



Già LEONARDO DA VINCI, nel suo *codice Hammer*, citava il rapporto di amore e odio dei popoli nei confronti dell’acqua; da essa dipendeva la vita, ma da essa bisognava proteggersi; **l'uomo era costretto a vivere pericolosamente vicino all'acqua** ed è per tale ragione che, fin dall’antichità, ha sviluppato tecniche di interventi lungo le fasce fluviali allo scopo di contenerne la forza distruttrice. L’ingegneria idraulica è una delle discipline più antiche.

Leonardo studiava anche gli effetti erosivi delle acque sulle sponde fluviali e sulle coste marine, sostenendo la pericolosità di sbarramenti od ostali nei letti del fiume che avrebbero potuto causare gravi danni in caso di alluvioni e inondazioni. L’intervento umano sui corsi d’acqua non deve cambiarne radicalmente il normale fluire delle acque, ma deve assecondarlo, costruendo se necessarie dighe e tubi che possano essere utili a canali e pozzi. DA VINCI deduce anche che la velocità dello scorrere dei fiumi è inversamente proporzionale alla grandezza degli argini per cui più un letto sarà ampio minore sarà la velocità dell’acqua.

1 - INTRODUZIONE

“Il territorio dell’Emilia-Romagna è stato interessato da due eventi in sequenza in meno di venti giorni con precipitazione cumulata mensile che ha superato i 450 millimetri in varie località. L’evento in corso dalla mezzanotte del 15 maggio al 17 maggio ha causato l’esondazione di 21 fiumi e allagamenti diffusi in 37 comuni....” In due giorni “...si sono registrati picchi di 300 mm sui bacini del crinale e collina forlivese. Sulla stessa area, sulle colline e montagna ravvenati e sul settore orientale del bolognese sono in media caduti tra i 150 e i 200 mm. Sulla pianura cesenate forlivese fino a 150 mm. Complessivamente ci sono segnalazioni di oltre 250 frane di cui 120 particolarmente importanti in 48 comuni” (sito ISPRA, 19/05/2023).

L’evento alluvionale in Emilia-Romagna è risultato particolarmente eccezionale: in 36 ore è caduta la pioggia che, secondo le medie, precipita in un quarto di anno provocando l’esondazione di fiumi, frane e chiusura di strade. Una situazione simile, seppure meno intensa, si era presentata due settimane prima. Nei giorni e settimane seguenti, si è sviluppato un ampio dibattito, nell’ambito del quale sono emerse vecchie questioni e soprattutto opinioni diverse espresse dai politici, amministratori, esponenti dei mezzi di informazione, cittadini più o meno coinvolti (raramente dai soggetti competenti quali geologi, forestali e naturalisti) che, troppo spesso contribuiscono a creare confusione.

Proviamo allora ad esaminare tali fenomeni proponendo alcuni semplici calcoli al fine di comprendere quali sono gli ordini di grandezza in gioco in occasione degli eventi idro-meteorologici più intensi. In particolare consideriamo due esempi: il primo riguardante l’alluvione delle Marche del settembre 2022 ed il secondo quello che, in questo mese, ha coinvolto l’Emilia-Romagna.

2 - MARCHE, ALLUVIONE DEL 2022 (fiume Misa)

È utile ricordare l’evento alluvionale che colpì la regione Marche nei giorni 15 e 16 settembre 2022, coinvolgendo le province di Ancona, Pesaro e Urbino, con 12 vittime, una donna dispersa, 50 feriti, 150 persone sfollate e danni per 2 miliardi di euro.

Il **fiume Misa** fu il corso d'acqua maggiormente interessato; esso sfocia nell'Adriatico a Senigallia (An), riversando in mare una portata media annua di circa $2,2 \text{ m}^3/\text{s}$, acqua raccolta da un bacino imbrifero di quasi 380 km^2 . Naturalmente nei periodi siccitosi il fiume si riduce ad una sorta di rigagnolo con deflusso di poche decine di litri al secondo; mentre nei periodi piovosi la portata può arrivare a decine di metri cubi al secondo: si tratta tipicamente di un regime idrologico torrentizio, ovvero molto variabile in funzione delle condizioni meteorologiche e stagionali.

Il CNR ha pubblicato i dati registrati dal sistema di monitoraggio delle precipitazioni della rete pluviometrica nazionale con cadenza oraria. Secondo il pluviometro di Cantiano (poco a monte del bacino del Misa) la cumulata delle precipitazioni registrata nell'intervallo orario 17:00 - 21:00 del 15 settembre fu di 265 mm. Le intensità orarie più violente si registrarono tra le 19:00 e le 20:00 con 76 mm/h, che arrivano al picco di 90 mm/h tra le 20:00 e le 21:00.

Dai dati registrati delle stazioni della rete agrometeo gestita dall'AMAP Regione Marche risulta che, il giorno 15, la stazione che ha rilevato la maggiore precipitazione è stata quella di Frontone (PU) con un totale di ben 380 mm dalle 15:00 alle 23:00. 214 mm in 10 ore a Serra de' Conti (An), 209 mm in 8 ore a Cingoli (Mc), 197 mm in 8 ore a Sassoferato (An) e 178 mm in 9 ore ad Arcevia (An). Dalla mappa regionale delle precipitazioni risultò evidente come il settore collinare-montuoso dell'anconetano, l'Appennino di Pesaro-Urbino e parte dell'entroterra maceratese siano stati i territori colpiti dai fenomeni più intensi., nell'ambito dei quali, se consideriamo l'intero intervallo di quell'evento pluviometrico, risultarono picchi fino a 400 mm in alcune aree (**fig. 1**).

Possiamo stimare un afflusso meteorico complessivo per l'intero evento pluviometrico pari a 300 mm ($0,3 \text{ m} = 300 \text{ litri per metro quadrato}$) quale valore rappresentativo del bacino del Misa, la cui superficie è pari a $380 \text{ km}^2 = 380.000.000 \text{ m}^2$. Moltiplicando i due valori si ottiene $0,3 \text{ m} \times 380.000.000 \text{ m}^2 = \mathbf{114 \text{ milioni di metri cubi di acqua precipitati sul bacino del Misa}$, un volume gigantesco destinato, attraverso lo scorrimento superficiale, all'alveo del Misa e ad essere scaricato nel mare a Senigallia. Per avere un'idea approssimativa di tale volume, si può fare un paragone con la massima capacità di invaso del grande lago artificiale di Corbara (sul Tevere, Tr) pari a 190 milioni di metri cubi.

3 - EMILIA-ROMAGNA, ALLUVIONE DEL 2023 (fiume Savio)

Le esondazioni del 15 - 17 maggio 2023 hanno interessato praticamente tutti i corsi d'acqua nelle province di Bologna, Forlì-Cesena e Ravenna ed impostati sul versante Nord-Est dell'Appennino e quindi sottoposti al fenomeno di stau dovuto alle correnti orientali inglobate nella bassa pressione posizionata sull'Italia poco più a Sud: in sostanza l'aria è risalita lungo le pendici montuose espandendosi e raffreddandosi al punto di scaricare più acqua rispetto all'adiacente pianura, dove pure le precipitazioni erano già intense. In quella situazione si possono stimare, con buona attendibilità, apporti complessivi anche superiori a 250 mm nelle testate dei bacini. Come accennato nell'introduzione si sono registrati valori intorno o superiori a 150 mm in pianura (**fig. 2**).

Possiamo quindi stimare un valore di precipitazioni cumulate nei giorni 15 - 17 maggio pari a circa 200 mm ($0,2 \text{ m}; 200 \text{ L di acqua su ogni metro quadro}$) quale afflusso meteorico medio sui bacini che alimentano i principali corsi d'acqua che sono esondati, fra i quali il fiume Savio, considerato come esempio.

Il **fiume Savio** nasce presso il M.te Fumaiolo che, con il suo apice di 1.407 m s.l.m. rappresenta l'altitudine massima del bacino. Pochi chilometri a valle alimenta il bacino artificiale di Quarto (4,5 milioni di m^3 di capacità di accumulo), il secondo lago per dimensioni e importanza nella provincia di Forlì-Cesena dopo Ridracoli. Dopo un percorso di 126 km dalle sorgenti e dopo aver attraversato Cesena (città fortemente colpita dall'alluvione), sfocia nell'Adriatico poco a Nord di Milano Marittima. Di questo fiume abbiamo buone informazioni dal Servizio Idrografico e Mareografico Italiano, per conto del quale ha funzionato, dal 1937 al 1979, la stazione idrometrica di San Vittore (42

m s.l.m.), poco a monte di Cesena; attualmente la stazione è gestita dal Servizio Idrografia e Idrologia Regionale e Distretto Po dell'ARPA della Regione Emilia-Romagna (2008 - 2022).

