

1. Introduzione

L'area del Mediterraneo, come è noto, è una delle più vulnerabili al cambiamento climatico, i cui effetti si sono tradotti, negli ultimi decenni, in un incremento della frequenza di eventi meteorologici estremi, quali ondate di calore, periodi siccitosi e alluvioni. In questo lavoro sono state analizzate le precipitazioni estive (giugno-luglio-agosto) registrate nell'ultimo trentennio (1991-2020) nella Regione Campania, un territorio molto complesso e variegato sotto il profilo orografico. Al fine di caratterizzare in maniera esaustiva il regime pluviometrico dell'area di interesse, si è fatto ricorso ad una serie di indicatori che descrivono i fenomeni precipitativi in termini quantitativi, di frequenza di occorrenza e di eventi estremi. Sono state considerate 60 stazioni pluviometriche raggruppate in 9 sub-regioni, ciascuna afferente ad un diverso contesto morfologico e climatico. Dallo studio è emerso un generale incremento dei quantitativi di pioggia osservati di circa +13 mm/10 anni dell'intero territorio regionale. Tale risultato, sebbene non statisticamente significativo, è in accordo con le evidenze mostrate dai lavori pregressi (Longobardi and Villani, 2010).

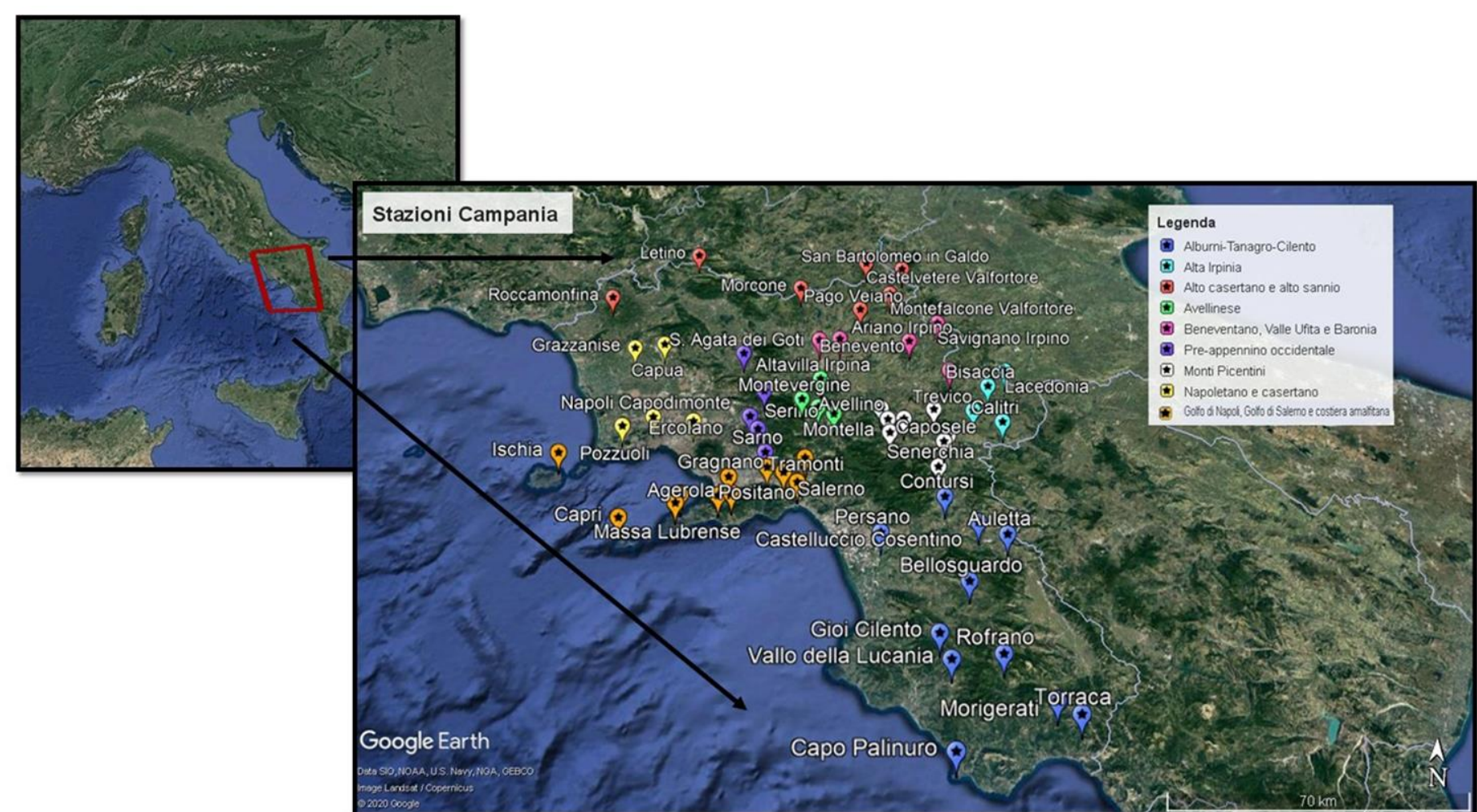


Fig. 1 Mappa dell'Italia che mostra la Regione Campania e la posizione delle 60 stazioni pluviometriche. Ogni colore si riferisce a un determinato settore (vedi legenda).

2. Metodologie e dati

Le serie temporali utilizzate in questo studio provengono, principalmente, da due dataset differenti, in quanto a cavallo dell'anno 2000 vi è stato un avvicendamento nella gestione del network istituzionale di centraline meteorologiche della Regione Campania. Alcune stazioni, proprio a causa di ciò, presentano importanti lacune (soprattutto nei primi anni 2000) e sono inevitabilmente affette da alcune disomogeneità. Per quanto concerne il periodo 1991-1999, i dati pluviometrici giornalieri del trimestre estivo sono stati digitalizzati manualmente dagli Annali del Servizio Idrografico e Mareografico di Napoli per poi essere elaborati su un foglio di calcolo Excel e successivamente in ambiente Matlab; i dati relativi al 2000-2020, invece, sono stati estratti dal database del portale del Centro Funzionale Campano. È stata utilizzata una vasta gamma di indicatori climatici ETCCDI (Karl *et al.*, 2009) volti a descrivere il regime pluviometrico dell'area di interesse; inoltre, per la ricerca di eventuali tendenze significative, si è fatto ricorso al test non-parametrico del Mann Kendall.

