



UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE MARCHE
DIPARTIMENTO SCIENZE DELLA VITA E DELL'AMBIENTE

Corso di Laurea
SCIENZE AMBIENTALI E PROTEZIONE CIVILE

**Climatologia della grandine nel bacino del Mediterraneo
utilizzando la costellazione GPM (1999-2021)**

**Hail Climatology in the Mediterranean Basin Using the GPM
Constellation
(1999–2021)**

Tesi di Laurea di:
di:

Docente Referente
Chiar.mo Prof.

Sessione _____ESTIVA_____

Anno Accademico _____2023/2024_____

Climatologia della grandine nel bacino del Mediterraneo utilizzando la costellazione GPM (1999-2021)

Citazione : Laviola, S.; Monte, G.; Cattani, E.; Levizzani, V. Climatologia della grandine nel bacino del Mediterraneo utilizzando la costellazione GPM (1999–2021). Remote Sens 2022, 14, 4320. <https://doi.org/10.3390/rs14174320>

Abstract

L'articolo esplora la frequenza della grandine nel bacino del Mediterraneo durante gli ultimi due decenni (1999-2021) sulla base degli eventi di grandine derivati dalle osservazioni dei radiometri a microonde a bordo dei satelliti della Global Precipitation Measurement Constellation (GPM-C) dal 2014 (data di lancio dell'Osservatorio GPM Core) in poi unendo altre piattaforme satellitari prima del 2014. Secondo il metodo MWCC-H, vengono identificate due categorie di eventi di grandine (hail e super hail) e le loro distribuzioni spaziotemporali vengono valutati per identificare le aree di sviluppo della grandine nel Mediterraneo e la corrispondente climatologia mensile degli eventi di grandine. I risultati mostrano che i settori settentrionali del dominio (Francia, Regione alpina, Pianura Padana ed Europa centro-orientale) tendono ad essere colpiti da grandinate da Giugno ad Agosto, mentre i settori centrali (dalla Spagna alla Turchia) sono più colpiti all'avvicinarsi dell'autunno. Gli studi indicano l'esistenza di "sub-hotspot", ovvero regioni mediterranee più suscettibili agli eventi di grandine e quindi forse più vulnerabili agli effetti dei cambiamenti climatici.

Indice

- Area di studio(sl.4)
- Materiali e metodi(sl.5-7)
- Risultati(sl.8-9)
- Analisi delle tendenze(sl.10-13)
- Conclusioni(sl.14)
- Ringraziamenti (sl.15)

Area di studio

L'area analizzata per questo studio è presentata in Figura1. Il dominio spaziale è stato suddiviso in nove settori geografici per quantificare più localmente l'impatto delle grandinate ed eventualmente identificare le aree maggiormente colpite dalla grandine.

