

## Programma idro - geomorfologico

I Piani di bacino a Genova sono stati realizzati da tempo. Gli **interventi pianificati** sono in buono stato di avanzamento eppure questa attenzione da primi della classe (se si fa il confronto con altre città e regioni) sembra non bastare. I motivi sono almeno tre: Il cambiamento climatico che sta intensificando e aumentando la frequenza degli eventi piovosi, l'impermeabilizzazione dei suoli e soprattutto aver rinunciato a costituire fasce di riassetto o rispetto fluviale e geomorfologico in tutti i bacini idrografici e lungo la costa.

Gli anni scorsi ci avevano abituato ad alluvioni con **frane e inondazioni** fluviali. Citiamo gli eventi Chiaravagna 2010, Fereggiano e Bisagno 2011, Bisagno 2014, a titolo di esempio. Quest'anno si sono avute frane e qualche inondazione con molti danni a manufatti fra i quali diverse interruzioni stradali.

La **costa**, d'altra parte, se avesse Spiagge profonde e senza ostacoli, dissiperebbe senza problemi l'energia delle mareggiate. Le Falesie rocciose (pendenza superiore a 35°) subiscono sì le frane per azione dei frangenti ma in condizioni naturali creano nel tempo una nuova spiaggia al piede che si comporta come un'opera di difesa stabilizzando la falesia e allontanando le mareggiate.

Le punte di moli e pennelli, invece, così come piccole aperture nelle dighe di sopraflutto provocano fenomeni di diffrazione e rifrazione così che le onde tendono a interrare i porti e a erodere le spiagge. Opere di difesa della costa costituite da muri verticali di cemento sostituiscono le spiagge dovute alle frane, che vengono inopinatamente rimosse, provocando riflessione delle onde con poca dissipazione di energia, a maggior danno della costa non protetta. L'arretramento della linea di costa dovuto all'innalzamento di livello dei mari in atto, per effetto del cambiamento climatico, dalla metà dell'Ottocento acuisce tali fenomeni.

Affrontare questi problemi che derivano dalla combinazione di pericoli naturali e intensa urbanizzazione non può prescindere dall'utilizzo di una formula consolidata e riconosciuta a livello internazionale in materia di **Rischio**:

$$R=P*V*W$$

Cioè

$$\text{Rischio } R = \text{Pericolo } P * \text{Vulnerabilità } V * \text{Valore economico } W$$

Il pericolo P è la probabilità che un fenomeno pericoloso possa accadere in un certo luogo, in una certa data con una determinata intensità. La Vulnerabilità misura, nella formulazione più semplice, il grado di perdita prodotto su di un bene (persone o cose) dal verificarsi di un certo pericolo. W è il Valore economico o, in assenza di questa informazione, il Numero di elementi a rischio. Appare evidente che se il bene non esiste o non è vulnerabile il Valore economico o la Vulnerabilità sono pari a 0 e di conseguenza il Rischio.

La riduzione del pericolo e, in parte, quella della vulnerabilità, è stata finora affrontata a Genova come in Italia soprattutto attraverso la **realizzazione di manufatti**. Questa scelta, forse inevitabile per risolvere i problemi più urgenti, ha comportato un certo dispendio economico (anche se inferiore, a medio e lungo termine ai costi delle emergenze, attualmente stimate in circa sette miliardi di euro/anno in Italia). Sono state realizzate o sono quasi ultimate, ad esempio, a Genova, alcune delle opere previste dai Piani di bacino (si pensi al rifacimento della tombinatura del T. Bisagno e allo scolmatore del T. Fereggiano fra Genova Quezzi e Corso Italia. Altre ancora sono in fase di avanzata progettazione. Si tratta di interventi che tendono a ridurre non solo la vulnerabilità dei beni ma anche e soprattutto il pericolo P aumentando il tempo di ritorno degli eventi di una certa intensità. Altri interventi frequenti, al momento, sono quelli, molto modesti e sempre molto costosi,

di difesa di manufatti e beni privati. Si tratta di piccole arginature, muri, soglie e barriere anti-allagamento, spesso prospicienti ai corsi d'acqua. In questi casi (obbligati per chi possiede manufatti in zona a rischio, ad esempio al confine con un'area demaniale fluviale) si riduce solo la Vulnerabilità V dei beni esposti. Questo approccio, come si è visto, oltre a essere costoso, sembra non bastare più, come si vede ogni autunno, e occorre pertanto integrare il processo degli interventi già pianificati.

