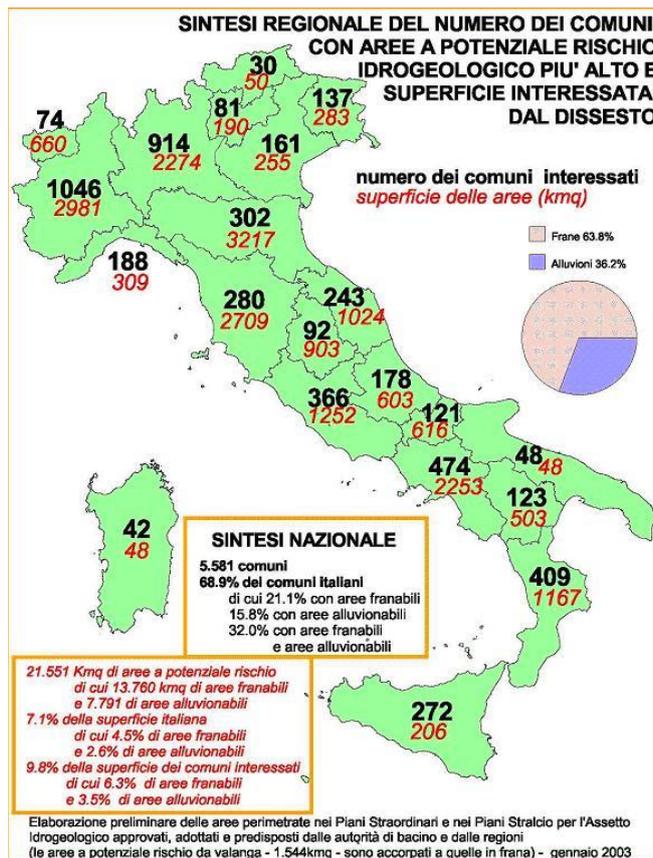


Fig. 2 -

2 NORMATIVA NAZIONALE

A fronte di una situazione piuttosto critica dal punto di vista idrogeologico in Italia è presente un'eccellente normativa che tende a tutelare e a prevenire le diverse forme di calamità. Di seguito vengono brevemente le principali norme a tutela del territorio italiano:

- Vincolo Idrogeologico nelle zone montane (R.D. 3267/1923), la cui gestione è oggi trasferita alle Regioni.
- Risanamento e finanziamenti per le zone colpite dall'alluvione del Polesine del 1951 (L. 185/1952).
- Legge sulla difesa del suolo L. 183/89 - Commissione De Marchi (istituita nel 1966 in seguito all'alluvione di Firenze): introduce le Autorità di Bacino e la pianificazione a scala di bacino idrografico con valore di Piano Territoriale di Settore ⇒ Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico del bacino del fiume Po (PAI): indirizzi, norme e vincoli per le fasce fluviali e per la prevenzione del rischio idrogeologico.
- Ricostruzione e sviluppo delle zone colpite dall'alluvione della Valtellina del 1987 (L. 102/90).
- Programmi di previsione e prevenzione e Piani di Protezione Civile (L. 225/92): previsione, prevenzione, gestione dell'emergenza.

- Obbligo per Autorità di Bacino e Regioni di individuare e perimetrare le zone a rischio idrogeologico molto elevato (L. 267/98 Sarno).

Nonostante questa diversificata e ampia normativa, le leggi vigenti non sono evidentemente in grado di porre rimedio a tutti importanti casi di dissesto, in particolare a quelli che sono determinati dalla combinazione di fenomeni di natura diversa (es. antropici e naturali o che riguardano ambiti tecnici molto diversi tra loro).

Pertanto, in questo articolo si cercherà di esporre l'analisi di alcuni fenomeni che richiedono particolare attenzione **quando l'espansione delle aree urbane finisce per includerli:**

1. Versanti instabili per cause geologiche non conosciute.

Ne sono un esempio versanti coperti da terreni che risultano solo apparentemente stabili, classificati come «falde o con di detrito» o «detriti misti a depositi glaciali» che sono in realtà derivanti dalla stabilizzazione di frane

2. Rete idrica superficiale inadatta per le caratteristiche geologiche del territorio.

Ricadono in questi casi le sistemazioni idrauliche e le canalizzazioni di città antiche che si trovano alla base di versanti franosi un tempo coltivati e oggi abbandonati.

3 INSTABILITA' NELLE ROCCE ALTERATE

È molto frequente che depositi detritici spessi o rocce fortemente alterate siano coinvolte in movimenti franosi.

Per esempio le frane avvenute nel 2014 e nel 2015 a Genova e dintorni sono legate a questo tipo di condizione.

In fig. 3 è rappresentata una sezione schematica di un versante franato in cui è possibile notare un notevole spessore sia depositi detritici che di rocce molto alterate.