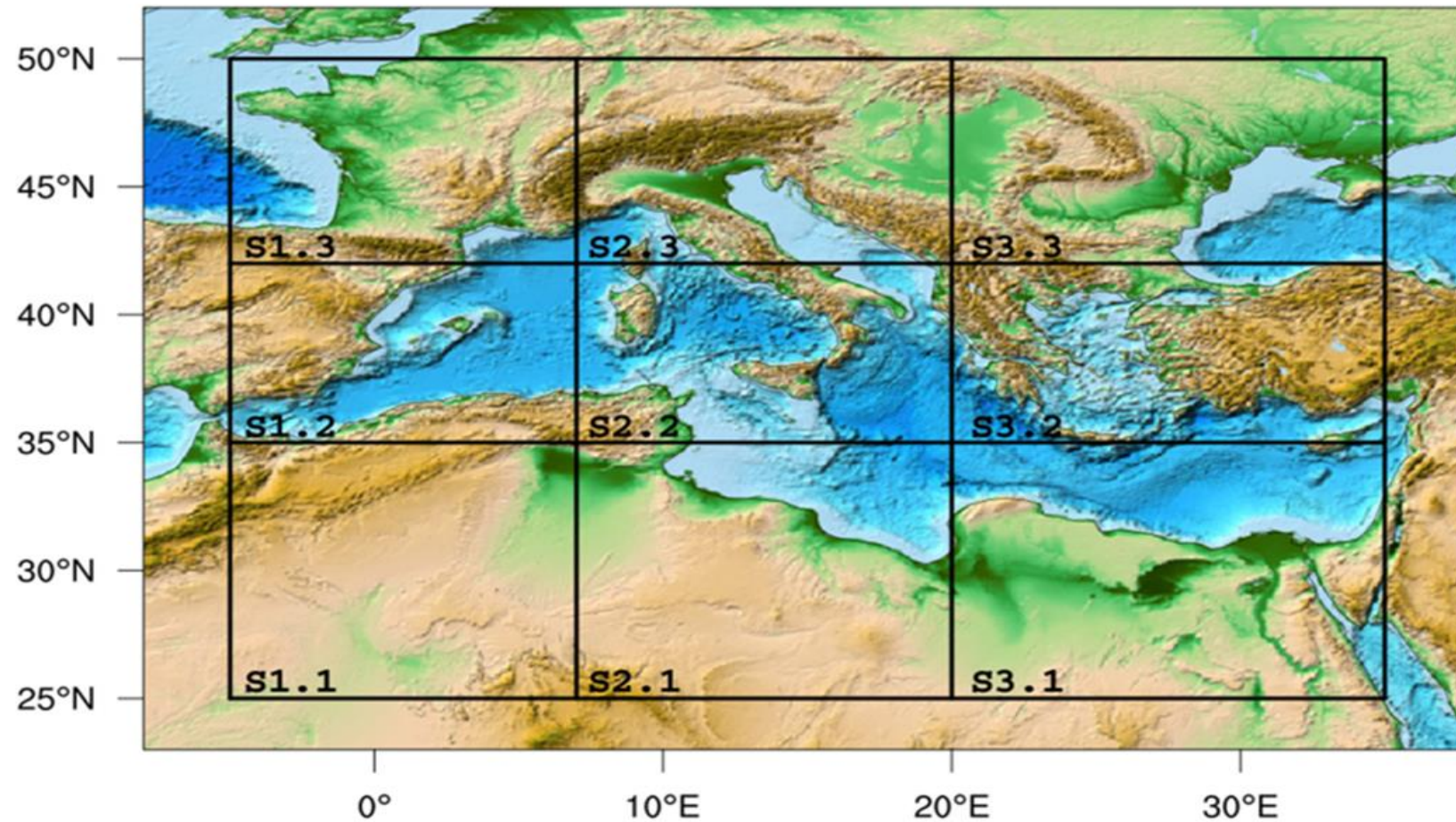


Figura 1.L'area di studio e i nove settori utilizzati per l'analisi.

Materiali e metodi

- Per questa analisi è stato utilizzato il metodo MWCC-H per identificare i pixel satellitari con Hail (H, diametro del chicco di grandine $2 < d < 10$ cm) o Super Hail (SH, $d > 10$ cm).
- Regolazione dei canali dei sensori nella gamma 150–170 GHz per ridurre possibili discrepanze radiometriche tra lo strumento di riferimento MHS, e i sensori MHS simili del GPM –C.
- Un evento H o SH indica un pixel satellite in cui MWCC-H identifica la presenza delle categorie, tuttavia a causa della risoluzione spaziale dei dati satellitari, in genere le tempeste H e SH possono coprire circa 5–6 o 1–2 pixel

Table 1. MWCC-H hail categories as a function of the kinetic energy and potential severity at the ground.

Category Description	Probability of Hail	Diameter Range (cm)	Kinetic Energy (J)	Terminal Velocity (m s^{-1})	Potential Severity
Hail Potential (HP)	0.20 ÷ 0.36	–	–	–	Absent to low
Graupel/Hail Initiation (HI)	0.36 ÷ 0.45	<2	$<33.84 \times 10^{-2}$	<19.09	Low to moderate
Large Hail (H)	0.45 ÷ 0.60	2 ÷ 10	$33.84 \times 10^{-2} \div 423$	19.09 ÷ 42.69	High to severe
Super Hail (SH)	> 0.60	>10	>423	>42.69	Severe to extreme

Una risoluzione orizzontale più grossolana ha un impatto negativo sulla stima degli eventi di grandine per due ragioni:

- Le grandinate appartengono generalmente a sistemi convettivi che interessano aree limitate
- L'aumento del percorso inclinato nell'atmosfera può ridurre ulteriormente la radianza delle particelle di ghiaccio della nuvola che raggiungono il sensore, portando ad una depressione del segnale a microonde

