

AREA TEMATICA – CLIMA

Scheda Indicatore 7: Standardized Precipitation Index (SPI)

1 INQUADRAMENTO CONCETTUALE DELL'INDICATORE	1
2 METODO DI CALCOLO DELL'INDICATORE	2
2.1 Valori dello SPI a breve e breve-medio termine: SPI a 1 mese e 3 mesi	3
2.2 Valori dello SPI a medio e lungo termine: SPI a 6, 9 e 12 mesi	4
2.3 Dati di precipitazione per il calcolo dell'indicatore	5
3 CALCOLO DELLO SPI E RAPPRESENTAZIONE PER IL TERRITORIO PUGLIESE	6

1 INQUADRAMENTO CONCETTUALE DELL'INDICATORE

Le risorse idriche superficiali e sotterranee possono subire variazioni quantitative e qualitative a causa di eccessi o carenze di piogge, a loro volta legate a condizioni meteorologiche naturali e temporanee. Per valutare tali variazioni, un indicatore di stato comunemente utilizzato a livello nazionale ed internazionale è lo “*Standardized Precipitation Index*” (SPI) sviluppato da McKee et al. (1993¹). Esso risulta un potente indicatore flessibile e semplice da calcolare in grado di indicare se le precipitazioni sono al di sopra o al di sotto delle medie climatiche del luogo investigato (WMO, 2012²). Lo SPI rientra nel set di indicatori adottati dall’*European Drought Observatory del Joint Research Center*³ della Commissione Europea. Inoltre, fa parte

¹ McKee, T.B., Doesken, N.J. & Kleist, J. (1993). The relationship of drought frequency and duration of time scales. In Proc. of Eighth Conference on Applied Climatology, American Meteorological Society, January 17–23, 1993, Anaheim CA.

² WMO–World Meteorological Organization (2012). Standardized precipitation index: user guide.

³ <https://edo.jrc.ec.europa.eu/>

degli indicatori del Bollettino Siccità di ISPRA⁴ e degli Osservatori distrettuali permanenti per il monitoraggio delle situazioni di siccità e scarsità idrica⁵.

La siccità non ha una definizione univoca e può essere classificata come meteorologica, agricola, idrologica o socioeconomica (Wilhite e Glantz, 1985⁶). È un rischio complesso da definire e monitorare che coinvolge diverse scale temporali. Dunque, non esiste un indicatore che soddisfi tutti i requisiti e sia in grado di racchiudere le diverse definizioni di siccità. Dato che lo SPI è calcolato con riferimento a diverse scale temporali (es. 1, 3, 6, 9 o 12 mesi), esso è in grado di rappresentare le varie tipologie di siccità succitate. Perciò, lo SPI è in grado di quantificare il deficit di precipitazioni su diverse scale temporali che riflettono gli impatti della siccità sulle risorse idriche superficiali e sotterranee. Ciò garantisce una certa flessibilità temporale allo SPI che permette di valutare le condizioni di precipitazione in relazione all'approvvigionamento idrico. Ad esempio, le condizioni meteorologiche e dell'umidità del suolo rispondono ad anomalie delle precipitazioni su scale temporali relativamente brevi (da 1 a 6 mesi), mentre i corsi d'acqua e le acque sotterranee rispondono ad anomalie delle precipitazioni a medio-lungo termine (6 mesi o più).

2 METODO DI CALCOLO DELL'INDICATORE

Rispetto ad un periodo di riferimento, lo SPI fornisce valori positivi quando le precipitazioni sono superiori alla media e valori negativi quando sono inferiori alla media. La **Tab. 1** riporta la classificazione dell'intensità di periodi secchi o umidi in base ai valori dello SPI. I valori dello SPI oscillano nella maggior parte dei casi tra +2 e -2 anche se questi estremi possono essere entrambi superati. I valori positivi indicano situazioni di surplus pluviometrico mentre valori negativi individuano situazioni di siccità. Tuttavia, un evento siccitoso si verifica quando lo SPI è continuamente negativo e raggiunge un'intensità almeno pari ad -1, terminando quando diventa positivo. Ogni evento di siccità ha una durata definita dall'inizio alla fine del trend di valori negativi dello SPI e un'intensità associata al numero di mesi in cui si verifica. Lo SPI permette il confronto tra le siccità storiche e attuali in diverse località climatiche e geografiche al fine di valutare la rarità o la frequenza di un determinato evento di siccità (**Tab. 2**).