Riduzioni ulteriori del Pericolo P, ad esempio, possono essere ottenute, in modo meno costoso, attraverso l'aumento del tempo "di corrivazione" (intercorre fra il momento di inizio della precipitazione intensa e il momento del picco di piena) che si ottiene attraverso una maggiore **riduzione del territorio impermeabilizzato**. Ciò consentirebbe all'acqua di restare più tempo sulle foglie degli alberi e nel terreno prima di immettersi nel reticolo fluviale. Ricordiamo a tale proposito la legge fondamentale del bilancio idrogeologico

$$Pr = E + Ru + I$$

Cioè

Precipitazione Pr = Evapotraspirazione E + Ruscellamento Ru + Infiltrazione I.

Il Ruscellamento Ru, attualmente, a Genova raggiunge percentuali molto elevate. Una buona quota d'acqua perciò potrebbe essere restituita più intelligentemente all'evapotraspirazione tramite le piante e all'infiltrazione nel terreno.

Il Comune di Genova utilizza virtuosamente, dall'approvazione dell'ultimo Piano urbanistico, il principio dell'**Invarianza Idraulica** in base al quale le portate (Volume d'acqua nell'unità di tempo) di deflusso meteorico scaricate nei recettori naturali o artificiali dalle aree in cui viene modificato l'uso del suolo non siano maggiori rispetto alle portate preesistenti. Per trasformazione del territorio ad Invarianza Idraulica, in altre parole, si intende la trasformazione di un'area che non provochi un incremento della portata di piena e dei volumi dei deflussi superficiali del corpo idrico ricettore.

La consapevolezza attuale sull'eccessivo consumo di suolo sta, però, fortunatamente, riducendo la richiesta di realizzazione di nuove costruzioni alla quale è associato il principio dell'invarianza idraulica. Bisogna pertanto fare un passo in più per ridurre l'impermeabilizzazione esistente del suolo e quindi cercare di ottenere una **Varianza idraulica positiva** per far sì che i deflussi idrici possano anche essere maggiori degli afflussi di pioggia, aumentando le superfici permeabili e la loro profondità. Appare scontato, infatti, che la realizzazione, specie nell'ultima ottantina di anni, di una copertura impermeabile continua, in aree sempre più estese del territorio, abbia determinato effetti di impermeabilizzazione che concorrono a causare locali od estese problematiche di stabilità dei versanti o delle opere di sostegno e, più a valle, criticità significative nella regimazione delle acque o peggio allagamenti e inondazioni. Altre problematiche che incidono sulla permeabilità dei suoli sono la proliferazione di box e altre opere interrato, veri compartimenti stagni, nei materassi detritici alluvionali (il terreno sottostante le aree pianeggianti adiacenti ai corsi d'acqua) e gli impianti tecnologici a rete (tubi, cavi ecc.) che passano all'interno delle frane. In tali casi si inducono importanti alterazioni nella resistenza del terreno e nella circolazione idrica.

