



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

Corso di Laurea
Scienze Ambientali e Protezione Civile

TITOLO TESI (Italiano)

"Analisi della frequenza dei temporali forti in Europa nel ventunesimo secolo"

TITOLO TESI (Inglese)

"Analysis of the frequency of severe thunderstorms in Europe in the Twenty-first
Century"

Tesi di Laurea di:
di:

Giacomo Fitt

Docente Referente
Chiar.mo Prof.

Docente

Sessione Ottobre

Anno Accademico 2021/2022

Riassunto esteso

L'articolo "Frequency of severe thunderstorms across Europe expected to increase in the 21st century due to rising instability" pubblicato nel 2019 e redatto da Anja T. Rädler , Pieter H. Groenemeijer, Eberhard Faust, Robert Sausen and Tomáš Púčik, descrive uno studio che è stato condotto per dimostrare come la frequenza e l'intensità di eventi atmosferici convettivi, come fulmini, grandine e forti raffiche di vento tenderà ad aumentare in alcune zone d' Europa.

Questa ricerca è stata possibile grazie all'utilizzo di 14 simulazioni climatiche regionali, che analizzano i differenti e possibili scenari meteorologici futuri, con diversi esiti. Tramite un modello di regressione adattiva, è stato possibile integrare anche dati di rilevamento di fulmini, di pericolosità associata, di osservazioni e di rianalisi, per ottenere poi dei modelli climatologici che andassero a studiare la tendenza dei temporali e dei pericoli associati, riguardanti il periodo 1971-2000 e la possibile evoluzione futura fino al 2100.

Per capire quali sono i fenomeni che saranno maggiormente associati all'aumento della frequenza dei temporali, non sono state fatte proiezioni quantitative, ma sono stati adottati degli approcci di soglia binaria, che sono semplificativi.

In conclusione si può dire che sia negli scenari più ottimistici che in quelli più pessimistici, si può notare, in quasi tutta l'Europa, un aumento della frequenza dei temporali, visibile tramite le proiezioni future delle fulminazioni. Inoltre si può dedurre che vi è anche un incremento in percentuale dei pericoli associati, in particolare delle raffiche di vento e della grandine con diametro maggiore di 5cm.

Da ciò, la necessità di aumentare gli investimenti nelle attività di prevenzione strutturale e di migliorare quelle di prevenzione non strutturale.

Scopo del lavoro

I temporali intensi hanno un impatto importante dal punto di vista economico e sociale.

Il lavoro ha lo scopo di studiare la variazione della frequenza di accadimento degli eventi temporaleschi intensi in Europa nel 21° secolo in relazione ai cambiamenti climatici

Oltre alla frequenza sono state indagate le motivazioni fisiche che concorrono alle variazioni della stessa

Dati utilizzati

Ensemble di 14 modelli climatici regionali EURO CORDEX

Risoluzione

- **spaziale**, 0,44° su una griglia ruotata
- **temporale**, 6 h

Proiezioni per il trentennio 2071-2100 per due scenari climatici

Scenario	Scenario RCP	Caratteristiche
Nessuna protezione del clima	RCP8.5	Non viene preso alcun provvedimento in favore della protezione del clima. Le emissioni di gas a effetto serra aumentano in modo continuo. Rispetto al 1850, nel 2100 il forzante radiativo ammonterà a 8,5 W/m ² .
Limitata protezione del clima	RCP4.5	L'emissione di gas a effetto serra è arginata, ma le loro concentrazioni nell'atmosfera aumentano ulteriormente nei prossimi 50 anni. L'obiettivo dei "+2 °C" non è raggiunto. Rispetto al 1850, nel 2100 il forzante radiativo ammonterà a 4,5 W/m ² .
Consequente protezione del clima	RCP2.6	Vengono presi provvedimenti in favore della protezione del clima. L'aumento di gas ad effetto serra nell'atmosfera è arrestato entro 20 anni attraverso l'immediata riduzione delle emissioni. In tal modo è possibile raggiungere gli obiettivi dell'Accordo sul clima di Parigi del 2016. Rispetto al 1850, nel 2100 il forzante radiativo ammonterà a 2,6 W/m ² .

MODELLO AR-CHaMo (Additive Regressive Convective Hazard Model)

Per verificare l'aumento della frequenza dei temporali è stato sviluppato un modello di regressione additiva, Ar-CHaMo.

Il modello consente di stimare l'occorrenza di fenomeni temporaleschi combinando opportunamente alcuni predittori atmosferici.