⁴ https://www.isprambiente.gov.it/pre_meteo/siccitas/index.html

⁵ Mariani, S., Braca, G., Romano, E., Lastoria, B., & Bussetini, M. (2018). Linee Guida sugli Indicatori di Siccità e Scarsità Idrica da utilizzare nelle attività degli Osservatori Permanenti per gli Utilizzi Idrici—Stato Attuale e Prospettive Future. Technical Report.

⁶ Wilhite, D. A., & Glantz, M. H. (1985). Understanding: the drought phenomenon: the role of definitions. *Water international*, 10(3), 111-120.

Tabella 1 – Valori dello Standardized Precipitation Index associati a classi di surplus e deficit idrico.

Valori di SPI	Classe
$SPI \geq 2$	Umidità estrema
$1.5 \leq SPI < 2$	Umidità severa
$1 \leq SPI < 1.5$	Umidità moderata
$0 < SPI < 1$	Lievemente umido
$-1 < SPI < 0$	Lievemente secco
$-1.5 < SPI \leq -1$	Siccità moderata
$-2 < SPI \leq -1.5$	Siccità severa
$SPI \leq -2$	Siccità estrema

Tabella 2 – Frequenza e severità degli eventi estremi con riferimento ai valori negativi di SPI.

Valori di SPI	Classe	Numero di volte in 100 anni	Severità degli eventi
$-1 < SPI < 0$	Lievemente secco	33	1 ogni 3 anni
$-1.5 < SPI \leq -1$	Siccità moderata	10	1 ogni 10 anni
$-2 < SPI \leq -1.5$	Siccità severa	5	1 ogni 20 anni
$SPI \leq -2$	Siccità estrema	2.5	1 ogni 50 anni

2.1 Valori dello SPI a breve e breve-medio termine: SPI a 1 mese e 3 mesi

Per la caratterizzazione della siccità meteorologica, è possibile considerare uno SPI di 1 o 3 mesi. Lo SPI calcolato ad 1 mese con riferimento ad uno specifico mese è molto simile a una mappa che mostra la percentuale di precipitazioni normali per un periodo di 30 giorni. In realtà, lo SPI derivato è una rappresentazione più accurata delle precipitazioni mensili in quanto si basa sul confronto del totale delle precipitazioni calcolato ad un mese in quell'anno specifico con i totali delle precipitazioni di quel mese per tutti gli anni registrati. I dati pluviometrici possono essere di volta in volta aggiunti al periodo di registrazione. Pertanto, i valori dello SPI possono cambiare e cambieranno quando l'anno in corso viene confrontato storicamente e statisticamente con tutti gli anni precedenti nel periodo di osservazione.

Lo SPI a 3 mesi fornisce un confronto tra le precipitazioni di uno specifico periodo di 3 mesi e i totali delle precipitazioni dello stesso periodo di 3 mesi per tutti gli anni inclusi nel record

storico. A titolo esemplificativo, lo SPI a 3 mesi alla fine di marzo confronta il totale delle precipitazioni di gennaio-febbraio-marzo di quel particolare anno con i totali delle precipitazioni di gennaio-febbraio-marzo di tutti gli anni registrati per quella località.

Lo SPI a 1 mese riflette condizioni a breve termine e la sua applicazione può essere correlata all'umidità del suolo a breve termine e allo stress delle colture soprattutto durante la stagione di crescita. Lo SPI a 3 mesi riflette le condizioni di umidità a breve-medio termine e fornisce una stima stagionale delle precipitazioni. Esso evidenzia l'andamento delle precipitazioni durante le fasi vegetative, riproduttive e di inizio raccolta dei prodotti agricoli.

