



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO



Cassandra Tech

Modellistica agrometeorologica per la gestione del rischio nel breve, nel medio e nel lungo periodo

Gabriele Cola ¹, Roberto Confalonieri ¹²

¹ Università degli Studi di Milano

² Cassandra Tech srl

Sotto l'etichetta **Cambiamento Climatico** vengono oggi giorno racchiusi una serie di fenomeni i cui effetti sul sistema agricolo sono complessi e tutt'altro che univoci.

L'**andamento meteorologico**, e di conseguenza il **clima**, sono il risultato di complessi e caotici meccanismi, la cui conoscenza è tutt'oggi ancora parziale.

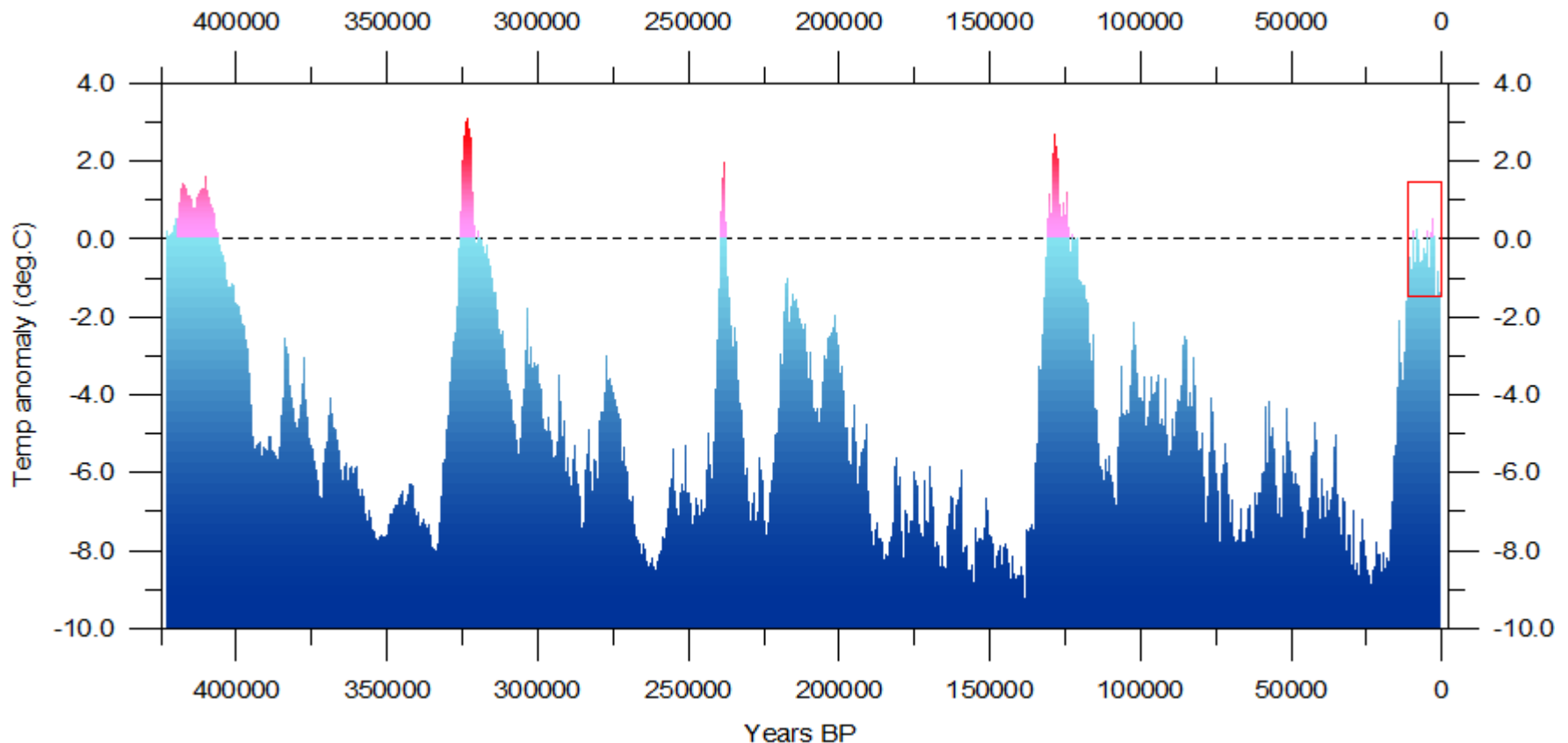
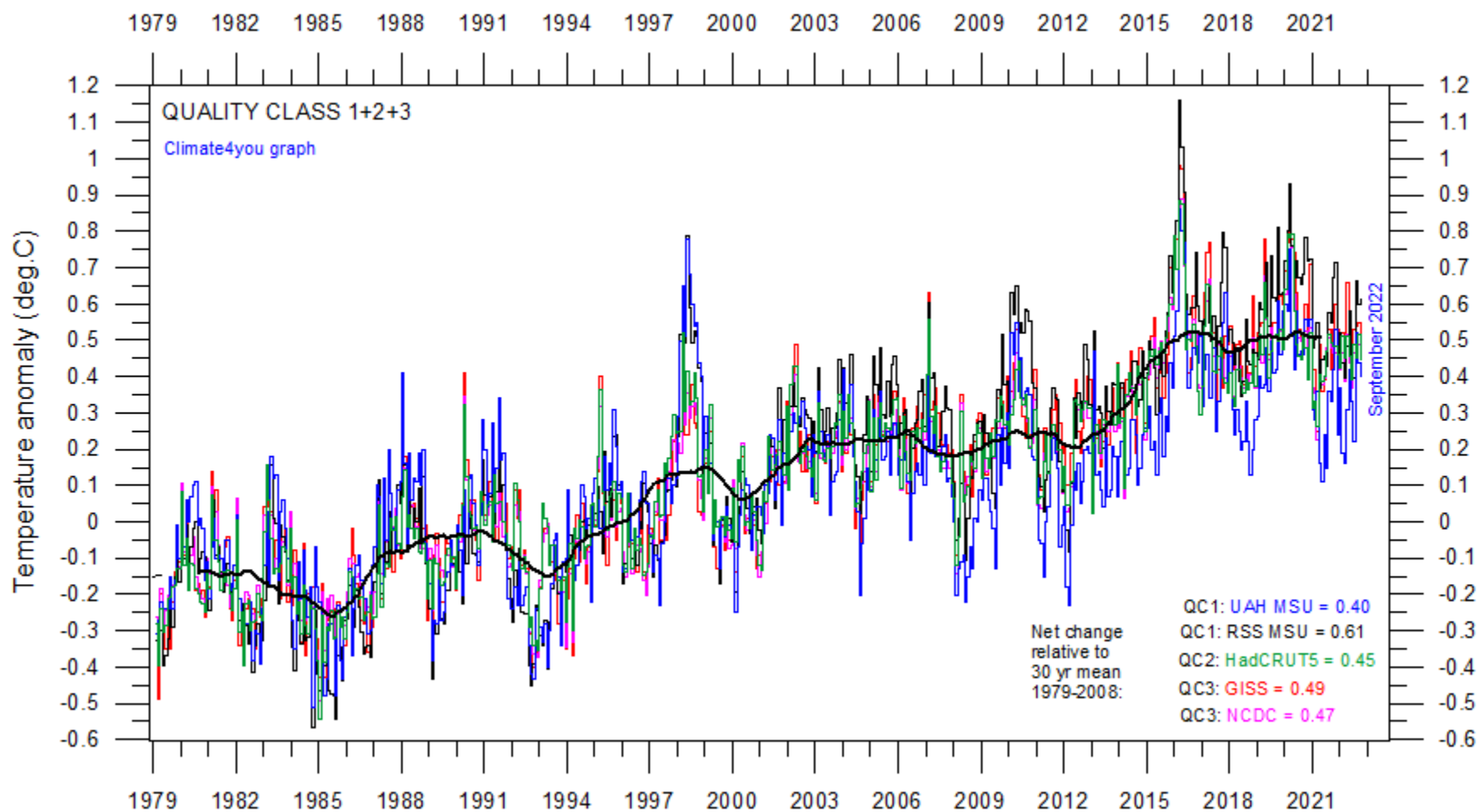


Fig.2. Reconstructed global temperature over the past 420,000 years based on the Vostok ice core from the Antarctica ([Petit et al. 2001](#)). The record spans over four glacial periods and five interglacials, including the present. The horizontal line indicates the modern temperature.