Spesso si legge o si sente dire che sia l'**abusivismo** a generare dissesto idrogeologico. È certamente vero che un'attività edilizia incontrollata sia di minor qualità e quindi più esposta al danneggiamento proprio e del suo intorno o che gli abusi edilizi tendono ad essere regolarizzati nel tempo invece che puniti ma, dai tanti casi occorsi in queste ultime stagioni, si può trarre anche la conclusione che frane e alluvioni possono riguardare tutte le opere, a prescindere dal titolo edilizio

(lo dimostrano, ad esempio, diversi casi di manufatti abusivi fuori da frane e casi di frane interessate da edifici perfettamente in regola con le autorizzazioni. La realtà vera è che gli edifici e i manufatti autorizzati possono generare alluvioni e dissesti né più e né meno rispetto a quelli abusivi, attraverso processi di impermeabilizzazione e alterazione delle dinamiche sedimentarie e idrogeologiche. Occorre pensare meno, perciò, all'edilizia delle nuove costruzioni e maggiormente a quella delle manutenzioni (ordinaria e straordinaria), delle ristrutturazioni, delle sostituzioni e, ovviamente, della stessa difesa del suolo.

L'esigenza maggiore, però, è che occorre ridurre i costi del ripristino. Un modo per realizzare tale obiettivo è quello che propone, ad esempio, il capo del Dipartimento di Protezione civile (Borrelli, 2018). Si dovrebbe, cioè, realizzare un **Sistema di polizze assicurative** in modo da rendere non conveniente insediare o mantenere manufatti in zone pericolose.

Una soluzione ben più efficace, duratura e sostenibile (economicamente ed ecologicamente) è quella, che qui proponiamo, di realizzare un **Programma cinquantennale di demolizioni e rinaturalizzazioni** (da declinare a livello comunale attraverso la decennalità del prossimo Piano urbanistico comunale) per ridurre in modo più risolutivo e duraturo la Vulnerabilità V (cioè il grado di perdita rispetto a un certo evento) e, soprattutto, il Valore economico W degli elementi a rischio, con effetti rilevanti anche sui Pericoli P per i seguenti motivi:

La Vulnerabilità V si ridurrebbe perché se è nullo il bene a rischio è nulla anche la sua quota di esposizione al rischio.

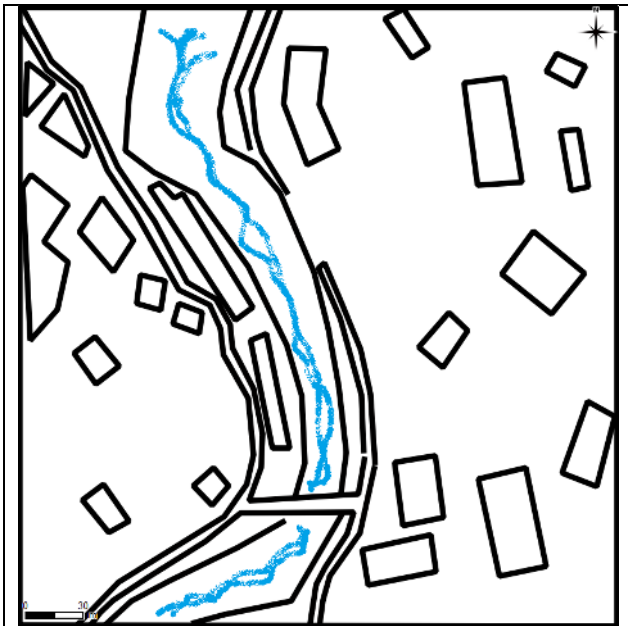
Il Valore economico W si ridurrebbe perché verrebbe ridotto direttamente il numero dei beni.

Il Pericolo P si ridurrebbe, almeno nel caso delle piene, perché verrebbe aumentata la sezione idraulica dei corsi d'acqua, ridotta l'impermeabilizzazione, aumentato il tempo di corrivazione e pertanto ridotta la frequenza degli eventi pericolosi. Ma se anche il Pericolo P restasse alto, in aree dove non vi fosse più alcun bene di particolare valore (vita umana o manufatti), il Rischio R sarebbe pari a zero e così i costi per l'emergenza e la "ricostruzione".

