

AREA TEMATICA – CLIMA

Scheda Indicatore 5: **Indicatore di anomalia delle** **precipitazioni**

1 INQUADRAMENTO CONCETTUALE DELL'INDICATORE	1
2 METODO DI CALCOLO DELL'INDICATORE.....	2
3 APPLICAZIONE DELL'INDICATORE AL TERRITORIO PUGLIESE	4
4 CONCLUSIONI	10

1 INQUADRAMENTO CONCETTUALE DELL'INDICATORE

A livello globale il cambiamento climatico sta portando ad una intensificazione del ciclo dell'acqua, con precipitazioni più intense e all'opposto periodi di siccità più gravosi. La variazione del pattern di precipitazione non è geograficamente uniforme: le proiezioni disponibili indicano che alle alte latitudini le precipitazioni aumenteranno, mentre nella regione mediterranea e nelle regioni subtropicali diminuiranno (Ali et al 2022¹, IPCC 2021²).

La disponibilità idrica (e più nello specifico il contenuto di acqua/umidità nel suolo) è fondamentale per la stabilità della produzione agricola, a maggior ragione per una regione come quella pugliese dove si presentano temperature medie in aumento e quindi potenziale aumento di evaporazione ed evapotraspirazione dell'acqua dal suolo verso l'atmosfera.

Per indagare la dinamica delle precipitazioni nella regione Puglia in relazione al cambiamento climatico in atto, si è fatto riferimento all'analisi spaziale del trend e dell'anomalia di

¹ Ali, E., W. Cramer, J. Carnicer, E. Georgopoulou, N.J.M. Hilmi, G. Le Cozannet, and P. Lionello, 2022: Cross-Chapter Paper 4: Mediterranean Region. In: Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, pp. 2233–2272, doi: 10.1017/9781009325844.021.

² IPCC, 2021. Climate change widespread, rapid, and intensifying, <https://www.ipcc.ch/2021/08/09/ar6-wg1-20210809-pr>.

precipitazione. L'anomalia di precipitazione consiste nella differenza tra il valore cumulato di precipitazione (mm) nel periodo analizzato e la relativa media di precipitazione cumulata del periodo climatologico di riferimento. Come riportato nel capitolo sulla temperatura, il periodo climatologico di riferimento è solitamente equivalente ad almeno 30 anni e viene aggiornato ogni 10 anni dalla World Meteorological Organization (WMO) per riflettere meglio i cambiamenti climatici in corso e consentire prese di decisione in ambito energetico, agricolo, ecc. più tempestive.

Dal 2021 il WMO raccomanda di adottare a livello globale il nuovo periodo di riferimento trentennale 1991-2020 (WMO, 2017³; WMO, 2021⁴). Un'anomalia di precipitazione positiva indica che la precipitazione cumulata registrata nel periodo di analisi è stata maggiore rispetto al valore del periodo di riferimento, mentre un'anomalia negativa indica che la precipitazione cumulata osservata è inferiore rispetto alla media del periodo di riferimento.

Il trend delle precipitazioni, se statisticamente significativo, indica la tendenza media, ovvero la direzione (incremento/decremento) e la magnitudine della variazione media annua di precipitazione nel periodo considerato.

2 METODO DI CALCOLO DELL'INDICATORE

Per la stima degli indicatori si sono utilizzati i dati raster spazializzati di precipitazione cumulata annua (risoluzione 1km) messi a disposizione da ISPRA nell'ambito del progetto BIGBANG⁵ v.6.0 a scala nazionale. In particolare, si è valutato:

- i) l'anomalia di precipitazione per l'anno 2021 (ultimo disponibile) rispetto al periodo di riferimento climatico 1991-2020;
- ii) L'anomalia media di precipitazione per gli anni dal 2017 al 2021 rispetto al periodo di riferimento climatico 1991-2020;
- iii) IL trend delle precipitazioni cumulate annue dal 1991 al 2021 (attraverso il modello di regressione lineare semplice).

³ WMO - World Meteorological Organization (2017). WMO guidelines on generating a defined set of national climate monitoring products. https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=4213.

⁴ WMO - World Meteorological Organization (2021). Updated 30-year reference period reflects changing climate. World Meteorological Organization.