<https://www.climate4you.com/>

L'attuale fase climatica si caratterizza per un generalizzato aumento delle temperature che assume valori differenti a seconda dell'areale oggetto di analisi.

TEMPERATURE GLOBALI RECENTI



State of the Climate in Europe

2021



World Meteorological Organization
2022

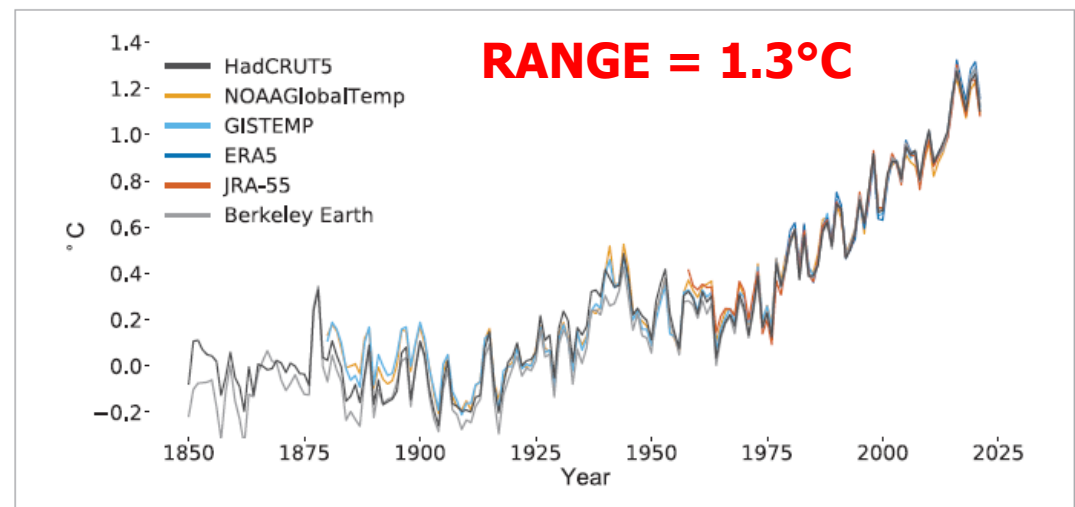


Figure 1. Global annual mean temperature difference from pre-industrial conditions (1850–1900) for six global temperature data sets (in situ datasets: HadCRUT5, NOAAGlobalTemp, GISTEMP, Berkeley Earth; reanalysis: ERA5 and JRA55).
Source: Met Office, United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland.

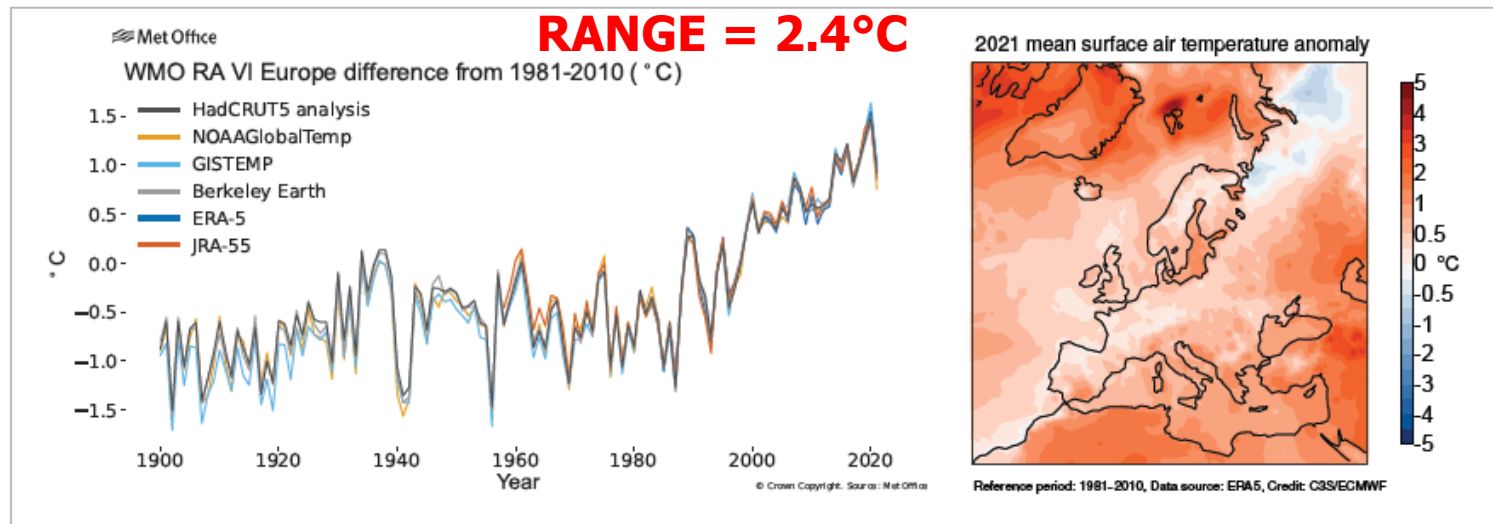
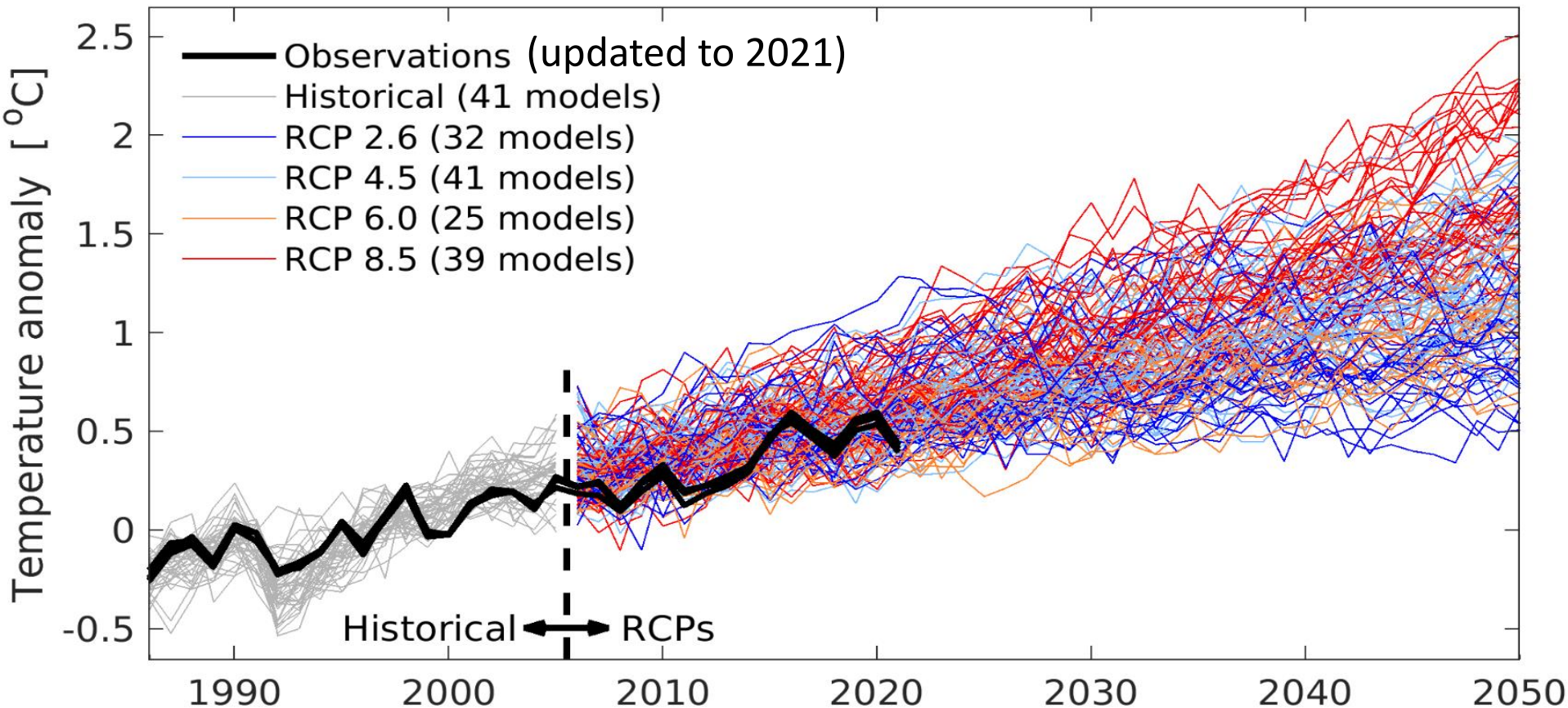