È importante confrontare lo SPI a 3 mesi con tempi più lunghi. Un periodo di 3 mesi relativamente normale o addirittura umido potrebbe verificarsi nel bel mezzo di una siccità di lungo periodo che sarebbe visibile solo su un lungo periodo. Guardare a tempi più lunghi può evitare di interpretare erroneamente il fatto che una siccità possa essere finita quando in realtà si tratta solo di un periodo temporaneo di pioggia. Un monitoraggio continuo e persistente della siccità è essenziale per determinare quando la siccità inizia e finisce. Questo aiuta a evitare “falsi allarmi” su quando si entra e si esce dalla siccità, e garantisce corrette previsioni da associare ad un opportuno piano per la siccità (WMO, 2012⁷).

È opportuno evidenziare che l'interpretazione dello SPI a 1 e 3 mesi può essere fuorviante se non si comprende la climatologia del territorio considerato. Nelle regioni in cui le precipitazioni sono normalmente scarse durante uno o tre mesi, possono risultare SPI negativi o positivi anche se lo scarto dalla media è relativamente piccolo. Laddove il clima presenta periodi dell'anno con precipitazioni scarse, come ad esempio con riferimento al clima mediterraneo dell'Africa settentrionale e dell'Europa meridionale, i totali storici corrispondenti a 1 o 3 mesi saranno piccoli, e deviazioni relativamente piccole da entrambi i lati della media potrebbero risultare in SPI negativi o positivi di grande entità (WMO, 2012⁶). Pertanto, i valori di SPI a 1 e 3 mesi andrebbero letti con cautela se con riferimento a periodi di 1 o 3 mesi usualmente associati a valori bassi o nulli di precipitazione, mentre la significatività degli SPI a 1 e 3 mesi resta valida se analizzata con riferimento a periodi di 1 o 3 mesi usualmente piovosi.

2.2 Valori dello SPI a medio e lungo termine: SPI a 6, 9 e 12 mesi

Lo SPI a 6 mesi confronta le precipitazioni di quel periodo con le piogge dello stesso periodo di 6 mesi con riferimento alla serie temporale analizzata. Questo tipo di SPI indica le tendenze stagionali e a medio termine delle precipitazioni e risulta molto efficace nel mostrare le precipitazioni in stagioni distinte. Ad esempio, per alcune località mediterranee lo SPI a 6 mesi alla fine di marzo è in grado di fornire un'ottima indicazione della quantità di precipitazioni cadute durante l'importante periodo della stagione umida che va da ottobre a marzo. Lo SPI a

⁷ WMO—World Meteorological Organization (2012). Standardized precipitation index: user guide.

9 mesi fornisce un'indicazione dei modelli di precipitazione inter-stagionale su una scala temporale media. Poiché la siccità richiede una stagione o più per svilupparsi, valori di SPI inferiori a -1.5 per queste scale temporali sono in grado di evidenziare che la siccità sta avendo un impatto significativo sull'agricoltura e potrebbe interessare anche altri settori. Lo SPI a scale temporali pari a 12 o a valori maggiori riflette la tendenza delle precipitazioni a lungo termine. Poiché queste scale temporali sono il risultato cumulativo di periodi più brevi che possono essere superiori o inferiori alla norma, gli SPI a 12 mesi o più lunghi tendono a gravitare verso lo zero, a meno che non sia in atto una tendenza umida o secca distintiva. Gli SPI su queste scale temporali sono di solito legati alle portate dei corpi idrici superficiali significativi, ai livelli dei serbatoi e ai livelli delle acque sotterranee.

2.3 Dati di precipitazione per il calcolo dell'indicatore

In generale, un database di dati pluviometrici per il calcolo dello SPI deve avere a disposizione una serie temporale di almeno 30 anni e dovrà considerare i valori mensili di piogge cumulate nel periodo di riferimento (WMO, 2012⁸). Perciò, il database pluviometrico, e di conseguenza il calcolo dello SPI, può essere aggiornato mese per mese qualora si abbiano a disposizione dati pluviometrici mensili validati in maniera sistematizzata.

Questo indicatore può essere calcolato con riferimento sia ad informazioni pluviometriche puntuali che si riferiscono ai dati meteo-idrometrici forniti dalle reti di monitoraggio presenti sul territorio, sia ad informazioni pluviometriche derivanti da modelli di bilancio idrologico e distribuite spazialmente su una griglia. Nell'ambito del presente lavoro, si farà riferimento a quest'ultima tipologia di dati associati al modello di bilancio idrologico a scala nazionale denominato BIGBANG–Bilancio Idrologico GIS BAsed a scala Nazionale su Griglia regolare (Braca et al., 2021⁹).