⁵ https://www.isprambiente.gov.it/pre_meteo/idro/BIGBANG_ISPRA.html.

Il calcolo delle anomalie è stato eseguito in ambiente GIS, attraverso i seguenti step:

- Download dei dati raster di precipitazione cumulata annua a scala nazionale
- Riproiezione dei dati raster dal sistema di riferimento ETRS89-LAEA a WGS84_32633
- Ritaglio con limite ISTAT regione puglia (2022)
- Media delle precipitazione cumulate annue dal 1991 al 2020 tramite tool *r.series* di QGIS_GRASS

i) Per anomalia del 2021

- Differenza tra la precipitazione cumulata per l'anno 2021 e la media delle precipitazioni cumulate per gli anni del periodo di riferimento climatico (1991-2020) tramite *raster calculator*

ii) Per anomalia media anni 2017-2021

- media delle precipitazioni cumulate annue dal 2017 al 2021 tramite tool *r.series* di QGIS_GRASS
- Differenza tra la media delle precipitazioni cumulate annue (2017-2021) e la media delle precipitazioni cumulate annue del periodo di riferimento climatico (1991-2020) tramite *raster calculator*

iii) Per il trend delle precipitazioni cumulate annue

- Si è utilizzato il modello di regressione lineare semplice ed in particolare le funzioni "slope" e "t-value" del tool *r.series* di QGIS_GRASS sul set di raster di precipitazione cumulata annua (dal 1991 al 2021) della regione Puglia. La funzione "slope" consente di ottenere per ogni pixel il valore della variazione media annua, mentre il "t-value" restituisce per ogni pixel il valore del test di student, utile nella determinazione della significatività o meno del trend (in questo caso si è utilizzata la soglia del 95% di confidenza).

3 APPLICAZIONE DELL'INDICATORE AL TERRITORIO PUGLIESE

La media di precipitazione cumulata annua a livello regionale per il periodo di riferimento climatico 1991-2020 si attesta in 651mm, con minime locali che arrivano a 449 mm e massime a 1.127 mm (**Figura 1**).