Figure 2. Left: Annual average temperature anomaly for 1900–2021 compared to the 1981–2010 reference period (for land only) over Europe, as defined by the WMO Region VI (see [Region domain](#) section). Data: In situ datasets: HadCRUT5, NOAAGlobalTemp, GISTEMP, Berkeley Earth; reanalysis: ERA5, JRA-55. Right: Annual average surface air temperature anomaly (°C) for 2021 compared to the 1981–2010 reference period. Data: ERA5 reanalysis.
Source: Met Office, United Kingdom (left); Copernicus Climate Change Service (C3S)/European Centre for Medium-range Weather Forecasts (ECMWF) (right).

SCENARIO da GCM e confronto con le misure

Si noti che le misure termiche sono all'estremità inferiore dell'ensemble di CMIP5. In tali condizioni solo i modelli con sensibilità più bassa (es: INM-CM5) descrivono in modo più efficace i dati di temperatura.

GMST near-term projections relative to 1986-2005



Dati osservativi aggiornati al 2021

(<https://www.climate-lab-book.ac.uk/comparing-cmip5-observations/>)

PRECIPITAZIONI ESTREME

Dal punto di vista delle **precipitazioni** la situazione è assai meno chiara.

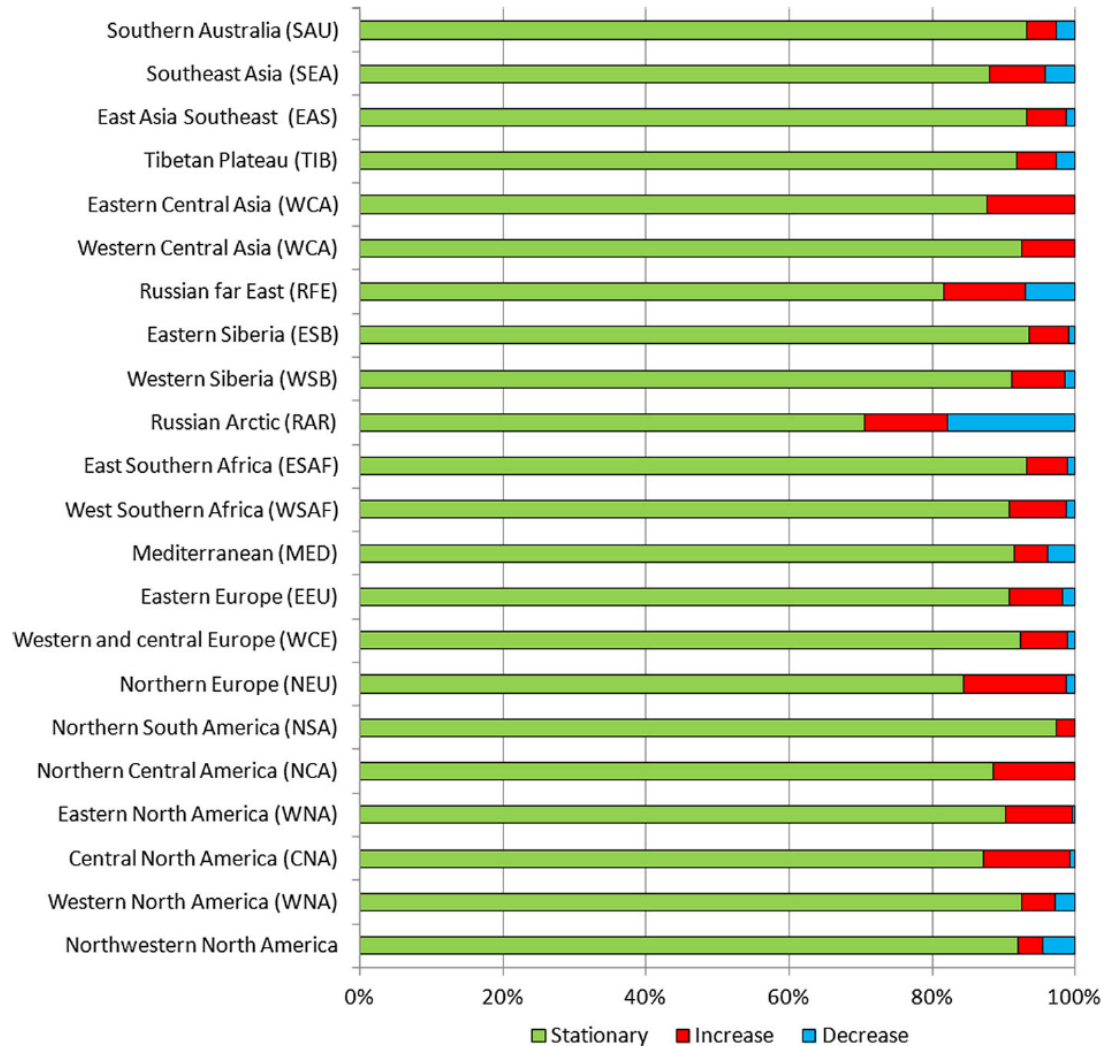
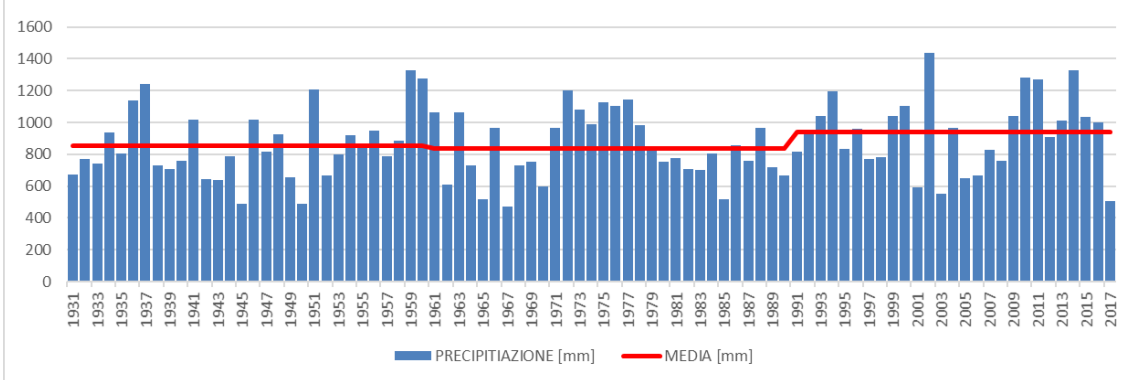


Fig. 5 Percentage of stations with stationary, statistically significant increasing and statistically significant decreasing trends in annual maxima of 1-day precipitation based on the Mann–Kendall test during the 1950–2018 period. Processing carried out on data from [32]

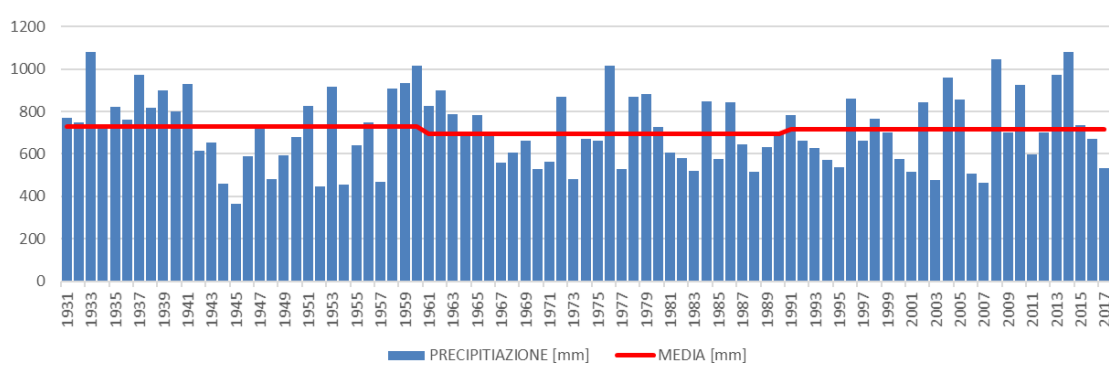
PRECIPITAZIONI ESTREME

Nello specifico, in Italia è difficile cogliere alcun tipo di trend.