Sviluppato a partire da dati atmosferici di rianalisi ERA-INTERIM, dati di fulminazioni, e dati di osservazione dei temporali e della pericolosità associata (database ESWD) del periodo 2008-2016.

Il modello ottenuto è stato poi applicato ai dati relativi agli scenari futuri



Fulminazioni

trend delle fulminazioni in aumento soprattutto in Europa nord-orientale

Scenario più pessimistico

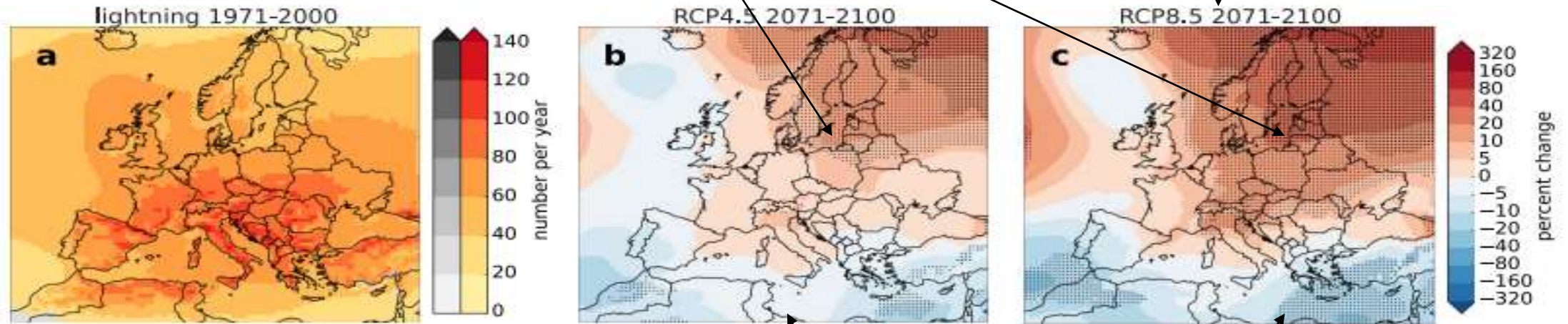


Fig. 1 Simulated annual 6-hourly periods with lightning in **a** the historical period (1971–2000) and percentage of change at the end of the century (2071–2100) in the **b** RCP4.5 and **c** RCP8.5 scenarios. Trends in **b**, **c** are called (very) robust where the change is larger than (twice) the initial standard deviation of the model ensemble. (Very) robust changes are indicated by (large) black dots. Areas where models already diverge greatly for the historical period are displayed in gray (see the “Methods” section for details)