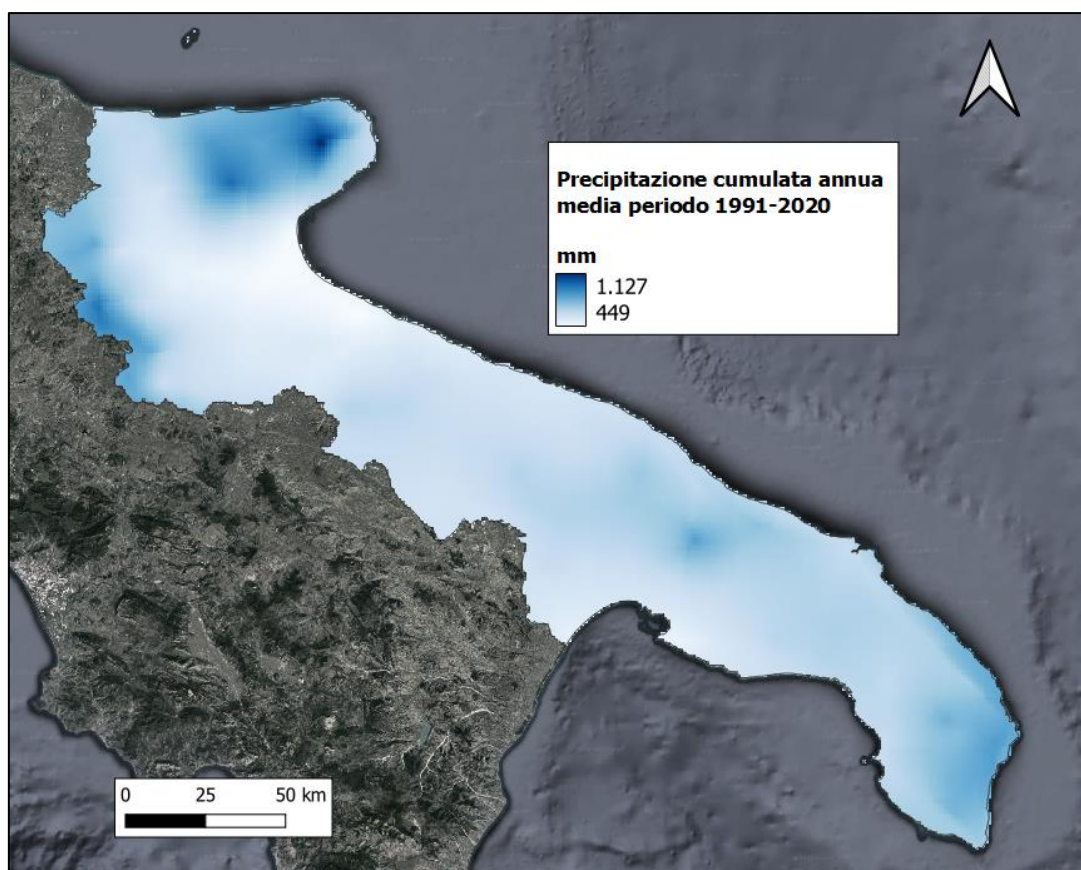


Figura 1 – Precipitazioni cumulate annue in millimetri (mm). Valore medio del periodo 1991-2020 per la regione Puglia.

Nelle figure seguenti si riportano l'anomalia di precipitazione per l'anno 2021 (**Figura 2**), l'anomalia media di precipitazione per gli anni dal 2017 al 2021 (**Figura 3**) per la regione Puglia.

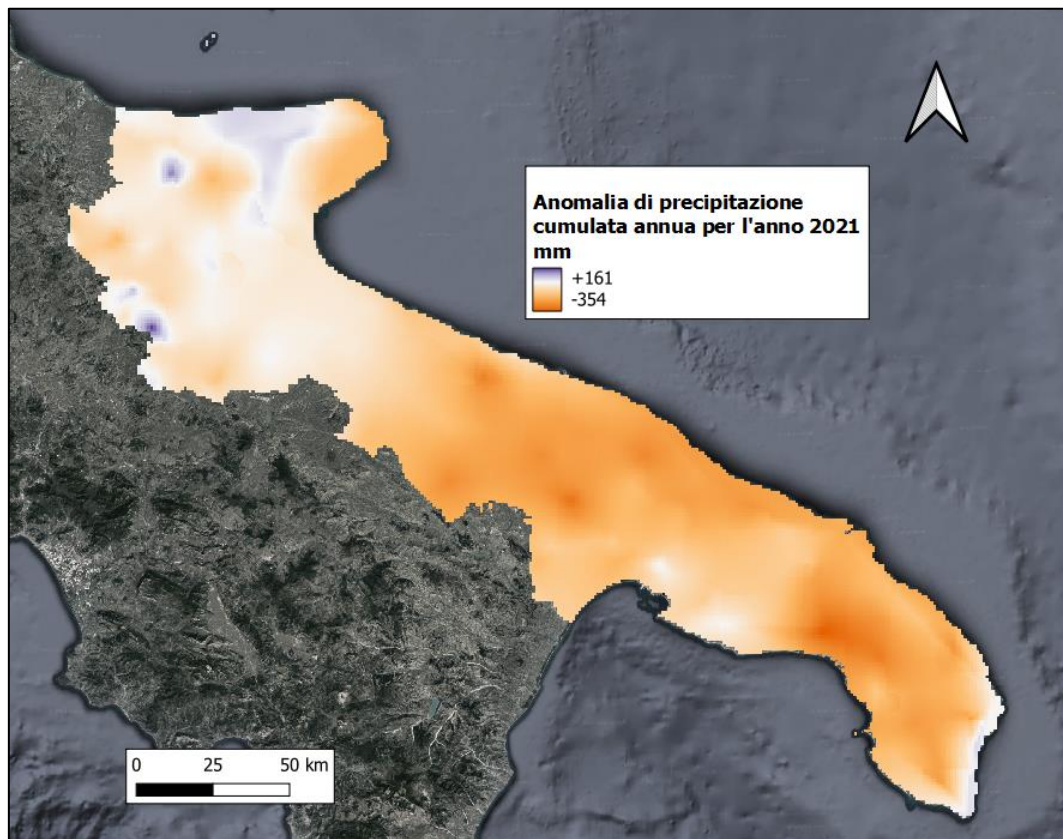


Figura 2 – Anomalia di precipitazione cumulata annua nell'anno 2021. Valori in millimetri (mm).