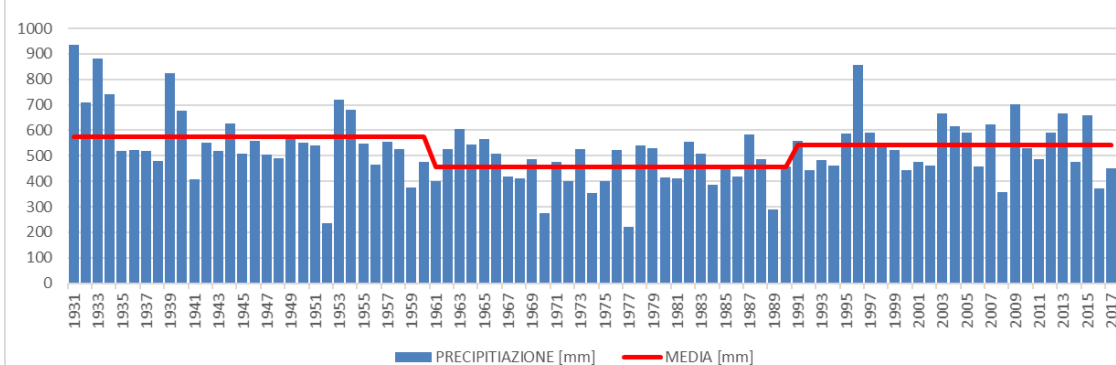
TORINO



ROMA



PALERMO



PRECIPITAZIONI ESTREME IN ITALIA (Libertino et al., 2019)

Geophysical Research Letters

RESEARCH LETTER
10.1029/2019GL083371

Key Points:

- A reconciled data set in Italy allows for a full-scale trend assessment of rainfall extremes
- A record-breaking analysis suggests that in the last decades the frequency of extremes is slowly, but not significantly, increasing
- Intensity of extremes displays only local significant trend patterns, compatible with previous studies

Supporting Information:
• Supporting Information S1

Correspondence to:
A. Libertino,
andrea.libertino@polito.it

Citation:
Libertino, A., Ganora, D., & Claps, P. (2019). Evidence for increasing rainfall extremes remains elusive. *Geophysical Research Letters*, 46, 1–5. doi:10.1029/2019GL083371

Evidence for Increasing Rainfall Extremes Remains Elusive at Large Spatial Scales: The Case of Italy

A. Libertino¹, D. Ganora¹, and P. Claps¹

¹Dipartimento di Ingegneria dell'Ambiente, del Territorio e delle Infrastrutture, Politecnico di Torino, Torino, Italy

Abstract The widespread perception of an increase in the severity of extreme rainstorms has not found yet clear confirmation in the scientific literature, often showing vastly different results. Especially for short-duration extremes, spatial heterogeneities can affect the outcomes of large-scale trend analyses, providing misleading results dependent on the adopted spatial domain. Based on the availability of a renewed and comprehensive database, the present work assesses the presence of regional trends in the magnitude and frequency of annual rainfall maxima for subdaily durations in Italy. Versions of the Mann-Kendall test and a record-breaking analysis, which considers the spatial correlation, have been adopted for the scope. Significant trends do not appear at the whole-country scale, but distinct patterns of change emerge in smaller domains having homogeneous geographical characteristics. Results of the study underline the importance of a multiscale approach to regional trend analysis and the need of more advanced explanations of localized trends.

1. Introduction



2. Data and Methods

The possible trends in annual extreme precipitation have been examined with two different approaches, with methods that do not require any prior assumptions on the statistical proprieties of the data other than the independence of the recorded observations in time. The first approach is more focused on the stability of the frequency of the higher extremes while the second one allows at exploring the presence of nonstationarities in the extreme annual maxima of rainfall records.

The *I-RED* database (Libertino et al., 2018) includes the annual maximum rainfall depths for 1-, 3-, 6-, 12-, and 24-hr durations recorded from 1915 to 2015 in a network of about 5,000 rain gauges distributed across Italy. The station density is of about 1 gauge per 70 km². In this work, only time series with at least 30 years of either continuous or noncontinuous data have been selected, resulting in 1,346 stations with records having median length of 47 years (Figure 1). Considering series with less than 30 years of data records has proven not to produce significant changes in the outcomes of the study. To ensure the spatial representativeness of the evaluated statistics, the analysis has been further limited to the period 1928–2014, where at least 50 stations are simultaneously active each year (see Figure S1). Consequently, all the data related to years out-

"Per quanto riguarda la frequenza, i risultati mostrano la non significatività dei trend, il che è compatibile con l'ipotesi di clima stazionario. [...]. Per quanto riguarda l'intensità degli eventi, non è possibile rilevare una chiara tendenza all'aumento delle precipitazioni estreme su scala nazionale".

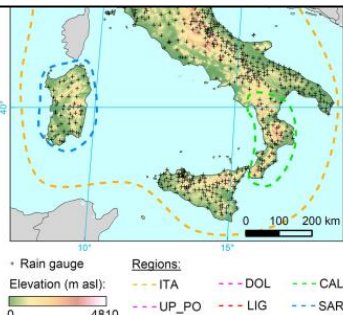


Figure 1. Rain gauges and regions considered in the analysis.

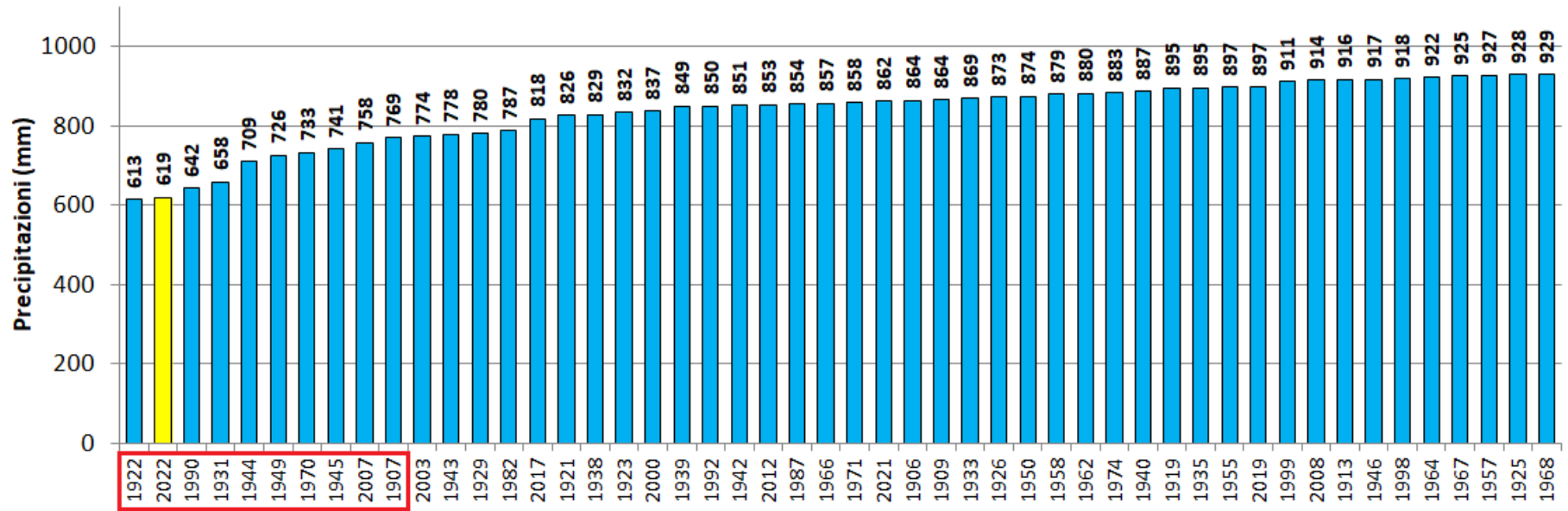
aiming to give a comprehensive overview of the evolution of the extreme rainfall regime.

