



**SERVIZIO SUPPORTO TECNICO ALL'AGRICOLTURA**  
*Ufficio direttiva nitrati e qualità dei suoli, e servizi  
agrometeo  
(Cepagatti - Scerni)*

**MAGGIO 2020 - ANALISI DELLA SICCAITA'  
AGRICOLA E IDROLOGICA IN ALCUNI  
AREALI DELLA REGIONE ABRUZZO  
MEDIANTE L'IMPIEGO DELL'INDICE SPI  
(*Standard precipitation index*)**



Bruno Di Lena  
Domenico Giuliani

## INTRODUZIONE

La regione Abruzzo risente, al pari di tutto il continente europeo degli effetti dei cambiamenti climatici. Essi si sono manifestati, secondo studi recenti, (Di Lena, et al. 2013; Vergni et al 2015) con una sensibile riduzione delle precipitazioni durante il periodo autunno-invernale.

La siccità è una condizione temporanea e relativa, che comporta un decremento dell'acqua disponibile in un particolare periodo e per una particolare zona (Wilhite, 1993); il fenomeno, di conseguenza, può colpire anche zone non aride, nel caso in cui le precipitazioni fossero sensibilmente inferiori ai valori normalmente registrati.

La siccità meteorologica interessa un periodo limitato (< 3 mesi) e influisce sulle condizioni di umidità del suolo; la stessa, in agricoltura, riguarda un periodo di 3-6 mesi e limita la resa produttiva delle colture, mentre la siccità idrologica interessa un periodo di 6-12 mesi e oltre, e ricade negativamente sulle falde acquifere e le portate fluviali (fig. 1)

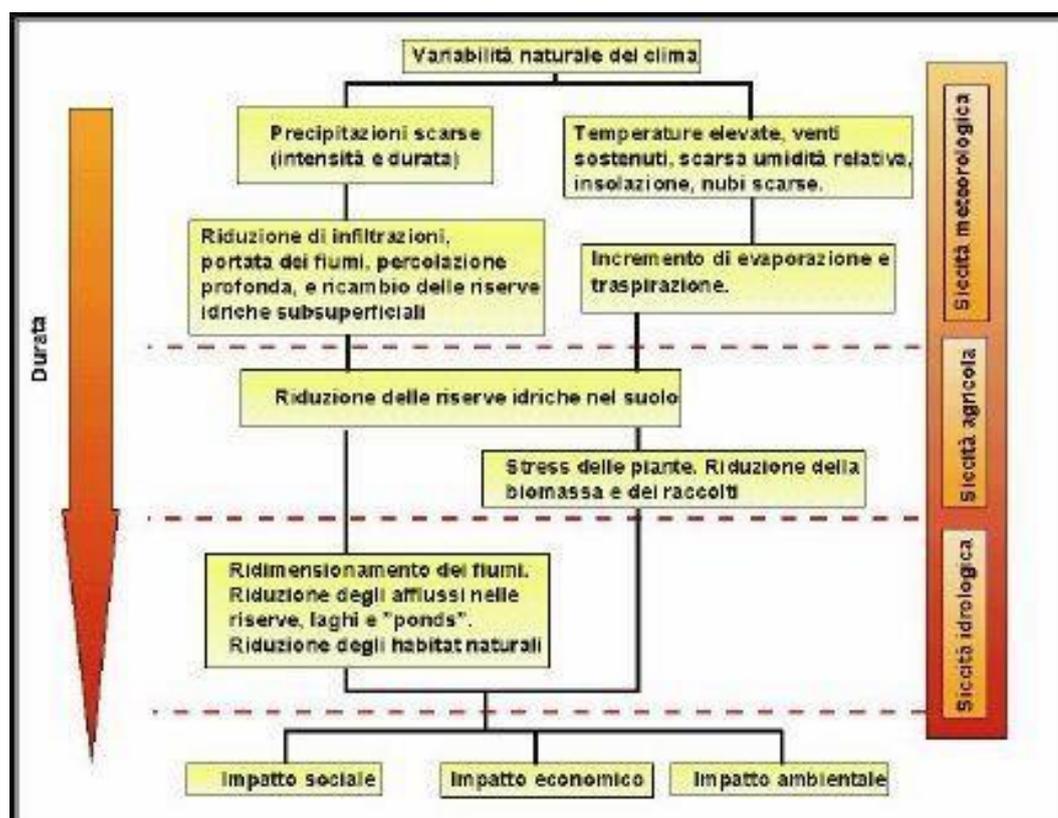


Fig. 1 Cause e dinamica della siccità (NDMC - National Drought Mitigation Center, 2003)

Uno degli indici statistici più utilizzati per la misura della siccità in una località è lo SPI (Standard Precipitation Index) (McKee et al. 1993), per il quale vengono impiegate serie storiche di dati pluviometrici mensili. L'indice consente di valutare gli scostamenti delle precipitazioni dai valori attesi e permette inoltre, essendo standardizzato, di fare raffronti tra località che hanno pluviometrie molto diverse, a causa della loro posizione geografica. Gli effetti della siccità nel campo agricolo vengono valutati con l'indice SPI, adottando scale temporali brevi (3 – 6 mesi), mentre per gli effetti inerenti l'acqua nel sottosuolo, i fiumi e gli invasi si utilizzano scale temporali più lunghe (12, 24, 48 mesi).

**Il presente lavoro analizza l'evoluzione della siccità riferita al mese di maggio 2020 in alcune località della Regione Abruzzo.**

## MATERIALI E METODI

Lo studio climatico è stato effettuato per nove località uniformemente distribuite sul territorio della regione Abruzzo attingendo, per l'arco temporale 1951-2020, ai dati pluviometrici mensili rilevati dal servizio Idrografico e dal Centro Agrometeorologico Regionale di Scerni. (fig. 2)

Per le località di Teramo e L'Aquila si è fatto riferimento, per il mese di maggio 2020, alle località vicine di Cellino Attanasio e Colle Roio.

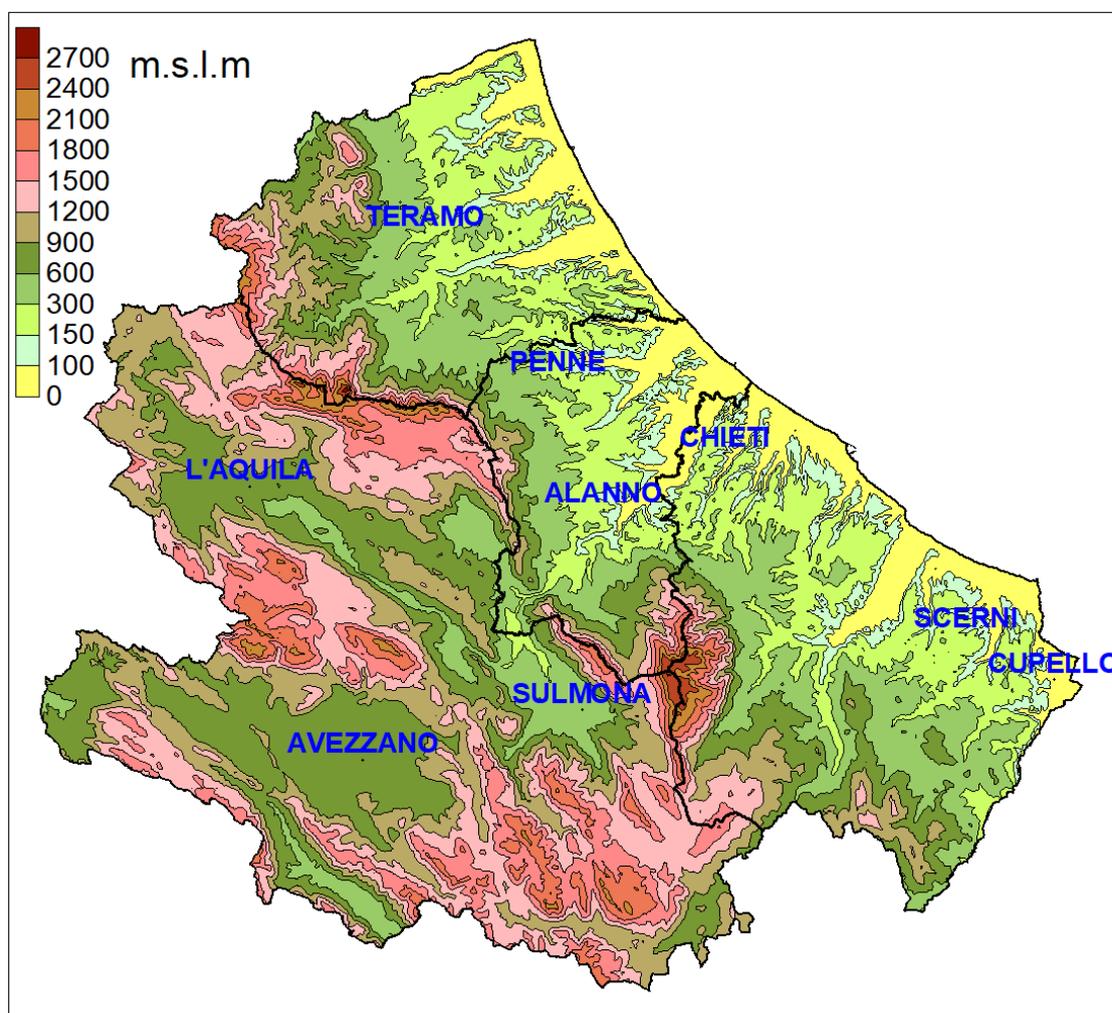


Fig. 2 Mappa delle stazioni

L'indice **SPI** viene calcolato dividendo lo scarto tra la precipitazione e il suo valore medio, con la deviazione standard su una data scala temporale secondo la seguente formula:

$$SPI = \frac{x - \bar{x}_i}{\sigma}$$

Esso rappresenta quindi la variabile normale standardizzata della serie storica di precipitazione.

Per le scale temporali brevi, inferiori all'anno, le quali non si distribuiscono secondo la curva normale, è necessario, prima di standardizzare la variabile, che sia applicata una distribuzione di tipo Gamma, in modo tale che serie con asimmetrie differenti non siano definite dal medesimo valore standardizzato.