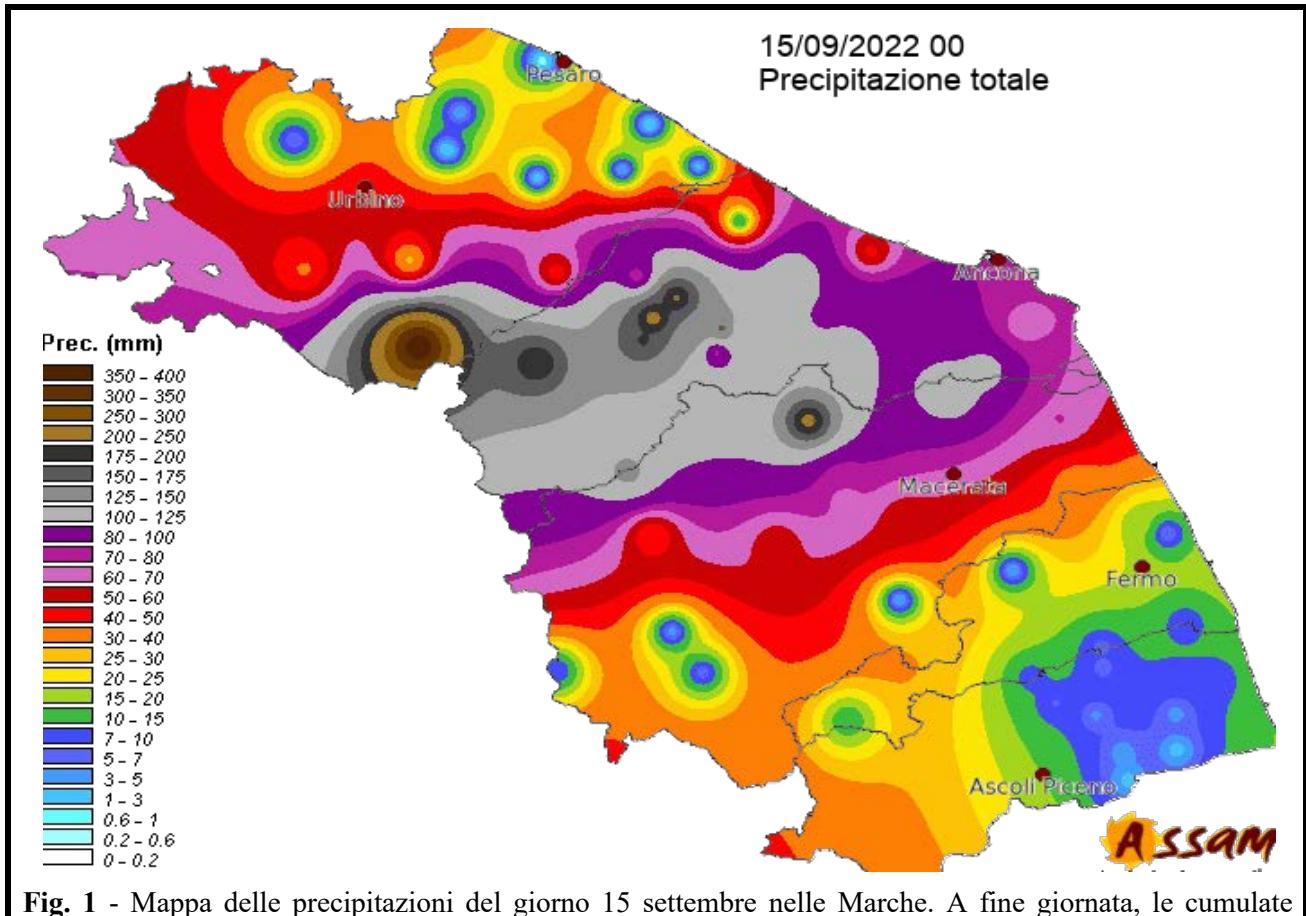
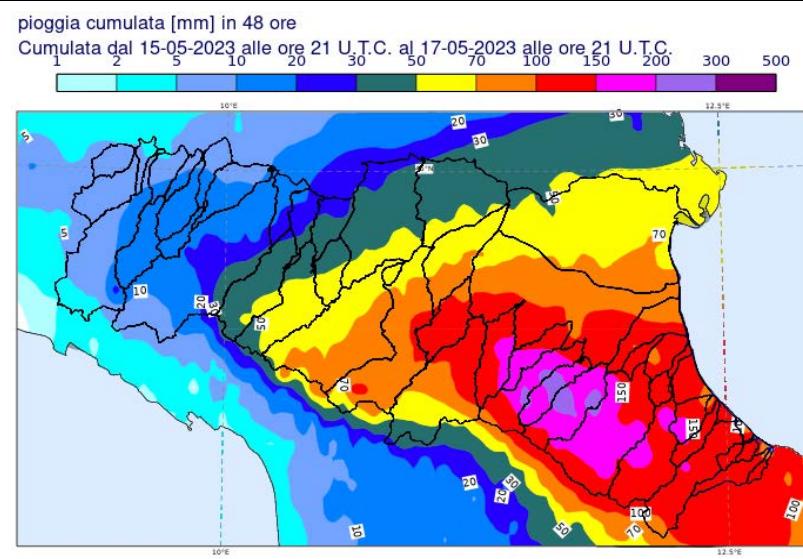


Fig. 1 - Mappa delle precipitazioni del giorno 15 settembre nelle Marche. A fine giornata, le cumulate maggiori si sono registrate sull'area montuosa e collinare della provincia di Ancona con sconfinamenti sull'Appennino di Pesaro-Urbino ed entroterra maceratese (fonte Servizio Agro-meteo AMAP Regione Marche). TOGNETTI D., 22/09/2022 (Redazione Nimbus, 2022).



all'epoca la pianura romagnola fosse meno antropizzata, dunque con minori interferenze con manufatti umani e minore quantità di beni esposti a potenziale danno (Redazione Nimbus, maggio 2023).

Fig. 2 - Precipitazioni cumulate in 48 ore dalle ore 23 del 15 maggio 2023 alle ore 23 del 17: in viola, tre nuclei > 200 mm sui rilievi alle spalle di Forlì e Faenza (fonte: ARPAE. In: Nim-bus, maggio 2022).

Per trovare una situazione analoga in passato occorre risalire al 1939: anche in quell'occasione vi furono due eventi gravosi a distanza ravvicinata (20-23 maggio e 28 maggio - 2 giugno). I totali pluviometrici di maggio 1939 superarono i 400-500 mm sull'Appennino.

Nel secondo evento, a fine mese, gli effetti furono disastrosi, benché

La portata media annua del Savio presso la foce è intorno a 8 m³/s, mentre nei periodi di magra (soprattutto nel mese di luglio) può scendere anche sotto i 200 L/s. La massima portata istantanea assoluta registrata fino all'anno 2022 è risultata pari a 815 m³/s il 29 maggio 1939, 100 volte più grande

della portata media. Il Savio è quindi un corso d'acqua con regime idrologico assai variabile; considerando il rapporto tra i valori estremi di portata registrati in quasi 60 anni di rilevazioni idrometriche, la massima portata istantanea è risultata oltre 4.000 volte maggiore di quella minima. In ogni caso la portata massima in occasione dell'alluvione del 15 - 17 maggio è stata superiore, come sembra evidente dai numeri che seguono.

La superficie del bacino sotteso alla sezione di San Vittore sul Savio è pari a $597 \text{ km}^2 = 597.000.000 \text{ m}^2$. Se stimiamo un afflusso meteorico complessivo di 200 mm (0,2 m) sul bacino nei giorni 15 - 17 maggio, analogamente a quanto sopra calcolato per il fiume Misa nelle Marche, risulta un volume complessivo di acqua precipitata sul bacino pari a $0,2 \text{ m} \times 597.000.000 \text{ m}^2 = \mathbf{119 \text{ milioni di metri cubi di acqua precipitati sul bacino del Savio}$ e che necessariamente sono defluiti verso valle coinvolgendo, tra gli altri luoghi, anche Cesena. Per avere un'idea di tale volume basti riflettere sul fatto che risulta 3/4 rispetto a quello del lago di Varese.

È utile proporre anche l'esempio del **fiume Bidente** il cui bacino (576 km^2) è impostato nel territorio della provincia di Forlì-Cesena per sfociare nell'Adriatico presso Ravenna. Riproponendo un afflusso meteorico di 200 mm nei giorni dell'alluvione ed effettuando lo stesso semplice calcolo, si ottiene un volume di **115 milioni di metri cubi di acqua precipitati sul bacino del Bidente**.

Gli esempi descritti, seppure molto approssimativi, mettono in evidenza gli ordini di grandezza degli **enormi volumi d'acqua che entrano in gioco in occasione delle manifestazioni meteorologiche più intense**. Tutta quell'acqua raccolta dai bacini imbriferi "deve" confluire, attraverso lo scorrimento superficiale ed il reticolo idrografico, nei corsi d'acqua principali, determinando **deflussi talmente conspicui che "non possono" essere contenuti negli alvei ordinari**. Succede allora che l'acqua "deve" occupare le aree che appartengono idrologicamente ai fiumi, quelle che, da sempre, sono di "pertinenza fluviale" e che inevitabilmente sono destinate ad essere alluvionate, "poco" dipendentemente dall'uso del suolo, dal tipo di copertura forestale, dalla cementificazione, dalla cosiddetta "manutenzione" degli alvei, dall'atteggiamento degli ambientalisti... Invece **si continua a discutere intorno a temi fuorvianti**, che si prestano a **facili e demagogici slogan**, mentre i principali mezzi di informazione concedono ampio spazio ad amministratori, politici, giornalisti,... ma molto poco ai geologi, forestali, naturalisti.

"Una alluvione è un evento naturale estremo, uno scatenarsi di enormi energie, come un terremoto, un'eruzione vulcanica. Non ci si deve illudere che con più oculate tecniche di gestione del territorio.... essa possa essere evitata.... Ne si deve pensare che sia solo un certo approccio all'uso del territorio tipico dell'uomo moderno ad essere causa di tali disastri: chi magnifica una certa infallibile saggezza dell'uomo di un passato remoto, non conosce la storia. Gli archivi di ogni borgo sono pieni di cronache che contano i morti, i terreni corrosi, i ponti crollati, cento come mille anni fa...." Ciò dimostra che il rapporto della società con tali fenomeni non può più "...essere di opposizione, bensì di adattamento. Esiste certamente una quota parte di responsabilità precise e pesanti, ma limitata.... all'esecuzione scorretta di qualche manufatto, alla localizzazione.... di strutture in aree a rischio, senza dimenticare.... l'esplosione demografica.... che non ci permette di ragionare sul territorio con la stessa logica del medioevo. Ma tutto ciò rappresenta solo una parte del triste panorama che si lascia alle spalle un'alluvione. Inutile scagliarsi contro i disboscamenti inesistenti (...) l'apertura di fantomatiche dighe (...), l'abbandono delle montagne e un'agricoltura che ora è vista come benigna custode del territorio, ora scellerata sfruttatrice del suolo.... Chi ha visto le Langhe dopo il 6 novembre.... avrà osservato.... frane che hanno ferito interi versanti con e senza vigneti, con e senza boschi, con e senza case. Una grande alluvione non si può ne evitare, ne prevenire"

MERCALLI L, 1994/95. *Una volta all'asciutto si dimentica*. NIMBUS, 6/7-II/III: 2.