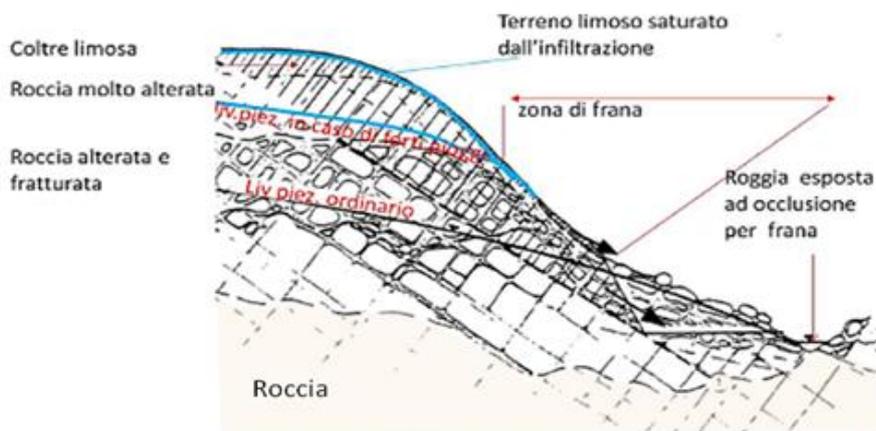


Fig. 3 -

Nella figura 4 si può notare che sotto la spessa copertura detritica (sopra la linea blu) del versante meridionale delle Odle (Dolomiti) vi sono **due superfici di discontinuità**: una alla base del detrito (linea blu) e una a separazione della roccia fratturata da quella poco alterata (linea rossa). Lungo queste discontinuità si impostano le superfici di rottura dei movimenti franosi: rapido quello meno profondo, lento quello nella roccia.



Fig. 4- Versante meridionale delle Odle (Dolomiti)

Quando, per eventi meteorologici eccezionali, le condizioni di instabilità prevalgono, la coltre di roccia alterata dà luogo a piccole frane che si stabilizzano con il tempo. Tuttavia se gli eventi eccezionali si ripetono questi dissesti possono essere riattivati. Pertanto tutte queste aree, spesso considerate solo come coltri di detrito, sono in realtà frane quiescenti, cioè frane momentaneamente inattive, ma che possono essere riattivate dalle cause originarie.

Per questo motivo è molto importante delimitare queste frane, causate da rocce molto fratturate o alterate. Infatti è ben note che possono essere rimobilizzate anche da costruzione di edifici, scavi o infrastrutture (p.e. gallerie)

Se non vengono specificamente ricercate, spesso vengono trascurate perché assimilate erroneamente a falde di detrito; ne un esempio la frana presso il comune di Bindo di Cortenova (LC) avvenuta il 1 dicembre 2002 (Fig. 5) che distrusse completamente diverse abitazioni e fabbriche.



Fig. 5 – Frana di Bindo di Cortenova

La frana avvenuta quel giorno è in realtà solo una porzione del versante instabile, la cui condizione di instabilità permane tuttora. Nella figura 6 sono ben evidenti sia la frana già avvenuta che le nicchie di distacco che potrebbero causare, per i motivi precedentemente esposti, fenomeni di instabilità con un volume di materiale coinvolto molto grande (in rosso in figura è evidenziata l'area possibilmente soggetta a questa instabilità)



Fig 6

La riattivazione della frana potrà essere determinata dall'afflusso d'acqua di scorrimento superficiale proveniente dalla zona di cresta (Fig.7), formata rocce poco permeabili, e dalla sua successiva infiltrazione nella coltre detritica sottostante. La velocità delle acque di scorrimento superficiale agevola l'innesco della frana producendo una consistente erosione del detrito che copre il versante.



4 Stabilità apparente di ammassi rocciosi fratturati

Un altro esempio di struttura predisposta al franamento sono le torri di roccia calcarea o dolomitica fratturate, per esempio le Cinque Torri presso Cortina, il Thurweiser in Val Zebrù e la torre Dones in Valsassina (Fig. 8). Questi ammassi sono sottoposti a un lento detensionamento per il venir meno delle resistenze al piede, per l'alterazione dei giunti anche per effetto della vegetazione (wind leverage) e per neotettonica.