La variabilità del segnale, composto da valori positivi e negativi, indica condizione di abbondanza o di deficit di precipitazione rispetto al dato normalmente atteso alla scala di tempo utilizzata. (Tab. 1). L'indice SPI indica il numero di deviazioni standard con cui un evento è distante dalle condizioni di normalità.

Tab. 1 Classificazione relativa all'indice SPI

SPI	CLASSI
>2	Estremamente umido
da 1,5 a 1,99	Molto umido
da 1,0 a 1,49	Moderatamente umido
da 0,99 a -0,99	nella norma
da -1 a -1,49	Moderatamente secco
da -1,5 a -1,99	Molto secco
< -2	Estremamente secco

Il calcolo dell' indice **SPI** è stato effettuato per ogni località utilizzando il software free SPI\_SL\_6 disponibile sul sito web <https://drought.unl.edu/droughtmonitoring/SPI/SPIProgram.aspx>

Per valutare l'impatto della siccità sono stati analizzati i seguenti casi particolari per il mese di maggio

**Standard precipitation index a 1 mese**

**Standard precipitation index a 3 mesi**

**Standard precipitation index a 6 mesi**

**Standard precipitation index a 12 mesi**

**Standard precipitation index a 24 mesi**

L'analisi dei trend per i suddetti casi particolari nel periodo 1951 -2020 è stata effettuata con il test non parametrico di Mann-Kendall.(Mann 1945; Kendall 1975)

L'ipotesi nulla (Ho) del test di Mann-Kendall prevede l'assenza di trend nella popolazione dalla quale il dataset oggetto di indagine è stato estratto. Secondo l'ipotesi alternativa, invece, è corretto affermare che nella serie analizzata è presente un trend crescente o decrescente

Il test essendo non parametrico, è indipendente dalla distribuzione della popolazione ed è meno influenzato dalla presenza di eventuali *outliers* nelle serie storiche.

La statistica test indicata con S, è stata calcolata con la seguente espressione:

$$S = \sum_{I=1}^{N-1} \sum_{J=i+1}^N \text{sign}(y_j - y_i)$$

Dove y è l'altezza di precipitazione al tempo i e al tempo j, n è la lunghezza della serie mentre la funzione segno è definita come segue:

Sign (g)	1 se g > 0
	0 se g = 0
	-1 se g < 0

Sotto l'ipotesi nulla che le y<sub>i</sub> siano indipendenti e identicamente distribuite, per n ≥ 8, la statistica S è interpretata da una distribuzione normale, con media nulla e varianza pari a:

$$\sigma^2 = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{g=1}^n ti(i)(i-1)(2i+5)}{g}$$

Dove  $n$  è il numero delle osservazioni nella serie storica,  $t_i$  è il numero dei valori uguali tra loro nella serie storica e  $g$  sono i gruppi di valori uguali presenti nella serie storica. In tal modo si riesce a tenere conto dei valori ripetuti di ciascuna serie.

Pertanto, definita la statistica test standardizzata  $Z$ :

$Z$	$\frac{S - 1}{\sigma}$ se $S > 0$
	$0$ se $S = 0$
	$\frac{S + 1}{\sigma}$ se $S < 0$

Essa è stata confrontata con una distribuzione normale standardizzata al livello di confidenza prefissato.

Assumendo  $H_0$  come vera, il valore standard ( $Z$ ) della statistica test di Kendall calcolato sulla serie storica, ha una probabilità ( $p$ -value) data da :

$$p\text{-value} = 2 [1 - \Phi(Z_s)]$$

Dove  $\Phi$  rappresenta la funzione di probabilità cumulata di una distribuzione normale standard.

Ne consegue che tanto più il valore di  $p$ -value è basso (minore di un certo livello di significatività prefissato  $\alpha$ ) tanto più vi sono evidenze della presenza di trend (rifiuto di  $H_0$ ).

Nel presente studio sono stati considerati significativi i  $p$ -value  $< \alpha$  (con  $\alpha < 0,10$ ).

Il test di Mann- Kendall consente di individuare l'esistenza di un trend monotono, ma non permette la sua misurazione; per questo motivo è stato impiegato lo stimatore non parametrico Theil-Sen (Theil., 1950; Sen., 1968), per valutare la pendenza ( $\beta$ ) della retta interpolante i dati.

La libreria Zyp, contenuta nel software statistico R, è stata impiegata sia per il calcolo dello stimatore non parametrico Theil-Sen, che per l'applicazione del test di Mann-kendall.

## RISULTATI E DISCUSSIONE

L'andamento dello SPI nel periodo 1951-2020 è efficacemente descritto nelle seguenti figure, dove i valori negativi sono indicati con una gradazione tendente al rosso, mentre quelli positivi con una scala tendente al blu.

### SPI mensile

I valori dello SPI mensile di Maggio rientrano in generale nella norma, fatta eccezione per le località di Scerni, Chieti e Avezzano dove si registrano condizioni classificate come “molto secco” o “moderatamente secco”. (Fig. 3)

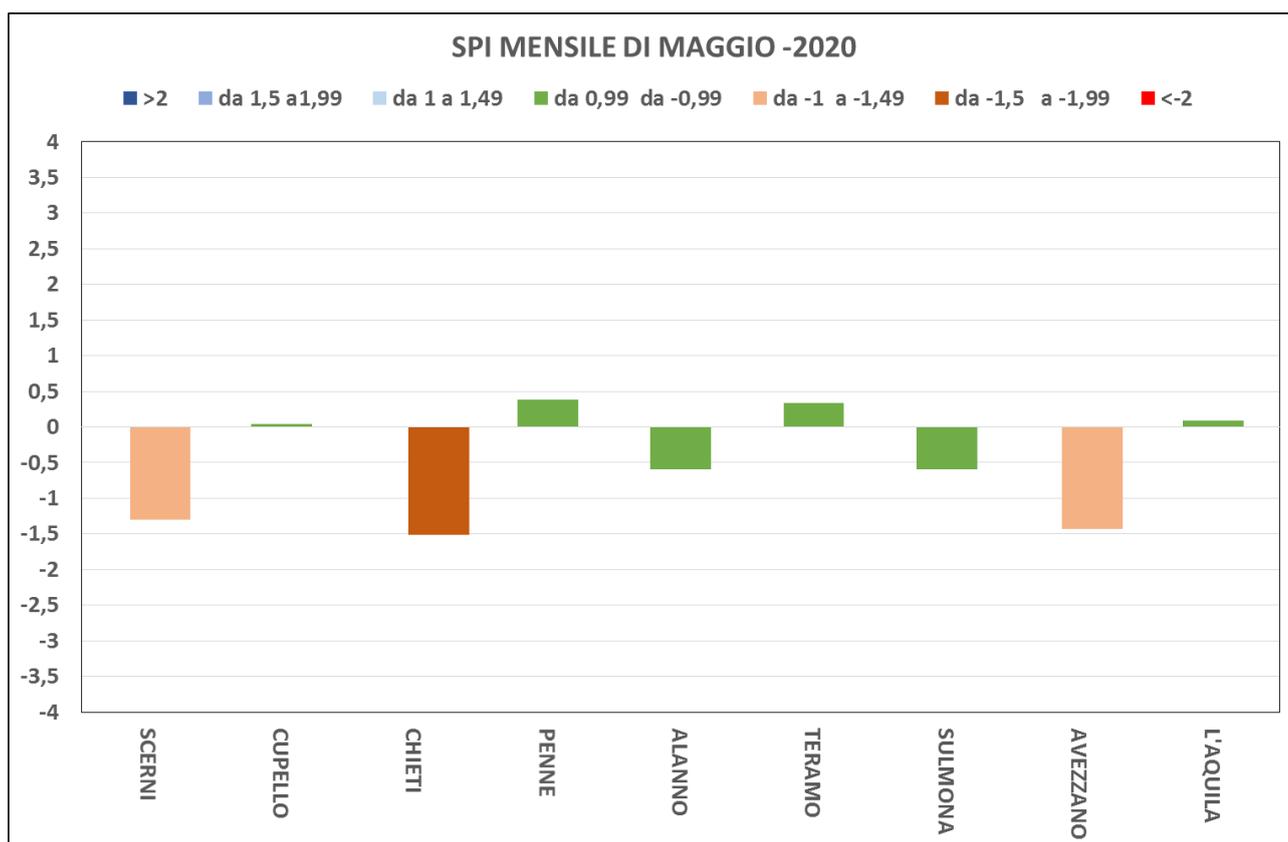


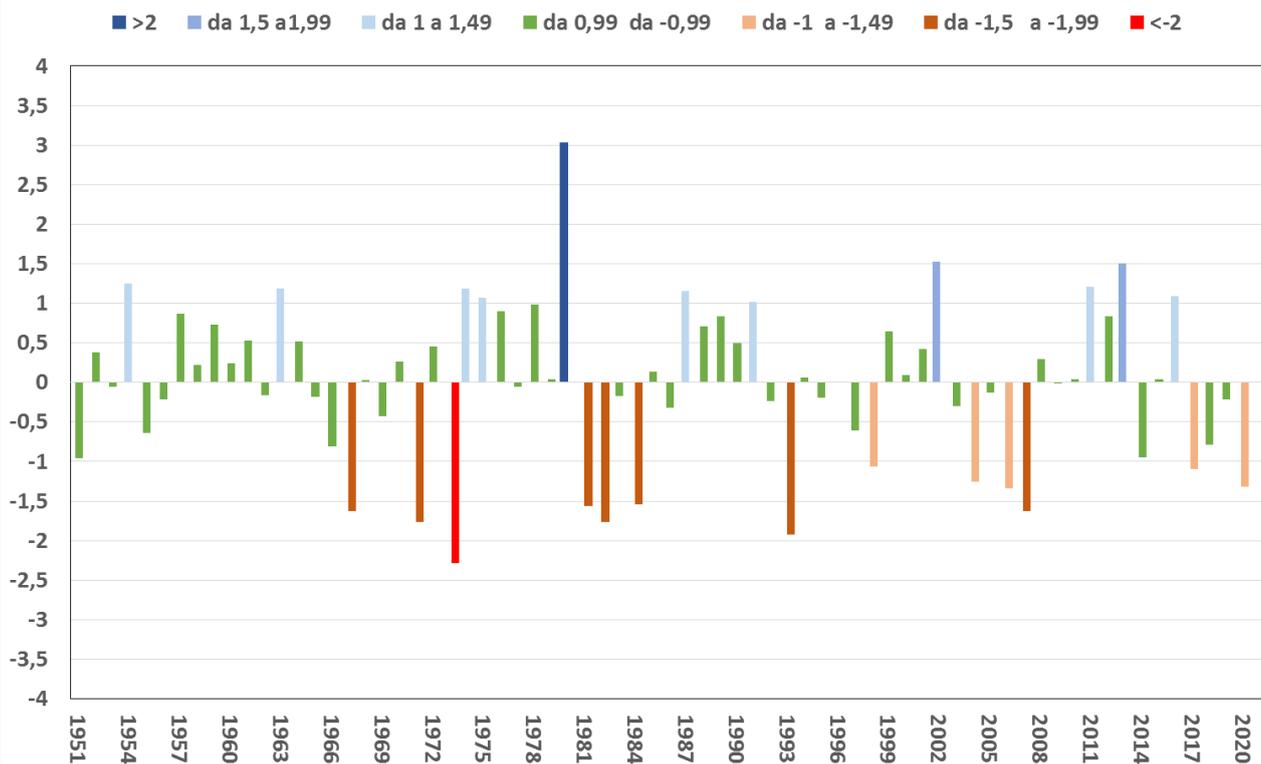
Fig. 3 Spi mensile di maggio 2020 per alcune località della regione Abruzzo