4 - DIGHE

Il Bidente è tra i fiumi più importanti della regione (135 km di lunghezza), le cui sorgenti si trovano presso il M.te Falterona (1.654 m s.l.m.). In pianura, a valle del paese di Meldola, assume la denominazione di Ronco. A valle di Forlì si unisce con il Montone per diventare Fiumi Uniti e sfociare nell'Adriatico presso Ravenna. Sulla testata del bacino si trova l'importante diga di Ridracoli che forma un lago artificiale con capacità massima intorno a 33 milioni di metri cubi (**fig. 3**). Sul Savio, pochi chilometri a valle delle sorgenti, nel comune di Sarsina, sorge la diga di Quarto, con capacità di invaso pari a 4,5 milioni di metri cubi (**fig. 4**).

Domanda: “*Gli eventi di piena possono essere amplificati dalle manovre idrauliche delle dighe?*”. Queste opere sono esempi fra i più evidenti delle capacità dell'uomo nell'utilizzo delle risorse naturali. L'accumulo di grandi volumi d'acqua consente usi diversi quali produzione di energia, potabile, irriguo,....



Fig. 3 - Diga di Ridracoli nella testata del bacino del fiume Bidente in fase di tracimazione a seguito del colmamento della massima capacità di invaso di 33 milioni di metri cubi.



Fig. 4 - Diga di Quarto nella testata del bacino del fiume Savio. Nell'immagine il volume d'acqua a monte dello sbarramento è poco inferiore alla capacità massima di invaso, pari a circa 4,5 milioni di metri cubi.

Le dighe, nella maggior parte dei casi, nelle aree ove vengono costruite, comportano danni sull'ambiente; per tale ragione spesso gli ambientalisti e le popolazioni locali si oppongono alla costruzione di nuovi bacini artificiali. A ciò si aggiunga la paura di chi si trova a valle per il rischio di ipotetici e rovinosi crolli. Sulla base di problemi veri si innesca poi un atteggiamento irrazionale che vede nella “diga cattiva” la responsabile di tutti gli eventi connessi con l’acqua. Succede allora che le dighe vengano incolpatte (o corresponsabilizzate) degli eventi alluvionali; si fanno riferimenti a fantomatiche manovre idrauliche e ad improvvisi crolli (anche di sbarramenti che talvolta neppure esistono) per giustificare ondate improvvise di piena. Purtroppo si discute molto di questi argomenti fuorvianti, frutto di una isteria collettiva che ha necessità di individuare, a tutti i costi, qualche colpevole (atteggiamento che talvolta coinvolge anche le associazioni ambientaliste).

In realtà le dighe esistenti influiscono poco sulla dinamica dei fenomeni di piena ed indipendentemente dalle manovre idrauliche di regolazione dei livelli. Semmai possono esercitare un debole effetto di laminazione, contribuendo, in misura limitata (talora neppure percettibile), a ritardare il culmine di piena ed a ridurne l’entità. Il meccanismo esercitato dai bacini artificiali è una sorta di volano idrologico, ovvero di accumulo dei deflussi che quindi vengono sottratti dai processi di formazione delle manifestazioni delle piene idrologiche, ma bisogna considerare i volumi realmente coinvolti.

Con l'esempio del bacino di Quarto risulta una capacità di accumulo di appena 4,5 milioni di metri cubi, quando nell'intero bacino del Savio, come sopra calcolato, è in gioco un volume di quasi 120 milioni di metri cubi, ovvero almeno 25 volte più grande. Più interessante è l'esempio del bacino di Ridracoli con capacità di ben 33 milioni di metri cubi che costituisce una frazione importante (quasi il 30 %) del volume d'acqua complessivo sull'intero bacino del fiume Bidente.

Tali considerazioni sono tuttavia superficiali. Infatti i bacini artificiali considerati quali esempi sono collocati a monte, poco distanti dalle sorgenti, quindi con bacini sotteesi poco estesi rispetto agli areali sotteesi alle sezioni

sugli alvei in pianura e per questa ragione poco influenti rispetto alla formazione della totalità dei deflussi. Inoltre quando si citano i valori delle capacità massime di invaso ciò non significa che siano interamente disponibili per l'accumulo delle acque delle piene. In occasione dei fenomeni pluviometrici intensi è molto probabile che tali bacini siano già occupati da almeno due terzi dei loro volumi massimi; sappiamo bene infatti che quando in essi il livello scende al di sotto della metà della capacità di invaso già si parla di siccità. In sintesi i bacini artificiali (formati a monte delle dighe) esercitano le seguenti funzioni:

- effetto di volano idrologico a valle (riduzione della variabilità idrologica);
- debole laminazione degli eventi di piena;
- riserva idrica utile per gli interventi di soccorso irriguo (ma limitata sotto i profili quantitativo e temporale);
- riserva idrica da utilizzare anche per la conservazione delle portate minime utili per la funzionalità fluviale;
- produzione di energia idroelettrica di qualità, quale fonte rinnovabile.

Ciascuna delle succitate funzioni non è da sola determinante, ma la somma di tutte porta a ritenere che la costruzione di nuove dighe costituisce un vantaggio sotto diversi punti di vista, ma bisogna considerare altri problemi:

- i costi per la costruzione di nuove dighe variano molto in funzione delle dimensioni; molto approssimativamente si stima un valore di centinaia di milioni di euro per un bacino di medie dimensioni ($10 - 20 \cdot 10^6 \text{ m}^3$); ipotizzando la costruzione almeno di una decina di dighe sul territorio nazionale (il minimo per ottenere un risultato apprezzabile), risulta un'ipotesi di diversi miliardi di investimenti;
- la realizzazione di un bacino artificiale deve prevedere una attenta analisi per il suo corretto dimensionamento; è quindi strettamente necessaria una valutazione accurata delle potenzialità idriche dell'area interessata (quella del bacino sotteso) sulla base delle serie storiche dei dati rilevati dalle reti delle stazioni pluviometriche ed idrologiche; ma le elaborazioni dei dati secondo i metodi tradizionali (ed ampiamente collaudati per il passato anche recente) potrebbero comportare sottovalutazioni o più probabilmente sopravalutazioni in conseguenza del cambiamento climatico la cui evoluzione è molto difficile da quantificare;
- considerando l'obiettivo di almeno una decina di bacini artificiali sul territorio nazionale, occorre prevedere una prima fase, molto delicata, di individuazione dei siti adatti per la costruzione delle dighe; inoltre occorre prevedere, come molto probabile, l'opposizione (giusta o sbagliata che sia) da parte delle popolazioni locali;
- una diga è una struttura molto complessa, per la quale occorre assumere criteri di sicurezza molto accurati; la progettazione e la relativa procedura di valutazione di impatto ambientale è un processo che necessariamente richiede tempo; le eventuali accelerazione e semplificazione delle procedure non deve comportare errori e/o difetti sotto tutti punti di vista; nulla si può derogare rispetto alle esigenze di sicurezza;
- occorre prevedere gare d'appalto per la progettazione e quindi per la costruzione e quindi ulteriori intervalli temporali, ai quali naturalmente si aggiunge il tempo necessario per la costruzione vera e propria della diga.

Per quanto sopra esposto si può concordare sulla necessità di realizzare nuovi bacini artificiali, ma considerando l'insieme delle funzioni multiple. Invece considerando la sola funzione idraulica (volano idrologico - laminazione delle piene) risulta un impegno economico rilevante a fronte di lieve effetto nel controllo delle alluvioni e che vedremo, se tutto procedesse in modo rapido ed efficiente, non prima di una decina di anni.

5 - BACINI DI LAMINAZIONE

Il bacino di laminazione (bacino o cassa di espansione) è un "parcheggio" temporaneo per quella parte di portata idrica che il fiume non riesce a contenere nell'alveo ordinario in caso di piena. È una sorta di sfogo che, oltre determinati limiti, permette di deviare parte del flusso d'acqua per accoglierlo entro bacini artificiali più o meno grandi. Mediante i bacini di laminazione si tenta di ridurre la portata di piena verso valle al di sotto di quella che comporterebbe l'esondazione che, altrimenti, potrebbe provocare i disastri che abbiamo visto in Emilia Romagna.

Il bacino di laminazione è un'area, naturalmente adiacente al fiume, che rimane normalmente vuota e parzialmente fruibile dal punto di vista ambientale, turistico, agricolo,... Nei rari casi in cui il fiume arriva al limite di esondazione l'area viene allagata, per alcune ore o giorni. L'efficacia di una tale struttura dipende dalle sue dimensioni

Per esempio è prevista una cassa di espansione sul fiume Baganza (con superficie di bacino sotteso di 228 km² in provincia di Parma) con capacità massima di accumulo di quasi 5 milioni di metri cubi, al costo complessivo superiore a 70 milioni di euro. Ma 5 milioni di metri cubi di accumulo costituiscono appena il 5 - 10 % dei volumi idrici messi in gioco in occasione di una grande piena. Se consideriamo la portata di piena stimata di 850 m³/s per la città di Parma per un evento con tempo di ritorno di 200 anni, risulta un deflusso che, in un'ora, comporterebbe un volume di circa 30 milioni di metri cubi. Con una stima molto approssimativa risulta che, per ottenere un effetto apprezzabile (ovvero di sensibile riduzione del rischio di esondazione), occorrerebbe realizzare più di una cassa di espansione, per una capacità complessiva di almeno 15 milioni di metri cubi. Più interessante è la cassa di espansione sul fiume Parma presso Marano (frazione di Parma) con capacità di invaso di ben 14 milioni di metri cubi, al conto complessivo di 32 milioni di euro.

Merita anche citare il sistema di laminazione per la difesa dal rischio alluvioni dell'Arno per la città di Firenze; l'ultimo intervento è la cassa di Pizziconi (comune di Figline) capace di immagazzinare poco più di 3 milioni di metri cubi, al costo di 23 milioni di euro; una capacità poco elevata, ma considerando la previsione di altre casse nell'ambito dello stesso sistema di laminazione si giungerebbe al valore di circa 25 milioni di metri cubi, al costo complessivo previsto di oltre 130 milioni di euro; tenuto conto di quanto già realizzato, è doveroso riconoscere che molto è già stato effettuato per il sistema delle casse di laminazione lungo l'asta fluviale dell'Arno.

