

Ringrazio il Magnifico Rettore per l'opportunità di inaugurare l'anno accademico, alla presenza del Presidente del Senato e di tutti voi.

Sono le immagini dell'evento Vaia a rappresentare, nella percezione comune, un cambiamento di paradigma nella manifestazione degli impatti del cambiamento climatico sul territorio. Anche se Vaia rappresenta un evento relativamente minore, quando esaminato su scala europea, esso ci appare, rispetto alla storia climatica locale, come un evento del tutto nuovo. Nuovi sono anche gli impatti sull'ambiente forestale, che vediamo rappresentati in questa fotografia. Come ricorda Rigoni Stern in 'Arboreto selvatico', l'albero ha sempre «esercitato sugli uomini sensazioni di mistero e di sacro e il bosco è stato il primo luogo di preghiera». Non stupisce quindi che la risposta sociale all'evento sia stato imponente, come abbiamo potuto verificare con la mobilitazione della società civile nella gestione degli interventi di soccorso e nelle operazioni post-evento. (figura 1).

Con raffiche di intensità anche superiori a 190 km/h, l'evento ha causato 13 vittime ed impatti negativi a vasta scala. I danni, che qui vediamo riferiti al solo patrimonio forestale, sono ingenti e distribuiti sull'intero territorio dell'Italia nord-orientale. Il valore, indicato nella slide, fornisce una descrizione sommaria ma incisiva: il volume di legname coinvolto è pari a 7 volte la quantità di tronchi lavorati annualmente in Italia. (figura 2).

L'evento è stato accompagnato da precipitazioni intense. Le altezze cumulate di precipitazione che hanno caratterizzato l'evento sono risultate più elevate di quelle registrate nel novembre del 1966, un'alluvione che ha rappresentato un riferimento storico per queste regioni. La concentrazione delle piogge nelle aree ad orografia più complessa ha innescato una risposta idro-erosiva (frane e colate detritiche) con caratteri di assoluta eccezionalità. (figura 3)

La buona performance dei sistemi di previsione idro-meteorologica, l'efficace comunicazione delle previsioni ai cittadini, e la densa presenza di opere di sistemazione idraulico-forestale e di regimazione hanno complessivamente permesso di limitare i danni alle comunità ed alle infrastrutture. In alcune dolorose situazioni, tuttavia, i limiti progettuali delle opere sono stati superati. Questa che vediamo è una briglia di dimensioni molto importanti dove l'erosione massiva ha asportato completamente il materiale di fondazione, lasciando un varco alla base di circa 5 metri. Questa immagine, drammatica, sottolinea l'importanza di dar conto del rischio che si determina con l'insufficienza delle opere (il cosiddetto rischio residuo) e di comunicare questo rischio con efficacia alla popolazione. Questa fase è essenziale in qualsiasi gestione del rischio post-evento, riguardando il ripristino e la costruzione di nuove opere, e qui ritorneremo fra poco. (figura 4)

È interessante esaminare l'evento Vaia nel quadro più ampio dell'analisi del cambiamento climatico e dei suoi effetti su un particolare tipo di pericolosità naturale, quella relativa agli eventi di piena. In particolare, il Dipartimento Territorio e Sistemi Agro-Forestali ha collaborato, talora coordinandole, ad una serie di azioni di ricerca Europee che hanno permesso di indagare la struttura della variazione nel tempo delle variabili idro-meteorologiche che controllano il regime di piena dei fiumi. Sono stati così sviluppati degli archivi di dati importanti, provenienti da 38 Paesi Europei per il periodo di 50 anni dal 1960 al 2010. Questo è il dataset di osservazioni di portata più esteso fra quelli attualmente disponibili in Europa, e ci permette di indagare, a scala europea, il segnale di

trend nel regime di piena fluviale e la sua coerenza spaziale. Si tratta di un'analisi retrospettiva su quanto è successo nel recente passato al fine di fornire un'indicazione per il prossimo futuro.

Abbiamo analizzato il segnale di cambiamento di tre potenziali drivers di variazione del regime di piena: si tratta dei massimi annuali di precipitazione (in viola), del valore mensile massimo annuale di umidità del suolo (azzurro) e della temperatura media dell'aria (giallo). La variazione temporale delle quattro variabili è stata studiata su sette diverse regioni Europee.

I risultati che vediamo proposti in questa figura, da una nostra pubblicazione su Science del 2017, mostrano la situazione nell'Italia centrale. Qui, il regime di piena (verde) è controllato dalle piogge autunnali, che evidenziano una contrazione significativa nel tempo. Questo trend, associato ad un aumento importante delle temperature, determina una diminuzione dell'umidità del suolo. L'insieme di queste dinamiche determina una significativa variazione negativa delle portate di piena. Vedremo più tardi che questa evidenza vale anche per l'intera penisola italiana. Le situazioni alla scala europea sono assai diversificate fra loro: nella parte settentrionale della Gran Bretagna, il quadro è completamente invertito, come pure in Francia. In queste regioni le precipitazioni stanno aumentando, come pure l'umidità del suolo e le piene che così di vengono a generare (figura 5).