Fig. 8 - torre Dones in Valsassina

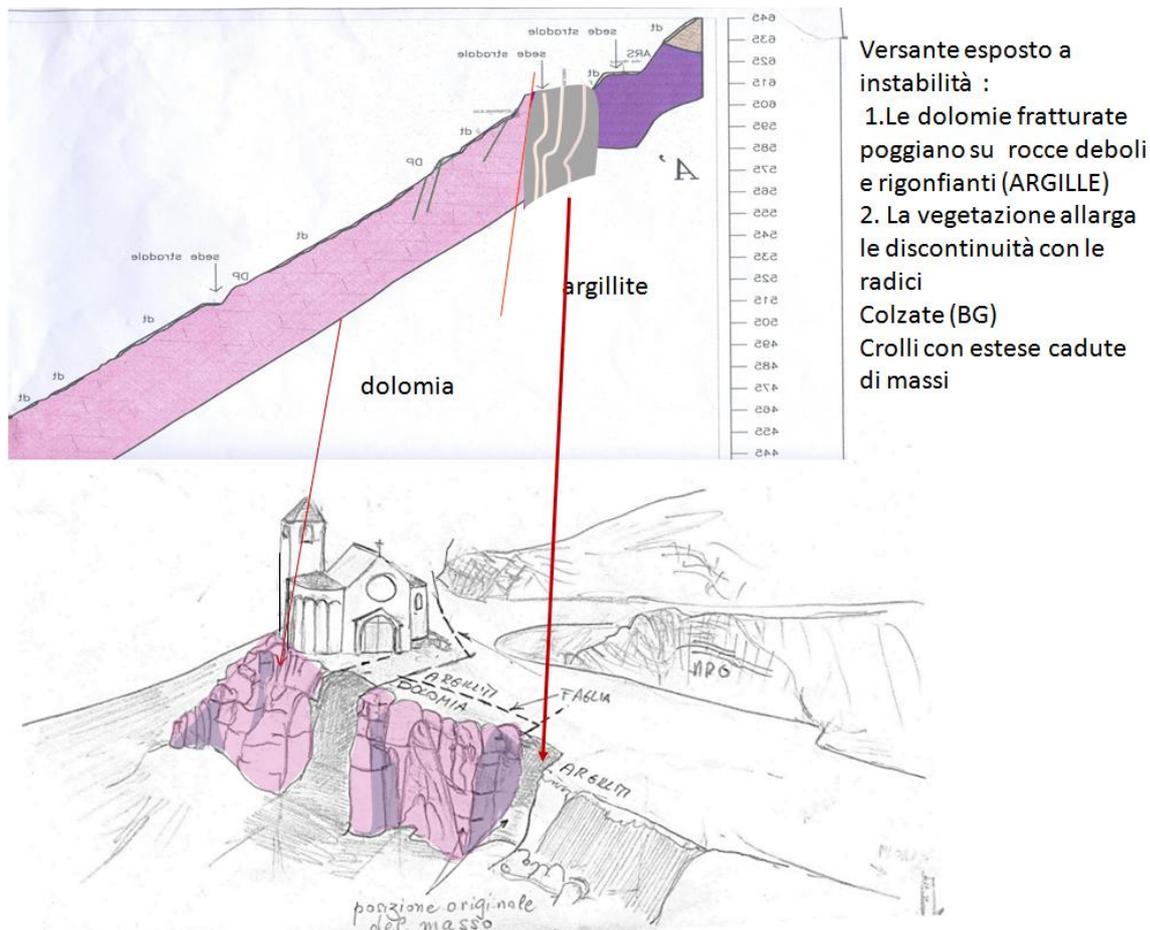


Fig. 9

5 Instabilità dovuta a DGPV

Un altro esempio di struttura fortemente predisposta al franamento sono le DGPV.

Come conseguenza della mancanza di sostegno operata dalle masse glaciali pleistoceniche, molti versanti sono soggetti a fenomeni di detensionamento. Questo processo, unito alla presenza di fattori di natura idrogeologica ed elementi strutturali predisponenti (p.e faglie, sistemi di fratture) porta alla formazione delle deformazioni gravitative profonde di versante (DGPV). Un territorio molto soggetto a questo tipo di instabilità è la Valtellina.

In figura 10 è possibile osservare frane quiescenti riattivabili anche da eventi meteorici presso la frazione di Santa Lucia presso il comune di Valdisotto (SO). In superficie l'esistenza delle frane quiescenti era segnalata da lunghe fenditure arcuate nel terreno e si aveva nozione di frane alla fine del secolo scorso .

La Cartografia geomorfologica di quest'area è stata in grado di evidenziare le tracce superficiali di dissesto, in particolare le fenditure nel terreno dovute agli spostamenti dei primi metri del suolo. Si sono posizionati inclinometri per valutare la profondità della superficie di rottura.

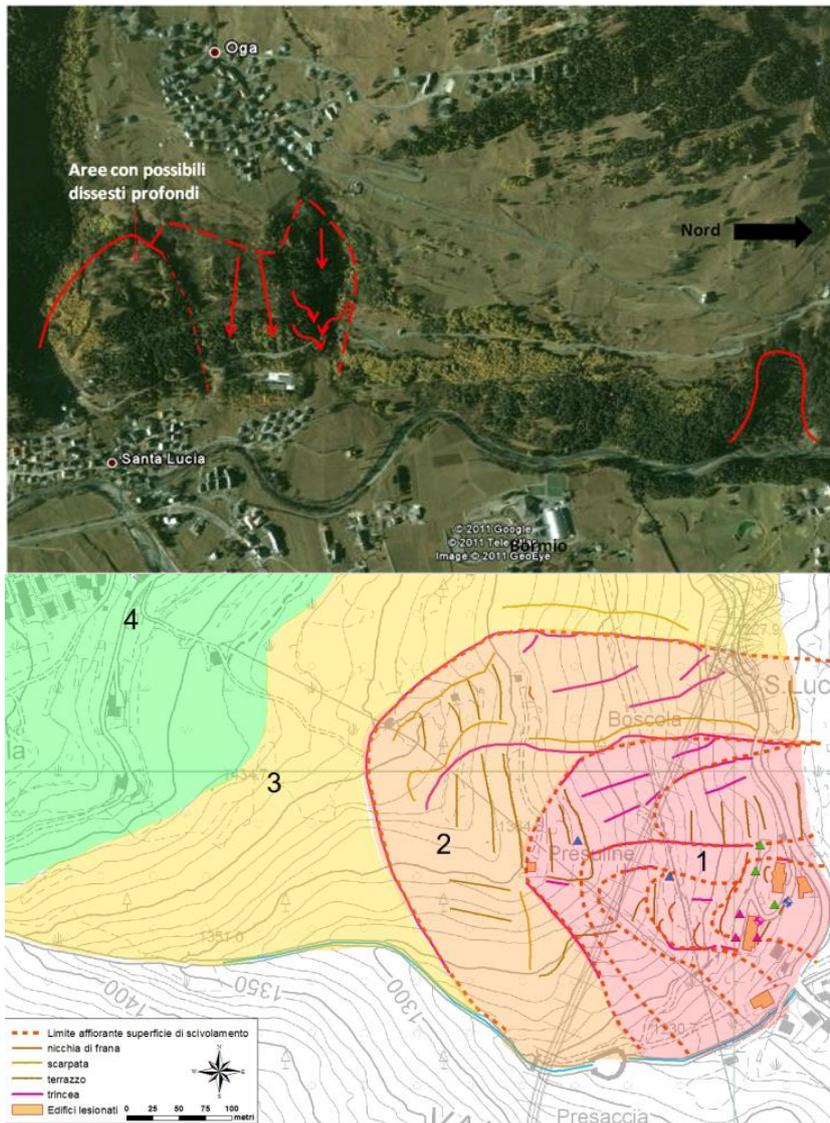


Fig. 10

6 Interazione fra instabilità dei versanti e rete idrica superficiale

L'interazione fra mancata regolazione dei deflussi nella rete idrica di superficie e instabilità dei versanti produce dissesti di grande impatto ambientale, dei quali è opportuna una breve descrizione:

- rottura degli argini per la presenza di depressioni naturali e artificiali (es.cave)
- dam break: frane invadono gli alvei e producono la formazione di laghi temporanei che finiscono per erodere la diga naturale producendo onde di piena disastrose
- alluvionamento per sottofiltrazione: la falda alimentata dai fiumi emerge nelle aree circostanti il fiume

Durante le piene il corso d'acqua erode la sponda fino al livello di falda. Il terreno saturo frana verso l'esterno riempiendo le depressioni . Particolarmente pericolose sono le cave di inerti

scavate di molti metri a poca distanza dal fiume. Analogo modello vale per il dam – break , che consiste nell'improvviso abbattimento di dighe naturali in seguito allo sbarramento di corsi d'acqua operato da frane (fig. 11).

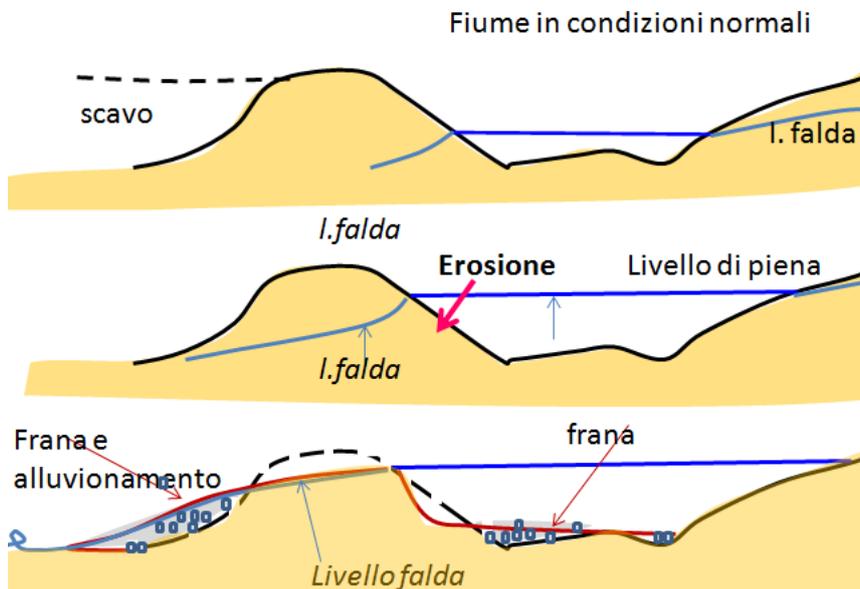


Fig. 11 - Interazione squilibrio idrogeologico- instabilità dei versanti-dam break

Il disastro di Fusine avvenuto nel luglio 1987 (Fig. 12), è un esempio tipico di dam break che ha prodotto ingenti danni all'abitato. Esempi minori, ma frequenti, tuttavia si registrano annualmente in Lombardia.



Fig 11 –

Un esempio di manchevole interpretazione delle conseguenze degli eventi naturali è costituito dal fatto che le carte della dinamica del versanti (carte geomorfologiche) rilevano i dissesti, ma vengono ignorate le loro conseguenze. Ad esempio nella vasta area pedemontana rappresentata in figura 12, sono state indicate (in viola) molte aree in erosione lungo i corsi d'acqua. Di conseguenza vengono fatte periodiche ispezioni per valutare variazioni nell'entità del dissesto. L'accorgimento che si dovrebbe adottare è invece l'analisi previsionale delle conseguenze del dissesto rilevato.