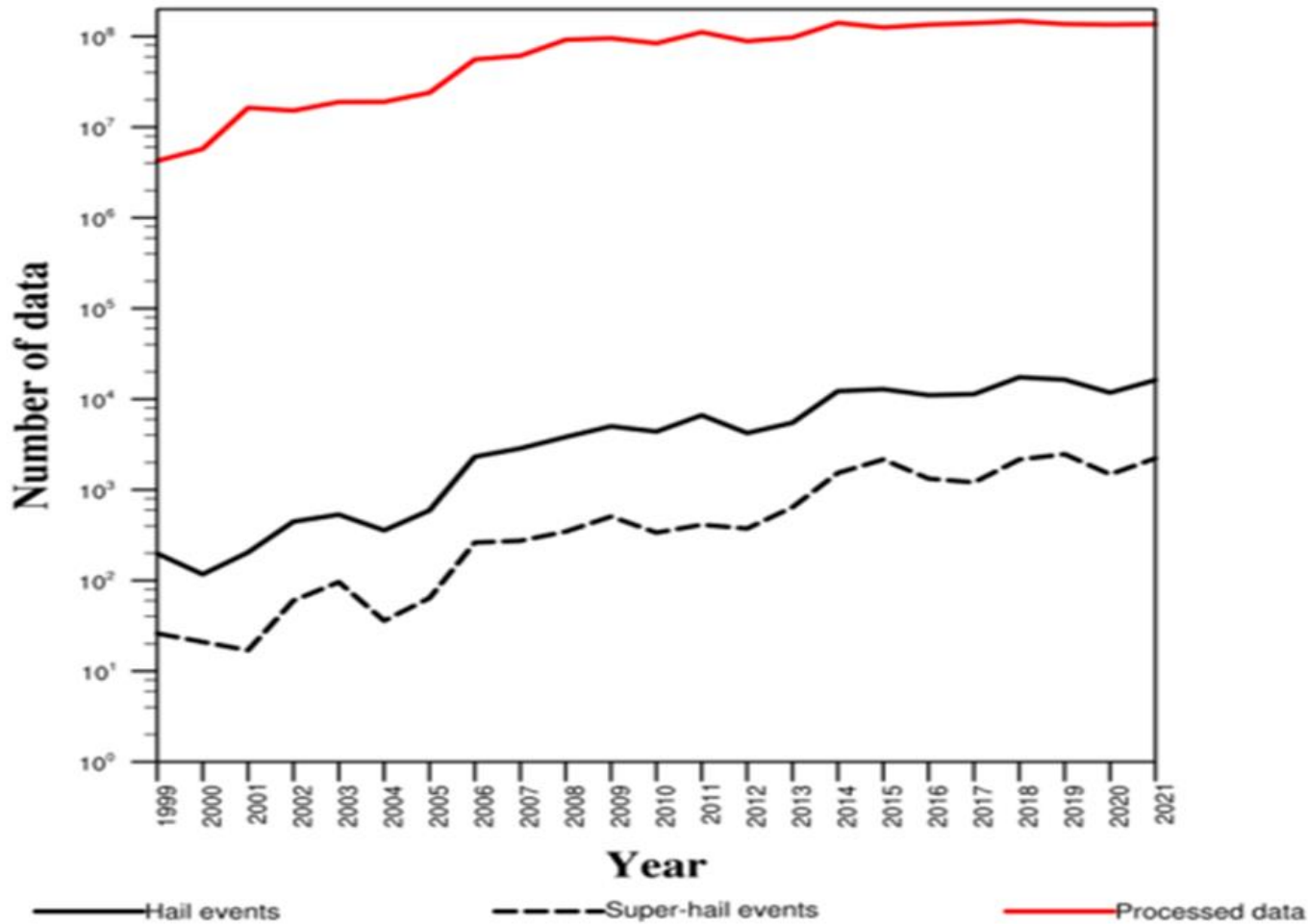


Figura 2. Numero di pixel satellitari elaborati per ogni anno (linea rossa), eventi di grandine (linea nera continua) ed eventi di super grandine (linea nera tratteggiata).

I mesi invernali (dicembre, gennaio e febbraio) e l'inizio della primavera (marzo) sono stati scartati principalmente per due motivi:

I mesi sono caratterizzati dalla più bassa probabilità di verificarsi di grandinate secondo i risultati del metodo MWCC-H

La presenza di neve al suolo può generare un segnale radiometrico MW simile a quello delle particelle di ghiaccio delle nubi

Risultati

- Aprile è il mese con il minor numero di eventi, avendo S1.1 e S1.3 (bacino Algerino, Spagna, Francia e Belgio meridionale) il numero massimo di H (571) e SH (14). In questo mese gli eventi SH sono quasi assenti.
- Da Maggio ad Agosto, gli eventi H interessano principalmente le regioni settentrionali del dominio, in particolare i settori S2.3 (Nord Italia, Regione Alpi e Alpi Dinariche) e S3.3 (Balcani e Carpazi). La presenza di H in S1.3 (Francia e Belgio meridionale) è inferiore ai settori precedenti.
- In autunno il maggior numero di eventi H si riscontra nei settori centrali del dominio, S2.2 (Sud Italia e Tunisia) è il settore con il maggior numero di pixel H (8496, 11.369 e 6921), S1.2 (Spagna, Isole Baleari e Mediterraneo occidentale) ha il maggior numero di eventi di H nel mese di Settembre (4.308), mentre S3.2 (Grecia e Mar Egeo) ha registrato il maggior numero di eventi di H nel mese di Ottobre (4.761)

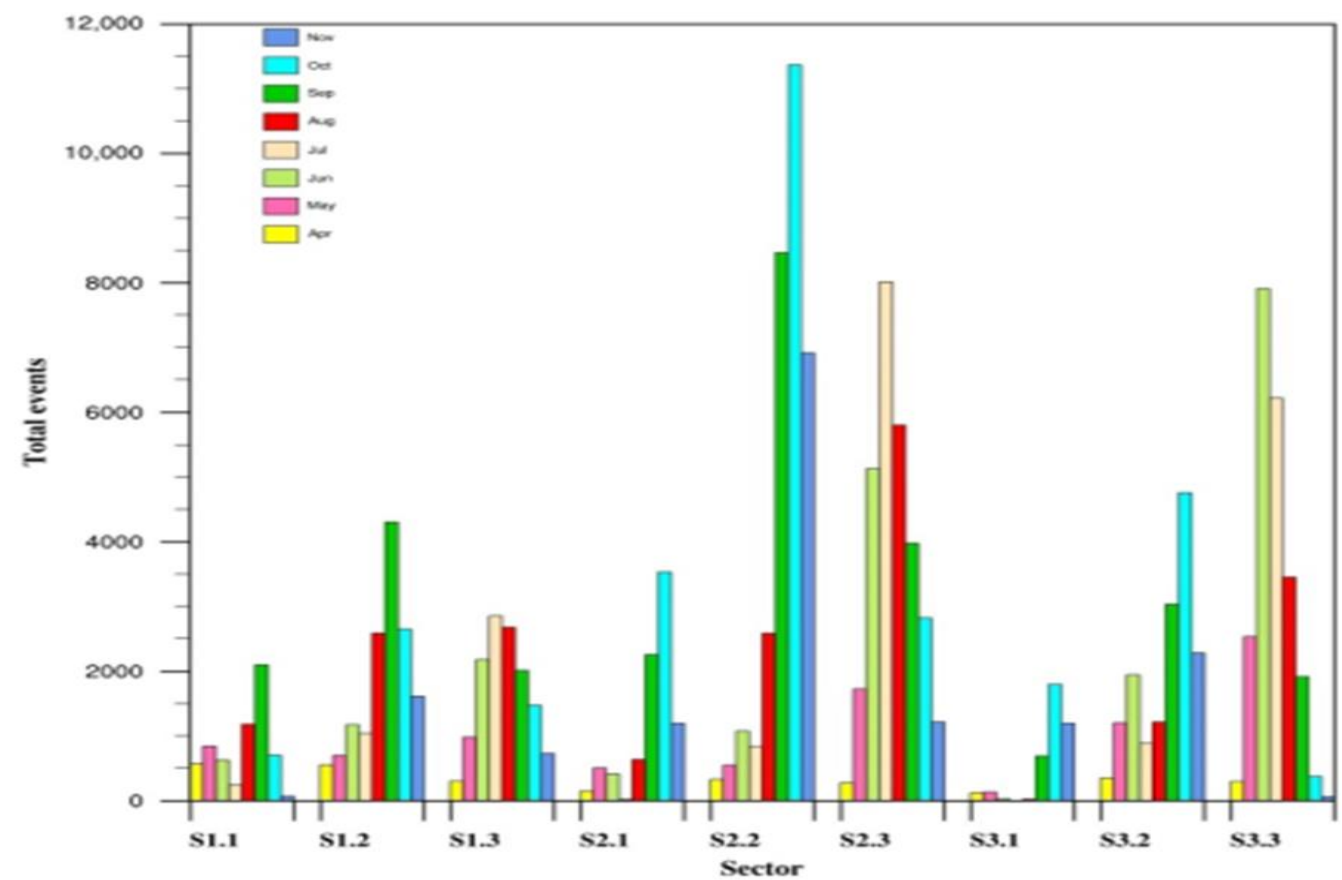


Figura 4. Numero totale di eventi H nel periodo aprile-novembre dal 1999 al 2021 per ciascun settore della Figura 1.