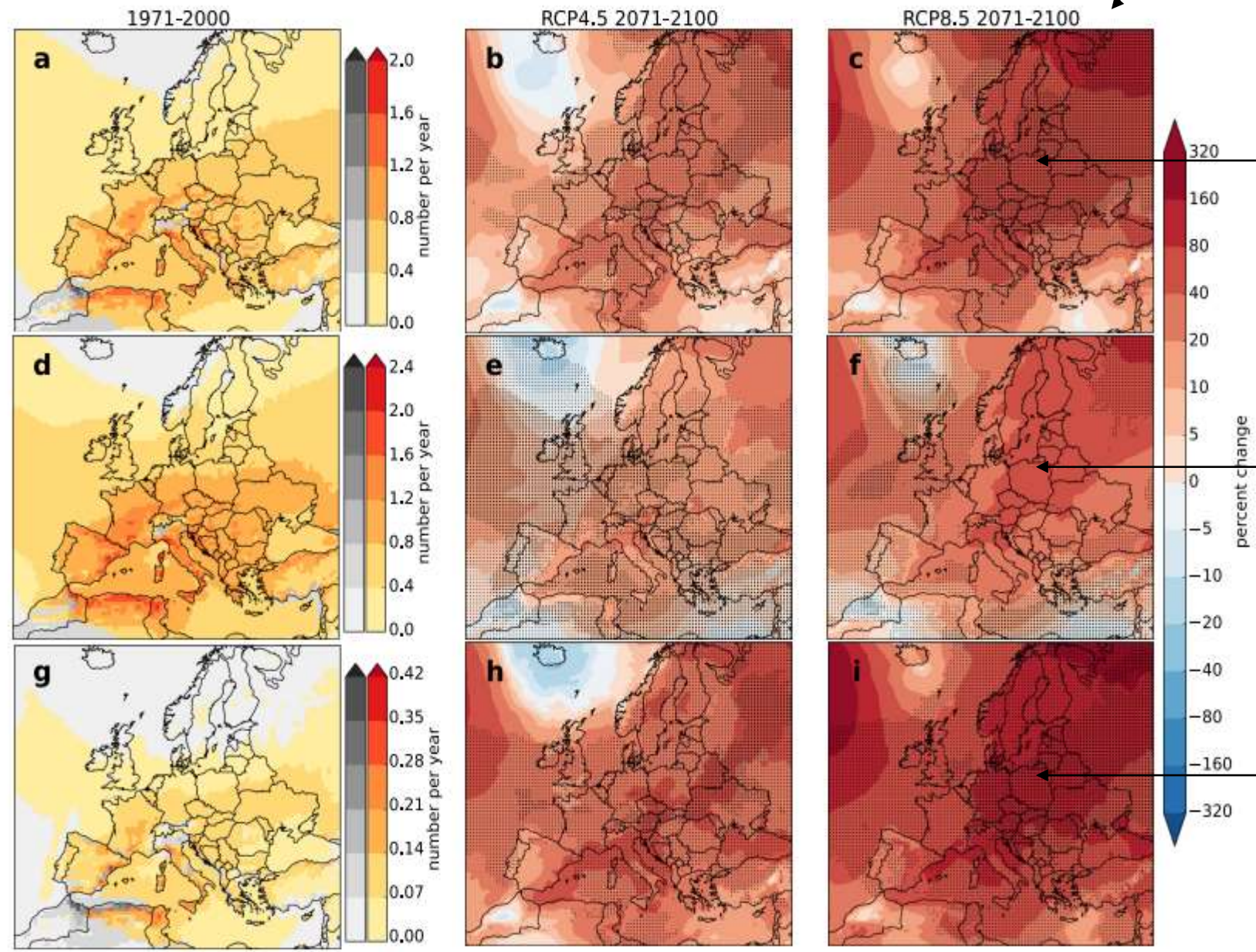
variazione negativa nel nord-Africa e nella zona del Mediterraneo orientale

Scenario più pessimistico

Hail > 2 cm

Wind gusts > 25 m/s

Hail > 5 cm



Aumento significativo di eventi di grandine con diametro maggiore di due cm soprattutto nella zona centrale e nord-orientale dell'Europa

Aumento raffiche di vento superiori ai 25m/s, in particolare in Europa centrale e nord-orientale

incremento significativo della grandine con diametro maggiore di 5cm, soprattutto in Europa centrale e nord-orientale

Fig. 2 As in Fig. 1, but for a-c hail ≥ 2 cm, d-f wind gusts ≥ 25 m/s, and g-i hail ≥ 5 cm

Severe Weather Efficiency

Rapporto tra il numero di temporali ad alta pericolosità ed il numero totale dei temporali.