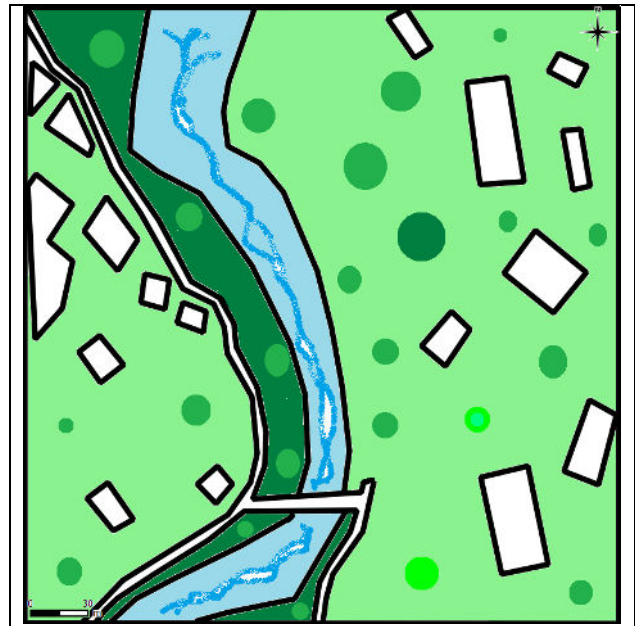
Ricordo sempre che già Martini (1994), allora docente di geobotanica all'Università di Genova, ad esempio, durante la breve primavera succeduta alle alluvioni genovesi del 1992 e del 1993, ebbe a scrivere che sarebbe stato fondamentale lasciare ampi spazi liberi ai lati di ogni corso d'acqua ma che invece si era fatto esattamente il contrario. La situazione di oggi, in questo senso, è simile ad allora se non peggiore.

La stessa cosa si può dire per ciò che riguarda la costa. Le mareggiate del 2018 hanno colpito sì tutta Genova ma hanno fatto danni quasi esclusivamente dove i beni erano più vicini alla linea di riva per distanza e soprattutto per quota (opere costruite su costa bassa o direttamente sulla spiaggia).

Il programma dovrebbe prevedere perciò una graduale e costante opera pubblica di demolizioni e rinaturalizzazione per gli ambienti perifluviali, per quelli costieri e per i versanti franosi (vedi gli esempi nelle figure) che costituiscono la sede dei principali pericoli naturali. La fruizione umana dovrebbe essere limitata alle attività ludico sportive (da interdire ovviamente nelle situazioni di allerta) e a formare zone di pregio naturalistico quale risorsa turistica e culturale di lungo periodo.