Concerning the frequency, the outcomes show that all the observed trends are nonsignificant, that is, are compatible with the hypothesis of stationary climate. Despite this, a continuous increase in the positive RB anomalies in the last decade emerges. This outcome stresses the importance of deepening the analysis of the "extremes of the extremes" component, to assess if the increased RB anomaly is the hint of a real variation in the extreme rainfall regime or if the test result are partially biased by other external factors (e.g., increases in the accuracy of the measurements).

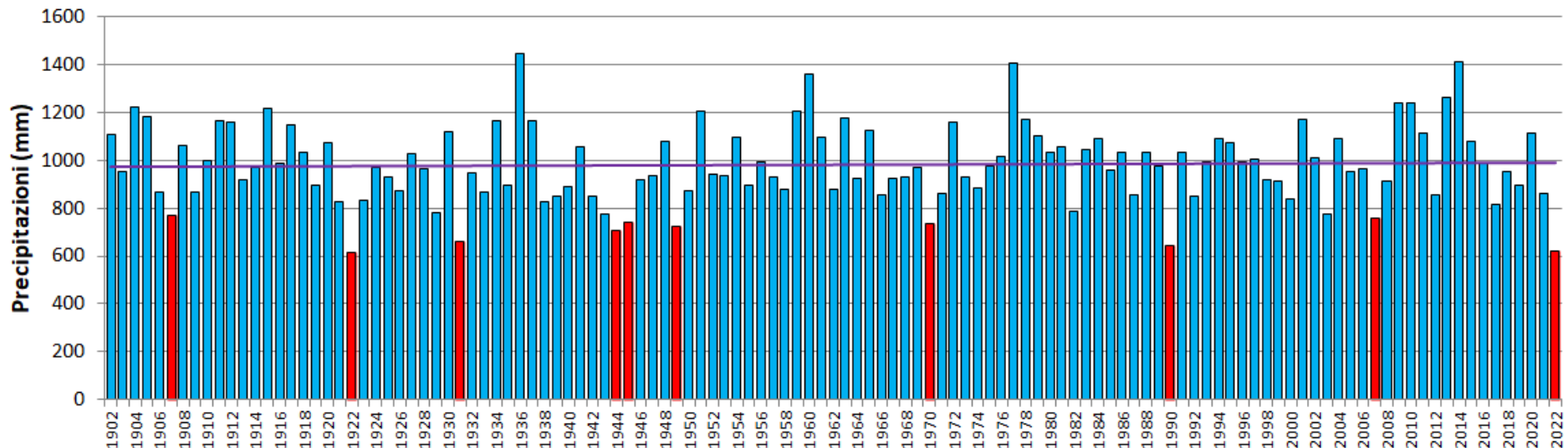
With regard to the intensities of the events, a clear trend in extreme rainfall magnitude can not be detected at the country-scale. However, local trends in some specific areas are significant for certain durations. These spatial-dependent outcomes underline the importance of exploring different spatiotemporal scales when

L'86 - 91% dei siti non mostra alcuna tendenza, il 4-7% un trend positivo significativo, il 5-7% negativo.

I 50 anni meno piovosi nel Nord Italia - media di 13 stazioni storiche* (1902-2022)



(*) Media per l'anno idrologico (da 1 ottobre dell'anno precedente a quello riportato al 30 settembre dell'anno riportato) per 13 stazioni storiche del Nord Italia (Belluno, Bologna, Casale Monferrato, Cuneo, Genova, Mantova, Milano, Padova, Rovigo, Ferrara, Torino, Udine e Venezia) Ad esempio valore del 1922 indica la somma delle precipitazioni dall'1 ottobre 1921 al 30 settembre 1922)



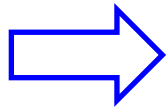
Dal punto di vista agricolo le conseguenze più importanti della attuale fase climatica sono:

- Maggiore precocità in primavera
 - ▶ opportunità per il calendario colturale
 - ▶ maggiore suscettibilità alle gelate primaverili
- Accresciuta lunghezza della «stagione vegetativa» (partenza più precoce in primavera e fine della stagione più tardi in autunno)
 - ▶ produzioni potenziali maggiori
- Aumento dei livelli evapotraspirativi a fronte della stazionarietà precipitativa
 - ▶ produzioni potenziali maggiori per le colture irrigue
 - ▶ maggiore rischio di stress idrico per le colture in asciutta
- Aumento delle ondate di calore e delle condizioni di eccesso termico in estate
 - ▶ spesso in concomitanza con periodi siccitosi
 - ▶ diverse tipologie di danno sulle produzioni

Soluzioni per Agrolnsurance

Il **settore agricolo** è il più esposto all'**instabilità climatica**.

Diversi studi indicano un aumento nella frequenza e nell'intensità di alcuni **eventi estremi** in diverse aree del pianeta.



C'è una crescente domanda di **approcci per la gestione del rischio**.

Soluzioni (derivanti da esperienze con compagnie di assicurazione) per:

- Prodotti assicurativi basati su indici (assicurazioni parametriche)
- Quantificazione delle componenti del deficit di resa
- Ottimizzare la gestione delle colture (colture gestite meglio sono più resilienti)

Assicurazioni basate su indici

Nonostante i **potenziali vantaggi** delle assicurazioni agricole, le **reali dimensioni** del **mercato** sono **limitate** da una serie di fattori

- Relazioni a volte **sfavorevoli** tra il **valore delle colture** e i **costi delle assicurazioni**

Tra le soluzioni proposte, un ruolo chiave è affidato a **prodotti assicurativi basati su indici**

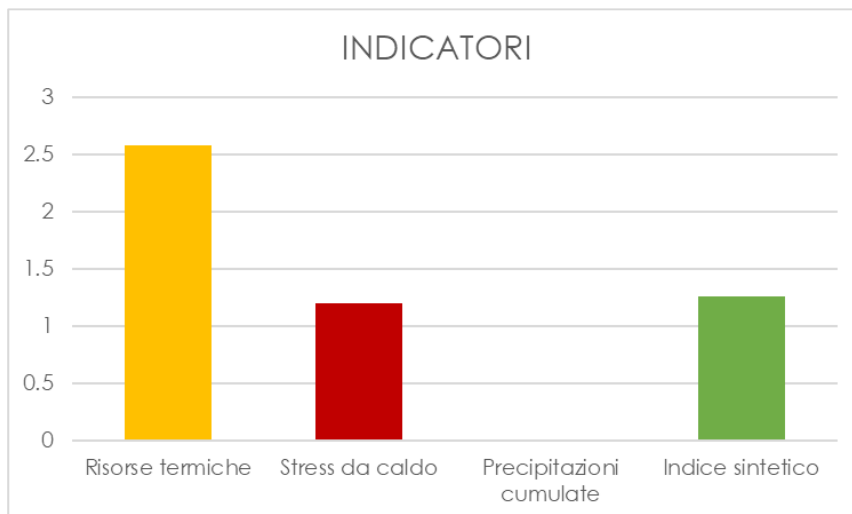
- Sono utilizzati indici come **stimatori per le perdite di resa**
- **Non è richiesta** la **quantificazione** diretta del **danno** (perizia)
 - ✓ **Minori costi**
 - ✓ **Minore soggettività**
 - **Minor rischio di controversie** dovute ad una diversa percezione del danno da parte di assicurato e assicuratore

Assicurazioni basate su indici

Approccio per **mais** basato su **anomalie giornaliere** di indici **agrometeorologici**:

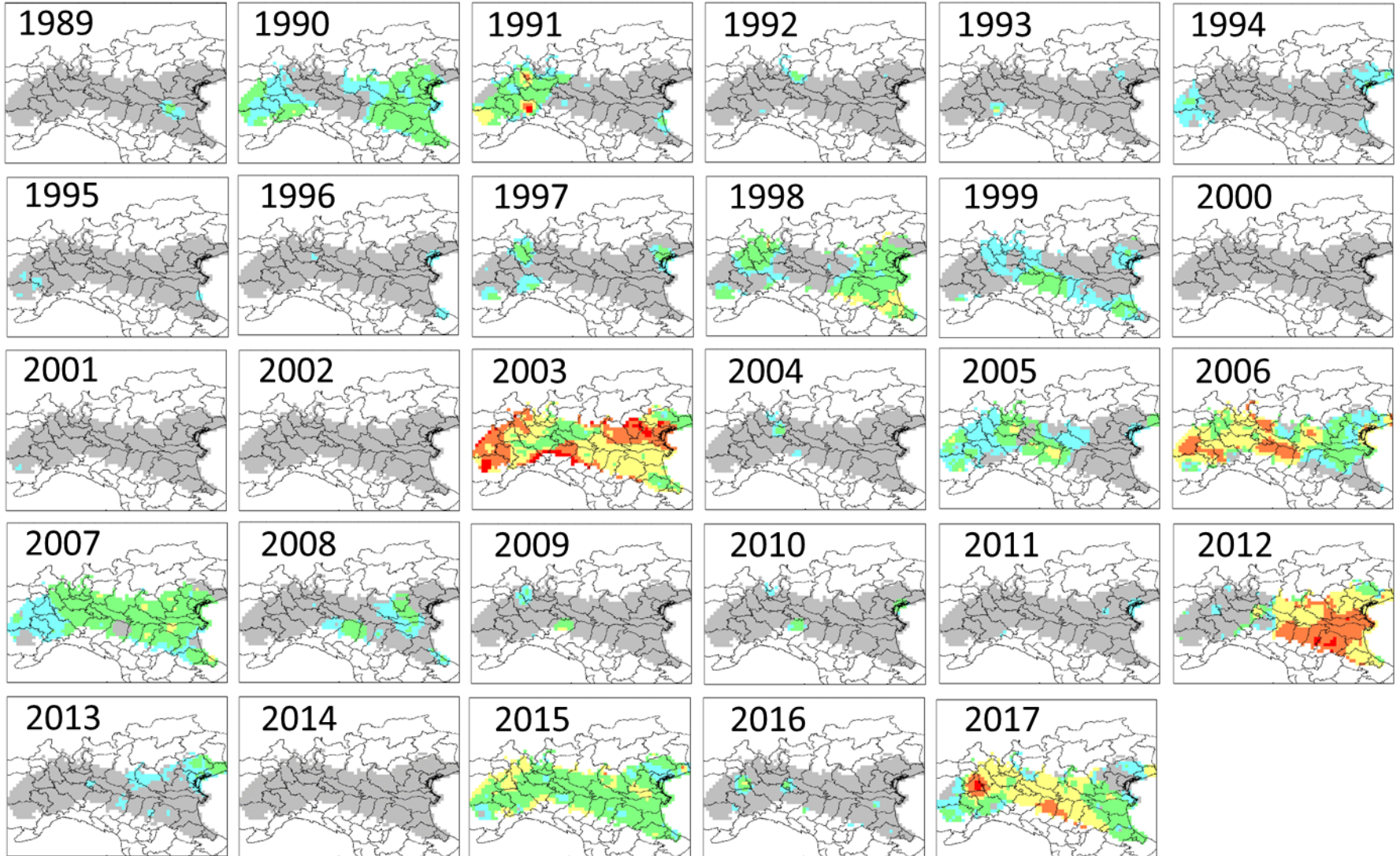
- Risorse termiche utili allo sviluppo della coltura
- Stress da alte temperature
- Disponibilità di acqua (precipitazioni)

I tre indici vengono **aggregati** e **tradotti** in **calo produttivo potenziale**, che viene riconosciuto all'assicurato.



L'indice sintetico totalizza un punteggio pari a **1.26**, corrispondente ad un calo produttivo rispetto alle potenzialità dell'areale pari al **34.4 %**.

Assicurazioni basate su indici



Assicurazioni basate su indici

L'**aspetto negativo** delle assicurazioni parametriche è rappresentato dal **basis risk**, ovvero un basso grado di correlazione tra il valore dell'indice e le effettive perdite di resa.

Ci sono **tre** principali **fattori** aumentano il **basis risk**:

- **Eterogeneità spaziale** nei valori assunti dalle **variabili meteorologiche**, specialmente per eventi estremi
- Effetto della **specificata stagione meteorologica** sulle **finestre temporali** nelle quali l'indice deve essere calcolato
- **Inadeguatezza algoritmica** dell'indice
 - ✓ Gli **indici** possono essere **troppo semplici** per riprodurre i **processi biologici** alla base del danno.

Assicurazioni basate su indici

Per i casi in cui è **impossibile** trovare **relazioni** affidabili tra **semplici indici meteorologici** e **perdite di resa**, abbiamo sviluppato una nuova metodologia per progettare assicurazioni basate su indici.

Idea:

- Usare un **modello biofisico complesso** per simulare le complesse relazioni biologiche tra piante e ambiente
- Usare tecniche di **meta-modellizzazione** per convertire la **struttura input-output** del modello biofisico in un algoritmo
 - ✓ capace di spiegare **la maggior parte della variabilità** nelle perdite di resa
 - ✓ **facilmente comprensibile** (e **applicabile**) da parte degli assicurati

Assicurazioni basate su indici



Superficie (s) mq	Distanza tra file (x) m <input type="checkbox"/> Binata <input checked="" type="checkbox"/> Singola	Distanza sulla fila (y) m	Fallanze (k) %	N° piante/mq (a) $a = \frac{1}{x \cdot y} \cdot \frac{100-k}{100} = 41 = 1,32$				
Piante/mq (a)	N° frutti/pianta (b) Presenti e asportati	Peso medio frutto (c) Tabellare / Stimato	Kg pianta (w) g = b * c	Prod. Pot./Ha teorica a * w * 100	Prod. POTENZIALE/Ha (e)			
N°	N°	Kg	Kg	Q.li/Ha	Q.li/Ha			
Prod. ASSICURATA/Ha (d) Q.li/Ha	Prod. POTENZIALE/Ha (e) Q.li/Ha	Danni da eventi non risarcibili (n) Q.li/Ha	Prod. RISARCIBILE/Ha (R) Minore tra (d) e (e-n)					
860	900		Q.li/Ha 860					
Camp	Piante n°	mq	Kg	Frutti commerc. n°	Frutti non comm. n°	Kg/mq (t)	Prod. Ottenibile O = t * 100	Danno Quantità (R - O) / R
1	4	1,32	6,58					
2	4		7,35					
3	4		7,85					
4	4		8,05					
5	4		8,15					
6								
7		6,6	37,95		5,75	5,75		
8								
9								
10								
							MEDIA	33%

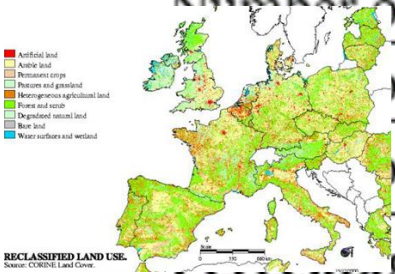
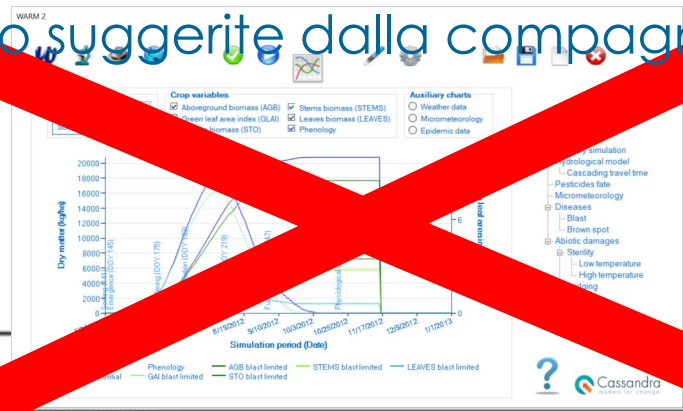
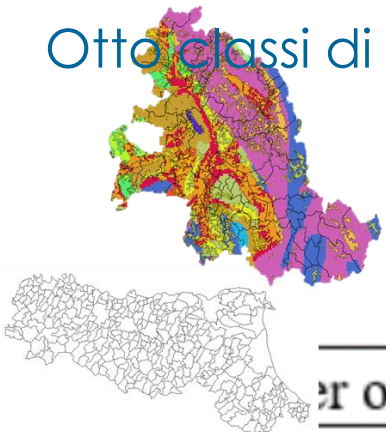
Metodi:

RECLASSIFIED LAND US
Source: CORINE Land Cover.