Questa figura descrive il primo effetto della composita influenza dei drivers prima menzionati. Il dato esaminato riguarda il momento nell'anno in cui tipicamente si viene a verificare la piena fluviale. È il concetto di stagionalità del regime fluviale. Vediamo che la stagionalità del regime di piena in Europa sta variando, in modo significativo ed assai eterogeneo. Complessivamente, possiamo osservare che l'incremento generalizzato delle temperature determina un anticipo delle piene da scioglimento nivale nell'Europa orientale e settentrionale, la regione 1 in figura. Inoltre, un ritardo nelle precipitazioni autunnali ed invernali determina un ritardo nei regimi di piena delle regioni del mare del

Nord ed in alcuni settori del Mediterraneo (le regioni 2 e 4 in figura). Il ritardo (o l'anticipo) può essere importante, arrivando in taluni casi anche a 2 mesi. Questi risultati sono rilevanti perché certificano le variazioni in atto, e possono essere usati per la verifica a grande scala dei modelli integrati di impatto delle variazioni climatiche (figura 6).

Infine, arriviamo con questa figura a delineare il trend temporale di variazione della magnitudo del picco di piena. È la domanda chiave: le portate di piena stanno aumentando oppure diminuiscono nel tempo? La complessità del pattern che abbiamo esaminato prima qui si semplifica notevolmente. Emergono nettamente tre regioni europee. Nel caso dell'Europa centro-settentrionale (la regione 1) si notano dei trend generalmente in aumento, talora anche assai significativo. Questo pattern è rovesciato nell'Europa meridionale ed orientale (le regioni 2 e 3 in figura), dove i trend sono opposti, con una diminuzione quasi generalizzata dei picchi di piena. L'Italia nord-orientale si colloca nella regione di transizione fra i due regimi. L'intervallo di variazione dei trend va da +12% per decade a -13% per decade, con variazioni che quindi di grande momento. È interessante osservare che questi andamenti sono coerenti con la maggior parte delle proiezioni climatiche per il 21° secolo. Questo implica che le proiezioni dei cambiamenti sono in effetti già all'opera, conferendo una particolare urgenza alla necessità di tener conto di tali variazioni nella gestione del rischio di piena.

Questi risultati indicano quanto sia fallace la percezione di generalizzato ed uniforme incremento dei picchi di piena, di cui spesso sentiamo parlare. Dobbiamo rilevare, nondimeno, che in questo caso vi possono essere responsabilità esterne ai drivers meteo-climatici. Per esempio, la regimazione dei fiumi può determinare variazioni importanti in termini di magnitudo dei picchi di piena. Tuttavia, per la maggior parte dei corsi d'acqua qui considerati le grandi regimazioni si sono verificate prima del 1960, e quindi sono antecedenti all'intervallo temporale utilizzato in questo studio (figura 7).

In questa mappa abbiamo la traduzione dei trend prima osservati in termini di severità, ovvero di tempo di ritorno (il tempo che intercorre in media fra un superamento ed il successivo di un'assegnata portata). In particolare, la mappa riporta il tempo di ritorno attuale di una portata caratterizzata da un tempo di ritorno di 100 anni (una dimensione caratteristica di progettazione idraulica) nel 1960. Trend negativi (ovvero portate decrescenti, come quelli riportati sulla penisola italiana) implicano che quella che nel 1960 era una piena 'centennale' è ora caratterizzata da un tempo di ritorno maggiore (da 125 a 500 anni). La lettura della mappa indica pertanto, e nuovamente, che la percezione generalizzata di incremento dei picchi di piena è fallace e non verificata dai fatti, almeno per gran parte della nostra penisola.

Al tempo stesso, possiamo dire che questa sintesi offre una interpretazione schematica della realtà. È schematica perché con un singolo valore di portata di picco vuole descrivere il regime di piena di quell'anno in quella località. In effetti, il regime di piena è composto da diverse tipologie di piena, che vanno dalla piena improvvisa alla piena da scioglimento nivale alla piena da precipitazione prolungata, per esempio (figura 8).

Assistiti da una dotazione sufficiente di osservazioni, è possibile esaminare il comportamento nel tempo dei singoli tipi di piena. È quanto abbiamo fatto operando sul transetto che attraversa le Alpi rappresentato in Figura, utilizzando dati relativi a bacini di modesta dimensione spaziale. Abbiamo così potuto distinguere in ciascuna serie temporale i diversi tipi di piena, ed esaminato le rispettive caratteristiche di trend. L'analisi dei trend che così si riconoscono mostra come in buona parte dei bacini idrografici italiani considerati, i più importanti trend positivi, talvolta in modo assai marcato, sono quelli delle piene improvvise. Si tratta di piene innescate da precipitazioni convettive, caratterizzate da modeste scale spazio-temporali e da elevata intensità di pioggia. Possiamo dire che questa volta la percezione comune di aumento nel tempo di questa tipologia di piena è confermata dalla analisi dei dati (figura 9).