Nel 1797, G. TARZONI TOZZETTI scrisse al granduca di Toscana, P. LEOPOLDO, sull'alluvione dell'Arno del 1333: “....una legittima vendetta del fiume; l'imprevidenza dell'uomo aveva fatto il possibile per portar via all'Arno una striscia del suo giusto e necessario letto, pretendendo di obbligarlo a camminare per una fossa augusta e strozzata.... Ma l'Arno seppe vendicarsi ed armata mano recuperare il suo necessario letto.

ORTALLI G., 1997. *Lipi genti culture - uomo e ambiente nel medioevo*. Einaudi, Torino.

In generale i costi per la realizzazione di una cassa di espansione possono essere molti diversi in funzione dei caratteri del territorio interessato, della superficie di terreno coinvolto, dal sistema di derivazione di parte della portata nel bacino e dal volume massimo di invaso; grosso modo si può stimare un valore di alcune decine di milioni di euro per ogni intervento, ma sicuramente capace di contribuire in modo importante alla riduzione del rischio di alluvioni.

Sorgono tuttavia alcuni problemi che occorre considerare con attenzione e soprattutto occorre mettere bene in evidenza ogni volta che se ne parla:

- non è sufficiente realizzare una cassa di espansione “*una tantum*”; per ottenere risultati significativi occorre sviluppare veri e propri piani programmatici sui diversi corsi d'acqua al fine di prevedere un insieme di casse il cui volume complessivo di accumulo costituisca una frazione importante rispetto agli enormi volumi d'acqua messi in gioco in occasione delle manifestazioni meteoriche più intense e durature (cfr. valori dei deflussi totali sopra calcolati, quali esempi, per il Misa, Savio e Bidente);
- considerando il complesso reticolo idrografico che caratterizza il territorio italiano, la programmazione dell'insieme degli interventi di cui al punto precedente (oltre alla continua manutenzione delle opere connesse ai bacini di accumulo) comporta un grande impegno da parte delle amministrazioni pubbliche e la disponibilità di mettere in campo alcuni miliardi all'anno, quale spesa preventiva continua per i prossimi decenni;
- considerato e condiviso quanto sopra ed ipotizzando una elevata efficienza operativa, si potrebbe ottenere qualche primo risultato positivo non prima di cinque anni ed una riduzione apprezzabile del rischio alluvione entro 10/15 anni;
- le casse di laminazione sono bacini poco profondi; quindi per accumulare volumi elevati sono necessarie aree piuttosto grandi, nelle quali le attività economiche-produttive sono condizionate da limiti importanti; ciò potrebbe comportare l'opposizione degli operatori economici locali, a maggior

ragione se tali aree fossero destinate a gestioni di carattere naturalistico finalizzate alla tutela della biodiversità; inoltre è importante evitare la realizzazione di tali opere in aree sottoposte a tutela naturalistica (soprattutto parchi naturali e i siti della Rete Natura 2000);

- le casse di limitazione comportano la realizzazione di opere trasversali sul letto dei fiumi (traverse) con le quali operare la derivazione di buona parte delle portate idriche di piena nei bacini di accumulo; tali opere potrebbero comportare interruzioni della continuità longitudinale dei corsi d'acqua, con conseguenze negative sulle cenosi acquatiche (pesci compresi); occorre quindi prevedere interventi compensativi (come, per esempio, passaggi artificiali per l'ittiofauna) ma che non sempre sono realisticamente possibili; si tratta di un tema importante quanto quello del rischio idrogeologico; la tutela degli ecosistemi fluviali, finalizzata al conseguimento di precisi obiettivi di tutela, comporta un insieme di azioni che devono essere attentamente pianificate dai Piani di Tutela delle Acque regionali, ai sensi del D. Lgs. 152/2006 in recepimento della Direttiva 2000/60/CE in riferimento alla salvaguardia qualitativa e quantitativa delle risorse idriche per le future generazioni.

Da tempo in Italia si è innescato un circolo vizioso che deve essere interrotto. Le case sono costruite a ridosso dei fiumi, trascurando il fatto che l'acqua, se le piogge sono abbondanti, fuoriesce dal letto e allaga la fascia circostante. È un fenomeno naturale; ma quando si verifica la prima piena, gli abitanti reagiscono costruendo argini più alti e resistenti per proteggersi. Così non fanno altro che peggiorare la situazione: alla piena successiva l'acqua crescerà e, in mancanza di sfogo, romperà gli argini provocando una catastrofe ben più grave, oppure si abbatterà sui centri abitati più a valle. Per interrompere il circolo vizioso, occorre regolamentare le costruzioni nella fascia inondabile e realizzare invasi, bacini dove dirottare l'acqua in caso di emergenza.

F. ROSSI, in: VALSECCHI C., 2000 (*Un paese di alluvionati*), Le Scienze dossier, 5: 42-43. Milano.

Nelle settimane seguenti l'evento del 15 - 17 maggio 2023, come sempre accade, si è sviluppato un ampio dibattito intorno alle cause delle alluvioni. Sono emerse valutazioni e considerazioni, spesso espresse con semplicistici slogan fuorvianti che meritano di essere trattati; per esempio:

- a causa della grave siccità che ha caratterizzato i mesi precedenti, il terreno, troppo arido, non era più in grado di “assorbire” l'acqua, tutta destinata ai deflussi;
- lo spopolamento delle montagne ha comportato la riduzione, fino all'assenza, della cosiddetta manutenzione dei versanti;
- un tempo l'uomo era più saggio e provvedeva alla manutenzione del territorio riducendo gli effetti del dissesto idrogeologico;
- l'ultima alluvione è sempre la peggiore rispetto al passato, quindi imprevedibile;
- è mancata la pulizia e la manutenzione degli alvei fluviali, ovvero non sono stati effettuati interventi di raccolta del legname, dell'escavazione dei depositi dovuti al sovralluvionamento e di sistemazione idraulica.
- i cambiamenti climatici sono i principali responsabili degli eventi meteorici eccezionali.
- la cementificazione ha comportato l'impermeabilizzazione di vaste aree impedendo l'assorbimento delle acque;
- la deforestazione ha ridotto la capacità di ritenzione idrica dei suoli riducendo i tempi di corivazione delle acque.

6 - L'ARIDITÀ DEL TERRENO

Se proviamo ad innaffiare una pianta in vaso con la terra molto secca, in una prima fase si osserva che l'acqua penetra a fatica, ma si tratta solo di un primo momento, in quanto man mano la terra si umidifica e diventa permeabile. Allo stesso modo se si innaffia un terreno molto secco; inizialmente l'acqua fatica a penetrare, ma si tratta di un fenomeno di breve durata, in quanto, in poco tempo, il terreno stesso si umidifica e diventa più o meno permeabile in funzione della sua granulometria.

"In linea generale, un bacino fluviale in stato siccioso, con suoli ben lontani dalla saturazione e livelli di falda molto bassi, è in grado di assorbire maggiori quantità d'acqua e dunque di sopportare meglio un grande episodio di precipitazioni. Pertanto (a parità di intensità, durata ed estensione delle piogge) è più difficile subire un evento idrogeologico importante e dannoso al termine di un lungo periodo asciutto. A tal proposito diversi autori hanno identificato, in Europa e nel mondo, una recente riduzione delle portate fluviali e dell'occorrenza di alluvioni nonostante un aumento delle precipitazioni estreme. La causa di questa evoluzione in apparenza contro-intuitiva è stata attribuita proprio ai suoli resi più frequentemente secchi (dunque in grado di assorbire più acqua all'arrivo della pioggia) dall'intensa evaporazione associata al riscaldamento globale e/o a una maggiore concentrazione degli eventi piovosi, alternati a periodi asciutti più lunghi, come nel caso italiano dell'inverno 2021/22. In sostanza, nella maggioranza dei casi i suoli più secchi negli intervalli senza precipitazioni controbilancerebbero gli effetti dell'apporto più rapido e concentrato di acqua durante rovesci divenuti più intensi" (CAT BERRO D., 28 marzo 2022 - Redazione Nimbus).

È importante sottolineare che l'evento del 15 - 17 maggio 2023 è avvenuto dopo quello (quasi altrettanto intenso) del 2 - 3 maggio. I terreni quindi non erano secchi in occasione del secondo evento, ma erano già saturi o quasi, avendo perso ben poco dell'acqua accumulata una decina di giorni prima, tenuto conto, considerando il periodo stagionale, dell'ancora bassa intensità dell'evapotraspirazione (evaporazione dal terreno più traspirazione per mezzo della vegetazione).

7 - SI STAVA MEGLIO QUANDO SI STAVA PEGGIO?

