



UNIVERSITA' POLITECNICA DELLE MARCHE
FACOLTA' DI SCIENZE DELLA VITA E DELL'AMBIENTE

Corso di Laurea
Scienze Ambientali e Protezione Civile

L'IMPATTO DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI SULLA FREQUENZA DELLE FRANE: IL CASO STUDIO DEL BACINO DEL FIUME ESINO (ITALIA CENTRALE)

Impact of climate change on landslides frequency:
the Esino river basin case study (Central Italy)

Tesi di Laurea di:
Morelli Valeria

Docente Referente:
Dott.ssa Gioia Eleonora

Anno Accademico 2019/2020



ORIGINAL PAPER

Impact of climate change on landslides frequency: the Esino river basin case study (Central Italy)

Lorenzo Sangelantoni^{1,2}  · Eleonora Gioia² · Fausto Marincioni²

Received: 14 November 2017 / Accepted: 20 April 2018

© Springer Science+Business Media B.V., part of Springer Nature 2018

INTRODUZIONE

Le precipitazioni sono la causa principale d'innescio di frane (e.g., De Vita and Reichenbach 1998; Guzzetti et al. 2007) e l'aumento della frequenza e dell'intensità di piogge determina un incremento della magnitudo e della frequenza delle frane.

È evidente il **collegamento** tra precipitazione e frane, ma non è facile capire quanta pioggia sia necessaria affinché si scateni un evento.

Questo lavoro si basa **sull'osservazione** degli eventi di precipitazione passati che hanno innescato frane, sulla base dei quali si va a costruire un modello per il futuro, ipotizzando diversi scenari.