Il test di Mann Kendall applicato agli andamenti dello SPI mensile di Maggio mette in risalto l'assenza di trend significativi (Tab. 2 - Fig. 4)

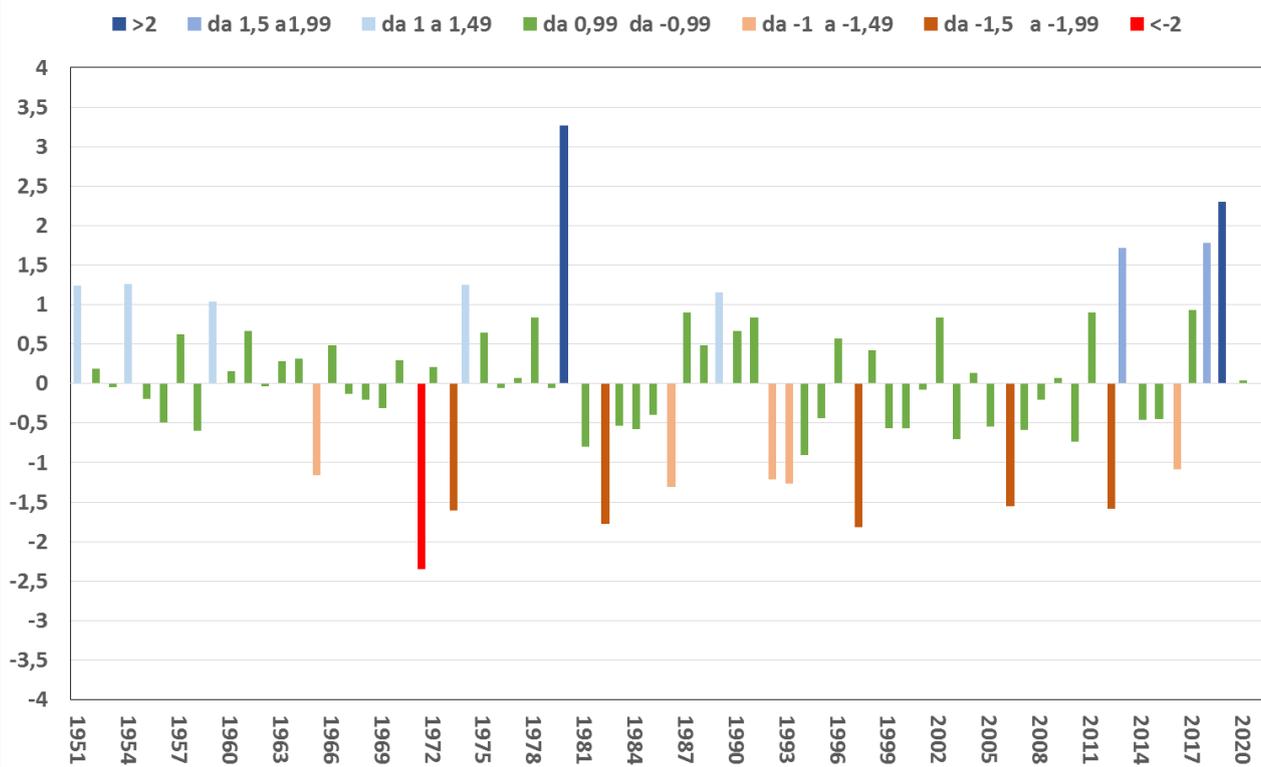
Tab. 2 Test di Mann Kendall applicato allo SPI mensile di Maggio. Il livello di probabilità dell'errore è indicato come segue n.s.  $P\text{-value} > 0,10$ ; +  $P\text{-value} \leq 0,10$ ; \*  $P\text{-value} \leq 0,05$ ; \*\*  $P\text{-value} \leq 0,01$ ; \*\*\*  $P\text{-value} \leq 0,001$

Località	Test Z	Significatività	$\beta$
Scerni	-0,60	n.s	-0,003
Cupello	-0,93	n.s	-0,006
Chieti	0,73	n.s	0,005
Penne	1,55	n.s	0,010
Alanno	1,58	n.s	0,010
Teramo	1,46	n.s	0,009
Sulmona	-0,80	n.s	-0,005
Avezzano	1,63	n.s	0,010
L'Aquila	0,54	n.s	0,004