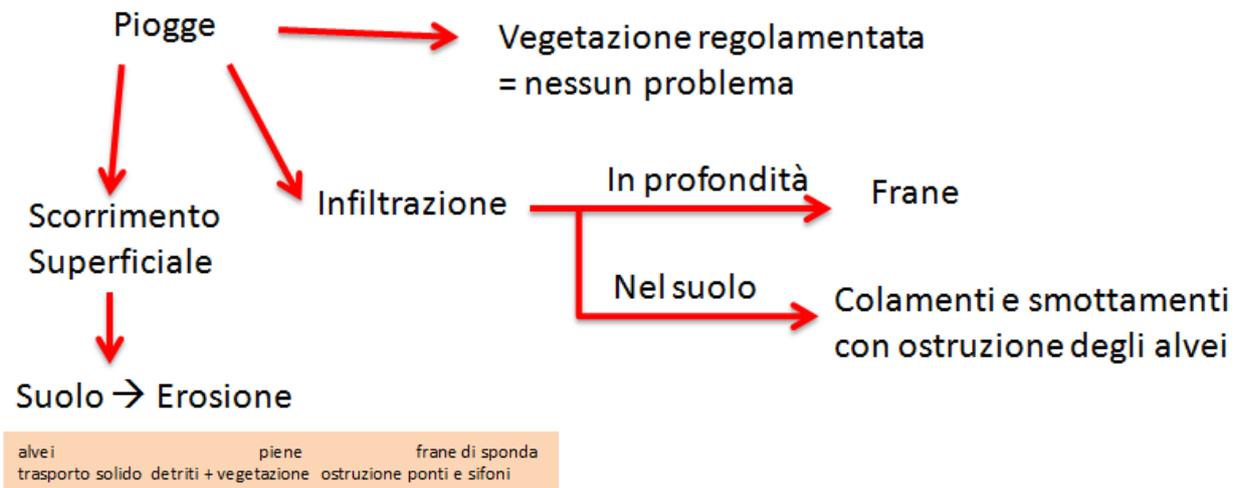


Fig. 12 – Alluvione che ha colpito alcuni quartieri di Bergamo nel giugno 2016

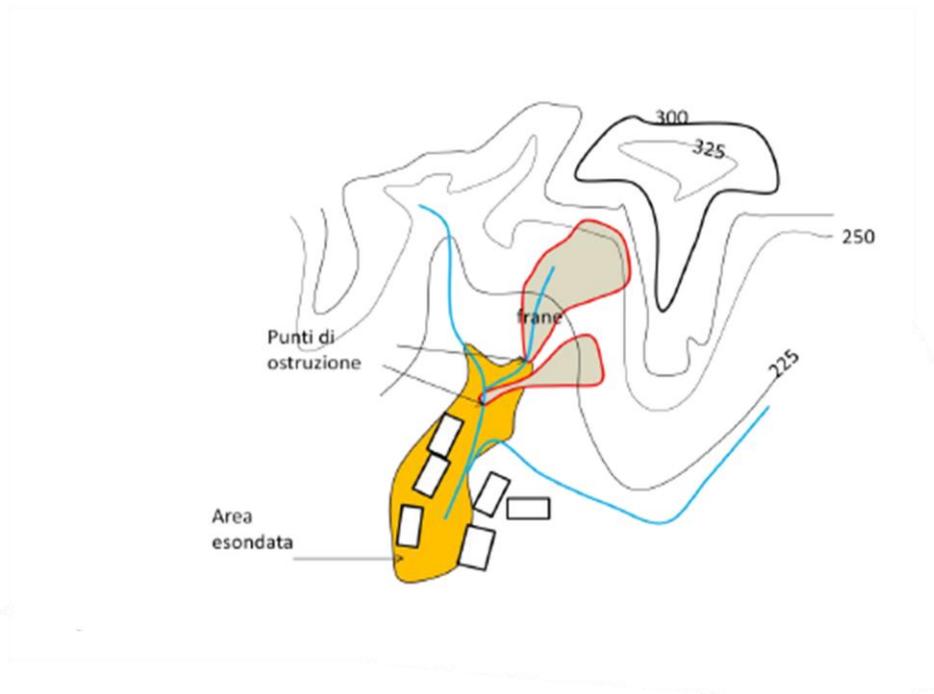
Le conseguenze di una rete idrica esigua o mal regolata sono importanti. Infatti non solo l'acqua può creare ingenti danni, ma anche i detriti e la vegetazione mal regolamentate.

Normalmente la presenza di alberi, tenuti ben controllati, riduce il pericolo di erosione e di franamenti, in quanto gli alberi stabilizzano le sponde e i versanti lungo i corsi d'acqua. Tuttavia se essi si accumulano in modo incontrollato sulle sponde, insieme al materiale detritico, ostruiscono facilmente i corsi d'acqua creando sbarramenti e producendo facilmente esondazioni.

Inoltre una scarsa regolamentazione della copertura vegetale, in particolare in concomitanza di intense precipitazioni, aumenta considerevolmente la probabilità di scorrimento superficiale e l'infiltrazione e i conseguenti dissesti.



Nelle immagini seguenti sono riportati degli esempi di esondazioni prodotte dall'ostruzione degli alvei :



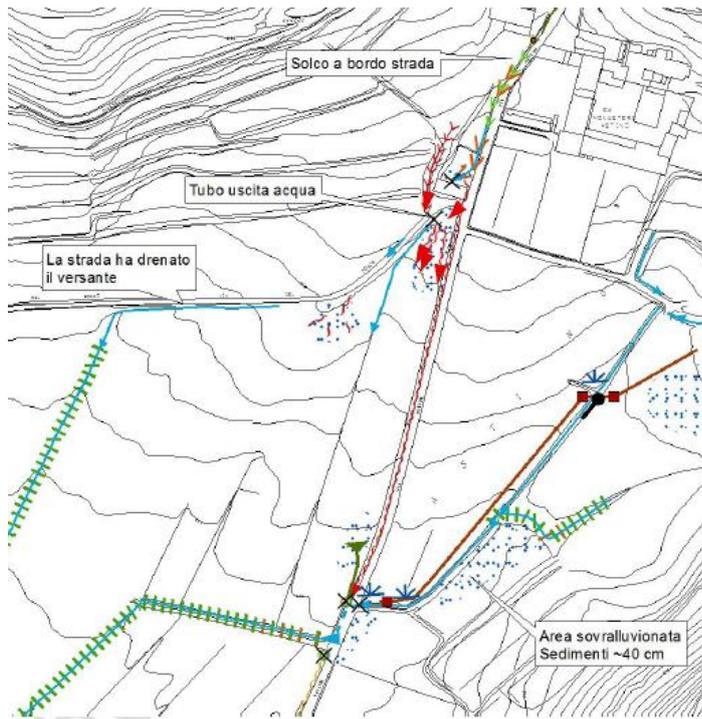


Figura 8 – Rilievo dei dissesti e delle criticità emerse, zona ex Monastero (scala 1:2.500).