<https://www.viveresenigallia.it/>



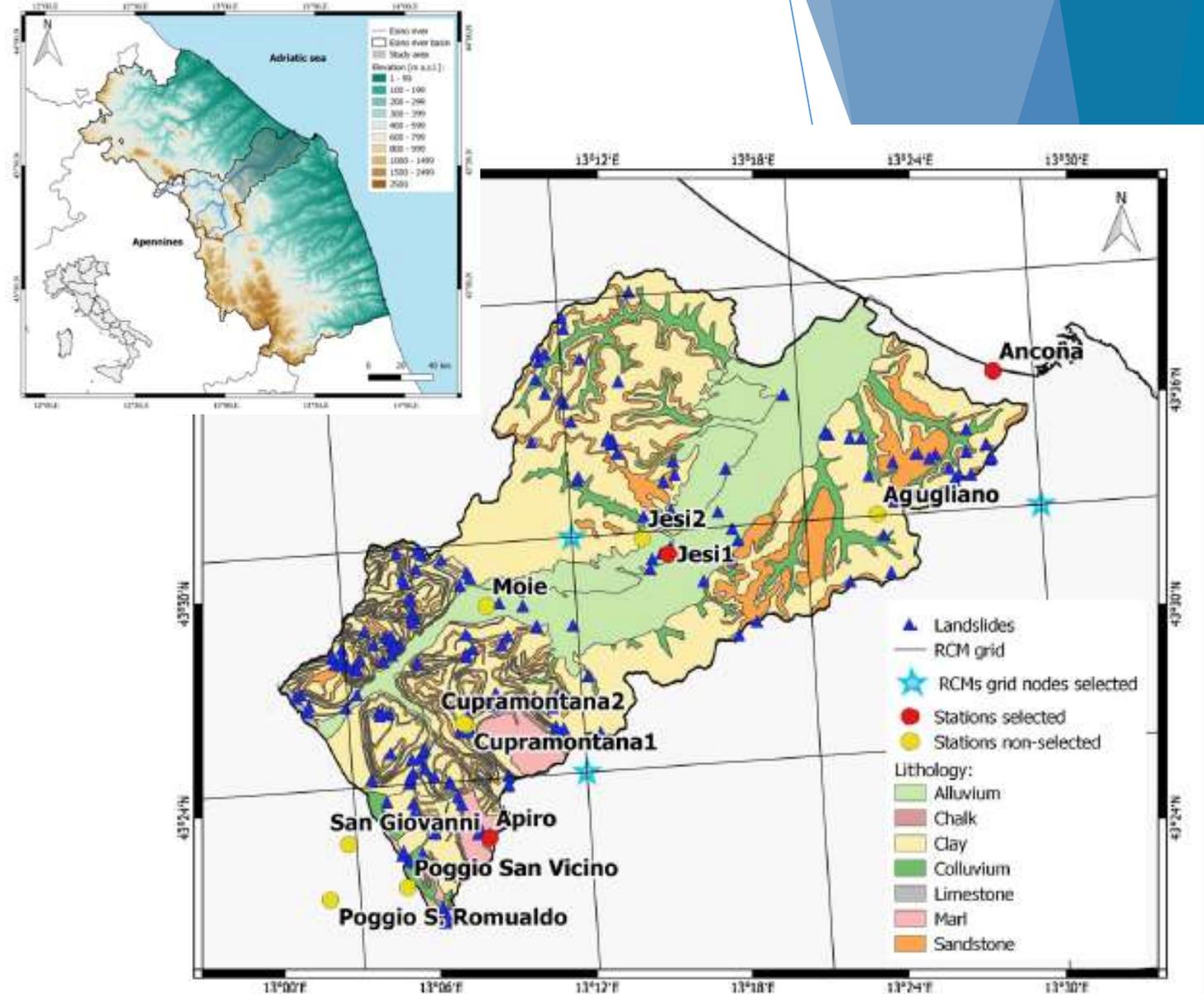
<https://www.viverejesi.it/2008-05-22>

AREA STUDIO

Lo studio si è concentrato sul bacino del fiume Esino, dove sono stati presi in considerazione tre siti:

- ▶ Ancona, esempio di costa;
- ▶ Jesi, esempio di collina;
- ▶ Apiro, esempio montuoso;

In ciascuno dei quali è presente un pluviometro.



DATASET

1990-2012: 208 eventi franosi scatenati da 68 differenti eventi piovosi.

Evento piovoso: periodo di uno o più giorni nei quali si ha una pioggia intermittente di intensità ≥ 1 mm/giorno.

Due eventi sono distinti quando sono separati da un periodo di uno o più giorni in cui l'intensità è < 1 mm/giorno (Segoni et al. 2018).

Per simulare l'andamento delle precipitazioni dal **1971** al **2099**, sono stati utilizzati **3** differenti **modelli regionali climatici (RCM)** a risoluzione spaziale di 12.5 km.

Sono state analizzate le differenze nell'andamento delle precipitazioni in base a due scenari di **concentrazione di gas serra** in atmosfera, RCP 4.5 e RCP 8.5.

METODI - Elaborazione statistica delle precipitazioni simulate

Le serie temporali delle piogge simulate sono state processate con la tecnica QDM (quantile delta mapping), questa si basa su una correzione della simulazione per riprodurre l'intensità statistica delle piogge osservate, così da preservare i cambiamenti prodotti dalla simulazione originale (Berg et al. 2012; Gudmundsson et al. 2012).

È stata applicata la tecnica QDM a due diversi segmenti temporali: prima l'intero periodo (1971-2099) poi viene applicato ai due segmenti temporali distinti (1971-2000 e 2070-2099).

METODI - Modelli predittivi delle frane

Per le frane innescate da precipitazioni, una **soglia** rappresenta il limite di una condizione idrologica per cui è probabile che si verifichi una frana (Reichenbach et al. 1998).

In base alle soglie d'innescio degli eventi passati, sono state fatte delle previsioni, circa gli eventi futuri. In questo studio sono state individuate quattro variabili:

- ▶ (E) Precipitazione cumulata di evento [mm];
- ▶ (D) Durata della precipitazione [day];
- ▶ (R) Precipitazioni giornaliere [mm];
- ▶ (A₅) Precipitazioni dei 5 giorni antecedenti [mm];

Queste sono applicate a due diversi modelli:

- 1) Modello cumulata-durata (E-D)
- 2) Modello probabilistico bayesiano (E- A₅).