Tab. 1. Indici di precipitazione selezionati dall'insieme degli indici ETCCDI (Karl *et al.*, 2009).

Indicatore	Definizione
Precipitazione cumulata	Totale mensile e stagionale (in mm)
Frequenza di occorrenza	Numero di giorni con almeno 1.0 mm di pioggia
CDD (Consecutive Dry Days)	Numero di giorni consecutivi in cui sono state osservate precipitazioni nulle o inferiori a 1.0 mm
SDII (Intensità di precipitazione giornaliera)	Rapporto tra il totale di precipitazione caduta in un certo periodo e il numero di giorni piovosi
R20 (giorni con precipitazione molto intensa)	Numero di giorni con precipitazione uguale o maggiore di 20.0 mm

3. Risultati e discussioni

Da una disamina preliminare, basata su dati mediati sull'intero territorio regionale, è stato riscontrato un trend crescente delle precipitazioni estive. In Fig. 2 è riportato l'andamento delle precipitazioni osservate nella stagione estiva nel periodo 1991-2020. Il dato riportato per ogni singolo anno rappresenta la media, tra tutte le stazioni disponibili, della pioggia cumulata. Si stima un aumento medio delle precipitazioni estive di circa 40 mm in 30 anni, con un trend di circa +13mm/10 anni (linea rossa). Tuttavia, quel che mostra la Fig. 2 non è dal punto di vista statistico significativo, così come suggerito dal test di Mann Kendall: il valore del test Z, riportato in colore rosso, è infatti inferiore a quello minimo per la significatività dei trend (Wilks, 2006). Un'altra importante informazione che si può estrapolare dal grafico è la forte variabilità inter-annuale, con l'alternarsi di stagioni secche e piovose. Vale la pena porre l'accento sulla stagione più siccitosa, ovvero quella del 2017 con appena 26.8 mm, seguita invece da quella più piovosa se consideriamo l'ultimo trentennio con 173.5 mm. Tutto ciò va interpretato come una conferma dell'estrema irregolarità della pluviometria estiva campana.