Le foto seguenti (Fig. xx) mostrano come i canali fossero colmi di terriccio e come i ponti abbiano facilitato l'ostruzione dell'alveo durante la piena

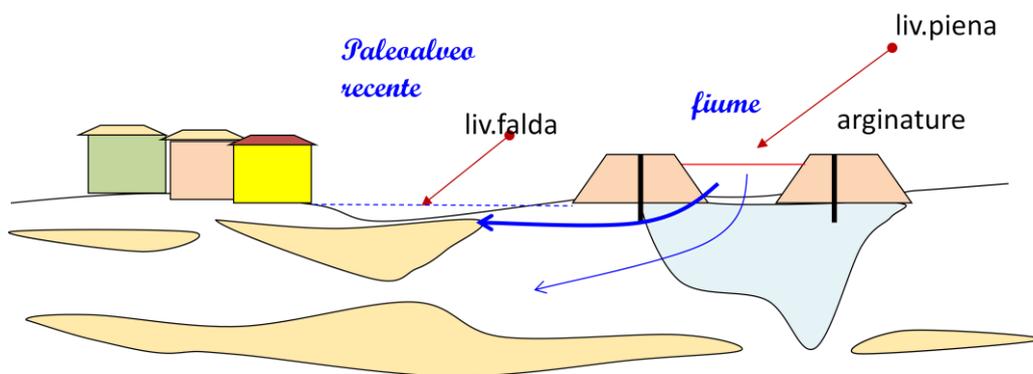


In conclusione dove le cartografie indicano dissesti e' necessario prima di tutto provvedere a rimedi che facilitino il drenaggio delle acque superficiali e sotterranee che possono essere anche poco costosi come il mantenimento di un'adeguata sezione di flusso nei corsi d'acqua e l'eliminazione della vegetazione quando ostacola la circolazione idrica.

L'urbanizzazione richiede una progressivo allargamento delle sezioni di flusso, a causa dell'anomalo aumento degli scarichi idrici

La ricostruzione della geologia delle aree alluvionali permette di capire se può avvenire la sottofiltrazione degli argini.

Questa può essere molto dannosa, in quanto influenza negativamente la capacità portante dei terreni ed esercita sottospinte

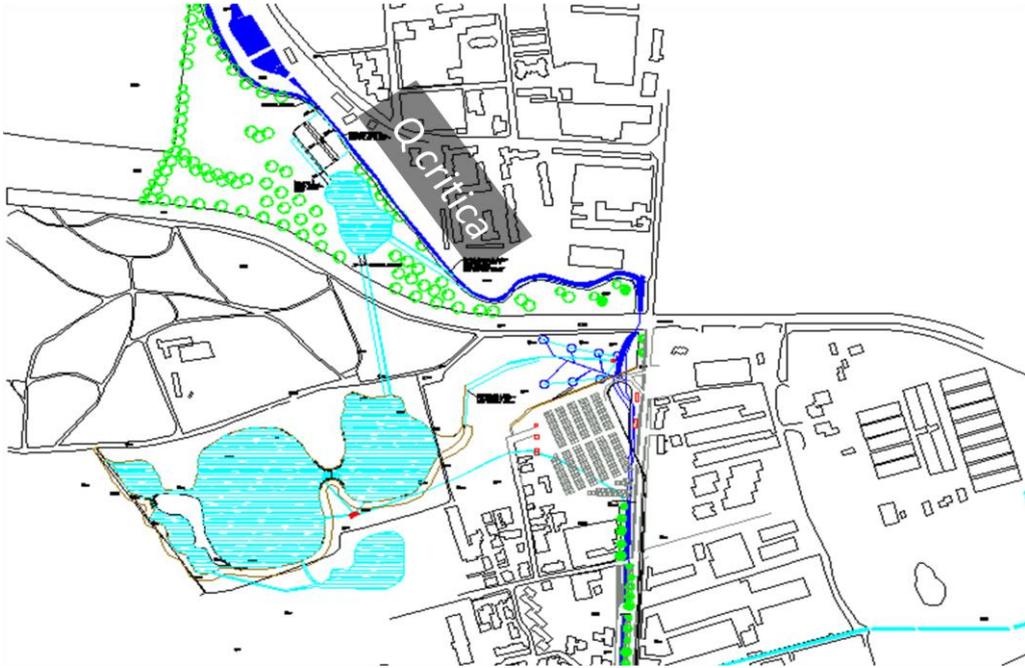


La regolarizzazione del drenaggio: vasche di laminazione, rain gardens, dreni profondi e well-points.

Laghi artificiali (vasche di laminazione) . Undici sono in progetto su vari dcorsi d'acqua lombardi. Possono essere alimentati in assenza di pericoli di esondazione formati con acqua potabile estratta dai pozzi

In caso di piena , si fa uscire l'acqua potabile e Il torrente viene in parte deviato nelle vasche.

Dopo la piena le vasche vengono vuotate e pulite



Esempi di casse di espansione e di laminazione delle piene

Per il caso di esempio dell'alluvione che ha interessato Bergamo (citato in precedenza) trincee drenanti adattate a rain garden lungo il piede del versante avrebbero permesso di incanalare le

acque verso tre vasche di recapito munite di paratie che avrebbero poi rilasciato le acque immagazzinate al termine della piena

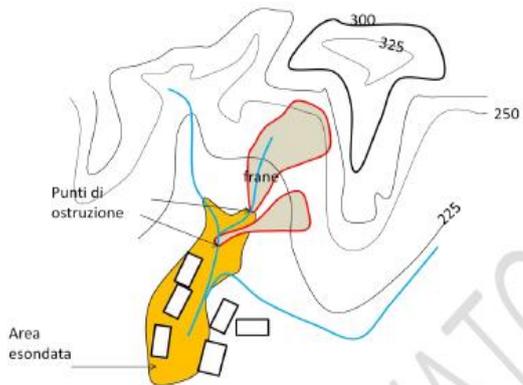


Figura 36 - schema planimetrico della probabile dinamica del fenomeno avvenuto

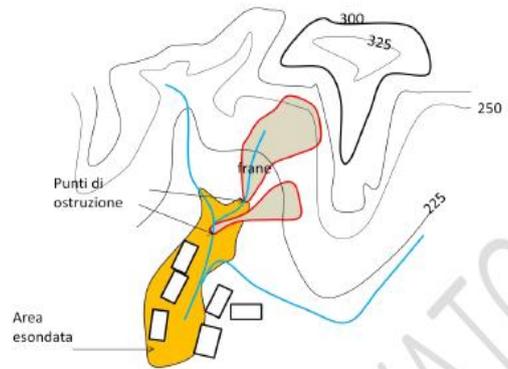


Figura 36 - schema planimetrico della probabile dinamica del fenomeno avvenuto

Uno strumento di contenimento delle esondazioni molto efficace è costituito dai rain-garden e dalle swales.