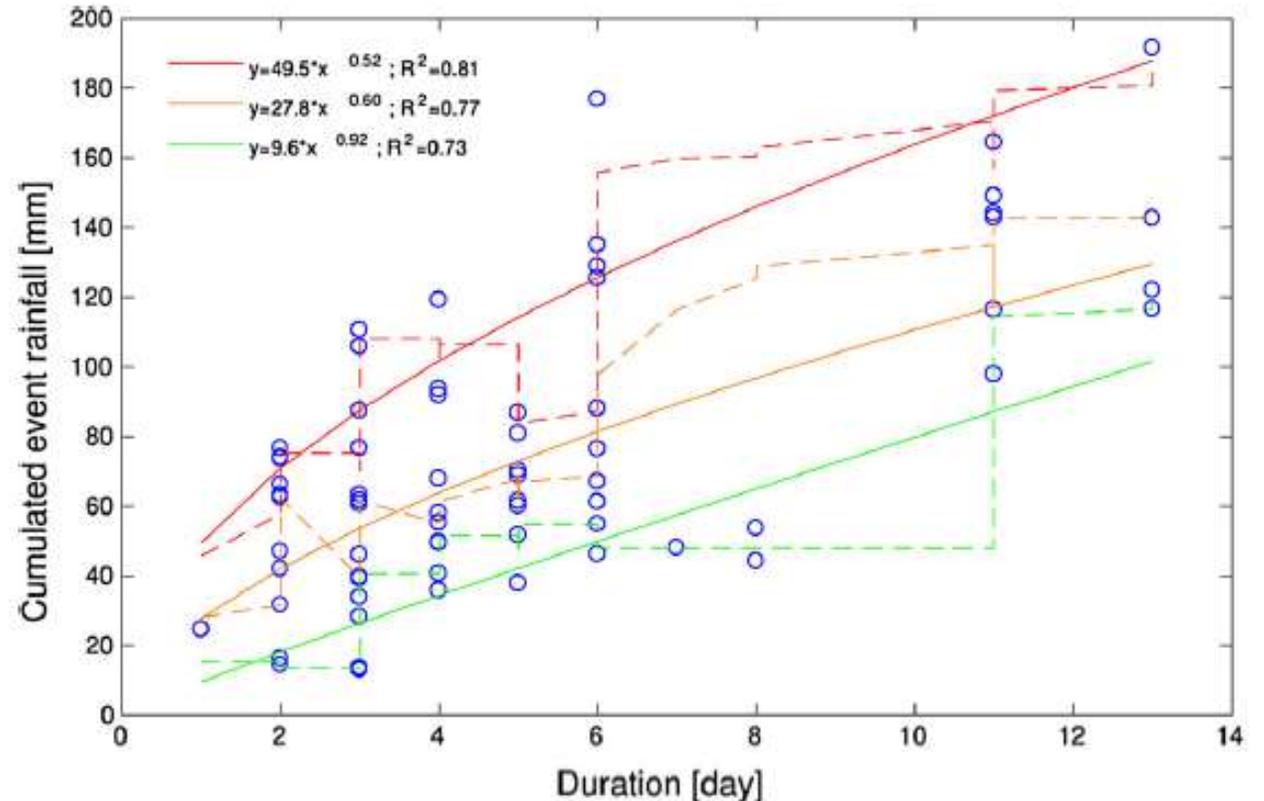
METODI - Modello cumulativo evento-durata

Questo modello (Brunetti et al. 2015; Gariano et al. 2015) prende in considerazione solo gli eventi di precipitazione passati che hanno scatenato eventi franosi.

Sono state prodotte tre curve di probabilità d'innescio delle frane, in base alla quantità di pioggia cumulata e alla durata dell'evento.

- ▶ **verde** probabilità del 10%,
- ▶ **arancione** probabilità del 50%
- ▶ **rosso** probabilità del 95%.

Nel grafico ad ogni O corrisponde un evento piovoso che ha innescato almeno una frana.