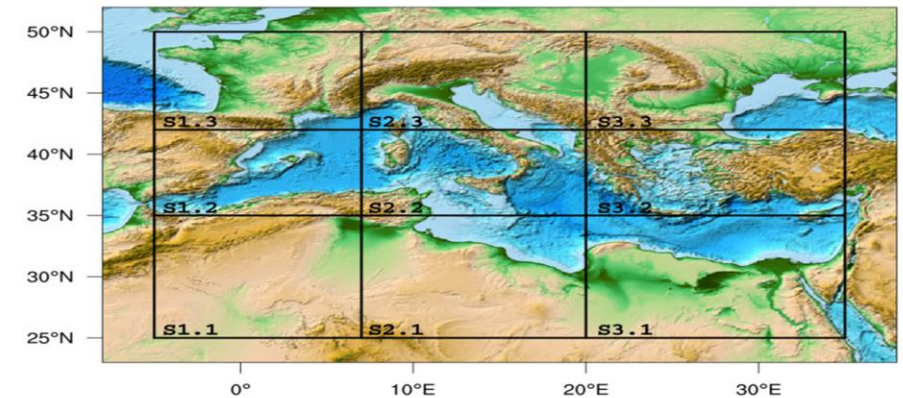


Figura 1. L'area di studio e i nove settori utilizzati per l'analisi.

Gli eventi SH sono molto più concentrati nel periodo Agosto-Novembre con nuovamente un massimo a Settembre e Ottobre (5350 e 4731,rispettivamente).

- Gli eventi SH raggiungono i loro massimi in Luglio e Agosto per S2.3 (928 e 815 eventi) e in Maggio e Giugno per S3.3 (89 e 777). I settori centrali (S1.2, S2.2 e S3.2) hanno avuto minori occorrenze rispetto alle aree settentrionali del dominio.

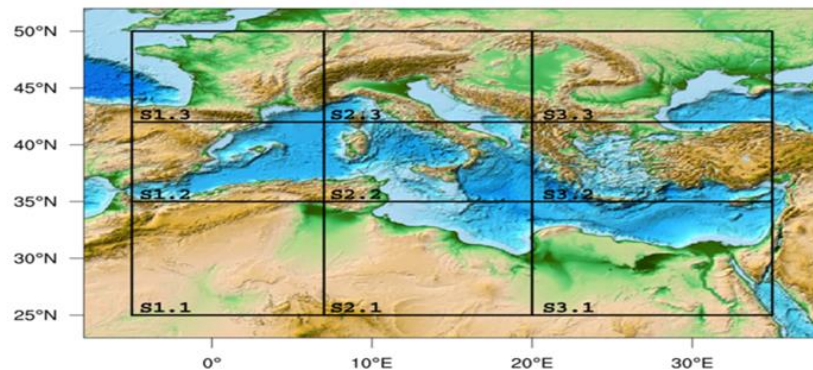


Figura 1. L'area di studio e i nove settori utilizzati per l'analisi.