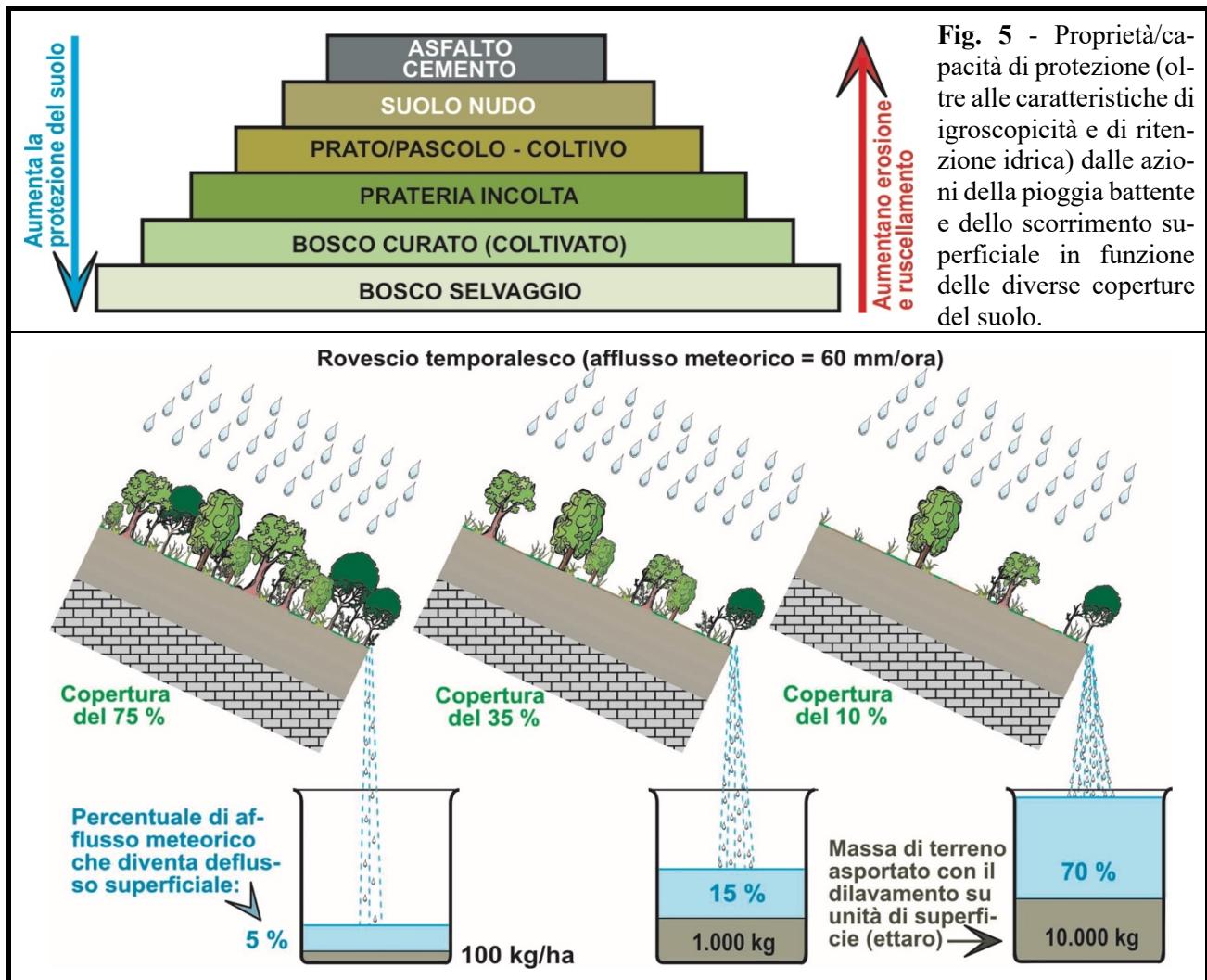
"I problemi di dissesto idrogeologico sono legati all'abbandono della montagna". Questo è uno dei principali e più affermati "miti": si fa riferimento ad un pittoresco quadro che mostra il versante di una ripida collina fittamente terrazzato e coltivato con forza e tenacia da generazioni di contadini e montanari. Molto estese sono invece le superfici disboscate dal "buon montanaro" per far spazio ai pascoli; egli era un poveraccio costretto a vivere in una Natura aspra ed ostile, dalla quale trarre un magro sostentamento, con una serie di attività che hanno determinato conseguenze negative per l'ambiente.

L'abbandono della montagna non comporta conseguenze negative sull'assetto idrogeologico, ma alcuni benefici fra i quali l'espansione di boschi. **Dal punto di vista degli equilibri ambientali lo spopolamento è un aspetto positivo, ma è un problema di tipo socio-economico**, in quanto una densità di popolazione troppo bassa limita fortemente la sostenibilità dei servizi essenziali, rendendo difficile la vita di coloro che rimangono a vivere in montagna.

Una delle conseguenze dell'abbandono della montagna, secondo una opinione abbastanza diffusa è la seguente: *"oggi non si garantisce più la manutenzione dei boschi come avveniva in passato"*. In realtà la migliore protezione del suolo contro l'erosione della pioggia battente e del ruscellamento è garantita dal bosco "selvaggio", proprio quello che si sviluppa con l'abbandono delle terre da parte dell'uomo o quello mai sfruttato, almeno da tempi storici (**fig. 5**).

Le gocce d'acqua della pioggia incontrano le chiome degli alberi più alti che ne ammortizzano l'energia e si frantumano sui rami e sulle foglie degli arbusti e delle erbe. L'acqua ha maggiori possibilità di impregnare il suolo, se questo è ricco di sostanze organiche che ne aumentano

l'igroscopicità e la capacità di ritenzione idrica. Tali sostanze derivano dagli accumuli di foglie, rami, tronchi,... come è tipico di un bosco non curato. La cura del bosco costituisce una necessità dell'uomo (raccolta dei frutti, utilizzo del fogliame per lettiera da utilizzare nelle stalle, produzione di legna da ardere,...); ma un bosco "pulito" presenta una stratificazione di fogliame meno complessa ed un suolo meno ricco di sostanza organica, meno efficace nell'attenuare l'erosione.



Spesso si sostiene che, un tempo (quando? Probabilmente fino alla prima metà del secolo scorso), l'uomo (il buon contadino o il saggio montanaro) faceva manutenzione del territorio, ma cosa significa? Cosa faceva praticamente?

- raccoglieva la "legna morta" lungo le rive dei fiumi che quindi non poteva essere coinvolta dalle acque di piena per accumularsi sotto i ponti tappandoli; in realtà la legna raccolta costituiva una frazione piccolissima di quella che giaceva lungo le sponde dei fiumi; le cronache dell'Ottocento e della prima metà del Novecento e i resoconti custoditi negli archivi comunali del Settecento descrivono gli accumuli di legname (rami, tronchi e interi alberi) accumulati contro le pile dei ponti o a sbarrare le acque in corrispondenza delle prese dei canali o depositati sulle rive interne delle anse dei fiumi; un tempo il legname nell'alveo dei fiumi era più abbondante;
- scavava e asportava sabbia e ghiaia dai letti fluviali mantenendo, in tal modo, sezioni di deflusso più ampie e quindi maggiormente in grado di sostenere portate idriche elevate; sabbia e ghiaia sono materiali inerti prevalentemente utilizzati per scopi edilizi; un tempo si costruiva di meno e non esistevano gli attuali mezzi meccanici moderni (grandi camion, ruspe, potenti escavatori,...); in realtà l'escavazione dei letti fluviali è andata progressivamente aumentando negli ultimi decenni;

- effettuava la manutenzione dei fossi e del reticolo idrografico minore; tali attività sono utili per evitare allagamenti locali, più frequentemente indotti da precipitazioni brevi e intense (rovesci e temporali), ovvero allagamenti di strade, campi, cortili, cantine,...; tuttavia qui stiamo argomentando sulle grandi alluvioni e allora occorre comprendere che, in realtà, la cosiddetta buona manutenzione dei fossi comporta vantaggi sul piano locale, ma accelera lo smaltimento delle acque e quindi riduce i tempi di corrivaione con effetti negativi sul reticolo idrografico maggiore e sul rischio connesso alle grandi piene; in ogni caso la manutenzione è oggi più semplice (grazie ai mezzi meccanici disponibili) rispetto al passato (quando di lavora con pala, picco e muscoli).

8 - NON SI È MAI VISTO

Quasi sempre, in occasione di eventi meteorologici estremi, principale causa del dissesto idrogeologico, si sente dire dai cittadini, dai politici, dagli amministratori pubblici,... “*che mai in passato tali eventi si erano manifestati con tali intensità*”. Si tratta di una espressione frequentemente utilizzata per giustificare le scelte gestionali del territorio o i mancati interventi di messa in sicurezza, essenzialmente per scaricare le responsabilità sulla Natura che si vendicherebbe nei confronti dei disastri compiuti dall'uomo, reagendo con fenomeni sempre più intensi e quindi non prevedibili.

Questo atteggiamento, nei tempi recenti, è in parte giustificata dalla grande questione dei cambiamenti climatici: “*cosa mai possiamo fare se, a causa del riscaldamento globale, si verificano eventi meteorici sempre più intensi e frequenti, in misura superiore rispetto a quanto prevedibile in base alle analisi delle serie storiche disponibili?*” In realtà le serie storiche derivanti dalle osservazioni della rete delle stazioni meteorologiche e idrometriche dimostrano che il “*non si è mai visto*” è falso e fuorviante rispetto alle gravi responsabilità dell'uomo.

Consideriamo le forti precipitazioni del 15 - 17 maggio 2023 in Emilia Romagna. Per trovare nel passato una situazione analogica occorre risalire al 1939: anche in quell'occasione vi furono in questo territorio due eventi gravosi a distanza ravvicinata (20 - 23 maggio e 28 maggio - 2 giugno). I totali pluviometrici di maggio 1939 superarono i 400 - 500 mm sull'Appennino (**fig. 2**), quindi anche superiori a quelli del maggio 2023.

Negli ultimi 20 anni si sono manifestate piene particolarmente intense del fiume Po, quasi sempre state come le più gravi di sempre. Eventi più intensi si sono verificati in passato. In particolare nell'anno della grande piena del Po in Polesine, a Torino, nel novembre, si registrò (con 273 mm), il secondo caso di massimo di quel mese in oltre due secoli di osservazioni. La portata massima del Po registrata alla stazione idrometrica di Pontelagoscuro (nell'intervallo si oltre un secolo dal 1918), registrata il 14 novembre 1951, risultò di quasi 11.000 m³/s. La portata massima registrata sul Po a Torino, nei giorni 14 - 16 ottobre 2000, risultò intorno a 2.500 m³/s, poco meno di un quarto del valore di massima piena del 1951 registrata a Pontelagoscuro, ma alimentata da un bacino (poco più di 5.000 km²) di oltre un ordine di grandezza inferiore a quello (75.000 km²) sotteso alla stazione di Pontelagoscuro.

Sul Tevere a Roma (con bacino di oltre 16.500 km²) le osservazioni idrometriche iniziarono nel 1821; la massima portata in due secoli è stata valutata pari a 3.300 m³/s nel dicembre 1900; più indietro nel tempo si stima che, con la piena del 24 dicembre 1598, la maggiore mai registrata, la portata del fiume abbia raggiunto i 4.000 m³/s. Si tratta di valori non ancora superati nel terzo millennio.

È irresponsabile minimizzare i rischi derivanti dai cambiamenti climatici, ma questi non devono essere chiamati in causa per nascondere le responsabilità dell'uomo.