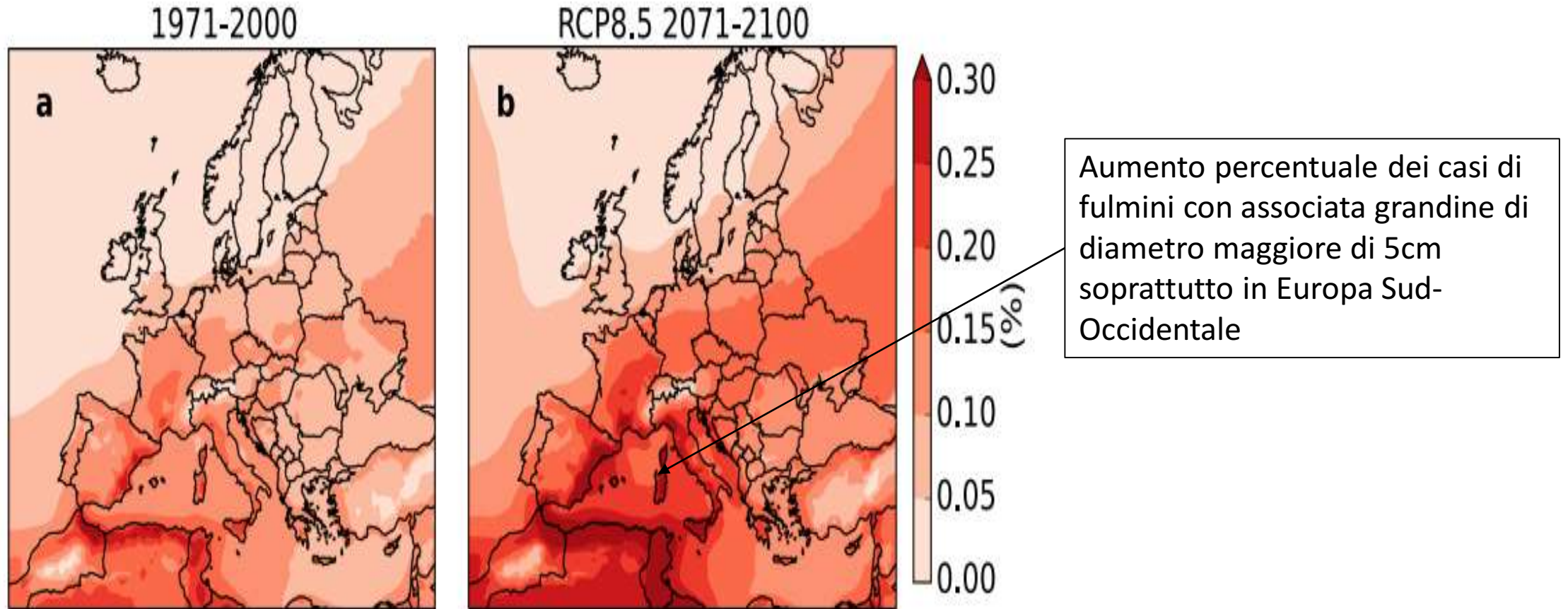
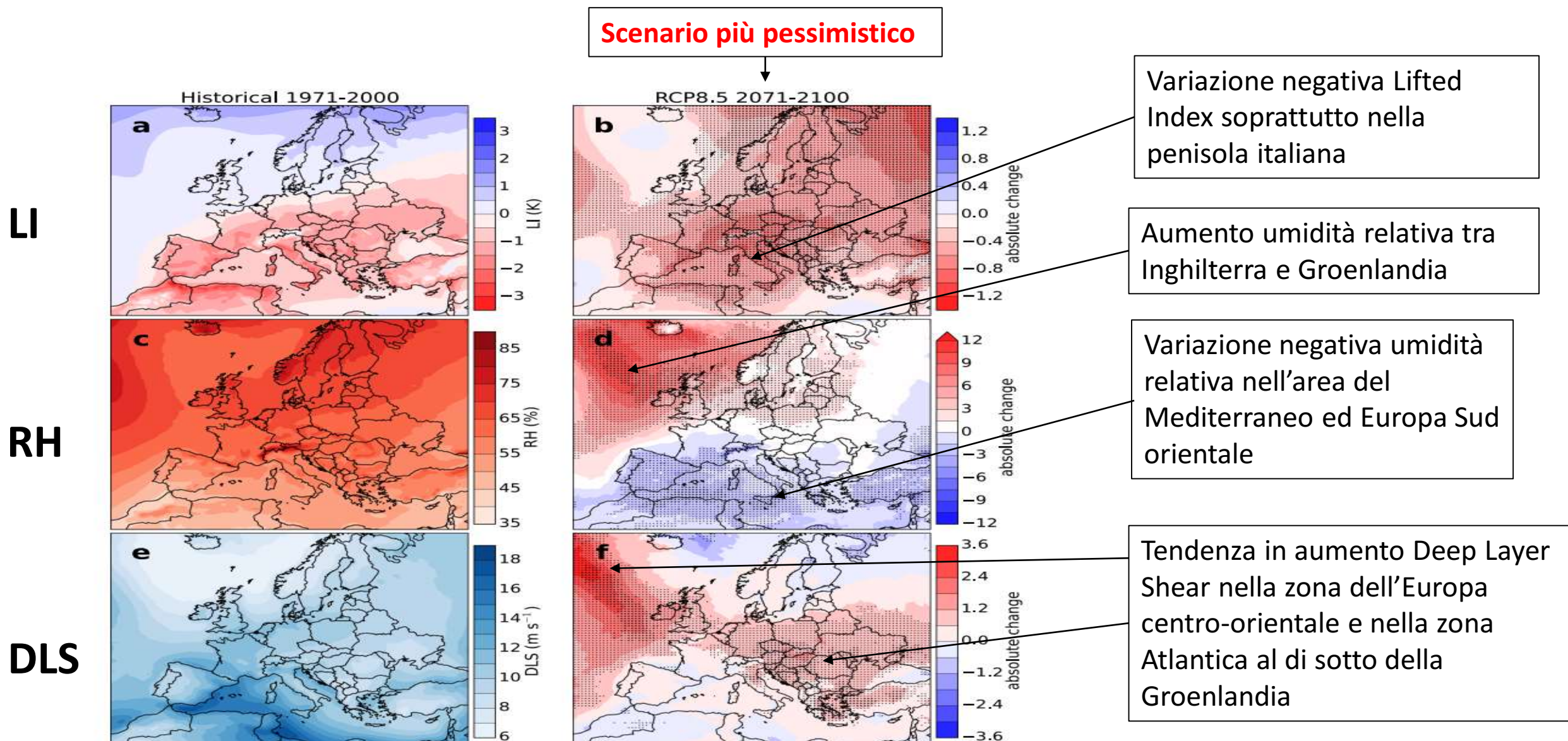