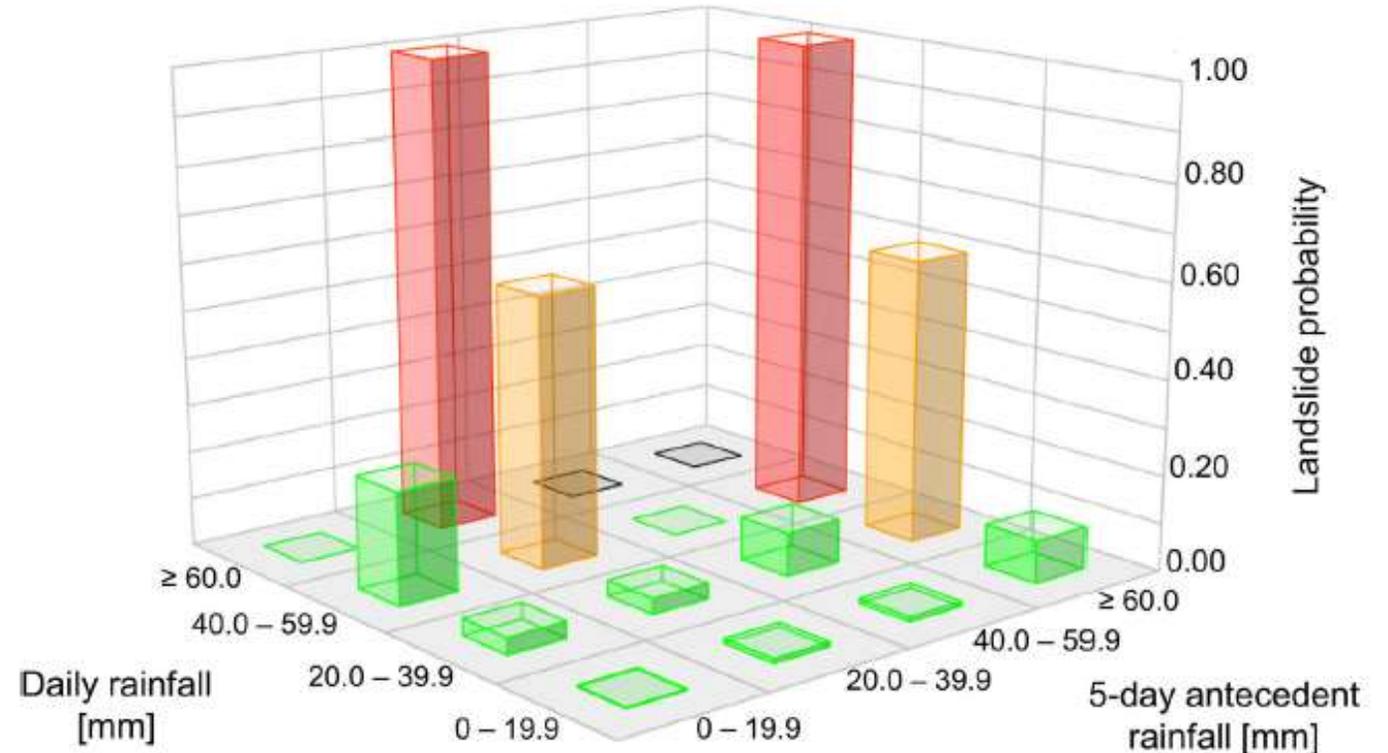
METODI - Modello bayesiano

In questo modello si prendono in considerazione tutti gli eventi piovosi, non soltanto quelli che hanno innescato delle frane, ma anche quelli che non ne hanno innescate (Coe et al. 2004).

Pertanto si parla di **probabilità condizionata**, ovvero la probabilità di accadimento di una frana (L) dato un evento di precipitazione giornaliera (R) e dei 5 giorni antecedenti (A_5).

Nell'istogramma si attribuisce ai valori di R e A_5 una classe di probabilità di innesco frana espressa in un valore tra 0 e 1.

- **verde** bassa probabilità;
- **arancio** media probabilità;
- **rosso** alta probabilità;
- **grigio** NA.



ANALISI

I modelli d'innescò delle frane e le precipitazioni simulate sono stati combinati per dare due analisi che sottolineano i cambiamenti stagionali e annuali futuri nel verificarsi di frane.

La prima analisi considera l'evoluzione temporale (1971-2099) degli eventi pluviometrici al di sopra delle soglie d'innescò delle frane.

Un'ulteriore analisi confronta i cambiamenti nella distribuzione di probabilità delle precipitazioni tra il passato (1971-2000) e il futuro (2070-2099).

Andamento degli eventi al di sopra della soglia di precipitazione (EARTH)

La tabella mostra l'andamento degli eventi pluviometrici al di sopra delle soglie di precipitazione (EARTH).