- Sviluppato modello biofisico per simulare i processi di interesse
- Dati meteo gridded
- Dati su proprietà idrauliche dei suoli da database WISE
- Maschere colturali da CORINE land cover ('non irrigated arable')
- Serie storiche di danno da perizie

Assicurazioni basate su indici

Otto classi di danno suggerite dalla compagnia di assicurazione

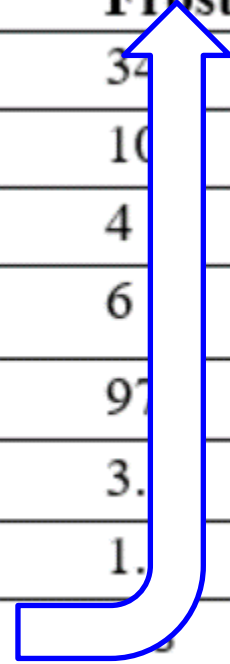
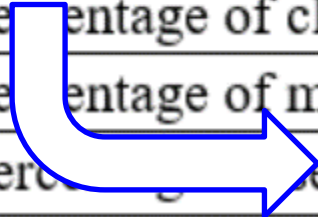


Number of observations	34
Number of classification errors	10
Number of minor errors (one class)	4
Number of severe errors (more than one class)	6
Percentage of cases correctly interpreted (%)	97
Percentage of classification errors (%)	3.1
Percentage of minor classification errors (%)	1.2
Percentage of severe classification errors (%)	1.9

Impossibile da descrivere nelle condizioni di polizza (e non applicabile dagli assicurati)

Meta-modelli

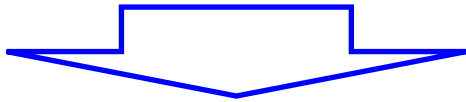
Frost



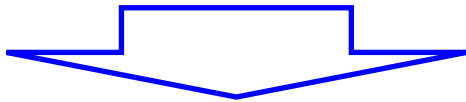
Assicurazioni basate su indici

I nostri meta-modelli sono **sets di regole** che **mimano** il comportamento del **modello di simulazione biofisico**

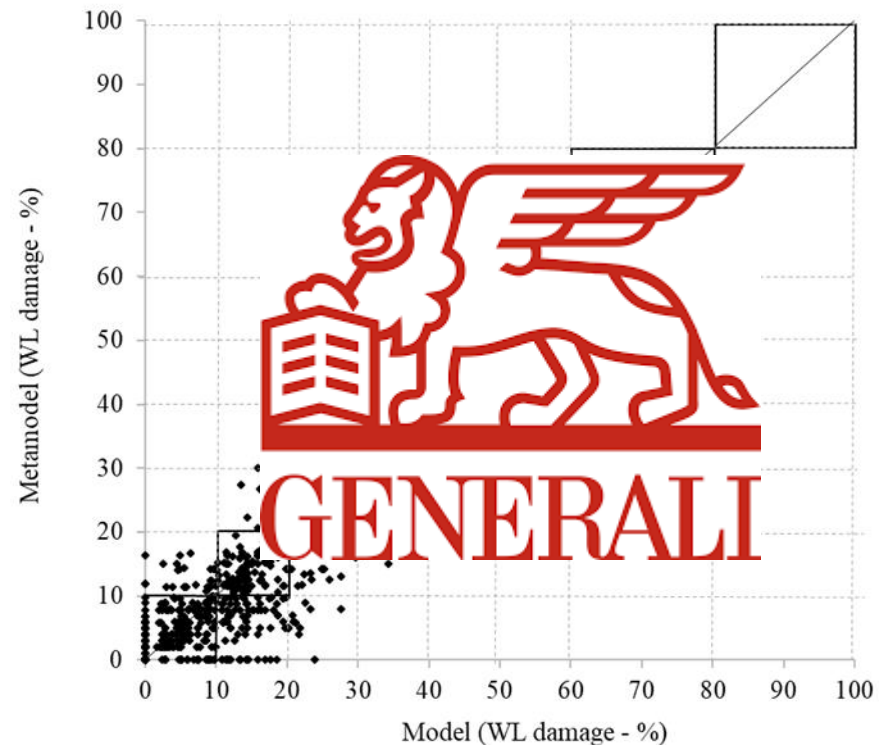
- **Semplici da spiegare** nelle condizioni di polizza (e da applicare)
- Capaci di spiegare **la maggior parte della variabilità** catturata dal modello biofisico



- **Basis risk limitato** a valori accettabili



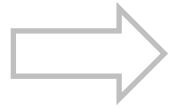
- Altri prodotti assicurativi basati su indici sviluppati per altre colture e regioni



Soluzioni per AgrolInsurance

Il **settore agricolo** è il più esposto all'**instabilità climatica**.

Diversi studi indicano un aumento nella frequenza e nell'intensità di alcuni **eventi estremi** in diverse aree del pianeta.

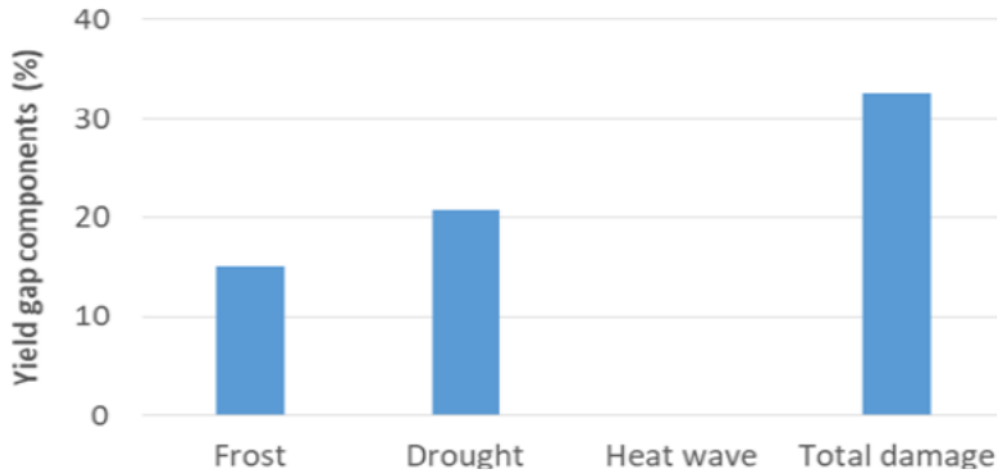


C'è una crescente domanda di **approcci per la gestione del rischio**.