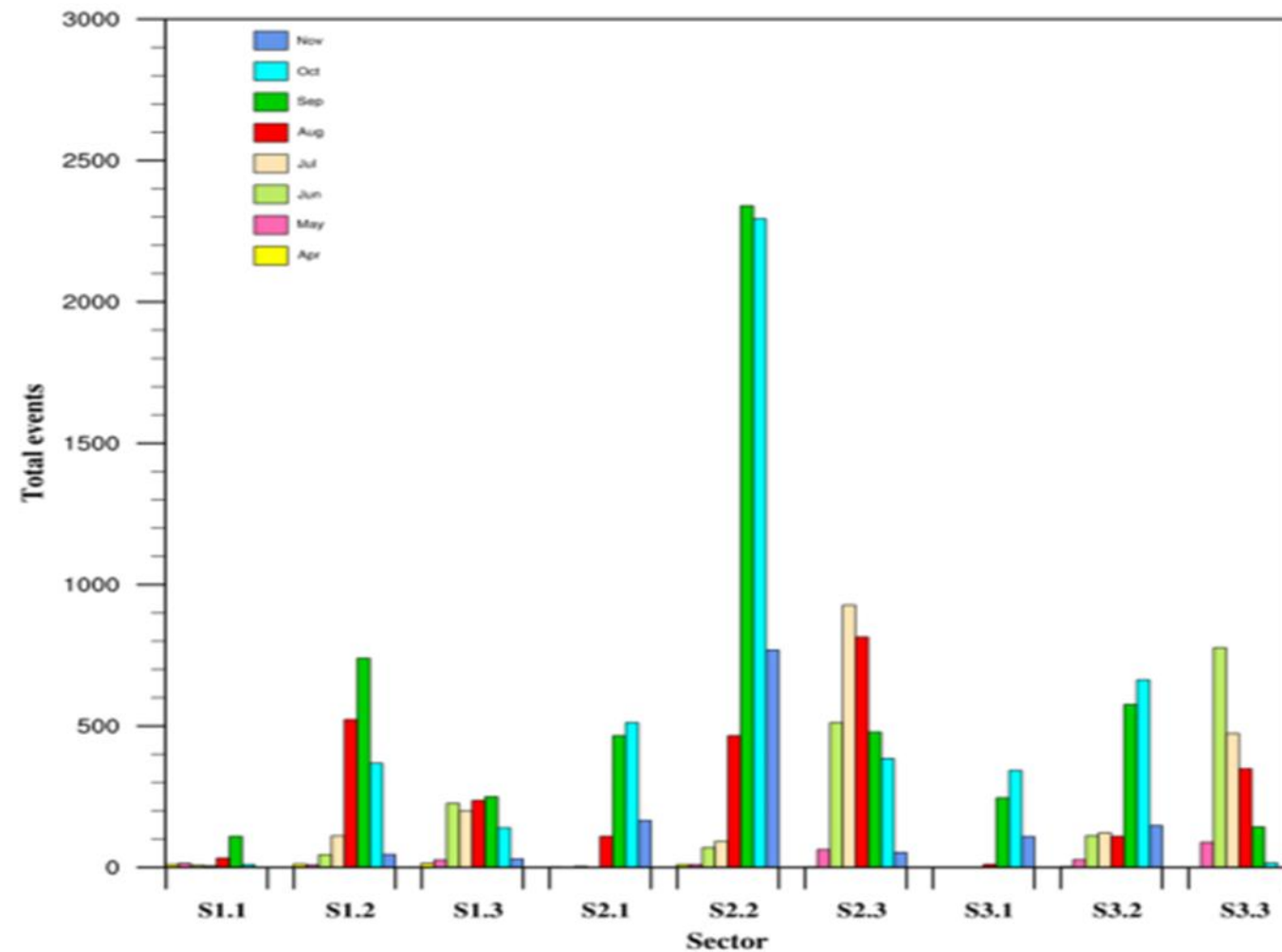


Figura 5. Numero totale di eventi SH nel periodo aprile-novembre dal 1999 al 2021 per ciascun settore della Figura 1.

ANALISI DELLE TENDENZE

Le tendenze sono state valutate per il bacino del Mediterraneo nel suo insieme e per ciascun settore utilizzando serie temporali del numero annuale di eventi H o SH

Per verificare la robustezza e la ripetibilità dei risultati sono state analizzate tre serie temporali, le cui caratteristiche sono riassunte in Tabella2.

1. Time Series N15-N18-NPP		
N15	N18	NPP
01/04/1999	01/06/2005	01/04/2012
31/05/2005	30/11/2011	30/11/2021

2. Time Series N15-N18-MOB		
N15	N18	MOB
01/04/1999	01/06/2005	01/04/2013
31/05/2005	30/11/2012	30/11/2021

3. Time Series N15-MOA-MOC		
N15	MOA	MOC
01/04/1999	01/06/2007	01/04/2020
31/05/2007	30/11/2019	30/11/2021

Tabella2. Composizione delle serie temporali analizzate del numero annuale di eventi H o SH.

Dal 2012 al 2013 viene rilevato un aumento sostanziale degli eventi H, le linee rosse tratteggiate nella Figura 6a–c, rappresentano i valori medi del numero di eventi H nei due sottoperiodi 1999–2010 e 2010–2021.

Nella figura 6d – f la scomposizione del numero totale di eventi H in quattro finestre temporali (ovvero, 00–06, 06–12, 12–18 e 18–00 UTC). Ciascuna curva è ottenuta considerando le osservazioni satellitari appartenenti ad una specifica finestra temporale e l'ora UTC in cui i satelliti entrano nell'area di studio.