Questa considerazione immediatamente ne impone una ulteriore. Le piene improvvise, in ragione della loro dimensione, tendono ad eludere i tradizionali sistemi di misura idro-meteorologica. Per esempio, essendo troppo piccole rispetto alla densità dei sistemi monitoraggio idro-meteorologico, tendono a non essere catturate. Questa figura, ottenuta dall'analisi di dettaglio di una serie di piene improvvise europee, mostra una distribuzione di misure di portate al picco di piena. Quelle indicate in blu provengono da misure standard. Vediamo che è assai raro disporre di misure idrometriche standard per piene improvvise che colpiscono bacini più piccoli di 100 km<sup>2</sup>. È un dato significativo, anche perché gran parte delle perdite di vite umane dovute a queste piene si osservano su bacini di questa dimensione.

La sottorappresentazione delle piene improvvise nelle analisi statistiche dei dati e nelle descrizioni modellistiche dei processi può alimentare una fallace rappresentazione del rischio di piena. Per questo motivo è importante sviluppare metodologie di monitoraggio post evento che possano descrivere compiutamente anche questa tipologia di piena, così centrale con la attuale modifica del clima. Questa è un'attività di grande rilevanza presso il nostro Dipartimento e la nostra Università (figura 10).

L'evidenza delle importanti variazioni nel regime di piena e l'impatto determinato dal verificarsi di eventi di piena estremi genera una serie di processi di feedback che, filtrati dagli elementi di sistema (per esempio la demografia) e dalle condizioni socio-economiche, si cristallizzano infine in politiche, decisioni e misure di gestione del rischio di piena. Questi processi sono controllati anche dalla percezione del rischio degli attori principali. È interessante notare che la percezione del rischio idraulico si distingue, per la natura di risorsa dell'acqua, da quella degli altri rischi naturali (come l'incendio ed i terremoti), dando luogo ad una serie di ambiguità e paradossi comunicativi di cui occorre tener conto (figura 11).

Per capire alcune caratteristiche della percezione del rischio idraulico e della sua dinamica temporale, per esempio del modo in cui questa si degrada a partire dall'ultima manifestazione di un evento pericoloso, abbiamo sviluppato un'analisi sociale di tipo longitudinale. In collaborazione con studiosi di scienze sociali, abbiamo proposto un questionario relativo alla percezione del rischio ai cittadini di alcune comunità in Trentino a distanza di 15 anni. La prima raccolta di questionari era stata fatta nel 2003 - 2004, a distanza di due anni da una serie di eventi di piena piuttosto intensi che avevano colpito le comunità (sono le località che vedete in questa slide). La seconda raccolta, su questionari identici, è stata realizzata nel 2018, in settembre, un mese prima dell'evento Vaia. Con nostra sorpresa, abbiamo potuto notare una sostanziale uniformità nelle risposte date nei due istanti temporali, una circostanza che segnala la rapida degradazione della percezione sociale del rischio dopo un evento calamitoso. In sostanza, la memoria collettiva dell'evento, anche in località colpite pesantemente, si degrada dopo un tempo relativamente ridotto. Questo segnala, fra l'altro, che la finestra temporale utilizzabile per attuare un processo di riesame collettivo delle scelte sociali ed ambientali in tema di rischio risulta assai breve (un anno o poco più nell'esempio che abbiamo potuto osservare) (figura 12).

Un cambiamento significativo, ma contrario alle nostre attese, riguarda la percezione che un evento pericoloso possa riproporsi nel prossimo futuro. Come vediamo in questa slide, la risposta positiva aumenta passando dal 2005 al 2018. Una risposta probabilmente influenzata dalla percezione di una modifica in senso negativo del clima, ed indica come le informazioni di contesto possono influenzare le attese di rischio (figura 13).

L'effetto 'delega' è un processo noto nella gestione del rischio. Sotto l'azione dell'effetto di delega, un soggetto che confida nelle buone performances delle istituzioni (p.es. la protezione civile) e delle opere di difesa, tende ad esibire una diminuita consapevolezza e capacità di gestione personale del rischio. È un effetto importante, anche perché dimostra la necessità di operare sul rischio a

tutti i livelli ed a tutte le scale, se si vuole ottenere un aumento complessivo di resilienza del sistema. Ebbene, le nostre indagini hanno evidenziato un significativo effetto delega, immutato nel tempo. I risultati esposti in questa slide sono eloquenti. Espressa in scala Lickert, abbiamo il grado di accordo con una serie di affermazioni, da 1 (disaccordo) a 5 (accordo pieno). L'affermazione che le opere danno un senso di sicurezza raccoglie un accordo del 64%. Il 62% è in disaccordo con l'affermazione che le opere siano costose rispetto ai benefici. Le opere di difesa sono percepite come importanti per il senso di sicurezza che riescono a trasmettere. Inoltre il loro costo non è giudicato eccessivo rispetto ai benefici che permettono di conseguire. Da una parte, questo è un segnale rassicurante circa la percepita capacità di protezione dei cittadini offerta dalle organizzazioni di protezione civile e dal sistema delle opere. Nello stesso tempo, proprio questi numeri ci danno la misura della ampiezza del paradosso della sicurezza innescato dalla presenza delle opere di difesa (figura 14).