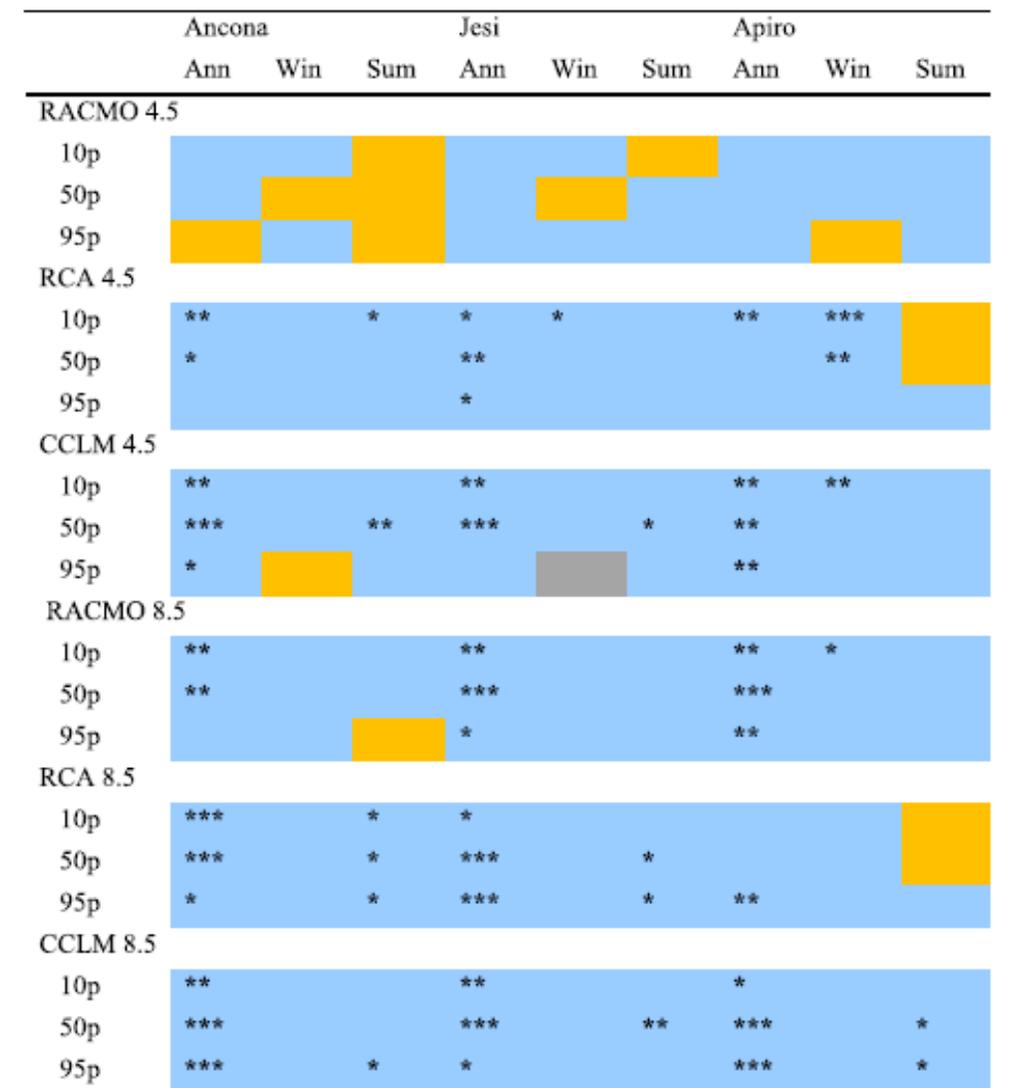
I risultati mostrano un **aumento** degli eventi che superano le soglie di precipitazione, in particolare aumenteranno gli eventi da severi a estremi.

L'evoluzione degli EARTH è influenzata anche dalla stagionalità delle precipitazioni, soprattutto in **estate**, quando aumentano gli sforamenti delle soglie di frana.

Per la stagione invernale si è osservato un lieve incremento dei EARTH.

Le porzioni **azzurre** indicano una tendenza a rialzo, in **arancio** al ribasso ed infine la casella di colore **grigio**, sta ad indicare un trend nullo, ovvero una condizione stabile.

Gli asterischi indicano quanto un valore sia statisticamente rilevante.