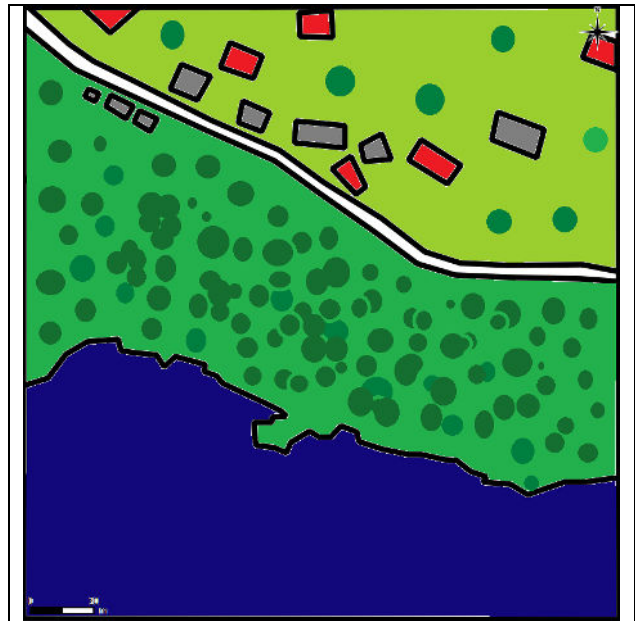
Ambiente fluviale e perfluviale attuale



Ambiente fluviale e perfluviale proposto



Ambiente costiero attuale



Ambiente costiero proposto

La realizzazione di un simile programma dovrebbe essere affrontata secondo un approccio geologico, naturalistico, biologico ed ecologico. I tecnici che conoscono queste discipline dovrebbero avere cioè un ruolo di capofila nei team di progettazione degli ambienti da ricostruire soprattutto nel medio (20 anni) e lungo termine (50 anni). È importante infatti che i progetti siano rispettosi della morfodinamica e della geomorfologia fluviale pensando alla funzione ecologica degli elementi in esame (corsi d'acqua, fasce costiere, pendii) per migliorare la qualità sia delle risorse idriche sia degli ecosistemi e per garantire il più possibile la poco costosa auto-manutenzione del territorio (si pensi, ad esempio, alla capacità di autodepurazione dei corsi d'acqua o alla riduzione della necessità di asportare il detrito e tagliare la vegetazione degli alvei se questi ritornano sufficientemente ampi). I materiali disponibili in loco (pietra e legno) sarebbero da preferire al cemento per non creare eccessivi squilibri tra zone protette da manufatti e zone non protette (erosione) ma anche perché maggiormente in grado di mantenere le importanti interazioni idrogeologiche e biologiche fra l'elemento critico (il corso d'acqua, la frana, la linea di costa) e

l'ambiente esterno. I mezzi di piccole dimensioni sarebbero da prediligere perché le piste di cantiere non creino problemi maggiori di quelli che si vogliono risolvere.

Qualche meandro fluviale andrebbe ripristinato con le sue aree golenali. Potrebbero essere scoperti e rinaturalizzati lunghi tratti di corsi d'acqua attualmente tombinati e rigidamente arginati. Varrebbe la pena ridare ai fiumi sia lo spazio che è stato tolto sia il sistema di relazioni (ecosistema) tra esseri viventi e materiale inerte. Bisognerebbe ridare alle spiagge e alle coste alte la funzione di smorzare le onde di mareggiata e togliere manufatti esposti a danni economici enormi. Sarebbe possibile coinvolgendo con processi partecipativi la popolazione interessata e usando tutta la gradualità, gli equi indennizzi e i risarcimenti economici necessari (nel lungo periodo sicuramente inferiori ai 7 miliardi di euro all'anno che si spendono in Italia per l'emergenza).

Nelle sistemazioni idrauliche sarebbe particolarmente importante la rimodellazione degli alvei artificializzati. Bisogna cioè diversificare la morfologia dell'alveo per ripristinarne l'andamento meandriforme che riduce la velocità di scorrimento delle acque e quindi l'erosione. Occorre diversificare, in secondo luogo, la morfologia stessa dell'alveo in senso verticale, facendo sì che esso possa comprendere vegetazione ripariale e scogliere rinverdite, lungo la sponda esterna soggetta ad erosione, vegetazione erbacea e arbustiva sugli accumuli detritici fini, lungo la sponda interna di deposito dei sedimenti. In tutti questi interventi sarebbe importante recuperare il materiale pietroso, legnoso e vegetale direttamente in posto, fatto che consentirebbe sia di risparmiare sui costi sia, soprattutto, di riprodurre condizioni più naturali. Le piante, inoltre, dovrebbero essere adatte all'ambiente in cui vengono introdotte. In Liguria, ad esempio, le essenze della macchia mediterranea sono le più adatte a colonizzare i terreni e a resistere o a riprendersi dopo eventi traumatici (fuoco, alluvioni). Preparano, inoltre, il suolo all'insediamento del leccio e di altre specie arboree. L'efficacia, anche per questo tipo di opere, è proporzionale alla qualità dello studio sull'evoluzione geomorfologica ed ecologica che viene redatto in precedenza. La rinaturalizzazione avrebbe non solo benefici eco sistemici ma anche di gradevolezza del paesaggio (vedi, ad es., la figura tratta da Unesco, 2018), di attività sportive, turistiche e produttive agricole.