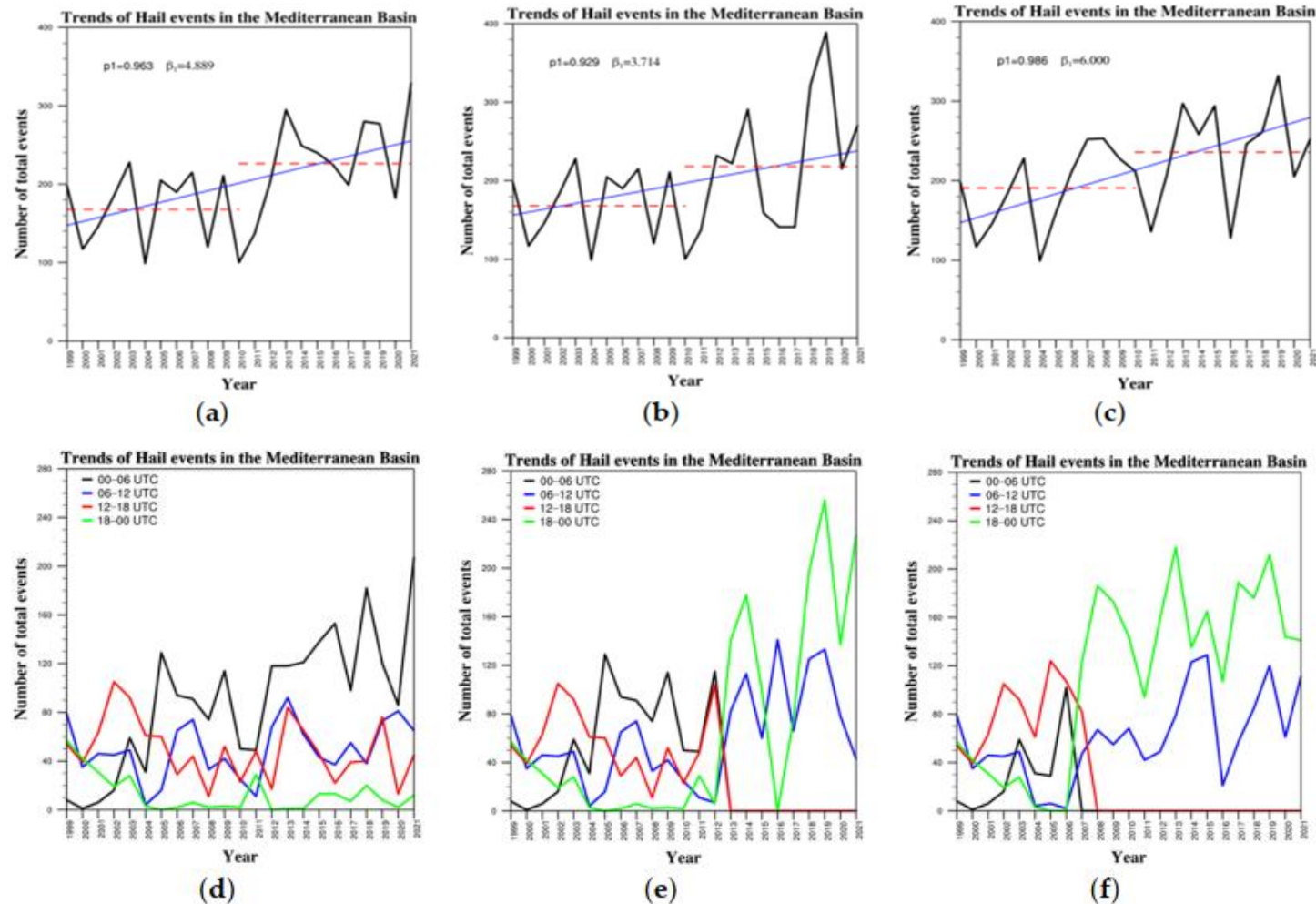
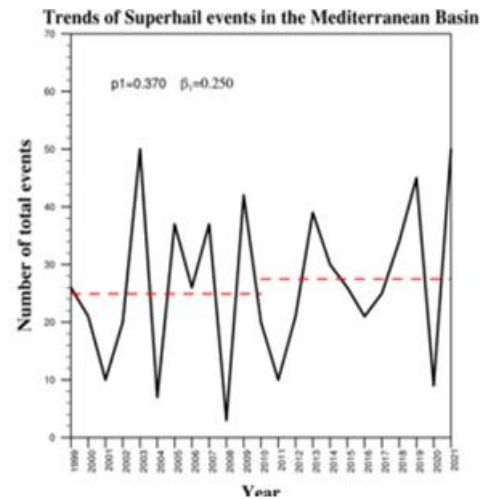
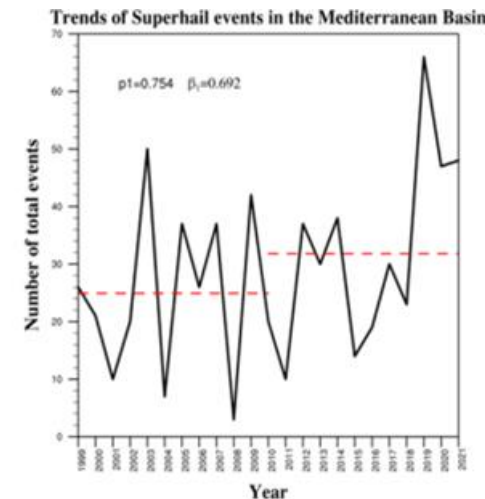


Figura 6. Evoluzione temporale del numero annuale di eventi H per l'intero bacino del Mediterraneo considerando le tre serie temporali secondo la Tabella 2, ovvero serie temporali-1 N15-N18-NPP (A,D), serie temporali-2 N15-N18-MOB (B,e) e serie temporali-3 N15-MOA-MOC (C,F). In (A–C) $p1$ e β_1 rappresentano rispettivamente il livello di confidenza e il tasso di tendenza (numero di eventi H/anno); le linee rosse tratteggiate identificano i valori medi del numero di eventi H ; la linea blu è la tendenza lineare. Curve colorate in (D–F) presentano l'evoluzione del numero annuale di eventi H in quattro finestre temporali

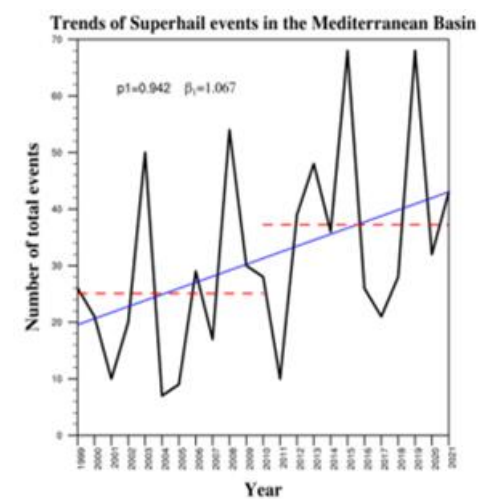
Considerando gli eventi SH (Figura7), solo la serie temporale 3 presenta un trend positivo e significativo, che si replica nelle finestre 06–12 e 18–00 UTC



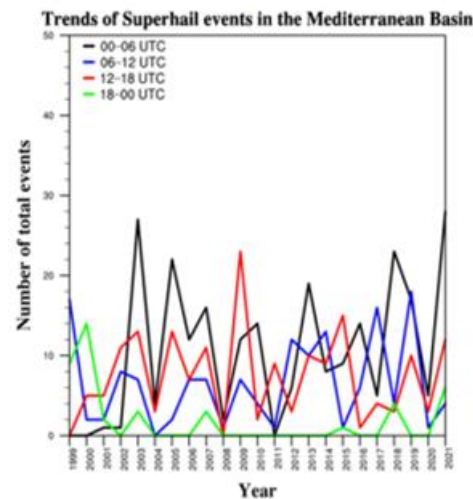
(A)