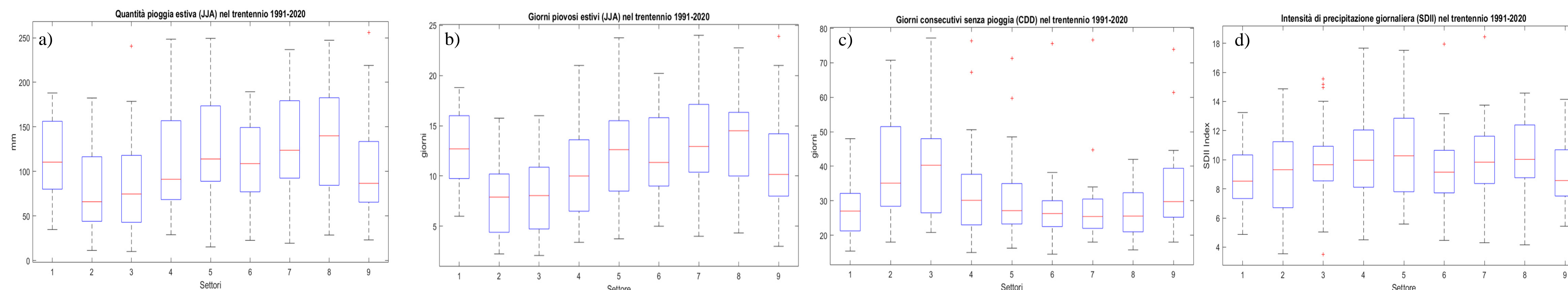


Fig. 3. Diagrammi a scatola (boxplot) per ciascuna delle nove sub-regioni in cui è stata ripartita l'area di interesse. La statistica è stata calcolata sui dati del periodo 1991-2020. a) Totale stagionale di pioggia cumulata (mm); b) frequenza di occorrenza delle precipitazioni (giorni con almeno 1.0 mm di pioggia); c) Consecutive Dry Days (CDD), il numero di giorni consecutivi in cui sono state osservate precipitazioni nulle o inferiori a 1.0 mm; d) SDII, intensità di precipitazione giornaliera; e) R20, il numero di giorni con precipitazione giornaliera molto intensa (uguale o superiore a 20.0 mm).

I pannelli della Fig. 3 mostrano, per ciascuna delle nove sub-regioni, un diagramma di tipo boxplot. Nel pannello (a) si possono distinguere due settori in cui gli apporti di pioggia sono molto scarsi, ovvero il 2 (napoletano e casertano) e il 3 (golfe di Napoli e Salerno e costiera amalfitana) mentre il settore 8, ovvero quello dell'Alta Irpinia, nonché il più orientale, risulta essere quello più piovoso. Dal pannello (b) emerge un quadro simile a quello poc'anzi descritto, con i valori più elevati, in termini di mediana, riscontrati ancora una volta in corrispondenza del settore 8. Valori simili, seppur leggermente più bassi, sono stati rilevati nei settori 5, 7 e 1. Nelle sub-regioni 2 e 3, invece, la pioggia cade con una frequenza dimezzata rispetto a quella del settore 8. Osservando il parametro CDD (c) si stima un valor mediano oscillante tra i 25 e 30 giorni per tutti i settori, fatta eccezione per le sub-regioni 2 e 3 in cui è posto tra i 35 e 40 con valori del 90° percentile che superano i 70 giorni. Il pannello (d) riguarda l'indice SDII, il cui valore mediano è relativamente omogeneo nei settori considerati; si noti, tuttavia, la forte dispersione rispetto alla mediana riscontrata per i settori 4 e 5. Il pannello (e), infine, riguarda l'indice R20, la cui mediana oscilla tra 1 e 2 giorni; la dispersione maggiore è stata riscontrata per i settori 8, 5 e 2, come testimoniato dal valore assunto dal 90° percentile. Il settore 2, dunque, è contraddistinto da un regime pluviometrico estivo povero sia in termini di quantitativi medi sia di frequenza di giorni piovosi, ma presenta un'esposizione agli eventi precipitativi molto intensi paragonabile a quella dei settori interni.