Le opere di difesa, per loro natura, sono caratterizzate da un limite nel grado di protezione che possono offrire. Questa fotografia è un esempio di opera che durante l'evento Vaia è stata cimentata in eccesso rispetto ai valori progettuali. L'opera ha evidentemente permesso di limitare il danno complessivo alla comunità a valle, ma la colata innescata dall'evento Vaia è stata di tali dimensioni da superare nettamente il limite progettuale dell'opera. I danni conseguenti, e purtroppo anche la dolorosa perdita di una vita umana, sono il risultato dell'inevitabile limitatezza progettuale insita nel concetto stesso di intervento strutturale. Le opere quindi non possono annullare il rischio; ci offrono invece un importantissimo spazio di gestione (figura 15).

Questo limite è sconosciuto nella normale comunicazione in materia di rischio: basti pensare alla locuzione 'messa in sicurezza' così fallace nel trasmettere un perentorio senso di definitivo superamento della pericolosità naturale. La mancanza di un lessico condiviso fra esperti, popolazione e decisori è una ovvia conseguenza.



La evidenza di una maggiore variabilità negli estremi di precipitazione e di risposta idrologica del territorio legata al cambiamento climatico rende urgente lo sviluppo di un percorso di ricerca condiviso fra studiosi delle scienze sociali e di quelli delle scienze fisiche in grado di promuovere strategie di gestione del rischio realmente in grado di integrare l'elemento dell'esperienza umana.

È stato detto che la tempesta Vaia rappresenta un'opportunità di rinnovo per l'ecologia delle foreste danneggiate. Più in generale, la sfida rappresentata dall'emergere di nuove forme di crisi ambientali innescate dal cambiamento climatico reclama una rinnovata ecologia della conoscenza. Da questo punto di vista, l'integrazione dei saperi trova nell'Università di Padova una ricchezza di eccellenze diffuse ed una spinta all'innovazione che le permette di giocare un ruolo centrale di fronte a problemi che sono globali.

Buon Anno Accademico a tutti.



Fig. 1. Da: Veneto in ginocchio: Maltempo ottobre/novembre 2018. Regione Veneto, 2018

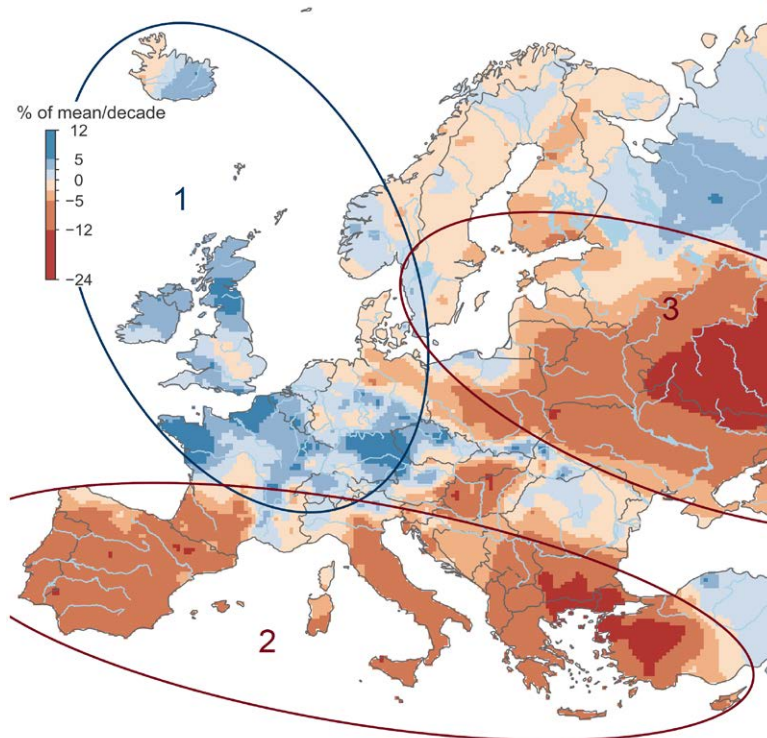


Fig. 2....e la variazione della magnitudo (1960-2010)

Da: Bloeschl et al., 2019, Changing climate both increases and decreases European floods.  
Under review. Redrafted.