Questo modello stima le componenti del bilancio idrologico a scala mensile, tra cui la variabile idrologica “precipitazione totale”, su un grigliato con risoluzione spaziale di 1 km (**Fig. 1**) nel DATUM ETRS89 proiezione Lambert Azimuthal Equal Area (LAEA).

⁸ WMO–World Meteorological Organization (2012). Standardized precipitation index: user guide.

⁹ Braca, G., Bussettini, M., Lastoria, B., Mariani, S., & Piva, F. (2021). Il Bilancio Idrologico Gis BAsed a scala Nazionale su Griglia regolare – BIGBANG: metodologia e stime. Rapporto sulla disponibilità naturale della risorsa idrica. Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale, Rapporti 339/21, Roma.

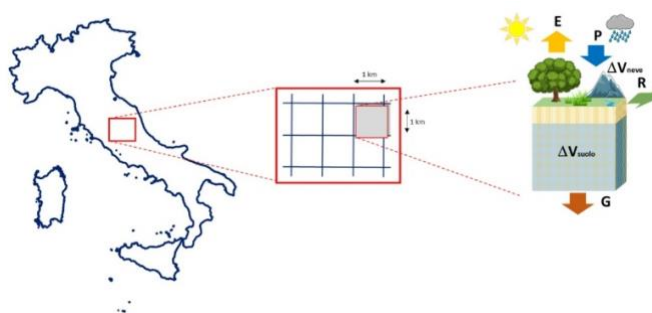


Figura 1. Schema concettuale del modello di bilancio idrologico BIGBANG (da Barca et al., 2021⁹)

3 CALCOLO DELLO SPI E RAPPRESENTAZIONE PER IL TERRITORIO PUGLIESE

Nell'ambito del presente lavoro, lo SPI è stato calcolato con riferimento al territorio della regione Puglia. In dettaglio, sono stati estrapolati per il territorio in esame i dati di precipitazione disponibili in formato ASCII per la griglia di risoluzione spaziale di 1 km per tutto il territorio nazionale, i quali sono associati al modello di bilancio idrologico BIGBANG v6.0¹⁰. Il dataset fa riferimento ad un periodo di 70 anni che va dal 1951 al 2021. Dopodiché si è proceduto al calcolo dello SPI con riferimento a cinque finestre temporali al fine di analizzare sia la variabilità pluviometrica a breve e breve-medio termine (1 mese e 3 mesi), sia la variabilità delle piogge per periodi più lunghi pari a 6, 9 e 12 mesi

A titolo esemplificativo, in **Fig. 2** si riporta il risultato dell'elaborazioni dello SPI per dicembre 2021 per le cinque finestre temporali succitate. Da questa elaborazione si evince come i valori dello SPI con riferimento al solo mese di dicembre (SPI a 1 mese) e al periodo luglio-dicembre (SPI a 6 mesi) siano pressoché variabili tra -1 e 1, e dunque non ci sono state variazioni significative del regime pluviometrico in questi periodi di riferimento con precipitazioni pressoché nella norma. La stessa situazione si evince con riferimento al periodo ottobre-dicembre (SPI a 3 mesi), seppure risultino leggermente sopra la media le precipitazioni nella porzione nord-occidentale del territorio pugliese. Analizzando lo SPI a 9 e 12 mesi, si evince come la porzione centrale del territorio pugliese e parte della penisola salentina siano state interessate da valori di precipitazioni sotto la media riportando valori dello SPI associati a siccità severa ed estrema. Ciò è stato dovuto a valori di piogge che nei 9-12 mesi precedenti, in particolare da maggio 2021 in poi, sono risultate spesso sotto la media. Questo rimarca come, nonostante la siccità meteorologica sembra terminata con l'avvento di un periodo di piogge nella norma e leggermente sopra la media, le ripercussioni del deficit idrico per i corsi d'acqua e i corpi idrici sotterranei non sono del tutto terminate. Perciò, sarebbe auspicabile continuare una corretta strategia di gestione della risorsa idrica superficiale e sotterranea fintanto che la siccità idrologica non risulti cessata.