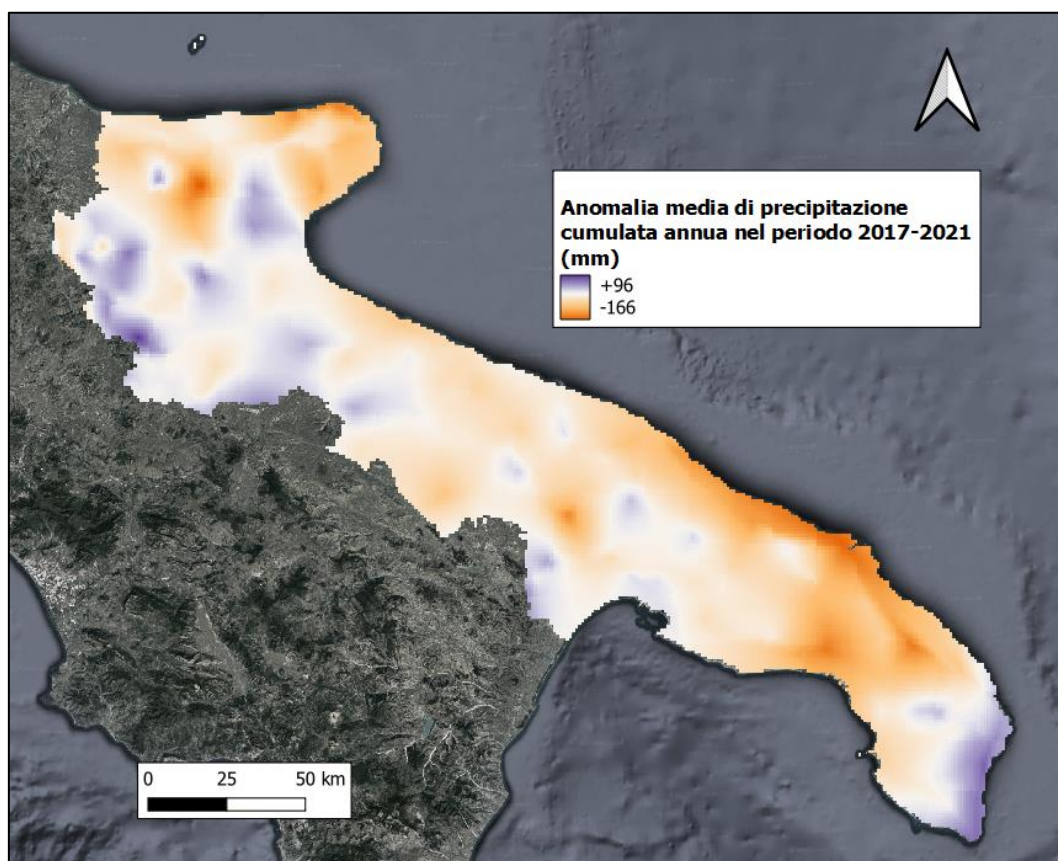


Figura 3 – Anomalia media di precipitazione cumulata annua nel periodo dal 2017 al 2021. Valori in millimetri (mm).

L'analisi sulle anomalie restituisce valori per lo più negativi sia per l'anno 2021 che per il periodo 2017-2021. Da notare però, come non sia presente un pattern interamente sovrapponibile di distribuzione spaziale delle due tipologie di anomalie come nel caso dell'anomalia di temperatura.

I valori positivi di anomalia, ad esempio, nel 2021 si riscontrano solamente nel nord della regione (in particolare Gargano e porzione di Monti Dauni, con valori massimi superiori di 161 mm, ovvero + 18%, rispetto al valore climatico di riferimento) ed in una limitata fascia della parte orientale del Salento, mentre nel periodo 2017-2021 si registrano anche nella zona del Tavoliere, dei Monti Dauni, di Ofanto e nell'arco jonico Tarantino. Per quanto riguarda invece i valori negativi di anomalia, per il 2021 raggiungono picchi pari a -354 mm (ovvero circa il 53% in meno di precipitazione rispetto alla media del periodo di riferimento climatologico 1991-

2020) nel Tavoliere Salentino (ad ovest della città di Lecce), mentre nel periodo 2017-2021 gli estremi negativi di anomalia media, si registrano nell'area costiera del brindisino e della Murgia, con valori dimezzati (- 166 mm, 26%) rispetto a quelli del 2021.