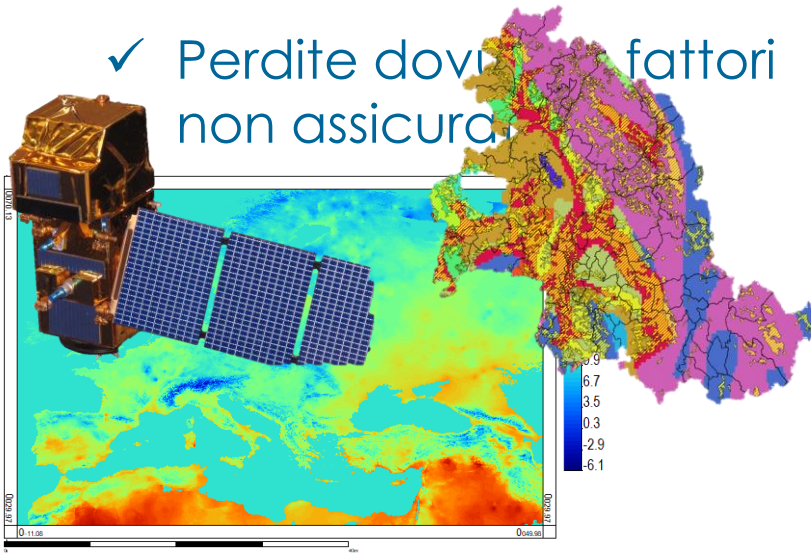
Soluzioni (derivanti da esperienze con compagnie di assicurazione) per:

- **Prodotti assicurativi basati su indici (assicurazioni parametriche)**
- Quantificazione delle componenti del deficit di resa
- Ottimizzare la gestione delle colture (colture gestite meglio sono colture più resilienti)

Componenti del deficit di resa



✓ Perdite dovute a fattori non assicurati





Previsioni di resa Campagna riso 2017

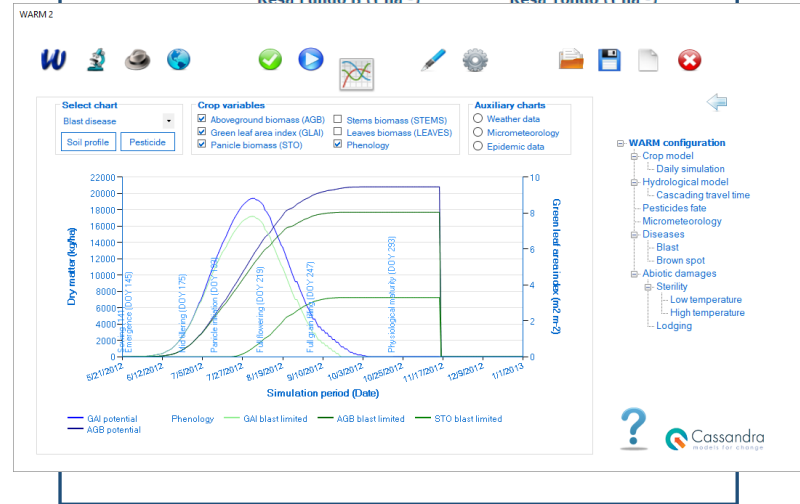
Distretto Lombardo-Piemontese
Lomellina e provincia di Vercelli

Bollettino n. 2 stagione 2017

L'analisi relativa all'ultima parte della stagione rispecchia quasi per intero quanto riportato nel precedente bollettino (post-fioritura). La stagione si è confermata buona, nonostante precipitazioni inferiori alla norma e isolati problemi che potrebbero essersi verificati per via della grandine in alcune aree (tra cui Vercellese e Biellese). Nella maggior parte dei casi, le temperature favorevoli hanno permesso di recuperare interamente il leggero ritardo segnalato nella prima parte della stagione per via di ritardi nelle semine. Tranne che in alcuni giorni in post-fioritura, l'andamento meteorologico ha continuato a generare condizioni sfavorevoli per i patogeni fungini.

CATEGORIE MERCEOLOGICHE Lungo B e Tondo

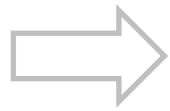
Resa Lungo B (t ha⁻¹)
Resa Tondo (t ha⁻¹)



Soluzioni per AgrolInsurance

Il **settore agricolo** è il **più esposto** all'**instabilità climatica**.

Diversi studi indicano un aumento nella frequenza e nell'intensità di alcuni **eventi estremi** in diverse aree del pianeta.



C'è una crescente domanda di **approcci per la gestione del rischio**.

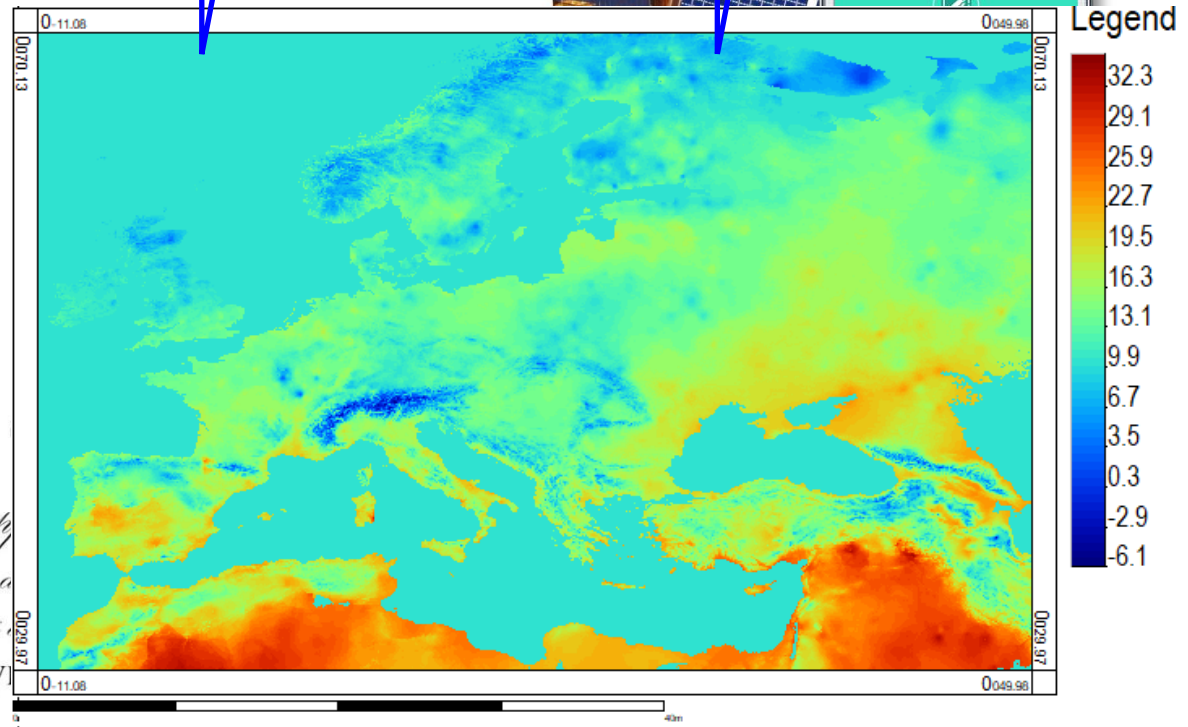
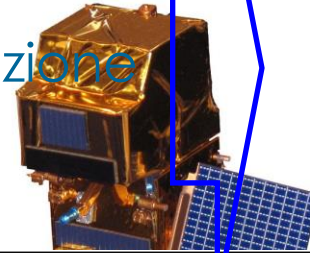
Soluzioni (derivanti da esperienze con compagnie di assicurazione) per:

- Prodotti assicurativi basati su indici (assicurazioni parametriche)
- **Quantificazione delle componenti del deficit di resa**
- Ottimizzare la gestione delle colture (colture gestite meglio sono più resilienti)

Ottimizzare la gestione

- Modelli di simulazione
- Telerilevamento satellitare
- Tecnologie smart
- Servizio meteo (anche previsionale)

Integrazioni



Ministero dello Sviluppo Economico
Direzione generale per la lotta alla frode
Ufficio Italiano Brevetti e Marchi

ATTESTATO DI BREVETTO PER INVENZIONE

In conclusione, i modelli agro meteorologici e di produzione costituiscono un utilissimo strumento per la valutazione del rischio in agricoltura. In tal senso appare particolarmente importante poter disporre di:

DATI METEOROLOGICI

- ▶ qualità del dato
- ▶ serie lunghe per la valutazione degli eventi estremi
- ▶ scenari affidabili per le specificità del settore agricolo
- ▶ facile accesso ai dati a livello nazionale (**ITALIAMETEO**)

DATI CULTURALI/AGRONOMICI

- ▶ da attività sperimentali
- ▶ da gestione ordinaria (SIAN, quaderni di campagna, database assicurativi, ecc.)

RICERCA

- ▶ ricerca e sviluppo di nuovi modelli di simulazione
- ▶ continua evoluzione consente una migliore aderenza alla realtà

GRAZIE PER L'ATTENZIONE