| Valore danno (M€) |               |                 |                   |                                       |                     |
|-------------------|---------------|-----------------|-------------------|---------------------------------------|---------------------|
|                   | <i>ha</i>     | <i>1.000 mc</i> | <b>50</b><br>€/mc | <b>(50 - 30)</b><br>€/mc <sup>1</sup> | €/anno <sup>2</sup> |
| Veneto            | 12.114        | 2.500           | 125               | 50                                    | 5,7                 |
| PATN              | 18.300        | 3.300           | 165               | 66                                    | 8,6                 |
| PABZ              | 4.200         | 1.500           | 75                | 30                                    | 2,0                 |
| FVG               | 3.600         | 950             | 48                | 19                                    | 1,7                 |
| Lombardia         | 3.200         | 400             | 20                | 8                                     | 1,5                 |
| <b>Totale</b>     | <b>41.491</b> | <b>8.690</b>    | <b>434</b>        | <b>174</b>                            | <b>19,5</b>         |

Fig. 3. Dati sui danni (solo patrimonio forestale) sette volte la quantità di tronchi da sega lavorati annualmente in Italia

Da: Pettenella et al., 2019: Eventi climatici estremi: quali scelte per stabilizzare l'economia forestale? Accademia Galileana

Convegno «Cause ed effetti della devastazione nell'area montana triveneta», Padova, 30 gennaio 2019.