Rain garden lungo il bordo delle vie



i «sistemi di depurazione naturale» , si applicano a diversi tipi di scarichi civili o industriali. In genere, vengono utilizzati solo per le acque meteoriche contaminate dalla presenza di strade con traffico rilevante o di parcheggi urbani di grandi dimensioni.

1. sistemi di filtrazione estensivi, i sistemi di fitodepurazione a flusso libero superficiale, a flusso libero orizzontale, a flusso sommerso verticale e i sistemi ibridi.

Il scopo SUDS sono i «sistemi di drenaggio urbano sostenibile» , che hanno lo scopo di gestire le acque di pioggia per evitarne l'immissione in fogna. Pur per concentrazioni modeste, tali sistemi sono anche in grado di trattare le sostanze inquinanti presenti nell'acqua; in alcuni casi possono anche prevedere l'accumulo e il riuso delle acque di pioggia. Sotto la voce «sistemi di drenaggio urbano sostenibile», sono ricompresi alcuni sottosistemi: le aree di ritenzione vegetate, i canali filtranti, i filtri a sabbia sotterranei, le trincee filtranti, i pond e i rain garden.

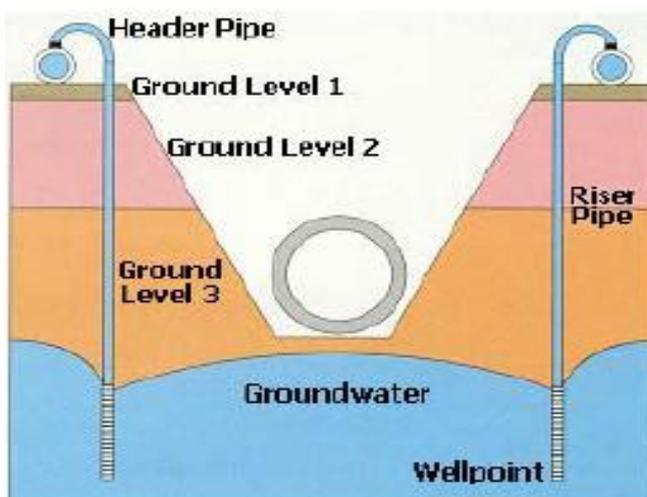


Sistema di fitodepurazione a flusso libero superficiale a Dicomano in provincia di Firenze (foto Iridra, Firenze).

Un caso particolare di questa seconda famiglia è rappresentato dai sistemi multistadio per Cso (Combined sewer overflow), ovvero gli sfioratori di pioggia delle reti miste. innovativa (in Italia ne esiste uno solo, in Lombardia, oggetto di un monitoraggio attraverso un progetto europeo).



Wellpoint System



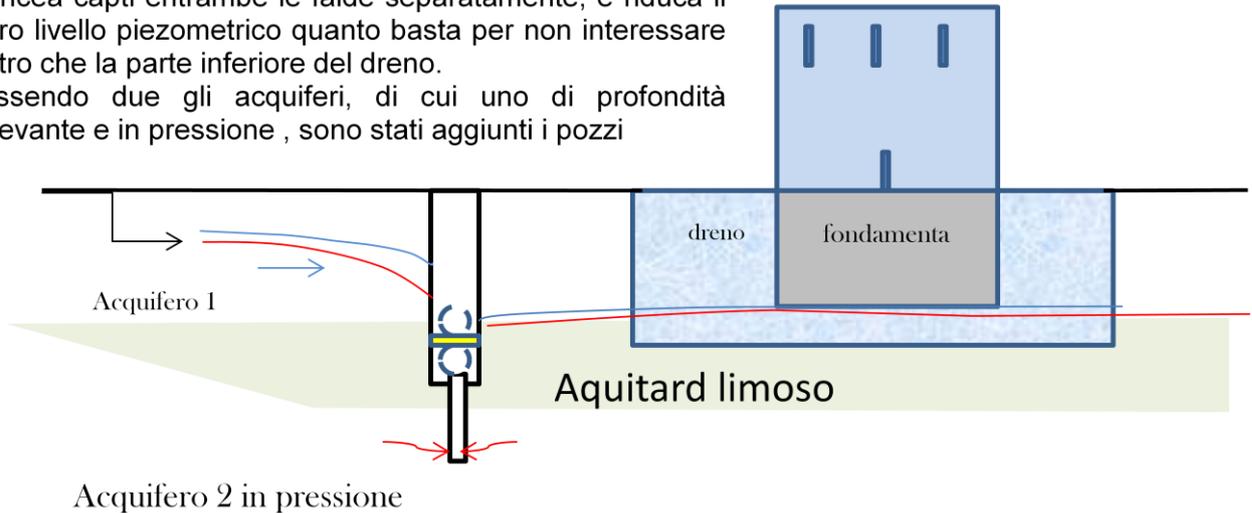
DRENAGGIO URBANO SUPERFICIALE

Esempio: progetto di trincea su due livelli per il drenaggio di un edificio di ampie dimensioni

Il progettista auspica che il drenaggio operato dalla trincea capti entrambe le falde separatamente, e riduca il loro livello piezometrico quanto basta per non interessare altro che la parte inferiore del dreno.