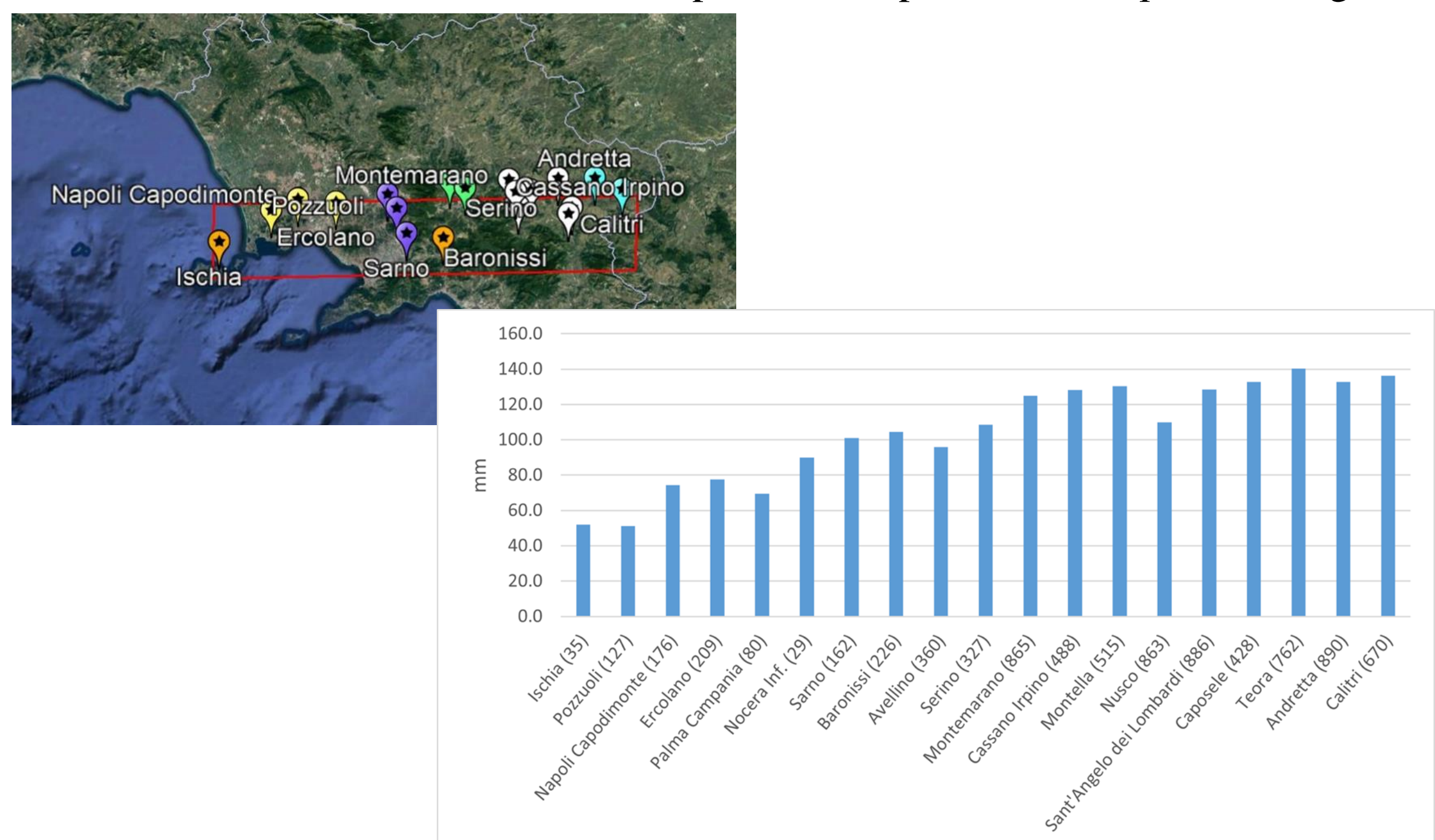


Fig. 4. Quantitativi di pioggia medi rilevati nel trimestre estivo (asse y del grafico a barre, in mm) nel trentennio 1991-2020 in corrispondenza di un transetto zonale (ovest-est, evidenziato in colore rosso) lungo 127 km e largo 25 km che include 19 stazioni afferenti a 6 sub-regioni (asse x).