Fig. 3 Percentage of lightning cases with hail ≥ 5 cm for **a** 1971-2000 and **b** RCP8.5 2071-2100

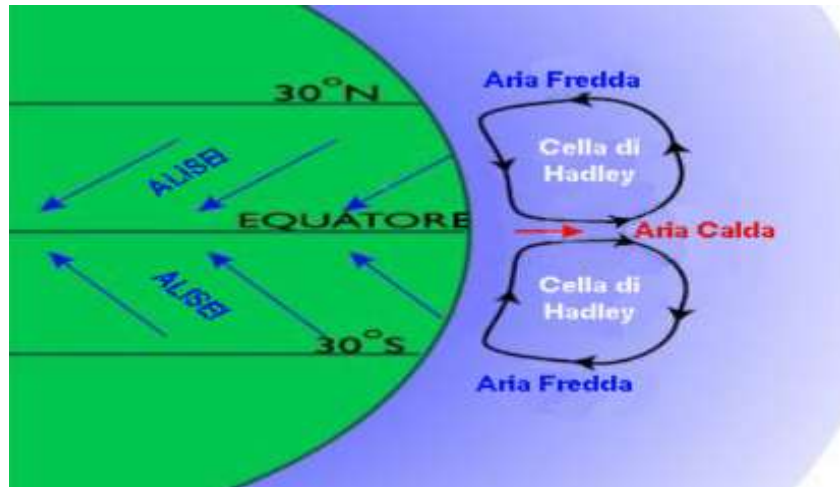
Cause fisiche dell'aumento della frequenza dei temporali intensi

Dalle proiezioni è stato possibile ricavare la tendenza di una serie di parametri predittori, tra cui il Lifted Index (LI), l'umidità relativa dei medi livelli (RH) e il Deep-Layer bulk wind Shear (DLS).



Cause aumento frequenza temporali in Europa

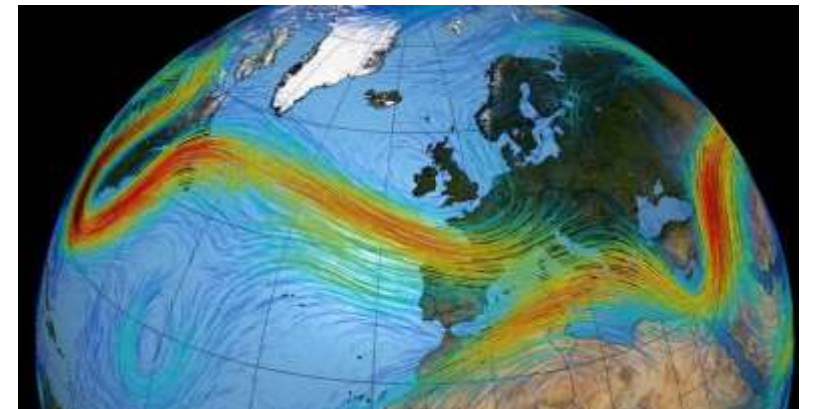
Lifted index in aumento per l'incremento dell'umidità nei bassi strati



Umidità ai medi livelli in diminuzione sull'Europa meridionale per lo spostamento verso nord del ramo discendente della cella di Hadley -> **inibizione dell'instabilità**

Arctic Amplification -> rallentamento della corrente a getto

Aumento del DLS legato ad incremento del mid-level jet da sud sul lato occidentale delle strutture di avvezione di aria molto calda



Conclusioni

Dallo studio è emerso che, per qualsiasi scenario climatico, i temporali e le fulminazioni tenderanno ad aumentare in termini di frequenza ed intensità.

Riguardo fenomeni intensi come grandine di grossa dimensione (>5cm) e raffiche di vento forte (>25m/s), si evidenzia un aumento ancora maggiore, soprattutto nello scenario climatico RCP8.5