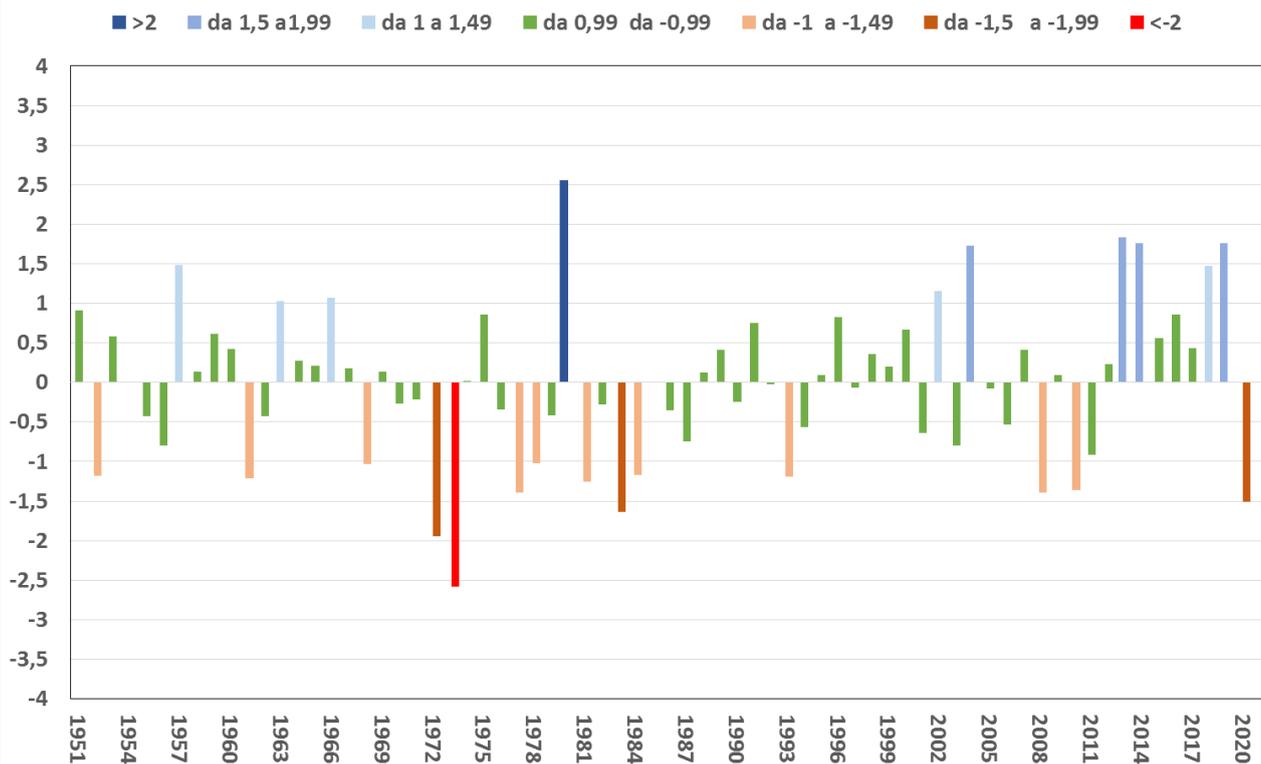
### SCERNI - SPI MENSILE DI MAGGIO



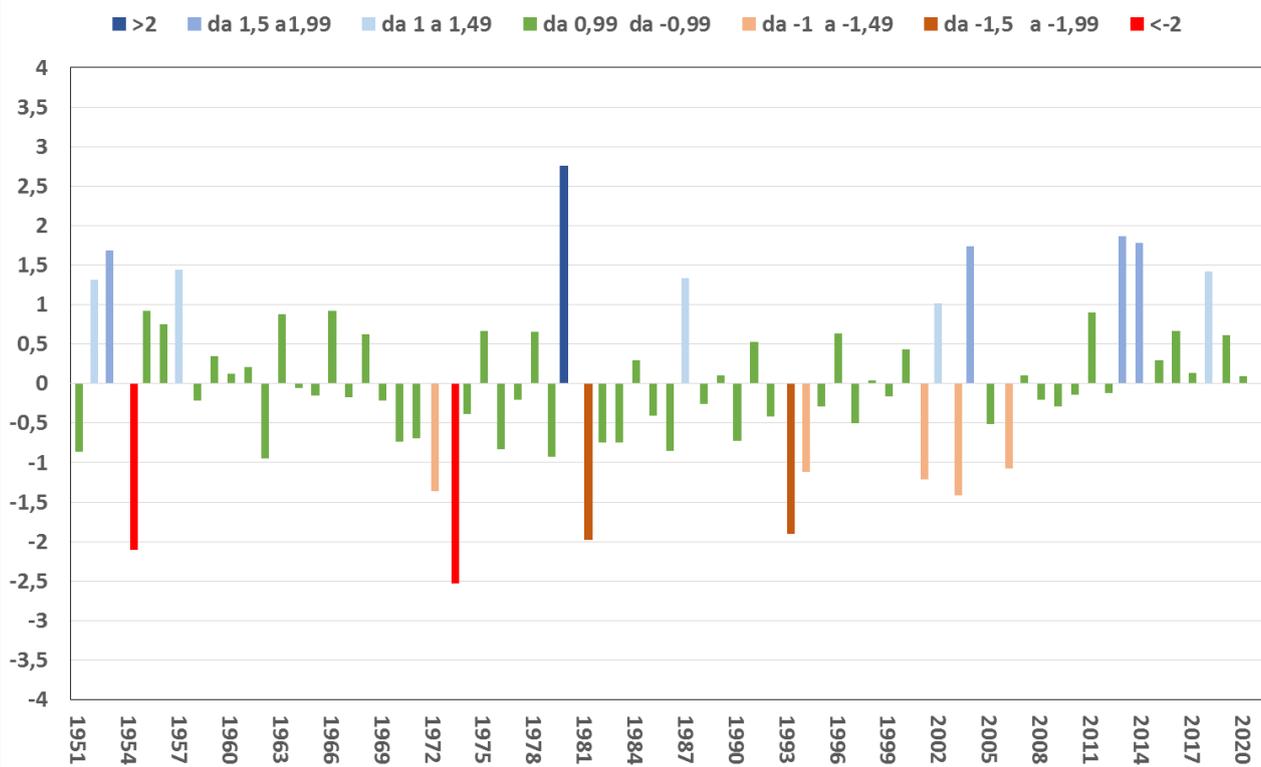
### CUPELLO - SPI MENSILE DI MAGGIO



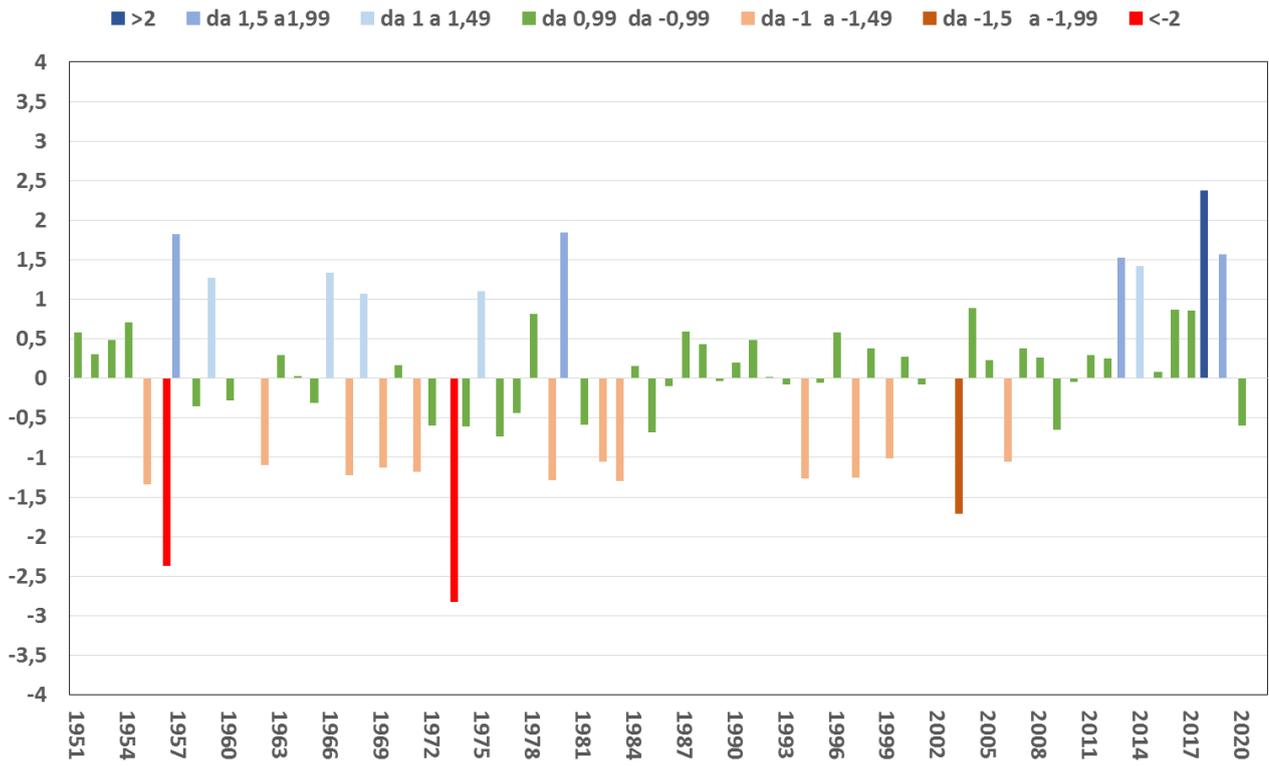
### CHIETI - SPI MENSILE DI MAGGIO



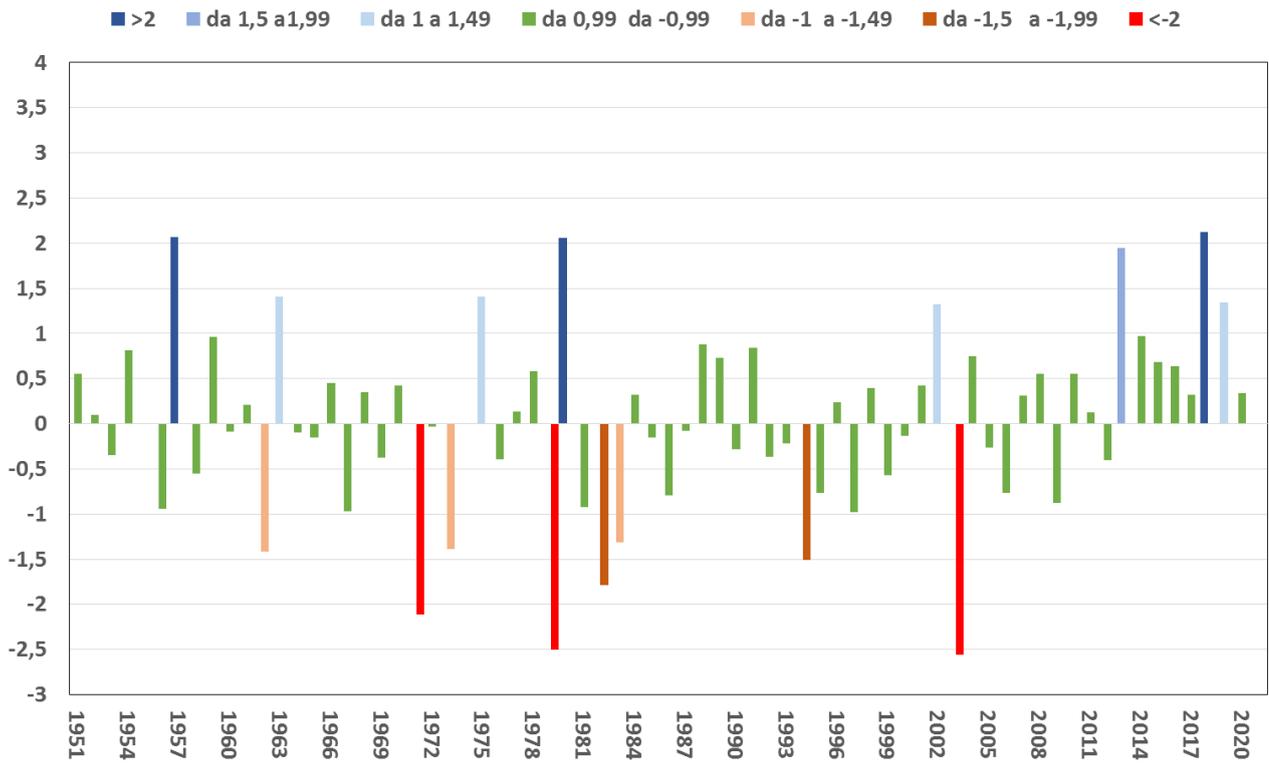
### PENNE - SPI MENSILE DI MAGGIO



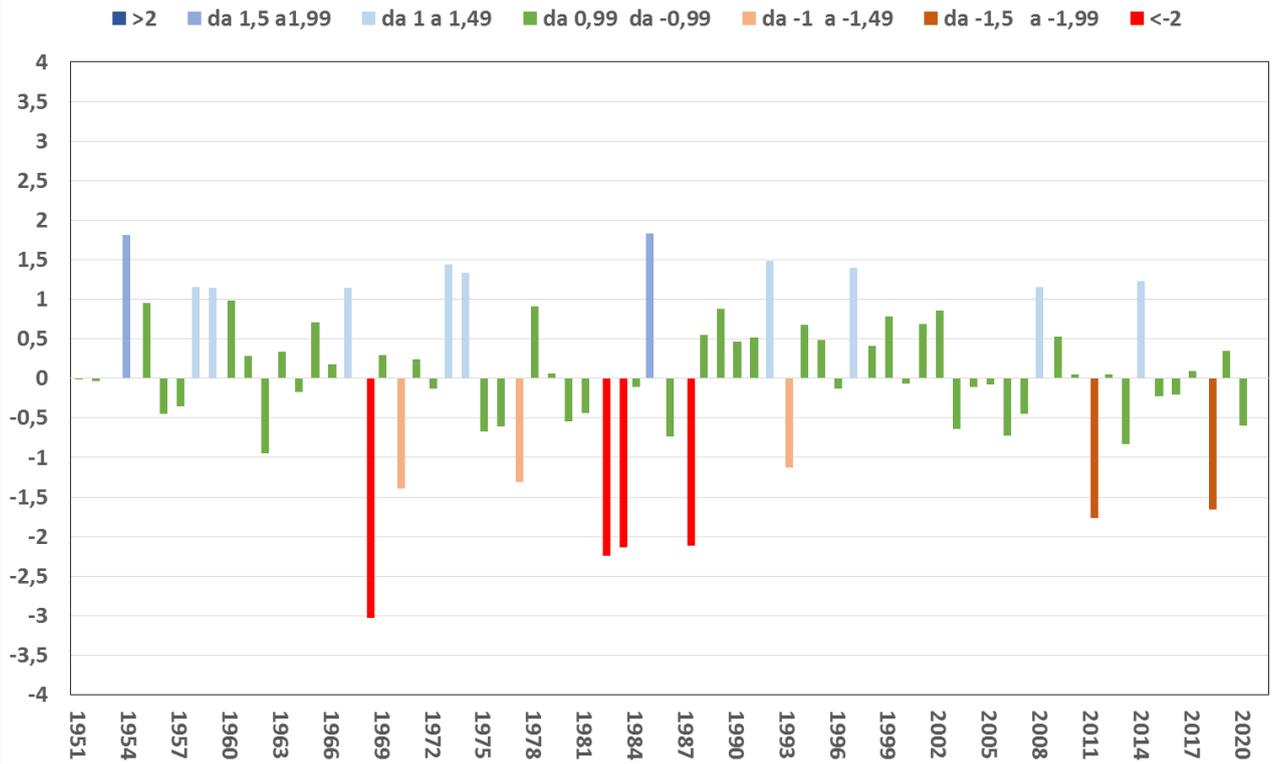
### ALANNO - SPI MENSILE DI MAGGIO



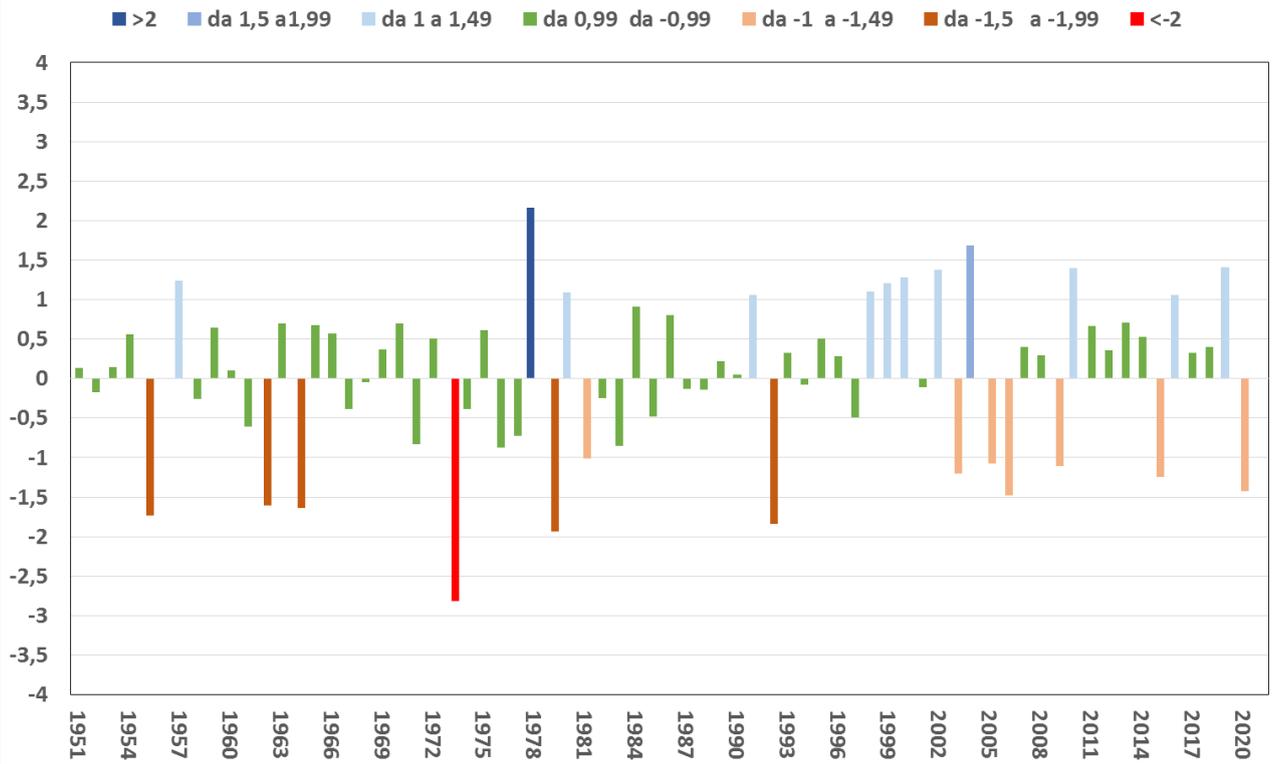