9 - PULIZIA E MANUTENZIONE DEGLI ALVEI FLUVIALI

“*Occorre provvedere alla pulizia e manutenzione degli alvei fluviali: interventi di sistemazione idraulica, rettificazioni, escavazioni, raccolta del legname e taglio degli alberi sulle sponde*”. Questo

è lo slogan più ampiamente diffuso dai media, ripetuto nelle interviste ai cittadini e frequentemente ribadito da politici ed amministratori, talvolta anche da architetti e ingegneri.

D'altra parte è uno slogan caratterizzato da una apparente logica, molto semplice da concordare, ricordare e divulgare: l'alveo di un fiume con andamento più o meno rettilineo (senza anse e meandri), con sponde e fasce adiacenti privi di cespugli, arbusti e alberi (che ostacolano il flusso delle acque e che si accumulano sulle piglie dei ponti), con sezione trapezoidale ampia e profonda (grazie allo scavo e asportazione di sabbia e ghiaia), con le sponde "protette" da muri, prismate, massicciate, gabbionate,... consente un più rapido ed efficiente smaltimento delle acque in occasione degli eventi di piena, con conseguente riduzione dei rischi di esondazione.

Questo è il "mito", risultato della semplificazione di una realtà molto più complessa e che per tale motivo poco si presta ad essere illustrata presso il grande pubblico, in quanto richiederebbe tempo, attenzione, abitudine all'analisi ed all'approfondimento,... il contrario rispetto agli stili comunicativi attuali.

I commenti e le valutazioni dei competenti (geologi, naturalisti, forestali,...) derivano dal riconoscimento della complessità, ovvero del sistema di relazioni tra le numerose componenti fisico-ambientali degli ecosistemi fluviali, più difficili da comprendere e meno adatte alla divulgazione costretta in tempi rapidi, ridotta in brevi spot per non annoiare e spaventare il grande pubblico, quello che acquista i giornali e soprattutto che fa audience, anche a costo di nascondere la realtà, se non anche di mentire. In realtà le tipologie di intervento succitate e tanto auspicate, oltre a rappresentare, quasi sempre, uno spreco di risorse, incrementano il rischio idrogeologico invece che ridurlo.

La pulizia dei fiumi consiste nella raccolta del legname morto e nel taglio di alberi e arbusti che possono essere coinvolti dalle acque di piena e trascinati a valle, fino a costituire materiale in grado di ostacolare il veloce deflusso delle acque e/o di "tappare" le luci dei ponti. Per ottenere risultati apprezzabili e considerando la complessità del reticolto idrografico, occorrerebbero uomini e mezzi in quantità tali da rendere economicamente e strutturalmente impossibile questo tipo di azione. Inoltre bisognerebbe procedere alla desertificazione delle fasce fluviali, con conseguente riduzione della protezione offerta dalla vegetazione contro l'erosione.

L'escavazione dei letti fluviali consiste nell'asportazione di materiali inerti (sabbia e ghiaia di varia granulometria) allo scopo di ampliare le sezioni di deflusso e/o di ridurre le volumetrie nelle zone di accumulo (sovraluvionamento). Tali materiali sono poi destinati alla lavorazione utile all'edilizia. In occasione delle grandi piene sono i gioco non solo grandi volumi d'acqua come quelli degli esempi succitati nei capitoli 2 e 3, ma anche enormi volumi dei detriti che derivano dal processo naturale di disfacimento dei rilievi, al confronto dei quali i volumi oggetto delle escavazioni ad opera dell'uomo sono assolutamente irrisoni.

Gli interventi di **sistemazione idraulica** consistono nel modificare la forma della sezione dell'alveo, talora nel ridurre la naturale sinuosità degli alvei nelle pianure e nella realizzazione di difese spondali contro l'erosione. Si tratta di un insieme di interventi molto costosi e quasi sempre inutili. O meglio sono certamente necessari nelle aree fortemente antropizzate, ma inutili o addirittura pericolosi per la maggior parte dello sviluppo longitudinale dei fiumi, i quali vengono trasformati in canali nei quali lo scorrimento è più veloce, ma con riduzione di quel ricco insieme di fattori che riducono in modo significativo l'energia dell'acqua, con conseguente riduzione dei tempi di corrivaione e della forze distruttive che inevitabilmente si accumula verso valle (**fig. 6**):

In sintesi occorre **conservare la naturalità degli alvei** nelle condizioni naturali per le seguenti ragioni:

- **ampio perimetro bagnato**; la forma irregolare della sezione di deflusso implica più grande superficie a contatto con l'acqua in movimento, quindi maggiore attrito e dispersione di energia;
- **ostacoli**; la presenza di massi e di materiali con granulometrie diverse, di rami e di frammenti di tronchi,... costringono l'acqua a modificare continuamente il suo percorso per aggirare gli ostacoli stessi, con vortici, salti, zone con maggiore velocità di deflusso e bassa profondità (rapide) alternate ed altre più calme e profonde. Il movimento è molto irregolare e ciò comporta spesa di energia;

- **erosione**; l'acqua in movimento, soprattutto se in presenza di carico solido (la torbidità tipica nelle situazioni di piena), può movimentare le porzioni più superficiali del fondale e delle sponde, anche pietre e massi di discrete dimensioni e mettendo allo scoperto le radici della vegetazione riparia; ma per muovere i materiali e per mantenerli in movimento l'acqua spende energia;
- **vegetazione**; lungo le fasce riparie ed in parte sulle sponde e talora sulle porzioni meno inondate dell'alveo sono spesso presenti alberi ed arbusti, appartenenti a specie tipiche dei corridoi fluviali; in occasione delle piene l'acqua è costretta a muoversi in modo caotico nel suo "opporsi" contro tale vegetazione, scuotendola e talora sradicandola; ciò comporta dispendio di energia e riduzione della capacità erosiva;
- **sinuosità**; raramente il percorso dei corsi d'acqua assume aspetto lineare; è invece spesso caratterizzato da elevata sinuosità, cioè con anse (curve) e meandri, soprattutto in pianura; ciò comporta per l'acqua un "viaggio" più lungo (e quindi più tempo) per giungere a valle. Inoltre anche la sinuosità favorisce la turbolenza ed ulteriore consumo di energia.

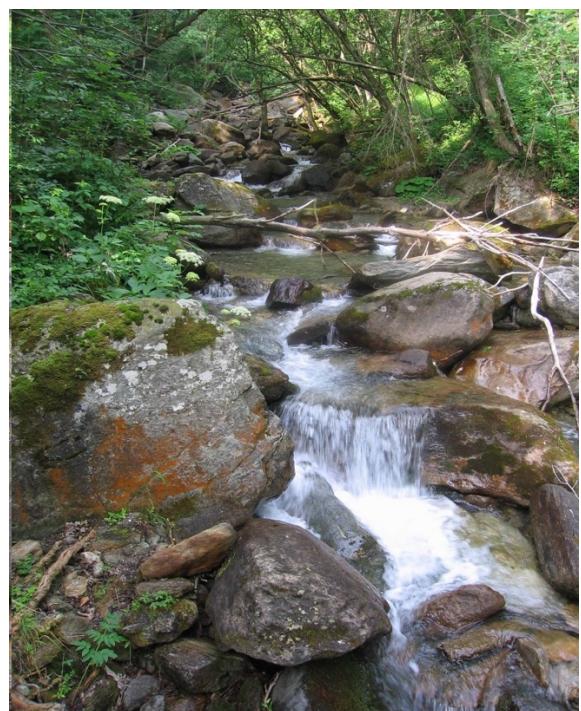
Figura 6 - Il fiume NON è un tubo!

L'alveo fluviale naturale è un magnifico esempio di apparente "caos" naturale.

Il "caos" di un alveo naturale è un insieme "disordinato" di massi, ghiaia, sabbia,... tronchi, rami e radici sporgenti,... anse, spiagge, sponde erose,... fasce fluviali ricche di vegetazione,...

L'acqua è costretta a superare tali ostacoli, aggirandoli, saltandoli, erodendoli,... ad allagare, insinuandosi tra la vegetazione perifluviale che si oppone al suo moto.

In un caotico e disordinato alveo naturale l'acqua è costretta a consumare energia per proseguire verso valle, riducendo così la sua forza distruttrice.



È indispensabile una nuova filosofia di azione che implichi "...il riconoscimento tangibile e visibile che vi è una fascia del territorio che appartiene al fiume, nella quale ogni interferenza antropica, anche nelle forme degli usi agricoli e di quelli sociali e ricreativi, dovrebbe essere ridotta al minimo. Occorrerebbe una ricomposizione del paesaggio fluviale che renda leggibile e significativa l'autonomia del teatro nel quale il fiume deve restare o tornare il protagonista".

IRES, 1989. *Progetto Po, tutela e valorizzazione del fiume in Piemonte*"; Rosemberg & Sellier, Torino.

Quanto sopra significa: **restituire il più possibile al fiume la fascia fluviale, salvaguardandone la libertà di divagazione e riducendo al minimo le interferenze nella dinamica evolutiva dell'ecosistema fluviale.**

Bisogna evitare la demagogia; gli amministratori non possono promettere l'eliminazione dei rischi e gli ingegneri non possono continuare a difendere la loro professione (che rende tanto meglio quanto più cemento si usa nei fiumi) fornendo credibilità scientifica alle illusioni.

10 - CEMENTIFICAZIONE E DEFORESTAZIONE

Un ragionamento intuitivo è il seguente: “*l'eccessiva impermeabilizzazione dei suoli (l'asfalto delle strade e dei parcheggi, i tetti delle case, i cortili in cemento,...), impedendo all'acqua di filtrare in basso contribuisce all'incremento dello scorrimento superficiale e quindi delle portate nei fiumi*” (**fig. 7**). Ciò è sicuramente vero, ma è necessario valutare le quantità in gioco durante gli eventi idrometeorologici eccezionali.