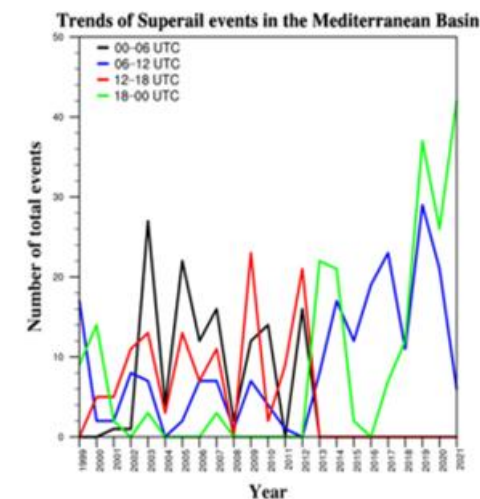
(B)



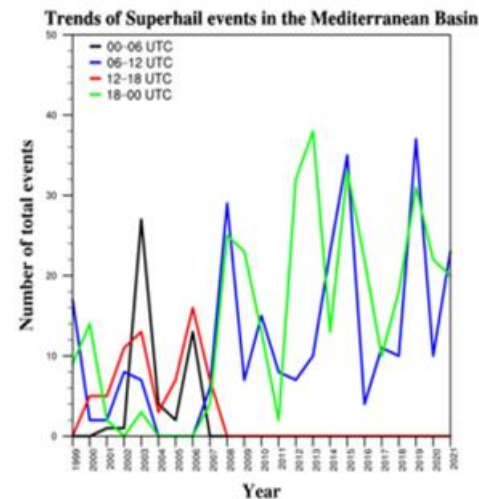
(C)



(D)



(e)



(F)

Figura 7. (A–F) Come in Figura7ma per eventi SH

Il numero annuale di eventi H e SH per il periodo 2013-2018 è stato indagato in ciascuna finestra temporale della sezione precedente per identificare l'ora del giorno maggiormente interessata dall'incidenza della grandine.

Gli eventi H sono complessivamente concentrati durante gli intervalli 00-06 e 18-00 UTC. Il numero di eventi SH aumenta durante la giornata, raggiungendo il suo massimo alle 18-00 UTC

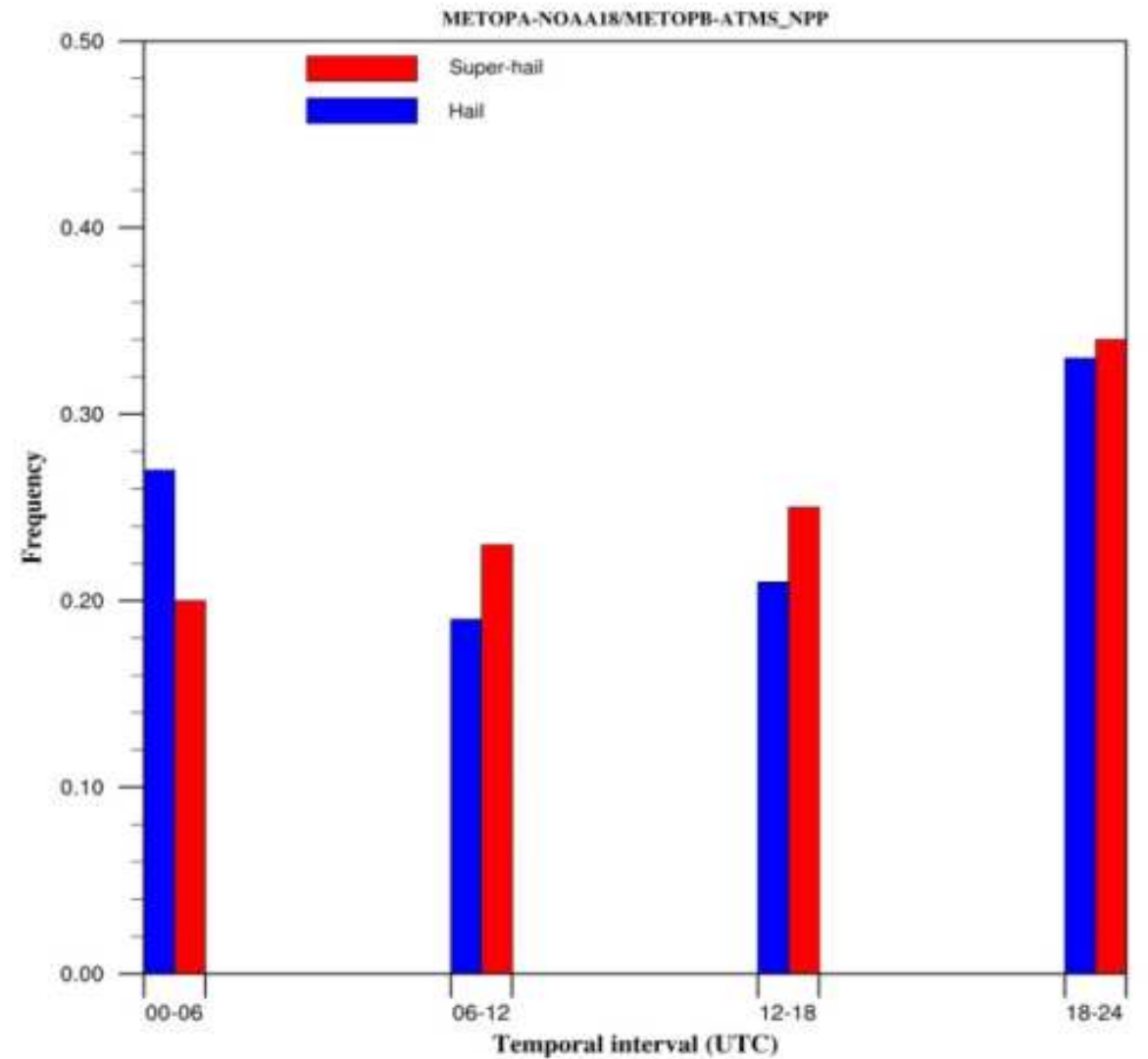


Figura 8. Frequenze relative degli eventi H (blu) e SH (rosso) per il periodo 2013–2018 per i quattro intervalli temporali 00–06, 06–12, 12–18 e 18–00 UTC

Conclusioni

Nuovi studi per valutare la distribuzione di quattro variabili chiave per l'attività convettiva che inducono cambiamenti nei temporali con grandine

- Valori crescenti di CAPE sono associati ad una maggiore instabilità atmosferica e, di conseguenza, alla tendenza dell'ambiente a formare sistemi convettivi portatori di grandine.
- L'altezza ZDEGL influisce sullo scioglimento delle idrometeore del ghiaccio
- Il forte aumento del T850 e dell'SST può essere significativo per regolare il meccanismo di innesco di una vigorosa convezione. Variazioni di pochi gradi del T850/SST possono alterare la dinamica dei flussi verticali che sostengono e rinforzano la convezione profonda.