¹⁰ https://groupware.sinanet.isprambiente.it/bigbang-data/library/bigbang_60/ascii_grid/

La **Fig. 3** mostra, invece, l'elaborazione dello SPI per l'anno 2021 con riferimento alla sola finestra temporale di 12 mesi. La rappresentazione su scala annuale dello SPI a 12 mesi evidenzia, con riferimento ai mesi di gennaio e febbraio 2021, che la parte centrale e nord-occidentale del territorio pugliese sia stata interessata da un surplus di precipitazione in zone discontinue e localizzate, mentre il resto del territorio è risultato caratterizzato da valori di precipitazioni nella norma con valori di SPI variabili tra -1 e 1. Con il passare del tempo e fino a maggio 2021, lo SPI a 12 mesi ha avuto una tendenza negativa risultando, in alcune porzioni ristrette del territorio, con valori negativi dello SPI inferiori a -1 in condizione di siccità moderata e severa. Da giugno in poi, lo SPI negativo con valori inferiori a -1 ha interessato una porzione di territorio sempre più estesa e soprattutto è passato da valori di siccità moderata e severa a valori di siccità severa ed estrema.



REGION OF
IONIAN
ISLANDS



HELLENIC REPUBLIC
REGION OF EPIRUS



REGION
OF WESTERN
GREECE
full of contrast!



**PUGLIA
REGION**

DEPARTMENT OF ENVIRONMENT,
LANDSCAPE AND URBAN QUALITY

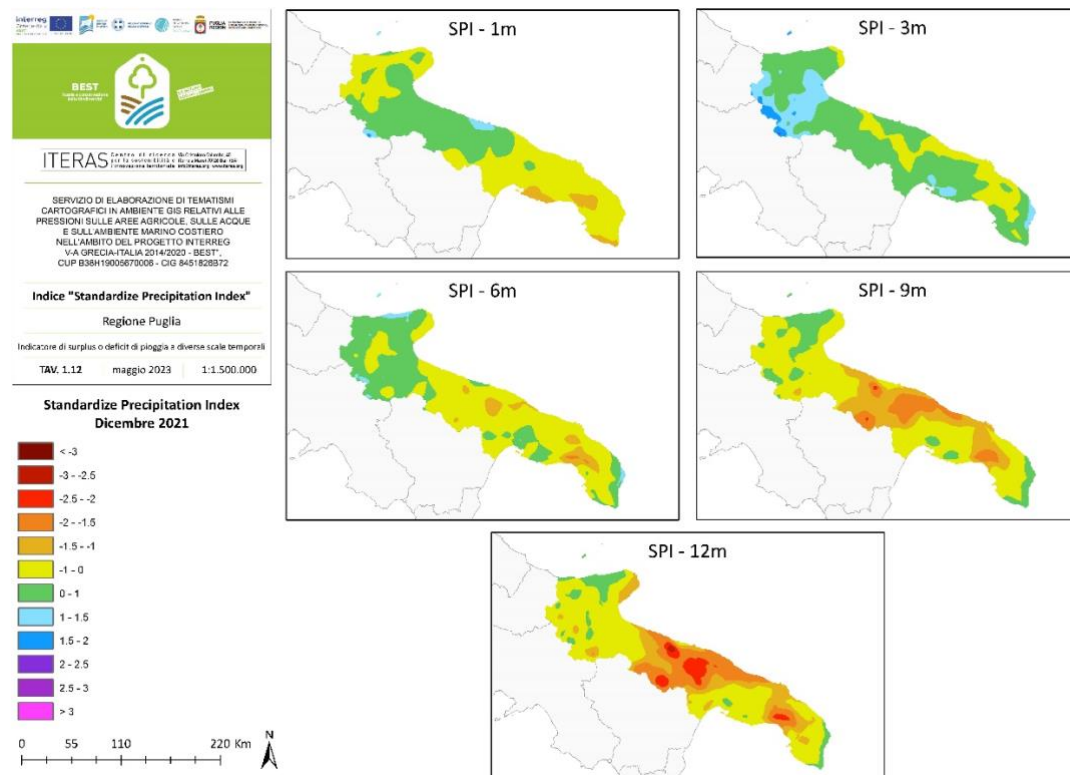


Figura 2. Standardized Precipitation Index calcolato a dicembre 2021 con riferimento a 1, 3, 6, 9 e 12 mesi.