L'irregolarità nelle anomalie di precipitazione è evidente nell'analisi della serie temporale di anomalie di precipitazione basata questa volta sulla media di precipitazione cumulata annua a livello regionale di cui si riporta il grafico che segue.

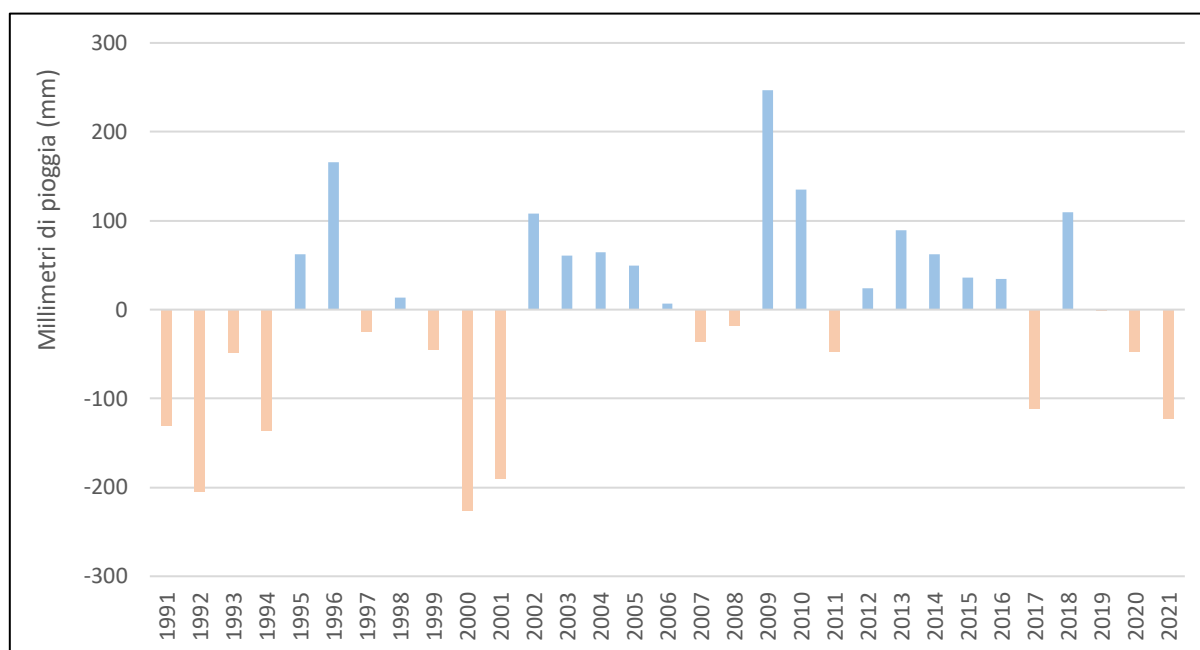


Grafico 1 - Anomalie di precipitazione cumulata media annua regionale rispetto al valore climatico 1991-2020.

Come possibile notare nel **Grafico 1**, non esiste una regolarità nel verso dell'anomalia (positiva o negativa), come riscontrata nell'analisi sulle temperature, ma piuttosto vi è un alternarsi di anni con precipitazioni superiori alla media e anni con precipitazioni inferiori alla media. I massimi positivi si registrano nel 2009 con valori di +247 mm (ovvero + 38%), mentre i minimi nel 2000 con - 226 mm (ovvero -35%) rispetto alla media climatica 1991-2020. Da notare come negli ultimi cinque anni, ben quattro abbiano registrato un'anomalia negativa (anche se il 2019 solo di 1mm).

Infine, si riporta di seguito la cartografia raffigurante il **trend delle precipitazioni** dal 1991 al 2021 (**Figura 4**). Si è scelto di riportare solo i dati spazializzati che presentano un livello di confidenza statistica al 95%.