Essendo due gli acquiferi, di cui uno di profondità rilevante e in pressione, sono stati aggiunti i pozzi

E' stato posto un dreno ghiaioso di elevata permeabilità intorno alle fondamenta

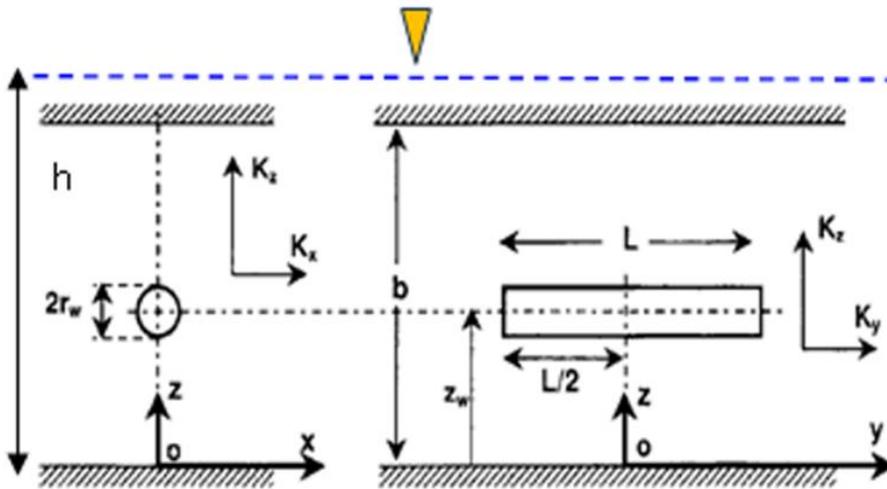


PROBLEMA

Una trincea rettilinea a monte molto spesso non è sufficiente: la falda difatti fluisce dai lati rendendo pressoché minimo l'effetto drenante di tale opera.

DRENAGGIO URBANO PROFONDO

- Assenza di un corso d'acqua



Con Q (m^3/s)= portata della galleria drenante

T (m^2/s)= trasmissività dell'acquifero

σ (-) = fattore di perdita del pozzo che dipende dal raggio R (m) del pozzo, dallo spessore dell'acquifero confinato b (m), dalla posizione h_w del dreno rispetto al substrato impermeabile

L (m)= lunghezza della galleria drenante

σ_z (-)= fattore dipendente dalla profondità b , dalla posizione del dreno, dalla permeabilità.

$$s = \frac{Q}{2\pi T} \ln \left(\frac{1.5 \sqrt{\frac{Tt}{S}}}{x} \right) + \frac{Q}{2\pi LK} (\sigma_z + \sigma)$$

Relazione Goode et al. 1987

A partire dagli abbassamenti che si vogliono avere, è possibile calcolare la portata di estrazione della galleria, noti i parametri idrogeologici

7 Conclusioni :

L'urbanistica deve **tener conto dei processi evolutivi naturali** che modificano il rilievo e l'assetto idrografico

Dalla capacità di percepire i sintomi dei cambiamenti dipende la corretta progettazione dell'espansione delle città

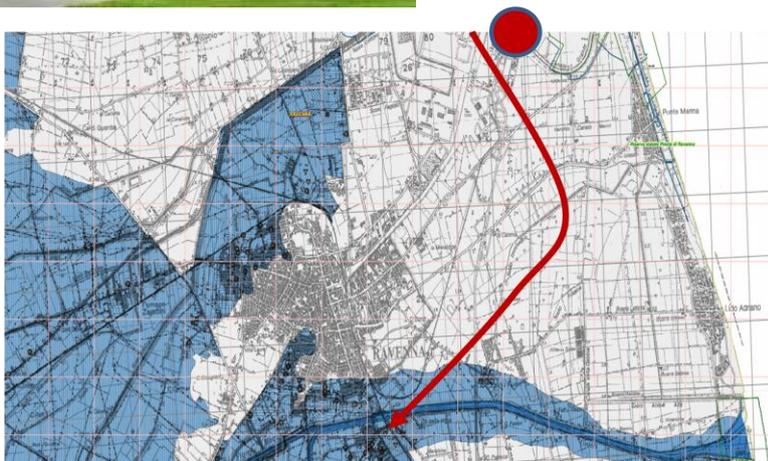
Migrazione degli alvei fluviali

Erosione (incisione valli, spianamento dei rilievi)

Neotettonica (sollevamenti e abbassamenti del suolo per isostasia)

Regressione e trasgressione marina

Subsidenza per estrazione d'acqua



8 km

Distanza dell'attuale linea di costa da quella di epoca romana

8 BIBLIOGRAFIA

- R.d. 30 dicembre 1923, n. 3267 - riordinamento e riforma della legislazione in materia di boschi e di terreni montani (g.u. 17 maggio 1924, n. 117)
- “Nuove norme sul controllo dell'esportazione, importazione e transito dei materiali di armamento” pubblicata sulla Gazzetta Ufficiale 14 luglio 1990, n. 163 (Con modifiche introdotte dalla legge 17 giugno 2003, n. 148)
- Legge n. 225 del 24 febbraio 1992: istituzione del Servizio Nazionale della Protezione Civile, 24 febbraio 1992. Pubblicata nella Gazzetta Ufficiale n. 64 del 17 marzo 1992
- Legge 2 maggio 1992, n 102. Disposizioni per la ricostruzione e la rinascita della Valtellina. (GU 5 maggio 1990, n 103)