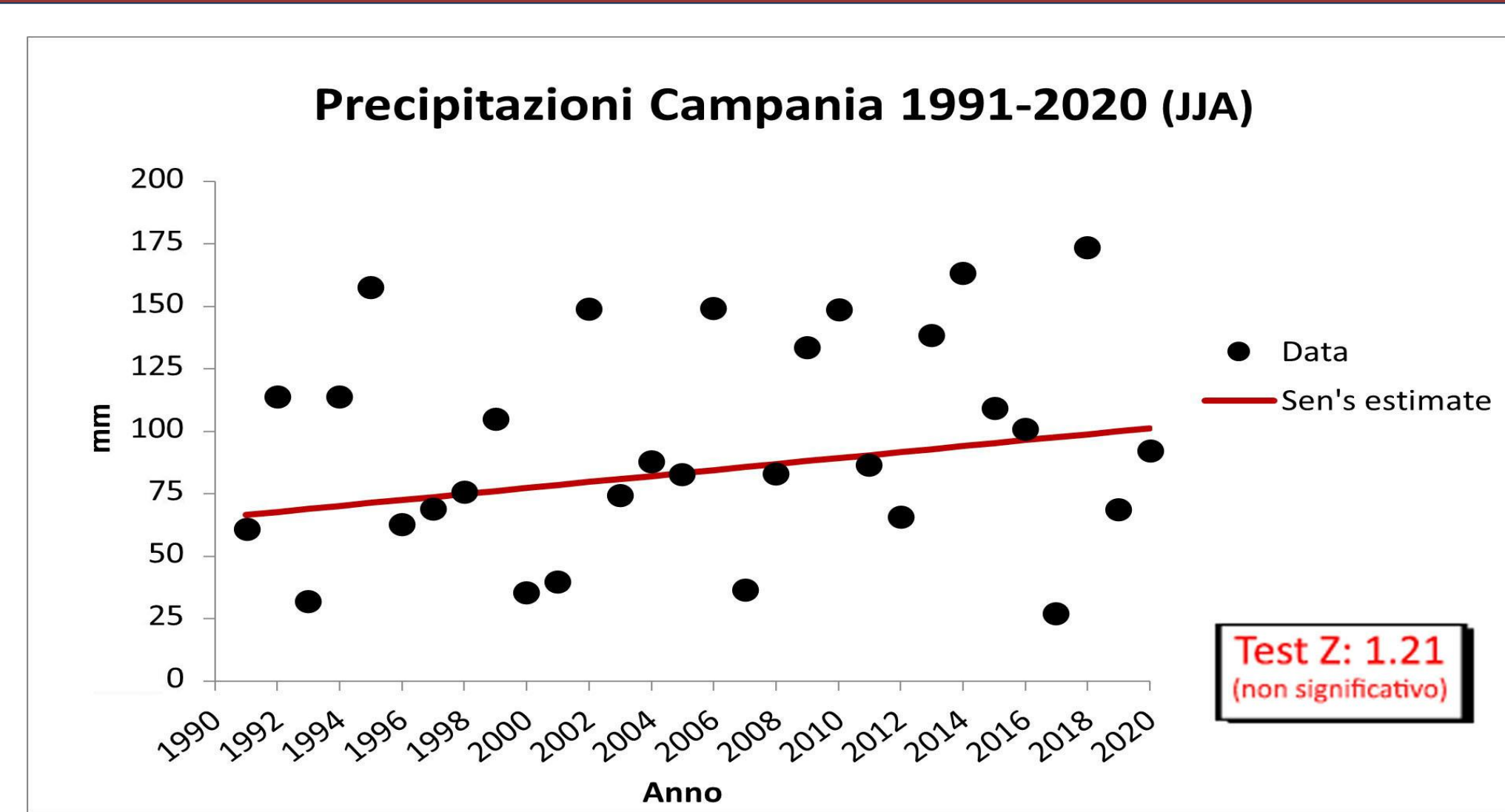


Fig. 2. Andamento medio delle precipitazioni estive in Campania (in mm, asse y) nel trentennio 1991-2020 (asse x). La linea rossa mostra la tendenza della curva di Sen; il valore del test Z di Mann-Kendall indica la non significatività statistica del trend (Wilks, 2006).

La Fig. 5 mostra le relazioni tra i quantitativi di pioggia mediamente osservati nel trimestre estivo e l'altimetria del territorio. I risultati di tale disamina mostrano un incremento lineare delle precipitazioni con l'aumentare della quota, quantificabile in circa +10 mm/200 metri di altitudine. Dalla figura si evince che i valori più bassi (circa 50 mm) appartengono a stazioni costiere o ubicate in pianura, ove si riscontrano, in media, apporti meteorici relativamente esigui; i quantitativi di pioggia più elevati (generalmente compresi fra 100 e 150 mm), sono stati riscontrati invece in corrispondenza delle stazioni che ricadono nei settori 7 e 8; fa eccezione la stazione di Montevergine (settore 5), che tuttavia è quella posizionata alla quota più elevata fra tutte, elemento che la rende, tra quelle esaminate, la località in media più piovosa del territorio campano durante il periodo estivo.