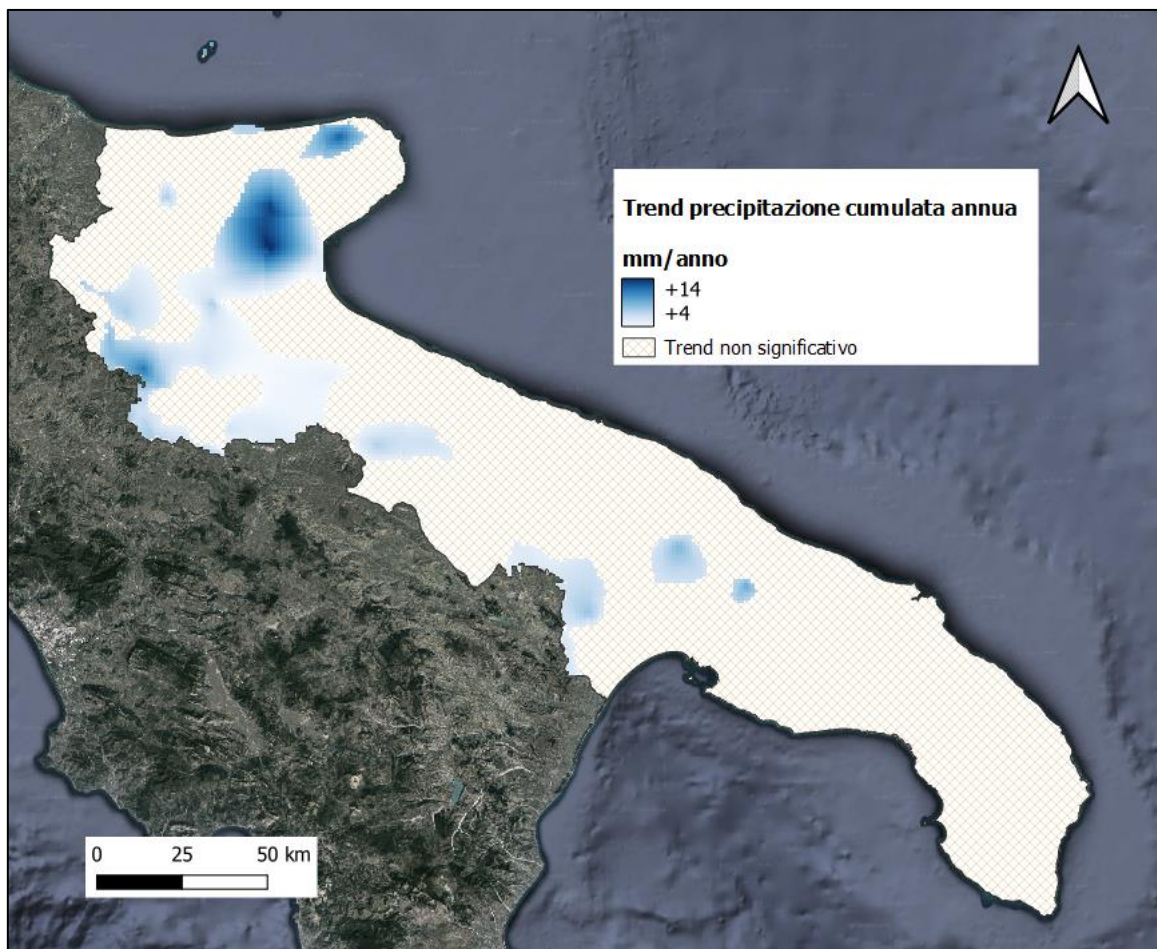


Figura 4 – Trend (confidenza al 95%) di precipitazione cumulata annua nel periodo 1991-2021 per la regione Puglia. Valori in millimetri (mm) all'anno.

La **Figura 4** mostra come il trend di precipitazione, contrariamente a quello visto per la temperatura, sia significativo solo per una parte ridotta (circa il 20%) del territorio regionale. Il fatto che nell'80% del territorio pugliese non si registri una tendenza significativa della precipitazione è in linea con l'irregolarità delle anomalie annue regionali presentate nel grafico 5 ed in generale con il carattere poco regolare del pattern delle precipitazioni riscontrato in

altri studi, sia a livello regionale (ISPRA 2014⁶), che nazionale (ISPRA 2021⁷) che per il bacino del Mediterraneo (Ali et al 2022¹). In particolare, l'analisi di lungo periodo svolta in ISPRA (2014) mostra come le precipitazioni nella regione pugliese seguano piuttosto un pattern ciclico, con alternarsi di una serie di anni siccitosi, seguiti da anni più piovosi. Questa alternanza tra periodi siccitosi e piovosi può mettere sotto pressione il comparto agricolo pugliese e necessita di una pianificazione altrettanto flessibile e resiliente.