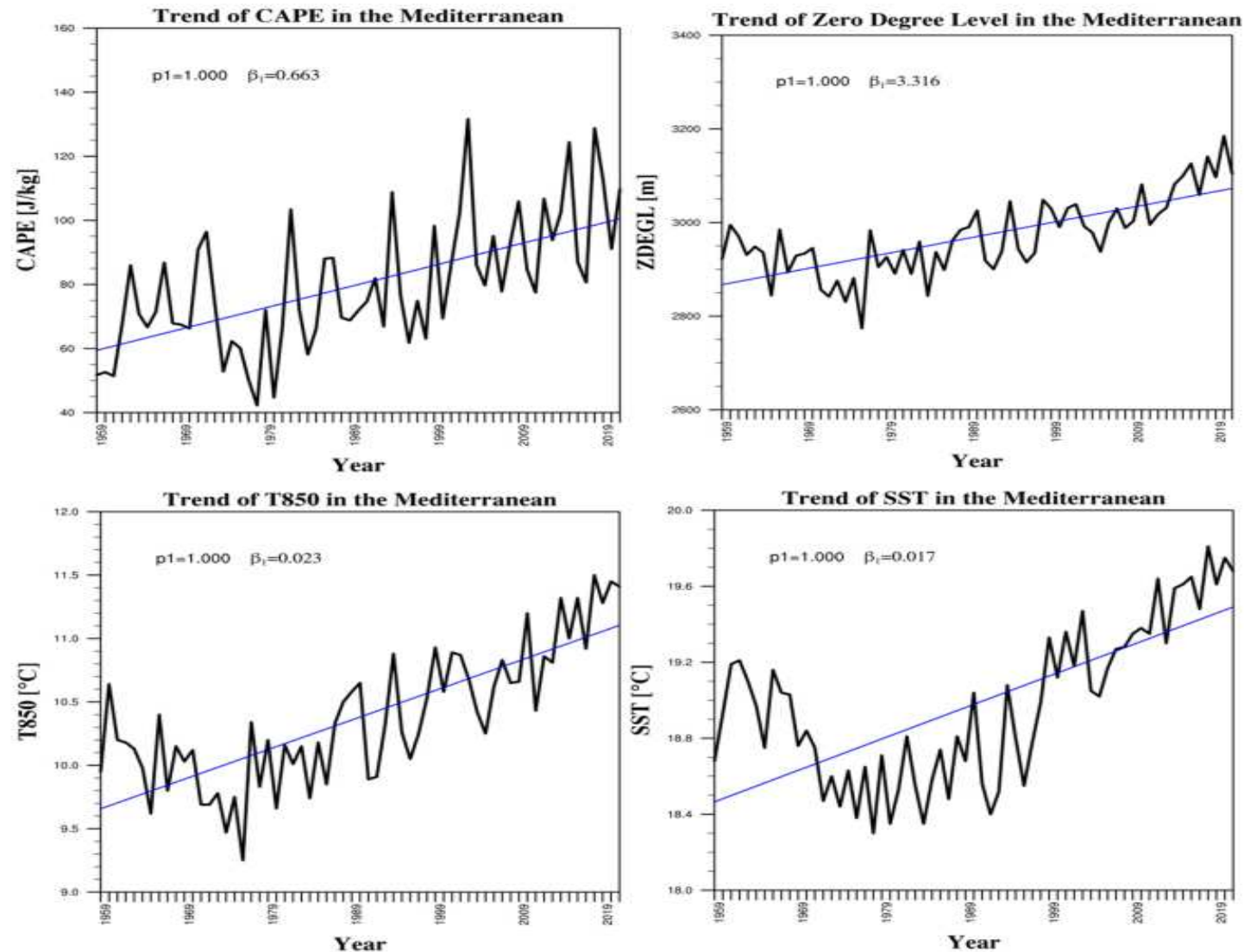


Figura 9. Andamenti annuali dell'Energia Potenziale Convettiva Disponibile (CAPE), del Livello Zero Gradi (ZDEGL), della temperatura a 850 hPa (T850) e della Temperatura Superficiale del Mare (SST) calcolati per l'intero Mar Mediterraneo. La linea blu mostra la tendenza delle serie.

Ringraziamenti

Mi è doveroso dedicare questo spazio del mio elaborato alle persone che hanno contribuito alla realizzazione dello stesso.

In primis, un ringraziamento speciale al mio relatore Francesco Boccanera, per i suoi consigli, per le conoscenze trasmesse durante il percorso

Ringrazio infinitamente i miei genitori che mi hanno sempre sostenuto, appoggiando ogni mia decisione, fin dalla scelta del mio percorso di studi.

In secundis ringrazio i miei coinquilini, tutte le persone conosciute all'università e gli amici di sempre che hanno reso questi anni di studio divertenti e spensierati rendendoli più leggeri.

Ringrazio l'Università Politecnica delle Marche per avermi dato questa opportunità di carriera, anche se sono stati anni difficili ora n'è valsa la pena e ne esco di certo a testa alta.