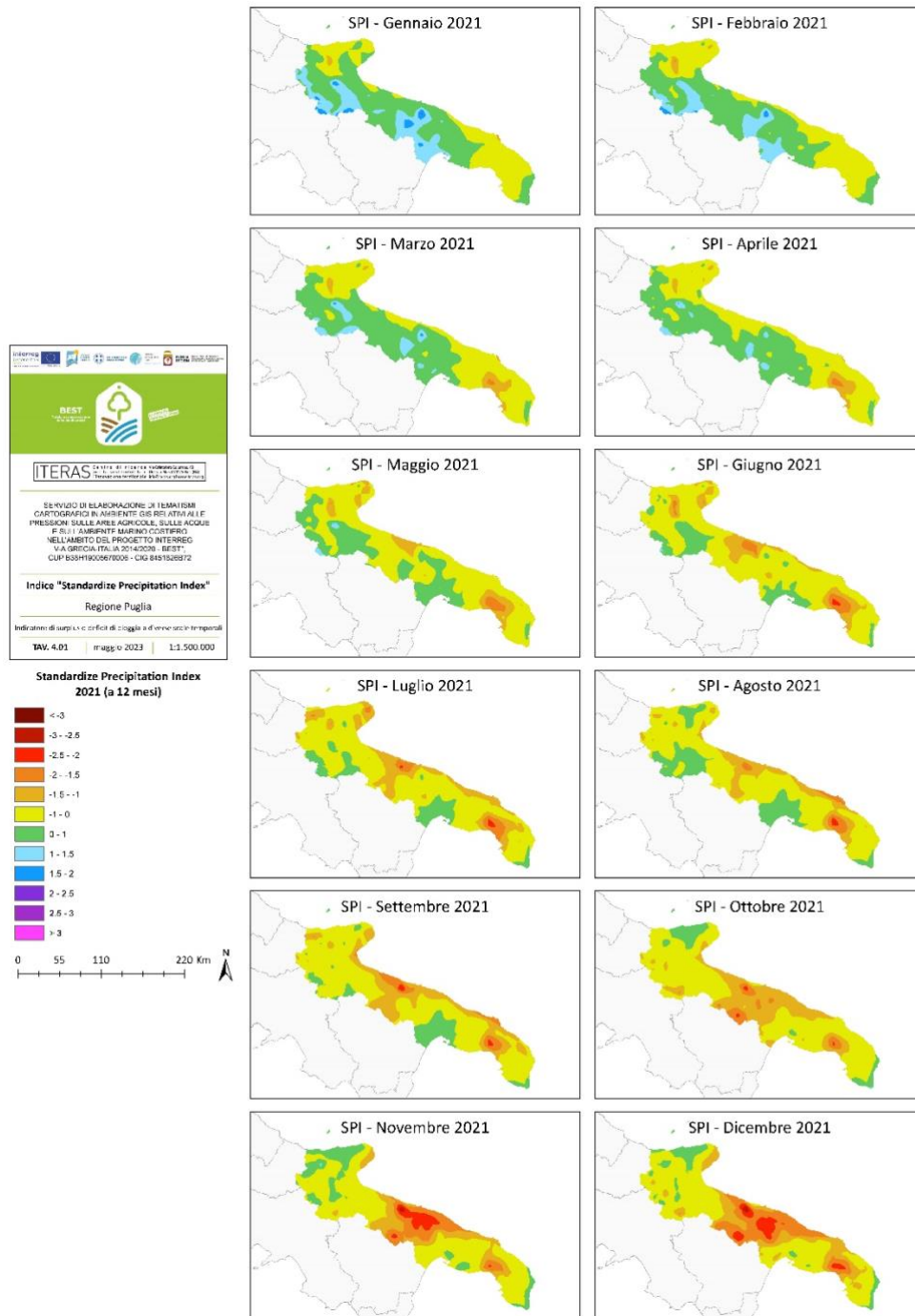


Figura 3. Standardized Precipitation Index a 12 mesi calcolato nel 2021.