### TERAMO - SPI MENSILE DI MAGGIO



### SULMONA - SPI MENSILE DI MAGGIO



### AVEZZANO - SPI MENSILE DI MAGGIO



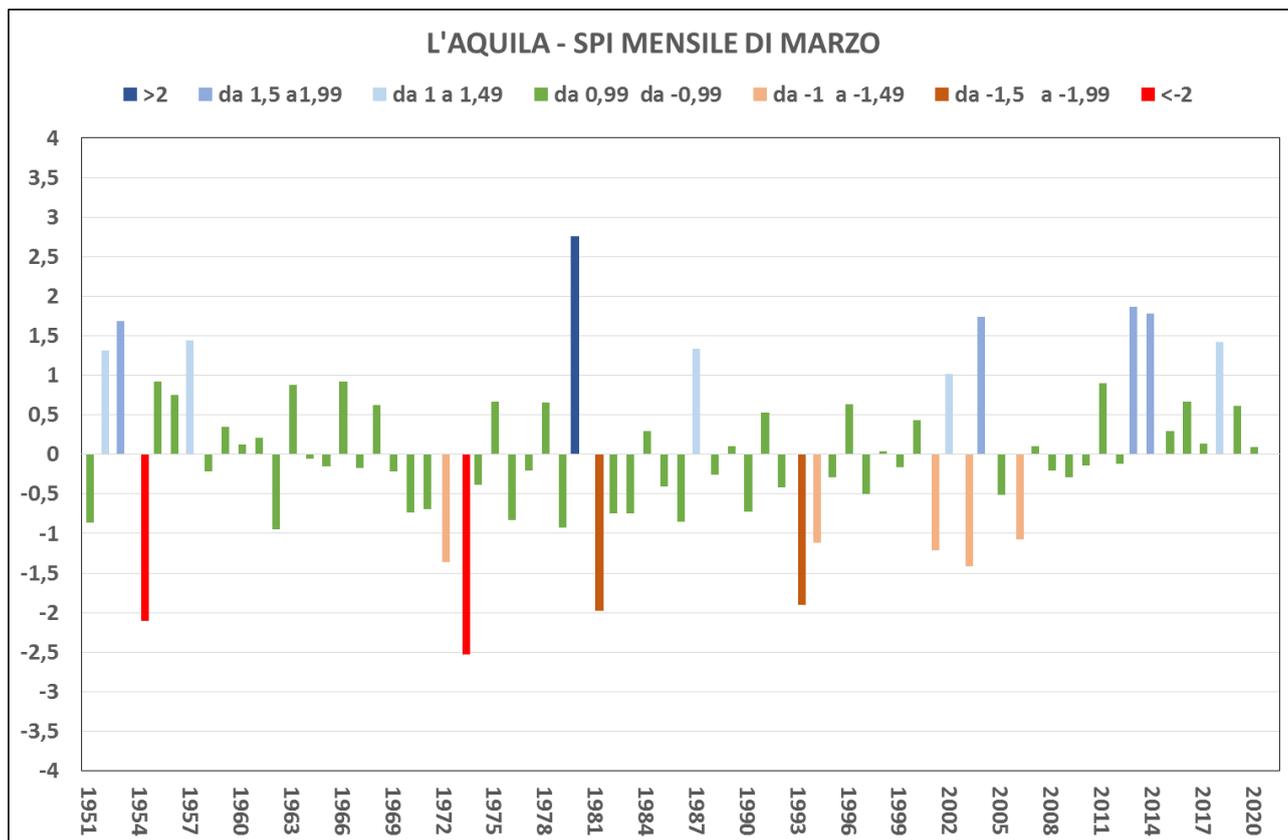


Fig. 4 Evoluzione dello SPI mensile di maggio

Lo SPI trimestrale di MAGGIO 2020, relativo alle precipitazioni del periodo marzo-maggio, risulta nella norma in tutte le località, fatta eccezione per quelle di Scerni e Avezzano dove lo stesso è inferiore a -1, con valori associati rispettivamente alle classi “secco” e “moderatamente secco”.(Fig. 5)