In questa analisi il trend risultato significativo mostra valori positivi d'incremento medio delle precipitazioni compresi nell'intervallo tra +4mm e +14mm annui. In particolare, i valori massimi si riscontrano principalmente nel Gargano (parte settentrionale della Foresta Umbra e altopiano di Manfredonia) e nei Monti Dauni meridionali. Da notare come il trend di aumento delle precipitazioni sia concentrato nel nord della regione, con qualche limitato areale al centro, e nessuno al sud. Buona parte del sud della regione (in particolare la valle d'Itria, la piana degli ulivi secolari e la parte centro occidentale del Salento delle Serre) risulterebbe interessato da valori di tendenza negativi (-5mm/anno) ma che non risultano significativi (nemmeno al 90% di confidenza) e per questo non sono stati riportati. Anche l'analisi di tendenza sulle medie regionali di precipitazione cumulata annua (dal 1991 al 2021), seppur restituisce una tendenza all'aumento delle precipitazioni pari a circa +2,9 mm/anno, non presenta valori di significatività statistica adeguati ($p = 0,20$) per ritenere il trend significativo ($p < 0,05$).

⁶ ISPRA 2014- "Le acque sotterranee e l'intrusione marina in Puglia: dalla ricerca all'emergenza nella salvaguardia della risorsa" - Riassunto 7: Caratteri climatici. Contenuto in (Periodici tecnici) Memorie descrittive della Carta Geologica d'Italia. Vol. 92/2014. ISBN: 978-88-9311-003-7.

<https://www.isprambiente.gov.it/it/pubblicazioni/periodici-tecnici/memorie-descrittive-della-carta-geologica-ditalia/le-acque-sotterranee-e-lintrusione-marina-in-puglia-dalla-ricerca-allemergenza-nella-salvaguardia-della-risorsa>.

⁷ ISPRA 2021- Indicatori del clima in Italia nel 2020. ISPRA, Stato dell'Ambiente 96/2021.

ISBN 978-88-448-1062-7
https://www.isprambiente.gov.it/it/pubblicazioni/stato-dellambiente/rapporto_clima_2020-1.pdf.

https://www.isprambiente.gov.it/it/pubblicazioni/stato-dellambiente/rapporto_clima_2020-1.pdf.

Considerato quanto sopra, l'analisi del trend delle precipitazioni non permette di definire delle potenziali fasce di pericolosità sulla stregua di quanto fatto per l'analisi della temperatura: in primis poiché l'80% del territorio non presenta un trend significativo di precipitazione e secondo, poiché le colture agricole sono maggiormente sensibili (e quindi vulnerabili) principalmente ad una riduzione o assenza di precipitazione, mentre il trend risultato spazialmente significativo mostra un aumento, seppur limitato localmente, delle precipitazioni. Un'indicazione ulteriore potrebbe venire dall'analisi della distribuzione delle precipitazioni a livello stagionale e in termini di intensità di pioggia (millimetri di pioggia in un dato lasso di tempo).

4 CONCLUSIONI

L'analisi riportata mostra come le anomalie di precipitazione cumulata non mostrino né una distribuzione pressoché uniforme a livello territoriale, né una direzione precisa, con alternanza di anni più piovosi e anni meno piovosi rispetto alla media climatica di riferimento. Il trend delle precipitazioni annue, infatti, risulta statisticamente significativo solo sul 20% della superficie regionale, con una tendenza in questo caso all'aumento delle precipitazioni. Il carattere irregolare delle precipitazioni necessita di attenzione poiché l'alternarsi di periodi siccitosi e periodi con precipitazioni sopra norma deve necessariamente essere seguito da una pianificazione territoriale e del comparto agricolo che tenga conto di questa variabilità.