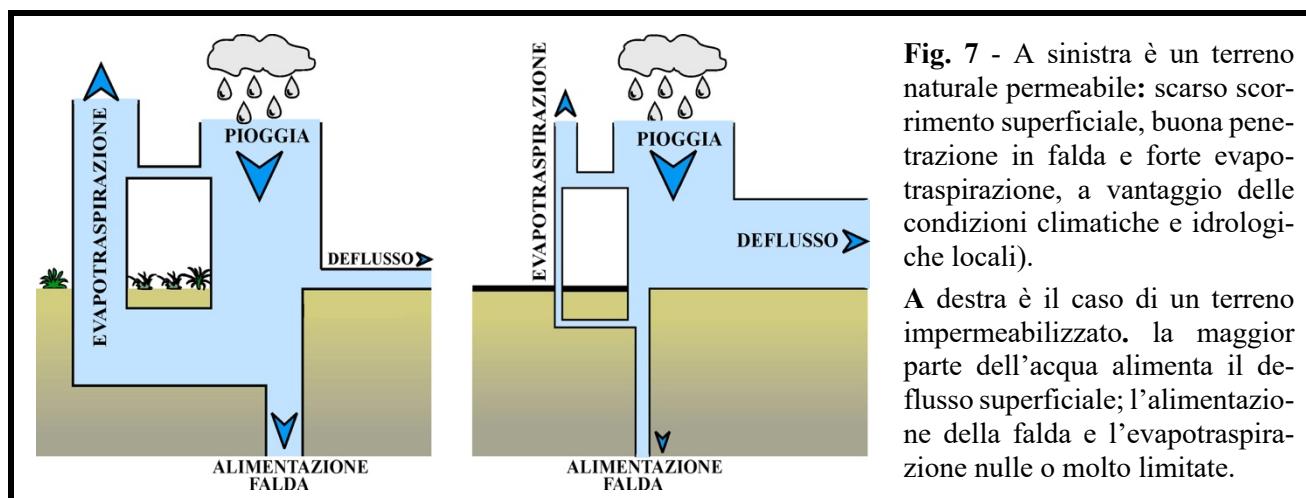


Fig. 7 - A sinistra è un terreno naturale permeabile: scarso scorrimento superficiale, buona penetrazione in falda e forte evapotraspirazione, a vantaggio delle condizioni climatiche e idrologiche locali).

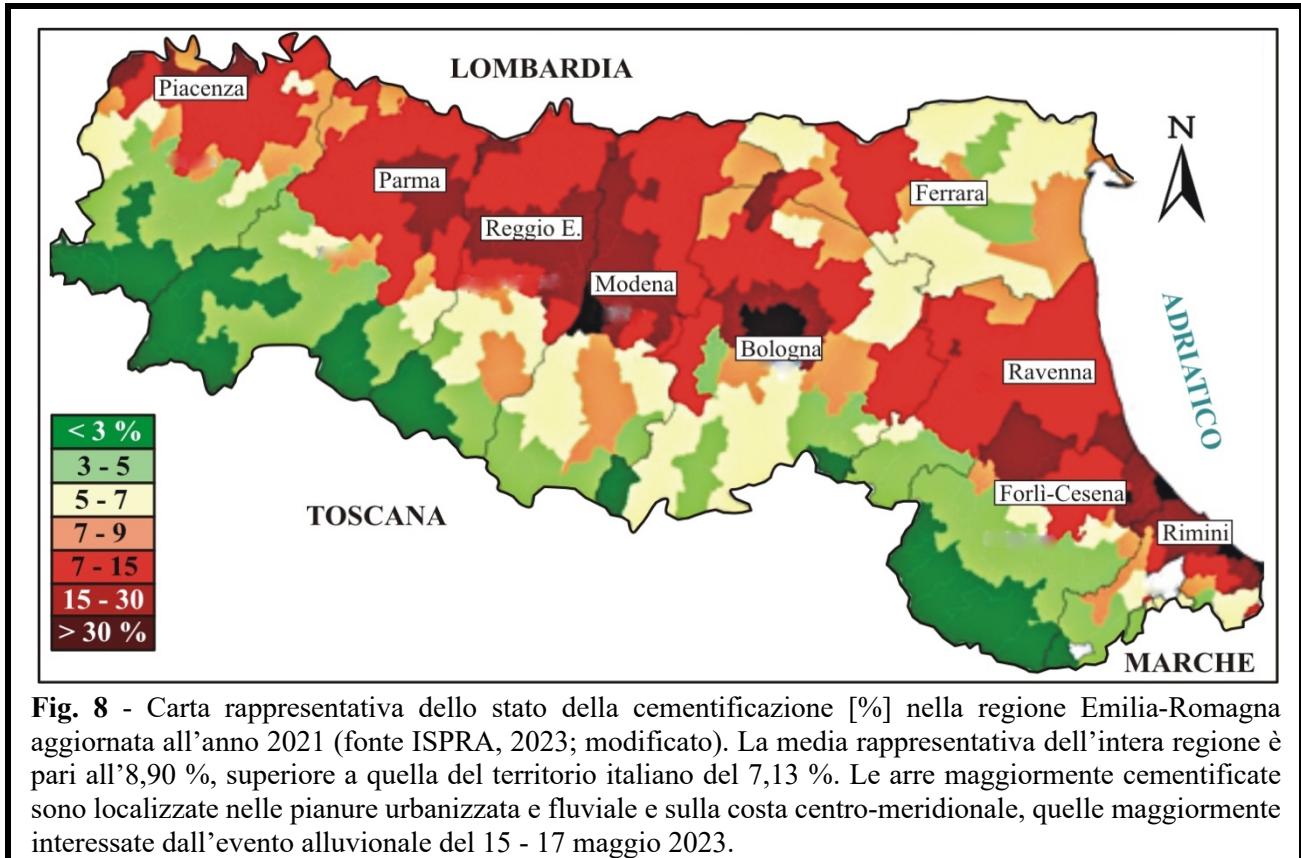
A destra è il caso di un terreno impermeabilizzato. La maggior parte dell'acqua alimenta il deflusso superficiale; l'alimentazione della falda e l'evapotraspirazione nulle o molto limitate.

Lo schema della **fig. 7** è, in modo acritico e superficiale, frequentemente utilizzato per sostenere la tesi dei rischi idrologici per l'impermeabilizzazione dei suoli; esso si riferisce a valori dei volumi d'acqua medi annui, comprendenti anche quelli relativi a precipitazioni “normali”, non particolarmente copiose (o intense o prolungate) che, nella maggior parte degli anni, costituiscono, nel loro insieme, la frazione più grande del volume complessivo.

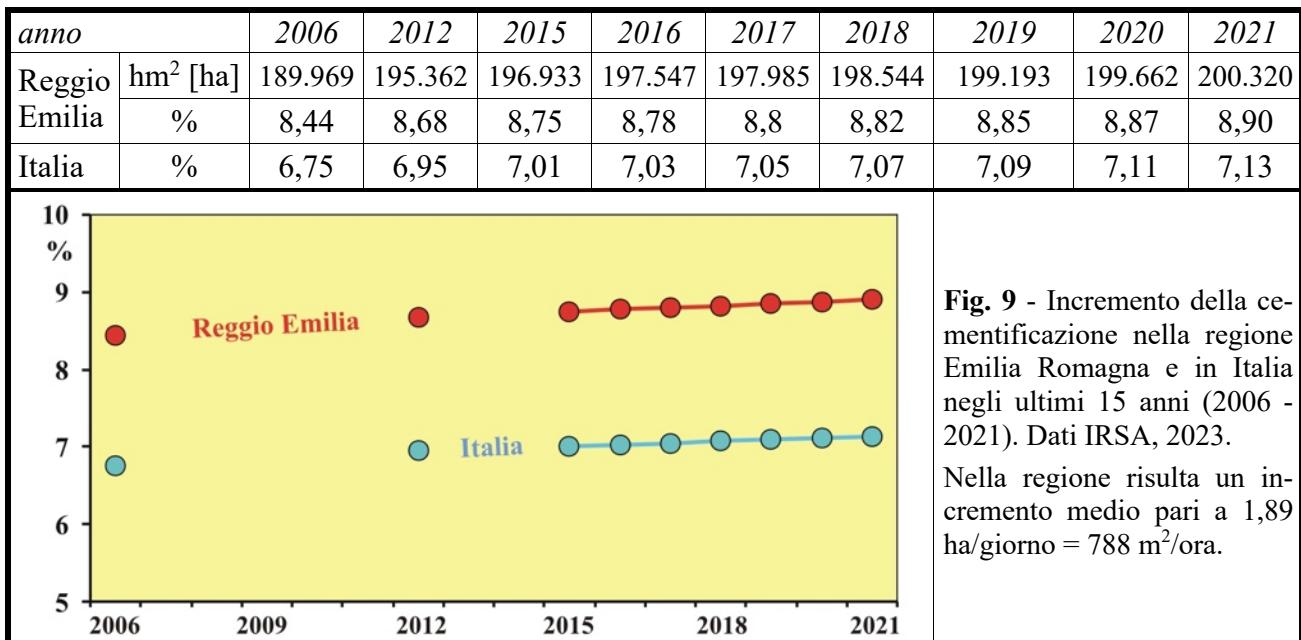
In occasione degli eventi eccezionali, le piogge insistono per tempi più o meno lunghi; il terreno, nelle prime fasi diventa una sorta di “spugna” prega d'acqua, non più capace di trattenerne dell'altra. Se le precipitazioni insistono, la superficie del suolo assume caratteristiche simili a quelle impermeabilizzate: quasi tutta l'acqua che precipita va ad alimentare i deflussi superficiali. Se le aree interessate da piogge intense e prolungate fossero fittamente boscate la fase di accumulo d'acqua nel suolo fino alla saturazione risulterebbe più lungo e più efficace nel ritardare i tempi di corrispondenza delle acque e ciò costituirebbe un indubbio vantaggio. Ma nelle situazioni paragonabili a quelle del 15 - 17 maggio 2023 poco cambierebbe, tanto più se consideriamo che una decina di giorni prima (situazione non rara) precipitazioni intense avevano già saturato i suoli ovunque, indipendentemente dai loro utilizzi.

Inoltre non bisogna dimenticare che le superfici impermeabilizzate dal catrame e dal cemento (per quanto estese come conseguenza dell'eccessiva antropizzazione del territorio) non costituiscono porzioni rilevanti dei bacini imbriferi. Nell'Emilia Romagna costituiscono, nel loro insieme, poco meno del 9 % rispetto all'intera regione (**fig. 8**). Quanto sopra non dimostra che il tema della cementificazione non è pertinente. Invece è molto importante “anche” per altre ragioni.