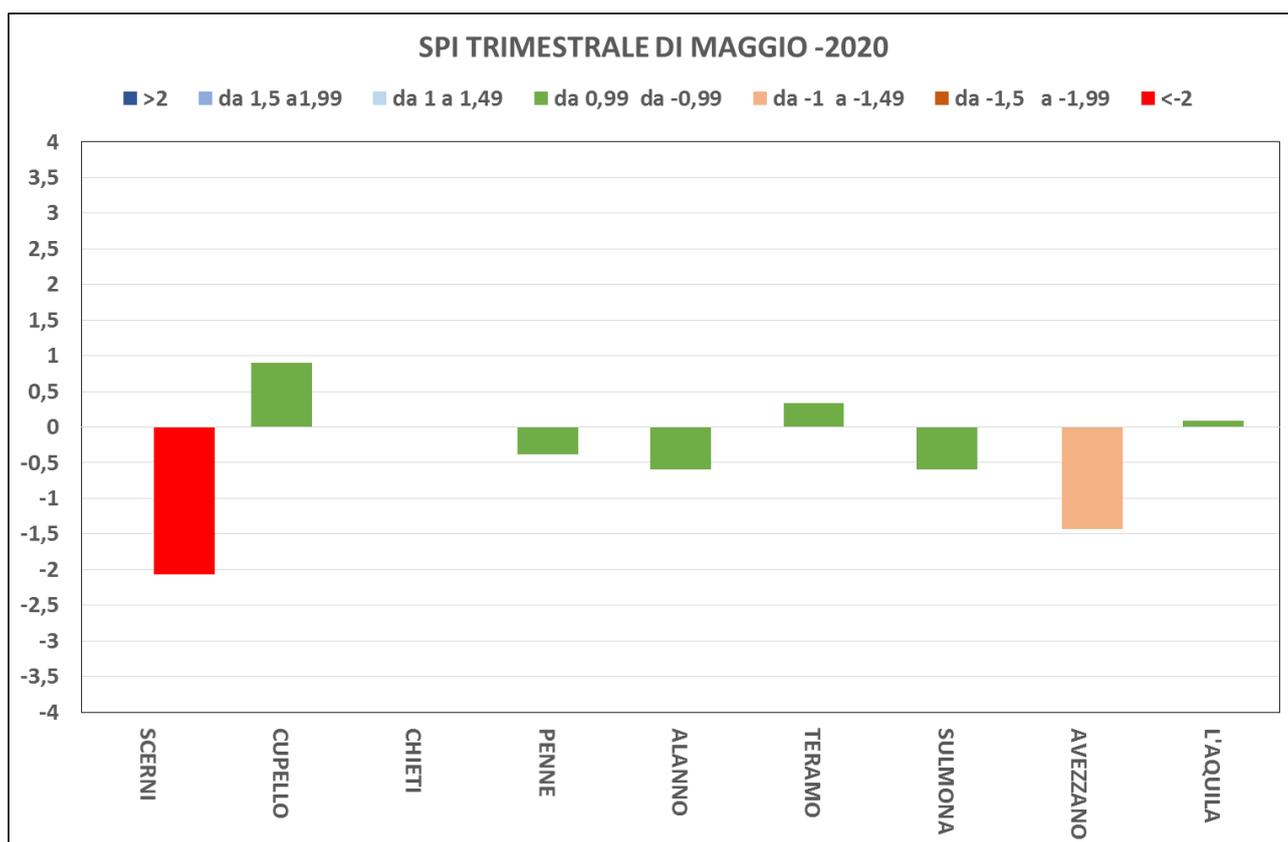
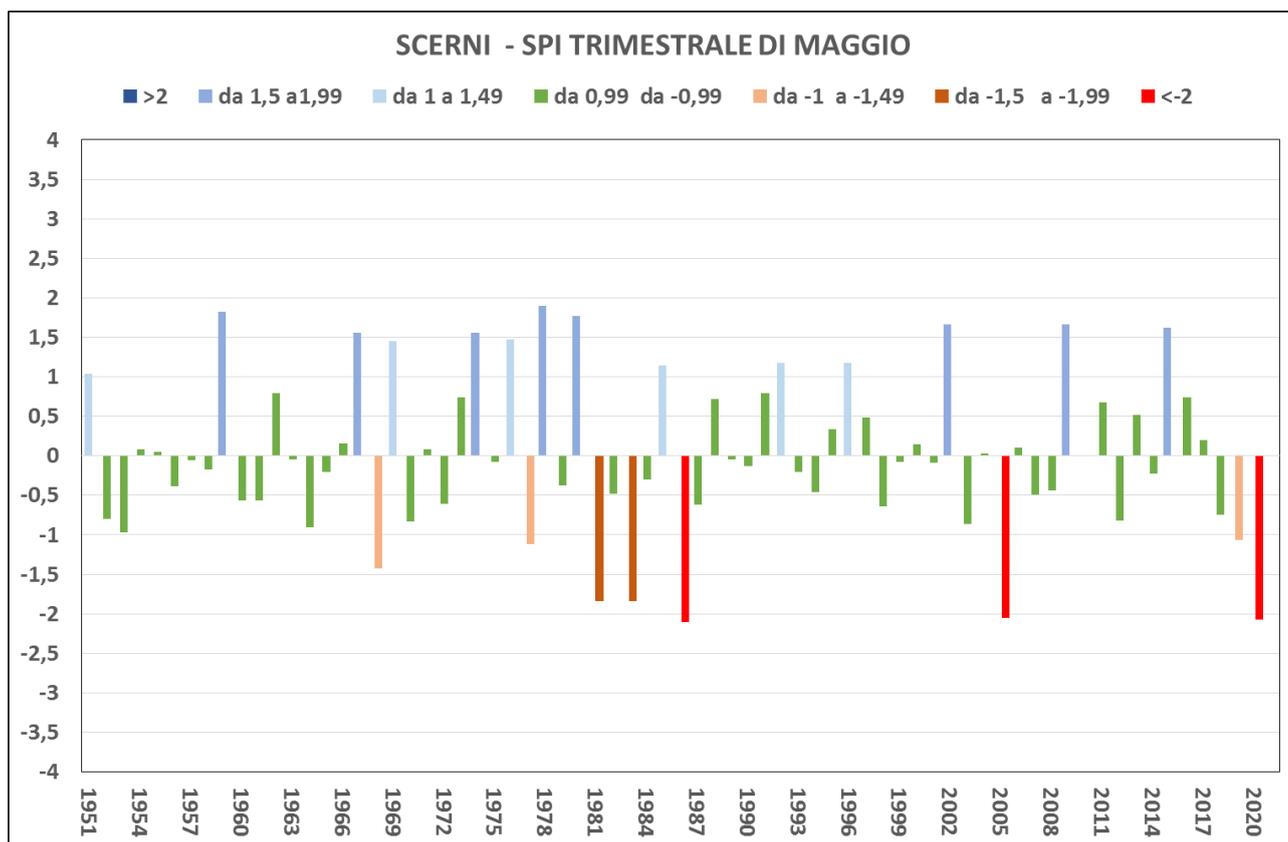


Fig. 5 Spi trimestrale di maggio 2020 per alcune località della regione Abruzzo

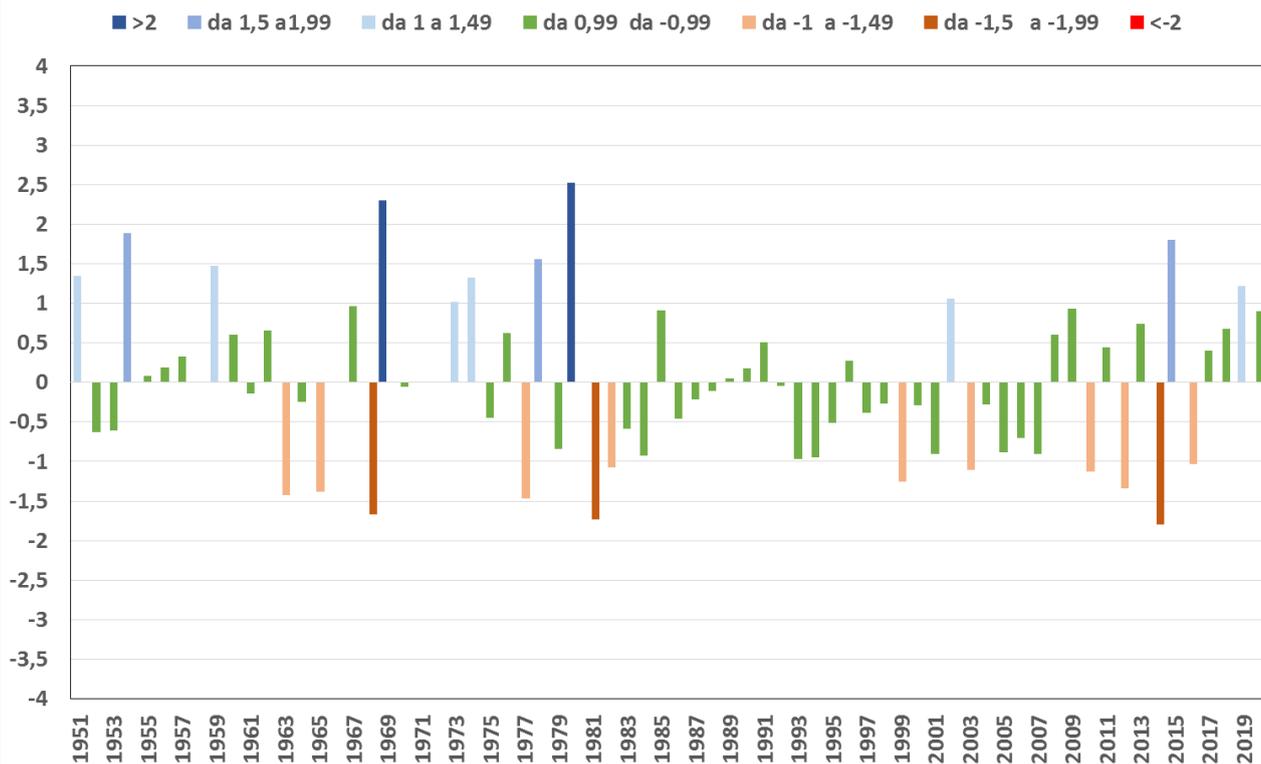
Il test di Mann Kendall applicato agli andamenti dello SPI trimestrale di Maggio mette in risalto l'assenza di trend significativi (Tab. 3 - Fig. 6)

Tab. 3 Test di Mann Kendall applicato allo SPI trimestrale di Maggio. Il livello di probabilità dell'errore è indicato come segue n.s.  $P\text{-value} > 0,10$ ; +  $P\text{-value} \leq 0,10$ ; \*  $P\text{-value} \leq 0,05$ ; \*\*  $P\text{-value} \leq 0,01$ ; \*\*\*  $P\text{-value} \leq 0,001$