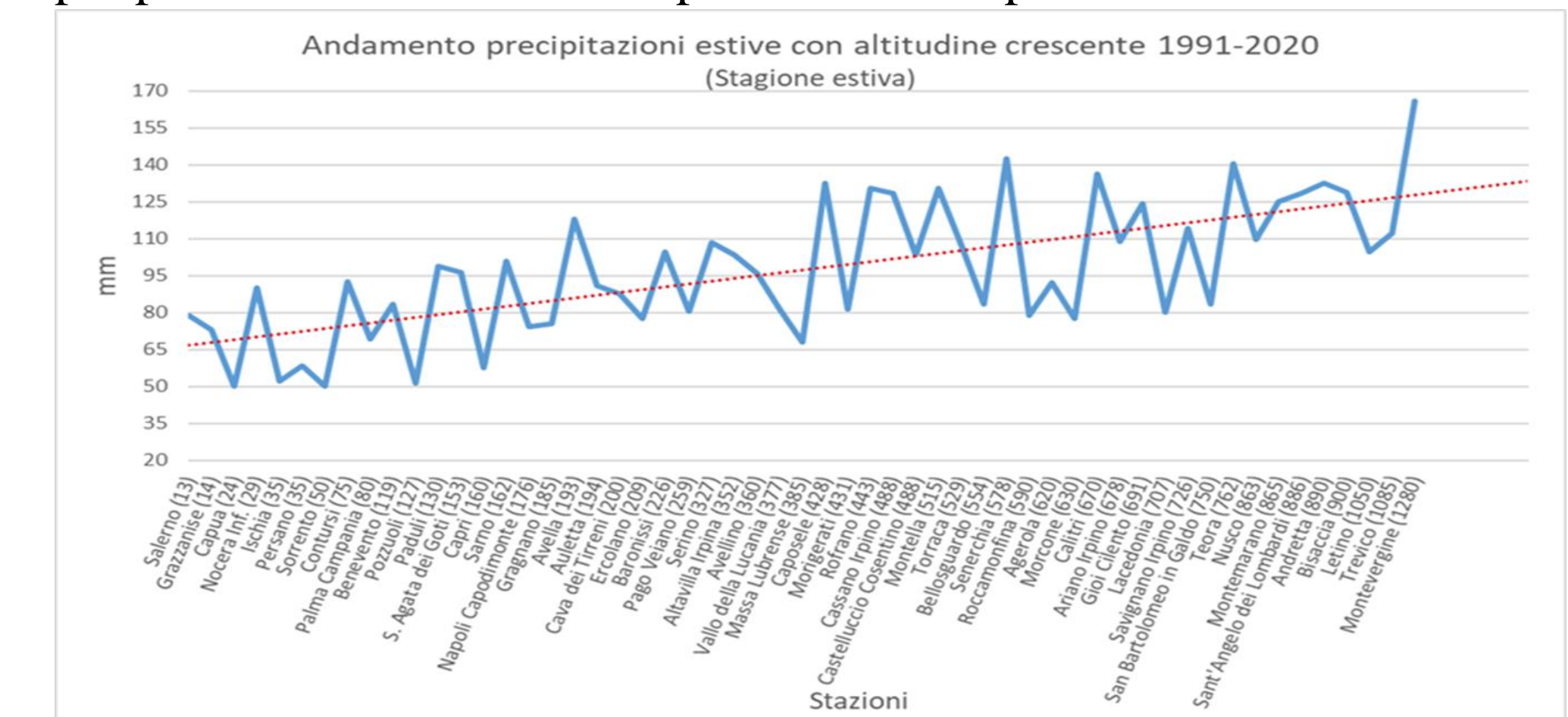


Fig. 5. Relazione tra i quantitativi di pioggia mediamente osservati nel trimestre estivo (asse y, in mm) nel trentennio 1991-2020 e l'altimetria delle singole stazioni (riportata tra parentesi nell'asse x). Si mostra, inoltre, in colore rosso, un modello lineare che mette in evidenza l'incremento degli apporti di pioggia con l'aumentare della quota.

4. Conclusioni

- La vasta gamma di indicatori utilizzati in questo studio ha evidenziato, innanzitutto, che le precipitazioni estive campane sono contraddistinte da una grande variabilità inter-annuale: si alternano, infatti, con grande frequenza, stagioni particolarmente siccitose ed altre molto più piovose;
- I due settori prossimi alla costa (napoletano e casertano e quello comprendente i golfe di Napoli e Salerno e la costiera amalfitana), si sono distinti per quantitativi poveri e per la scarsa frequenza di fenomeni precipitativi; al contrario, apporti medi di maggiore consistenza sono stati riscontrati nei settori più interni;
- Inoltre è emerso che nei settori meno piovosi, dunque quelli costieri e pianeggianti, le precipitazioni tendono a concentrarsi in pochi giorni: l'indice SDII riscontrato per tali settori, infatti, è molto simile a quello caratteristico dei