L'Italia perde 2 metri quadri di suolo al secondo. Nel 2021 la media è stata di 19 ettari di suolo persi al giorno, il valore più alto degli ultimi 10 anni (ISPRA, 2023). Secondo il WWF ad oggi 21.500 km² di suolo italiano sono cementificati; solo gli edifici occupano 5.400 km², una superficie pari alla Liguria. Il suolo perso in Italia dal 2012 ad oggi avrebbe garantito l'infiltrazione di oltre 360 milioni di metri cubi di acqua piovana che, restando sulle superfici impermeabilizzate da asfalto e cemento, non sono più disponibili per la ricarica delle falde, aggravando anche la pericolosità idraulica dei territori (438 morti in Italia dal 2000 al 2019).



La Regione Emilia - Romagna presenta una situazione molto simile a quella nazionale (**fig. 9**): la cementificazione non si arresta; il ritmo medio attuale (terzo millennio) è pari a quasi $790 \text{ m}^2/\text{ora}$. La **tab. 1** riporta i dati inerenti le densità delle popolazioni nelle principali fasce altitudinali¹ e nell'intera regione. La **tab. 2** è utile al confronto, molto sintetico, tra i dati della regione Emilia-Romagna, e quelli nazionali ed europei.



¹ Montagna: Altitudini superiori a 600 m s.l.m. in Italia settentrionale e 700 m s.l.m. in Italia centrale e insulare. Collina: masse rilevate inferiori a 600 - 700 m s.l.m.; eventuali rilievi più elevati di estensioni limitate tra le colline. Pianura: territorio basso e pianeggiante, assenza di masse rilevate o poco estese incluse nell'area pianeggiante.

Tab. 1 - Ripartizione del territorio della Regione Emilia Romagna nelle tre fasce altitudinali (montagna, collina e pianura) con indicazioni del numero di abitanti e delle densità abitative.

	Numero abitanti	% su regione	S [km ²]	% su regione	Densità [N/km ²]
Montagna	197.000	4,4	5.655	25,1	35
Collina	1.203.000	27,1	6.095	27,1	197
Pianura	3.026.000	68,4	10.750	47,8	282
Totali	4.426.000	-	22.500	-	197

Tab. 2 - Confronto tra i valori delle densità di popolazione espressi come numero di abitanti su chilometro quadrato [N/km²] in funzione delle fasce altitudinali (nella regione Emilia-Romagna e in Italia) e rispetto alle medie europea e del pianeta.

	Emilia-Romagna	Italia	Europa	Pianeta
Montagna	35	70	media	media
Collina	197	185		
Pianura	282	415		
Totali medi	197	206	113	48

La regione Emilia Romagna è abitata da poco oltre 4.226.000 persone, su una superficie complessiva di 22.500 km², di cui un'area di oltre 200 km² cementificata, ovvero quasi il 9 % del territorio regionale, al quarto posto in Italia (con media nazionale del 7,1 %) dopo Lombardia (12,1 %), Veneto (11,9 %) e Campania (10,4 %). La densità di popolazione (197 abitanti/km²) è molto simile alla media nazionale, tra le più elevate in Europa; ma nella porzione di pianura (68,4 % dell'intero territorio regionale) la densità sale a 282 abitanti/km², analogamente a quanto accade per la maggior parte del territorio di pianura della penisola italiana, con valori tra i più elevati del pianeta

La questione vera è l'elevata densità della popolazione nel territorio italiano. A questo proposito riprendiamo in considerazione l'evento alluvionale del 15 - 17 maggio 2023. Risultano numerose frane che si sono verificate, come inevitabile, nelle aree collinari e montane e che hanno comportato, quale principale conseguenza, l'interruzione delle vie di comunicazione e di trasporto; quindi isolamento dei comuni e danni economici derivanti dall'interruzione di attività economiche e dalle risorse necessarie per gli opportuni ripristini. Ma le più gravi e catastrofiche conseguenze si sono verificate in pianura, dove significativamente è più elevata la densità di popolazione. Può sembrare un ragionamento banale; in realtà costituisce il nocciolo della questione, in quanto se dovessimo ipotizzare la ricollocazione di case, costruzioni, fabbriche, stalle,... in zone sicure (sia quelle naturali, sia quelle rese tali da ipotetici interventi di sistemazione idrogeologica), non ci sarebbe spazio sufficiente. In sintesi l'antropizzazione del territorio è nettamente superiore a quanto sarebbe auspicabile in funzione di un equilibrio capace di garantire il miglior livello di sicurezza conseguibile.

Il clima cambia e quindi aumentano frequenza e intensità dei fenomeni, l'impermeabilizzazione dei suoli incrementa lo scorrimento superficiale delle acque, l'insufficiente copertura forestale (seppure in leggero incremento negli ultimi decenni) comporta tempi di corrispondenza più brevi, l'insufficiente negli interventi quali soprattutto le casse di laminazione,... sono tutti argomenti certamente importanti, ai quali si aggiungono i falsi miti quali la pulizia e la rettificazione dei fiumi. In realtà, come illustrato all'inizio, le manifestazioni meteorologiche più intense, come quelle che hanno colpito recentemente le regioni Marche (2022) ed Emilia-Romagna (2023), mettono in gioco enormi volumi d'acqua, che inevitabilmente non possono rimanere contenuti negli alvei ordinari dei fiumi, qualunque siano i

sistemi gestionali del territorio. Inevitabilmente i fiumi esondano, andando ad occupare le aree geoidrologiche che appartengono ad essi da tempi geologici e che l'uomo ha inopportunamente occupato.

Roberto GAMBINO: “... all’indomani dei grandi eventi alluvionali stiamo probabilmente per assistere ad eventi non meno calamitosi: la ricostruzione, dov’era e come era, anche di tutto ciò che è stato coinvolto, se non addirittura causa degli eventi stessi.... in questi eventi alluvionali la responsabilità della pianificazione è stata molto forte. Nessuno può venirci a raccontare che ciò che è avvenuto è ascrivibile a disattenzioni, disfunzioni, cattiva volontà di qualche amministratore,... No, qui siamo di fronte a scelte che erano firmate,... pianificate,... avallate in tutti i passi fondamentali dei processi decisionali che assistono la pianificazione. Erano.... calamità pianificate....”

Atti Convegno Pro Natura “Idroelettrico e ambiente. Una convivenza difficile” del 27 gennaio 1995: 13 - 19 (La pianificazione territoriale e l’uso delle acque. Il rincorrersi dei piani). Editel, Torino.

Inevitabilmente i fiumi esondano e le acque di piena, nell’invadere il territorio, incontrano ogni volta un maggior numero di case, fabbricati e capannoni industriali, cascine, stalle, strade,... e i danni, ad ogni nuovo evento, sono, per questa principale ragione, superiori. L’incremento della cementificazione gioca sicuramente un effetto negativo (crescente negli anni) di impermeabilizzazione dei suoli e di riduzione dei tempi di corrivazione delle acque, ma in misura limitata rispetto all’area totale del territorio (intorno al 9 % nell’Emilia-Romagna).

Invece molto più importante è l’incremento dei danni conseguenza di una elevata densità di popolazione che, nel tempo, sviluppa attività economiche-produttive in continua crescita che comporta ulteriore occupazione dei suoli e più strutture ed edificati che potranno essere danneggiati o addirittura distrutti dalle acque di piena.



Fig. 10 - Le foto satellitari notturne dell’Europa mettono “in luce” le densità delle popolazioni. I valori più elevati risultano nei Paesi Bassi e in Italia, in particolare lungo le aree pianeggianti che si affacciano sul Tirreno e sull’Adriatico e ancor più nella pianura padana che presenta densità tra le più elevati del pianeta. In occasione delle alluvioni inevitabilmente le acque colpiscono duramente.

Molto si discute intorno all'inverno demografico in Europa e soprattutto in Italia. Il nostro Paese presenta deficit di popolazione intorno ad alcune centinaia di migliaia di individui ogni anno. Non è questa la sede per analizzare le ragioni di tale situazione; gli analisti sono in larga maggioranza concordi nell'affermare che tale andamento demografico porta ad uno squilibrio nella struttura di popolazione a svantaggio soprattutto delle classi d'età adatte al lavoro produttivo. Nasce allora il problema della produzione di ricchezza necessaria al mantenimento di servizi adeguati al mantenimento dei giovani e delle classi d'età non più produttive, in incremento percentuale rispetto all'intera popolazione.

Si tratta di un problema di carattere socio-economico e molto si discute per risolverlo: come fare per aumentare il tasso di natalità? Qualunque soluzione venga trovata (ammesso che sia possibile) inevitabilmente si otterrebbe, quale risultato, l'incremento della popolazione complessiva, secondo uno schema già adottato da molti decenni: la crescita infinita della popolazione è indispensabile al modello di sviluppo che comporta la crescita, altrettanto infinita, della ricchezza. Ma la crescita della popolazione comporta l'ulteriore incremento della densità di popolazione che, in Italia, è già insostenibile (**fig. 10**), con gravi effetti sul territorio sotto il profilo idrogeologico, tra l'altro destinati ad aggravarsi a causa del cambiamento climatico.

La produzione di ricchezza viene ritenuta necessaria anche e soprattutto per finanziare i servizi alle persone, in funzione della migliore qualità di vita di tutti, ma se ciò comporta l'incremento delle produzioni dei beni e della popolazione si pone il problema della sostenibilità che si evidenzia anche con gravi conseguenze in occasione dei fenomeni del dissesto idrogeologico, purtroppo inevitabili rispetto a qualsiasi tipologia gestionale del territorio.

Emerge dunque una contraddizione apparentemente irrisolvibile, già messa in evidenza fin dagli anni Settanta del secolo scorso da una minoranza di scienziati e intellettuali, trascurata nei decenni successivi e che si presenta oggi ad imporre all'umanità intera ed anche al popolo italiano, una sfida molto complicata nel trovare i giusti equilibri tra la sostenibilità ambientale, l'economia e il diritto di ciascun cittadino del pianeta ad una vita sicura e decorosa.

Torino, maggio 2023

Gian Carlo PEROSINO