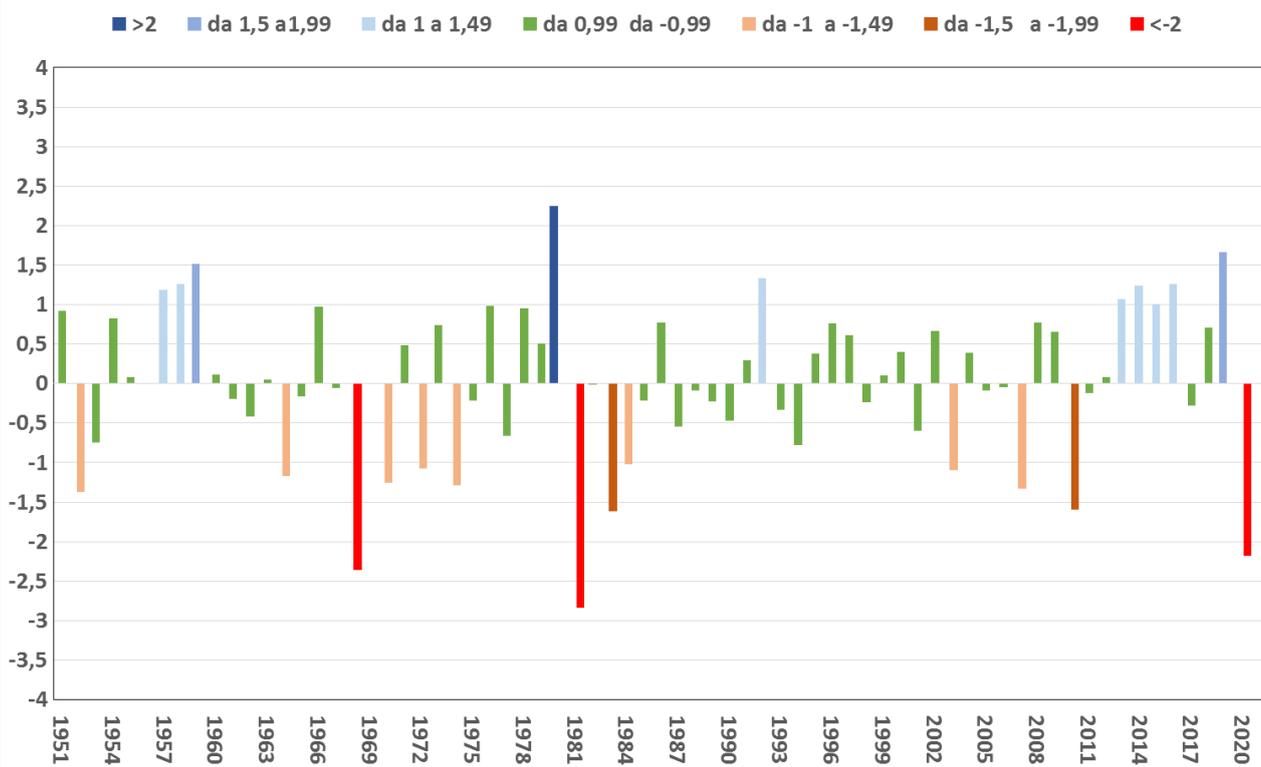
Località	Test Z	Significatività	$\beta$
Scerni	-0,41	n.s	-0,002
Cupello	-1,11	n.s	-0,008
Chieti	0,73	n.s	0,005
Penne	0,76	n.s	0,006
Alanno	1,18	n.s	0,008
Teramo	1,30	n.s	0,009
Sulmona	0,26	n.s	0,002
Avezzano	1,54	n.s	0,010
L'Aquila	-0,62	n.s	-0,003