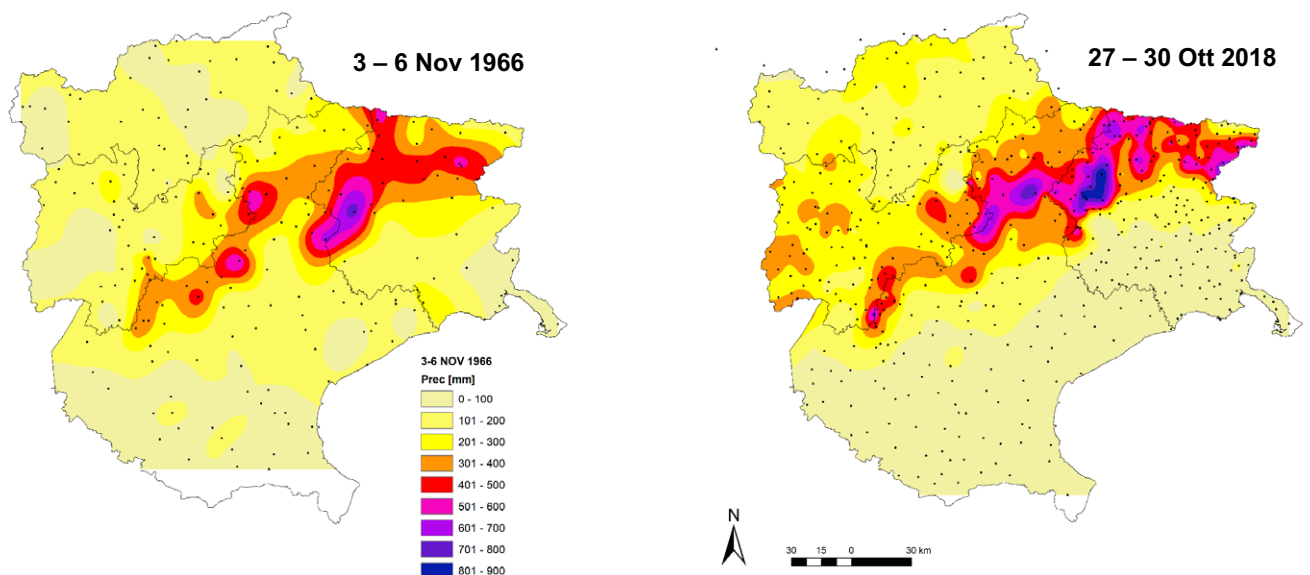


Fig. 4. Cumulate di precipitazione





Fig. 5. Rio Rotian, Dimaro, Trentino 2 novembre 2018

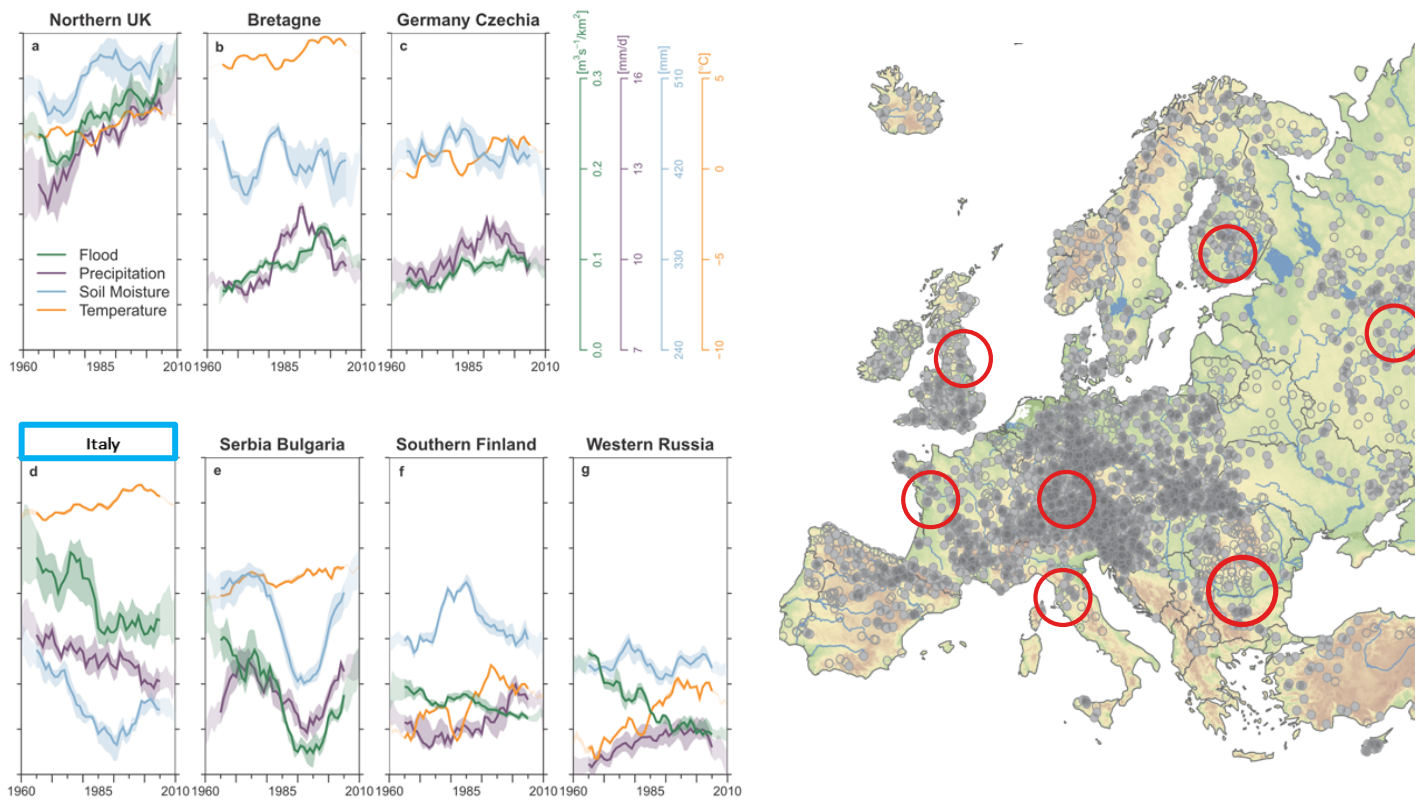


Fig. 6. Regime di piena: effetti del cambiamento climatico

Da: Bloesch et al., 2017, Changing climate shifts timing of European floods. Science, 357, 6351, 588-590. Redrafted.

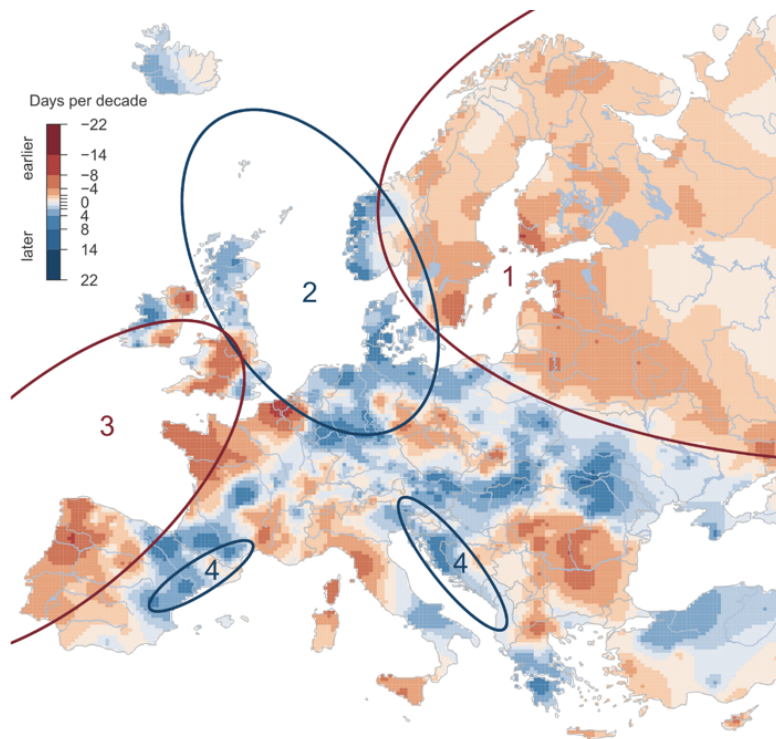


Fig. 7. Variazione della stagionalità del regime di piena (1960-2010)...