settori più interni. Inoltre, questi settori sembrano essere maggiormente soggetti ad eventi «estremi», sia in termini di lunghi periodi di siccità sia di precipitazioni molto intense, come evidenziato dagli indici CDD ed R20;
- Le prospettive future di questo lavoro devono partire necessariamente dalla correzione dei punti di debolezza dello stesso, riguardanti la disomogeneità di alcune delle serie analizzate; in seguito, l'attenzione sarà focalizzata sulla ricerca dei pattern di circolazione meteorologica alla scala sinottica e alla mesoscala che condizionano maggiormente la pluviometria estiva del territorio campano.

Bibliografia

Capozzi, V., Picciotti, E., Mazzarella, V., Marzano, F.S., Budillon, G. 2018: Fuzzy-logic detection and probability of hail exploiting short-range X-band weather radar. In: Atmospheric Research, Volume 201, March 2018, 17-33;

Karl, T.R., Nicholls, N., and Ghazi, A. 1999: CLIVAR/GCOS/WMO workshop on indices and indicators for climate extremes: Workshop summary. Climatic Change, 42, 3-7;

Longobardi, A., and Villani, P. 2010. Trend analysis of annual and seasonal rainfall time series in the mediterranean area, 1538-1546;

Wilks, D. S. 2006. Statistical Methods in Atmospheric Sciences, 2nd ed., Academic Press: Burlington, NJ, USA.