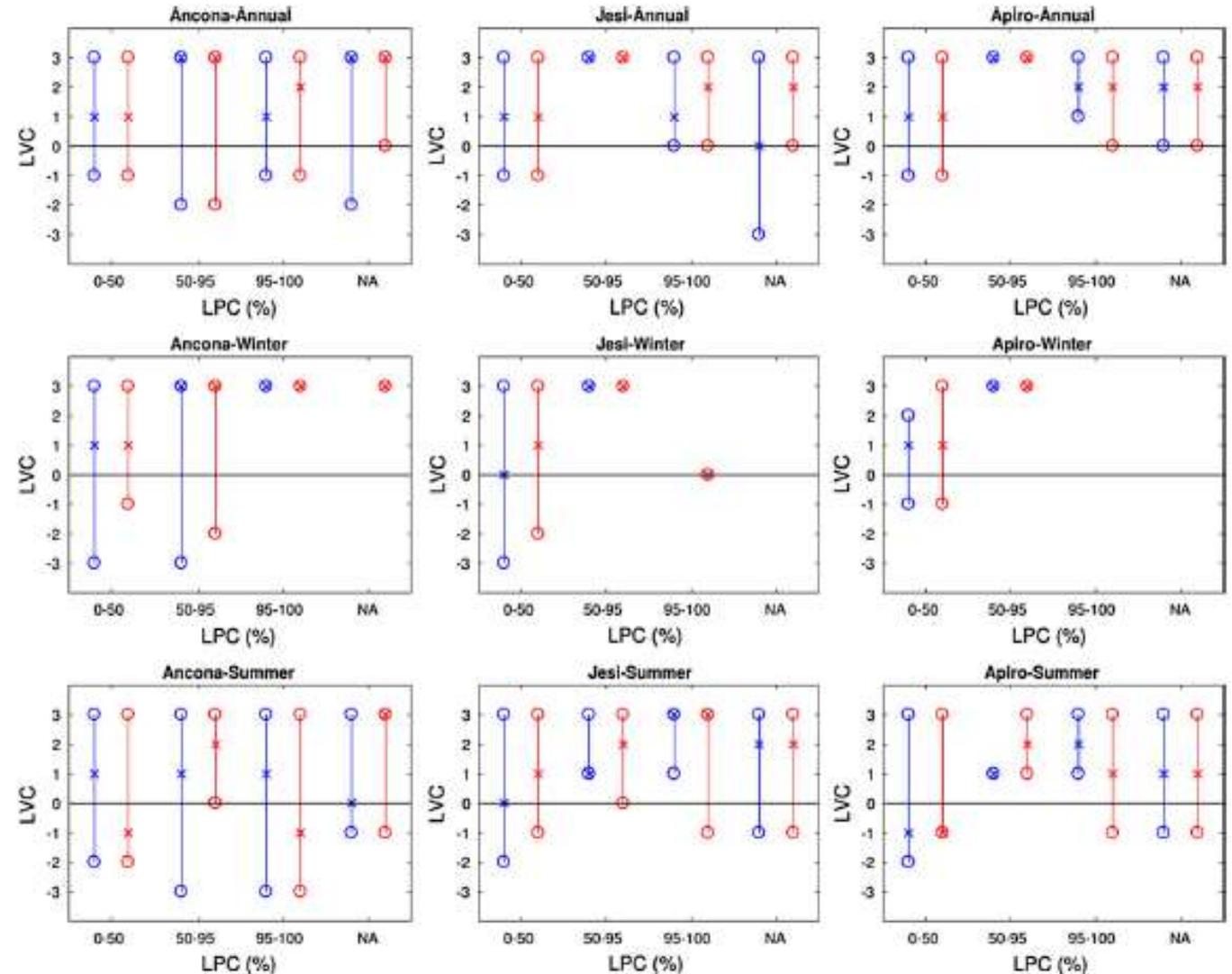
Variazione futura nella probabilità di frana

La **variazione** della probabilità di innesco di frane tra il trentennio passato (1971-2000) e quello futuro (2070-2099), analizzata con il **modello bayesiano**, è sintetizzata in questo grafico. Viene mostrata sia la variazione annuale, sia stagionale nei tre siti, ipotizzando entrambi gli scenari emissivi RCP, **4.5** e **8.5**.

Sulle ascisse troviamo i valori di probabilità di innesco frana (LPC).

Sulle ordinate invece, troviamo le classi di variazione di frana (LVC), i quali variano da -3 a +3.