Da: Bloeschl et al., 2017, Changing climate shifts timing of European floods. Science, 357, 6351, 588-590. Redrafted.

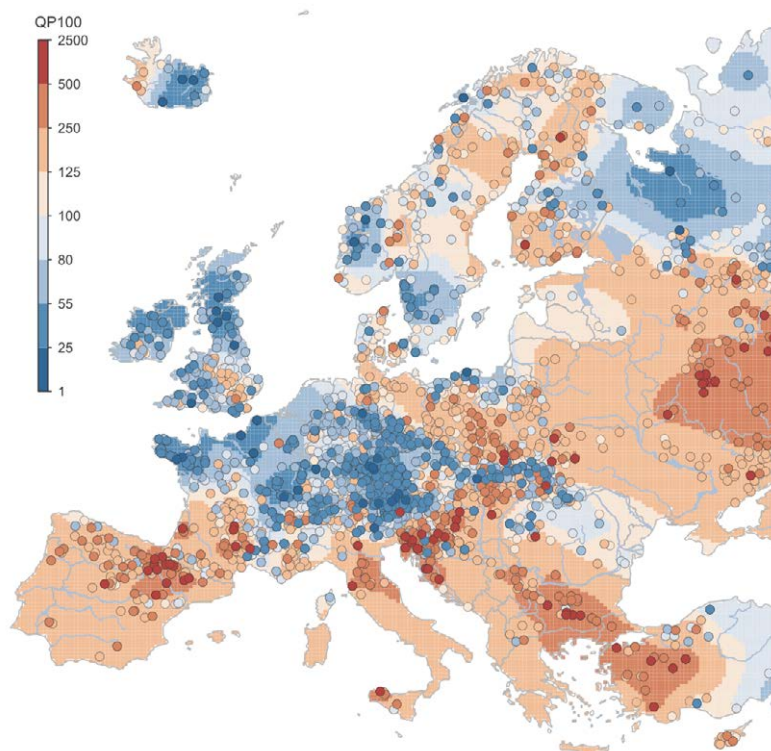


Fig. 8. Variazione della severità (1960-2010)

Da: Bloeschl et al., 2019, Changing climate both increases and decreases European floods. Under review. Redrafted.







Fig. 11. Meccanismi di retroazione e percezione del rischio di piena

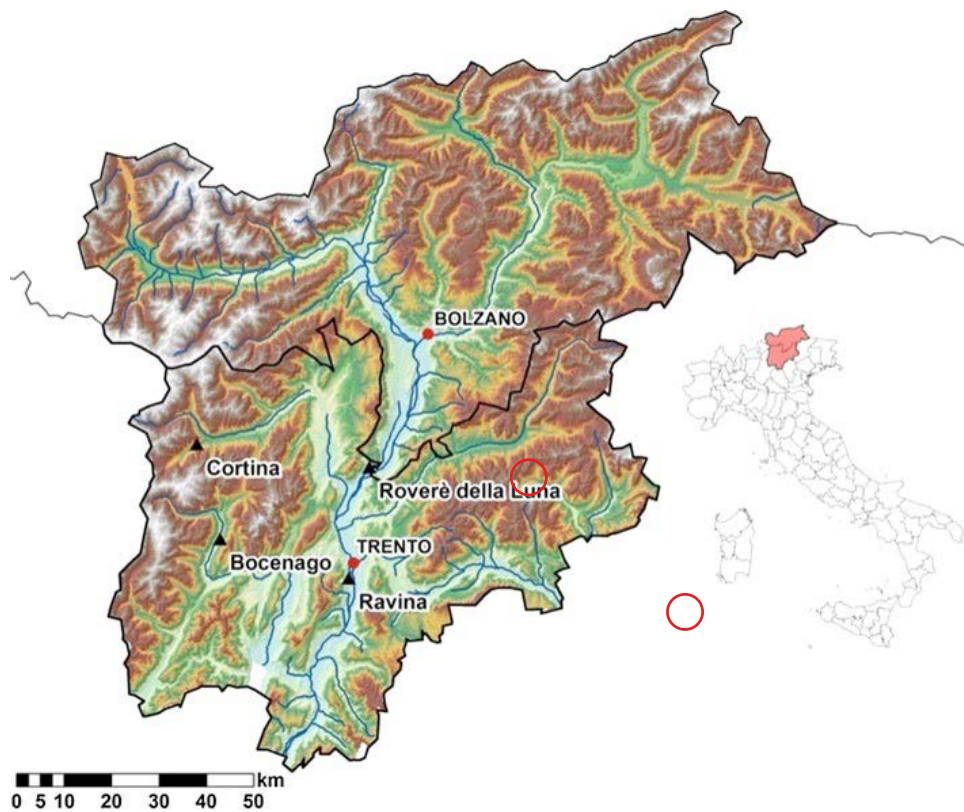


Fig. 12. Percezione del rischio: una indagine longitudinale  
 Da: Scolobig et al., 2012, The missing link between flood risk awareness and preparedness: findings from case studies in an Alpine. Nat Hazards, 63 :499–520.