Lavori di rinaturalizzazione (tratta da Unesco, 2018)

## **Appendice: Soluzioni basate sulla natura** (Nature based solutions).

Negli ultimi due decenni gli interventi che il prof. Calvino indicava come rimboschimenti e inerbimenti sono stati sviluppati a partire principalmente da una disciplina precedentemente chiamata bioingegneria forestale. Si tratta di opere di sostegno e sistemazioni idrauliche in cui ciò che offre contrasto alle spinte del terreno e all'erosione da parte dell'acqua è materia viva come singole piante o porzioni di esse o intere biocenosi vegetali spesso in unione con materiali non viventi come pietrame, terra, legno o acciaio, proprio come in un ecosistema naturale. Esistono ambiti fluviali in cui occorreranno sempre più in futuro demolizioni e rinaturalizzazione.

La disciplina che cerca di imitare i processi naturali nel sostegno di sponde e pendii viene chiamata Ingegneria naturalistica e per realizzare questi scopi utilizza piante vive. Si tratta sia di sistemazioni fluviali sia di opere di sostegno. Le scogliere, le briglie e le sponde in massi o legname e pietrame, ad esempio, devono contenere talee e piante fra gli elementi lapidei. Una sistemazione tipica è la fascinata viva spondale. La copertura diffusa contiene soprattutto specie arbustive. La ribalta viva è costituita da un'alternanza di fascinate e gradonate. Le gabbionate spondali vanno sempre rinverdate con talee.

Alcune sistemazioni sono adatte sia per i corsi d'acqua sia per le opere di sostegno come, ad esempio, le palificate in legname, anche a doppia parete, con talee e piante di latifoglie. Le terre armate e/o rinforzate si inseriscono immediatamente nel paesaggio.

Possiamo elencare, fra le opere di sostegno di Ingegneria naturalistica, gli interventi preparatori che consistono nel consolidamento al piede mediante palificata, gabbionata o scogliera, i successivi scoronamenti, riprofilatura del terreno, stabilizzazione superficiale e rinverdimento con grate vive, palizzate e gradonate. Le semine sono di frequente uso, nell'ambito di questi interventi, così come idrosemine, reti, feltri e stuoie di cocco, juta, legno e carta (o sintetici), fascinate vive, viminate, messa a dimora di talee perpendicolari al pendio, gradonate, cordonate e grate vive, fascinate drenanti, palizzate semplici e in legname, graticciate. Molto frequenti sono i rivestimenti vegetativi con biostuoie inerbite e le fascinate rinforzate. Il dimensionamento delle opere è analogo a quello di qualsiasi opera di sostegno.

Ci sono alcuni limiti come la pendenza dei paramenti di valle ( $60^\circ - 70^\circ$ ), un dimensionamento non eseguito correttamente o sulla base di dati di partenza errati, una massa di terra da sostenere mal compattata, fatto che può rivelarsi un boomerang per qualsiasi terrapieno. Occorre aggiungere, fra i limiti, la difficoltà, per le piante, di raggiungere subito con le radici il substrato roccioso cui ancorarsi. In tutti questi interventi è importante recuperare il materiale pietroso, legnoso e vegetale direttamente in posto, fatto che consente sia di risparmiare sui costi sia, soprattutto, di riprodurre condizioni più naturali. L'efficacia, anche per questo tipo di opere, è proporzionale alla qualità dello studio sull'evoluzione geomorfologica che viene redatto in precedenza.

### **AUTORI CITATI:**

Borrelli A., 2018. Investiamo di più nella cura per ridurre i costi di ripristino. Il secolo XIX, 31/10/2018, 5.

Martini E., 1994. Alluvioni, che fare. Il secolo XIX, 22 marzo 1994, 15.

Unesco, 2018. Nature based solutions for water. The United Nations World Water Development Report 2018, 154 pp.