Per ciascun LPC, la variazione di probabilità di innesco frana è espressa dalla dispersione dei valori (minimo, mediano e massimo) delle LVC. Più i valori di minimo e massimo (O) sono distanti, maggiore è l'incertezza dei dati. Il valore mediano è indicato dalla X. Se i valori minimo e/o massimo coincidono con la mediana, non c'è incertezza sui dati.



CONCLUSIONE

In questo studio sono state utilizzate delle **precipitazioni simulate**, allo scopo di prevedere l'andamento delle frane future nel bacino del fiume Esino fino alla fine del secolo.

Si sono effettuate analisi su tre siti, utilizzando due modelli statistici diversi su due scenari di emissioni di gas serra (RCP 4.5 e 8.5).

- ▶ Entrambe le analisi prevedono un **incremento** di frane nel bacino del fiume Esino, soprattutto se si considera lo scenario RCP 8.5.
- ▶ Tutti i modelli indicano un aumento di frane nel **sito montuoso**; il modello bayesiano prevede un aumento delle frane nel **sito costiero**, mentre l'analisi EARTH non mostra sostanziali differenze tra i **diversi siti**.
- ▶ Importanti differenze si possono osservare tra la stagione invernale e quella **estiva**, ma ancor di più si notano tra i due scenari RCP 4.5 e **RCP 8.5**.

In conclusione, consapevoli che l'innescò delle frane dipenda non solo dal clima, ma anche da molte altre variabili appartenenti sia alla sfera naturale che a quella antropica, si ritiene che produrre modelli predittivi di fenomeni franosi rappresenti uno strumento utile per i decisori, applicabile anche su diverse scale spaziali e temporali.

CITAZIONI

Berg P, Feldmann H, Panitz HJ (2012) Bias correction of high resolution regional climate model data. *J Hydrol* 448–449:80–92. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2012.04.026>

Brunetti MT, Peruccacci S, Antropico L, Bartolini D, Deganutti AM, Gariano SL, Iovine G, Lucani S, Luino F, Melillo M, Palladino MR, Parise M, Rossi M, Turioni L, Vennari C, Vessia G, Viero A, Guzzetti F (2015) Catalogue of rainfall events with shallow landslides and new rainfall thresholds in Italy. In: Lollino G, Giordan D, Crosta GB, Corominas J, Azzam R, Wasowski J, Sciarra N (eds) *Engineering geology for society and territory. Volume 2—landslide processes*. Springer, Berlin, pp 1575–1579

Coe J, Michael J, Crovelli RA, Laprade WT, Nashem WD (2004) Probabilistic assessment of precipitation- triggered landslides using historical records of landslide occurrence, Seattle, Washington. *Environ Eng Geosci* X:103–122

De Vita P, Reichenbach P (1998) Rainfall-triggered landslides: a reference list. *Environ Geol* 35:219–233. <https://doi.org/10.1007/s002540050308>

Gariano SL, Brunetti MT, Iovine G, Melillo M, Peruccacci S, Terranova O, Vennari C, Guzzetti F (2015) Calibration and validation of rainfall thresholds for shallow landslide forecasting in Sicily, Southern Italy. *Geomorphology* 228:653–665. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2014.10.019>

Gudmundsson L, Bremnes JB, Haugen JE, Engen-Skaugen T (2012) Technical note: downscaling RCM precipitation to the station scale using statistical transformations—a comparison of methods. *Hydrol Earth Syst Sci* 16:3383–3390. <https://doi.org/10.5194/hess-16-3383-2012>

Guzzetti F, Peruccacci S, Rossi M, Stark C (2007) Rainfall thresholds for the initiation of landslides in central and southern Europe. *Meteorol Atmos Phys* 98:239–267. <https://doi.org/10.1007/s00703-007-0262-7>

Reichenbach P, Cardinali M, De Vita P, Guzzetti F (1998) Regional hydrological thresholds for landslides and floods in the Tiber River Basin (central Italy). *Environ Geol* 35:146–159. <https://doi.org/10.1007/s002540050301>

Segoni S, Piciullo L, Gariano SL (2018) A review of the recent literature on rainfall thresholds for landslide occurrence. *Landslides*. <https://doi.org/10.1007/s10346-018-0966-4>