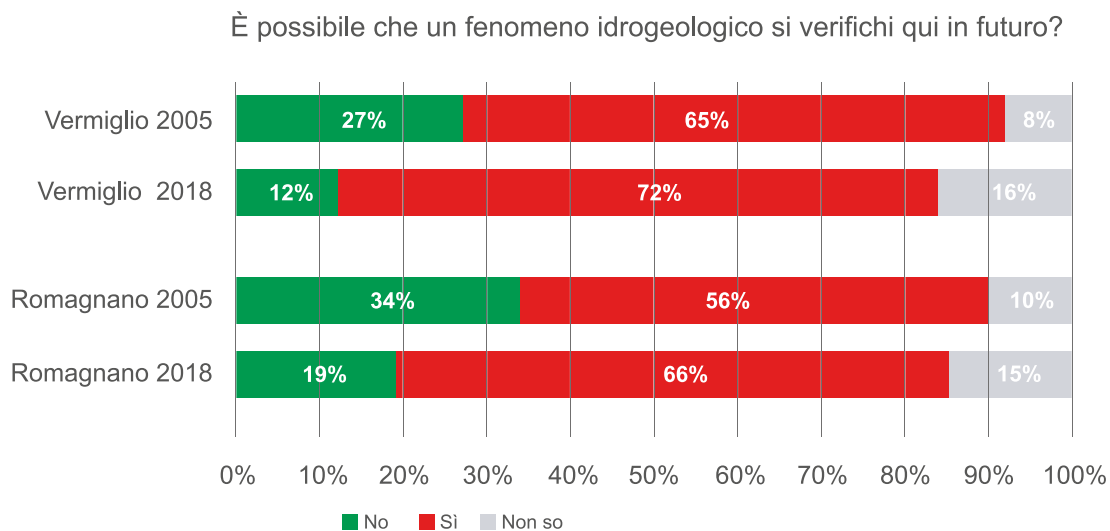


Fig. 13. Percezione del rischio: come cambia nel tempo

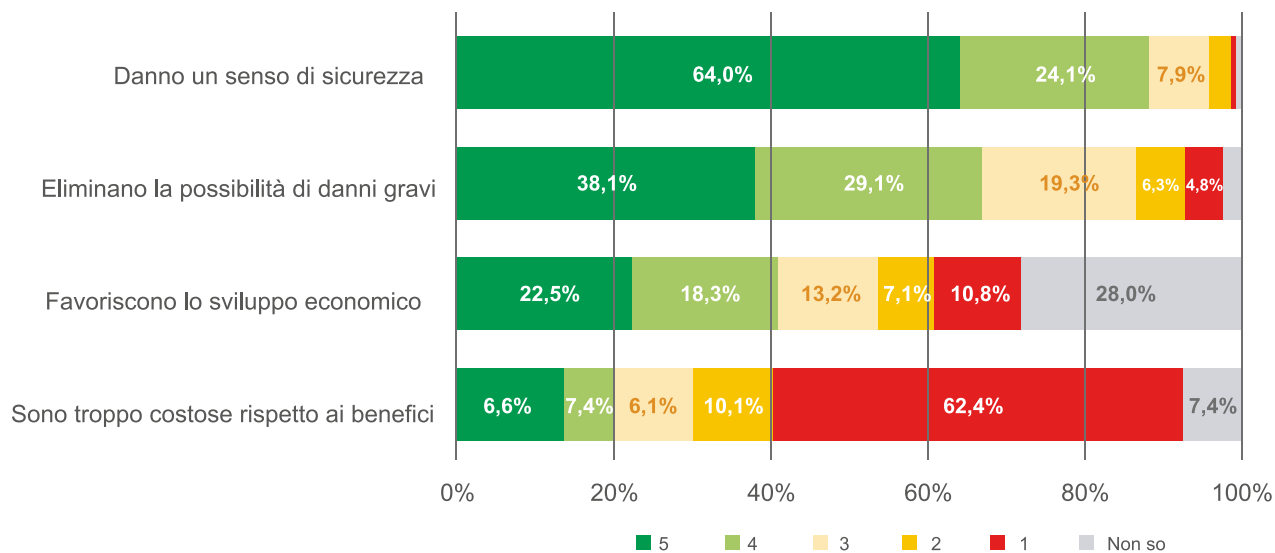


Fig. 14. Percezione del rischio: il ruolo delle opere





Fig. 15. Rio Rotian, Dimaro, Trentino 2 novembre 2018