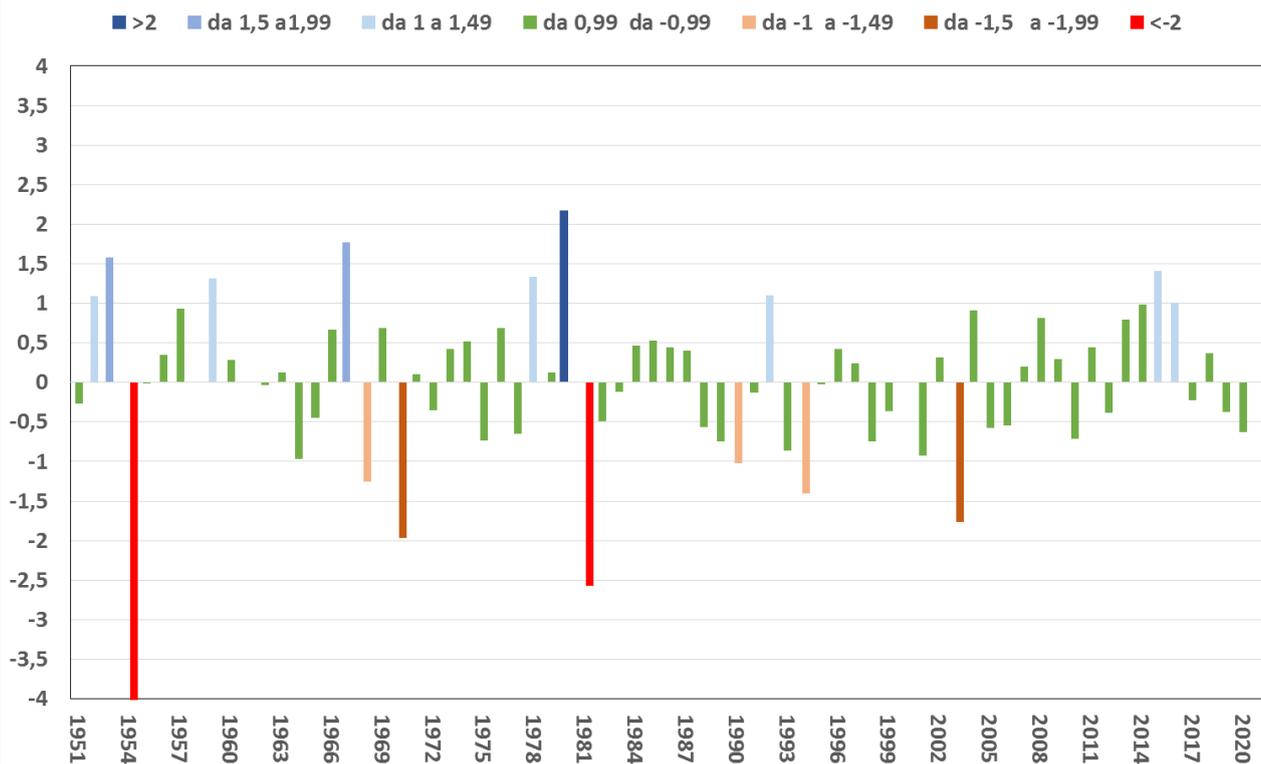
### CUPELLO - SPI TRIMESTRALE DI MAGGIO



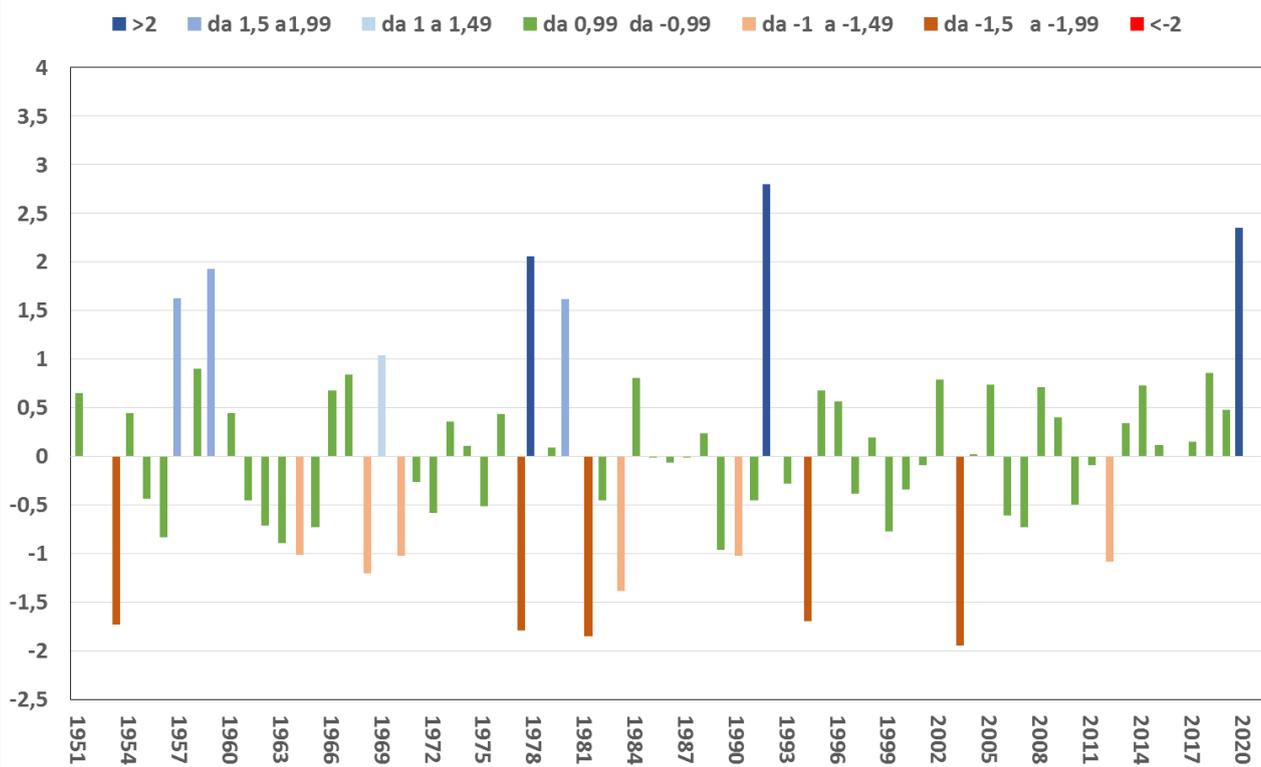
### CHIETI - SPI TRIMESTRALE DI MAGGIO



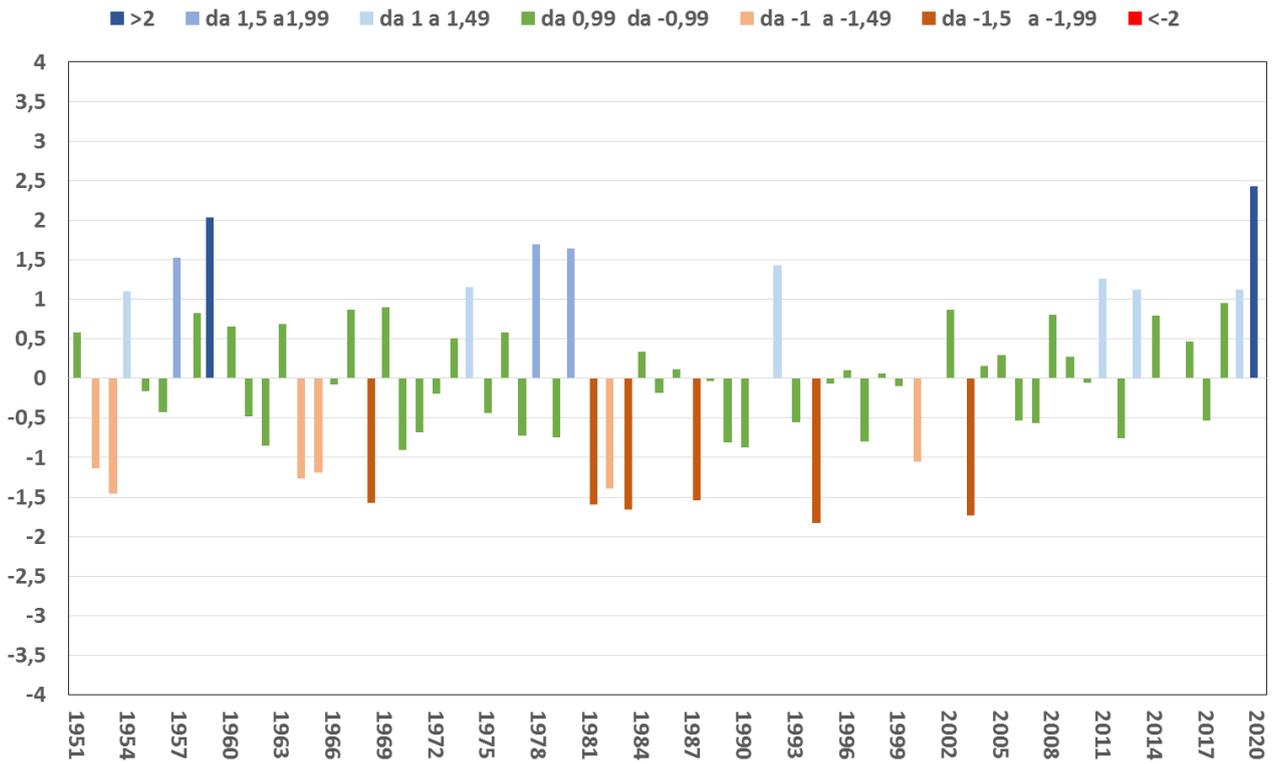
### PENNE - SPI TRIMESTRALE DI MAGGIO



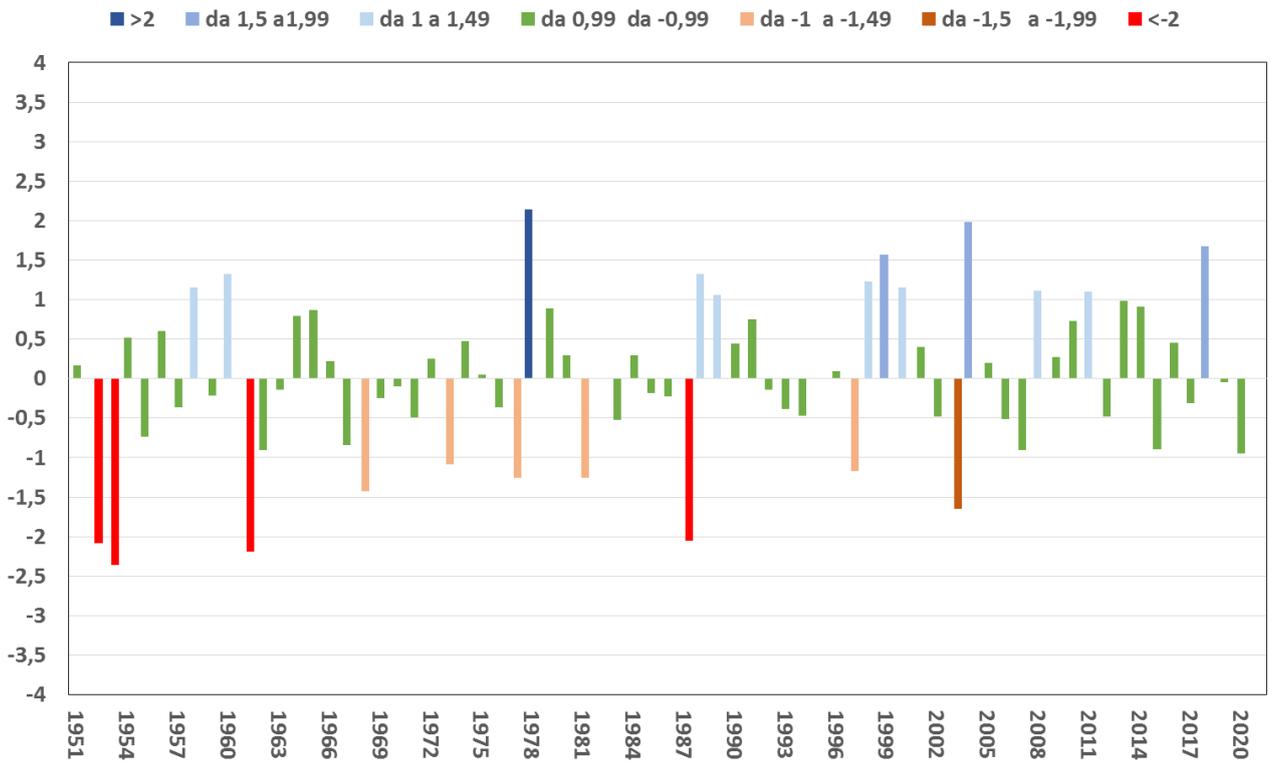
### ALANNO - SPI TRIMESTRALE DI MAGGIO



### TERAMO - SPI TRIMESTRALE DI MAGGIO



### AVEZZANO - SPI TRIMESTRALE DI MAGGIO



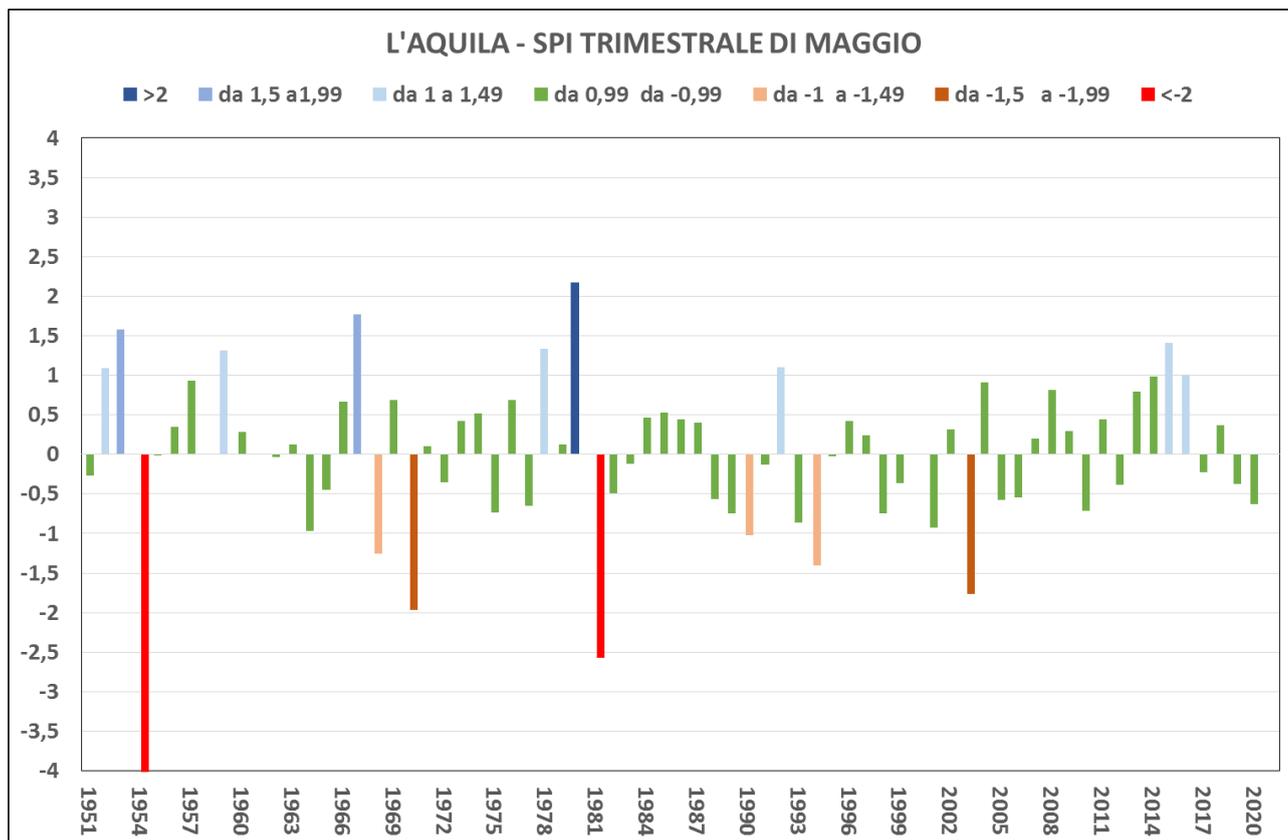


Fig. 6 Evoluzione dello SPI trimestrale di maggio

Lo SPI semestrale di MAGGIO 2020 considera le precipitazioni a ritroso fino al mese di dicembre 2019 e mette in risalto criticità solo nelle località interne di Scerni, Chieti, Avezzano e L'aquila dove i valori rientrano nella classi "moderatamente secco" e "secco".

Nelle altre stazioni i valori rientrano nella norma, fatta eccezione per quella di Teramo che si distingue per la classe "moderatamente umido" (fig. 7)

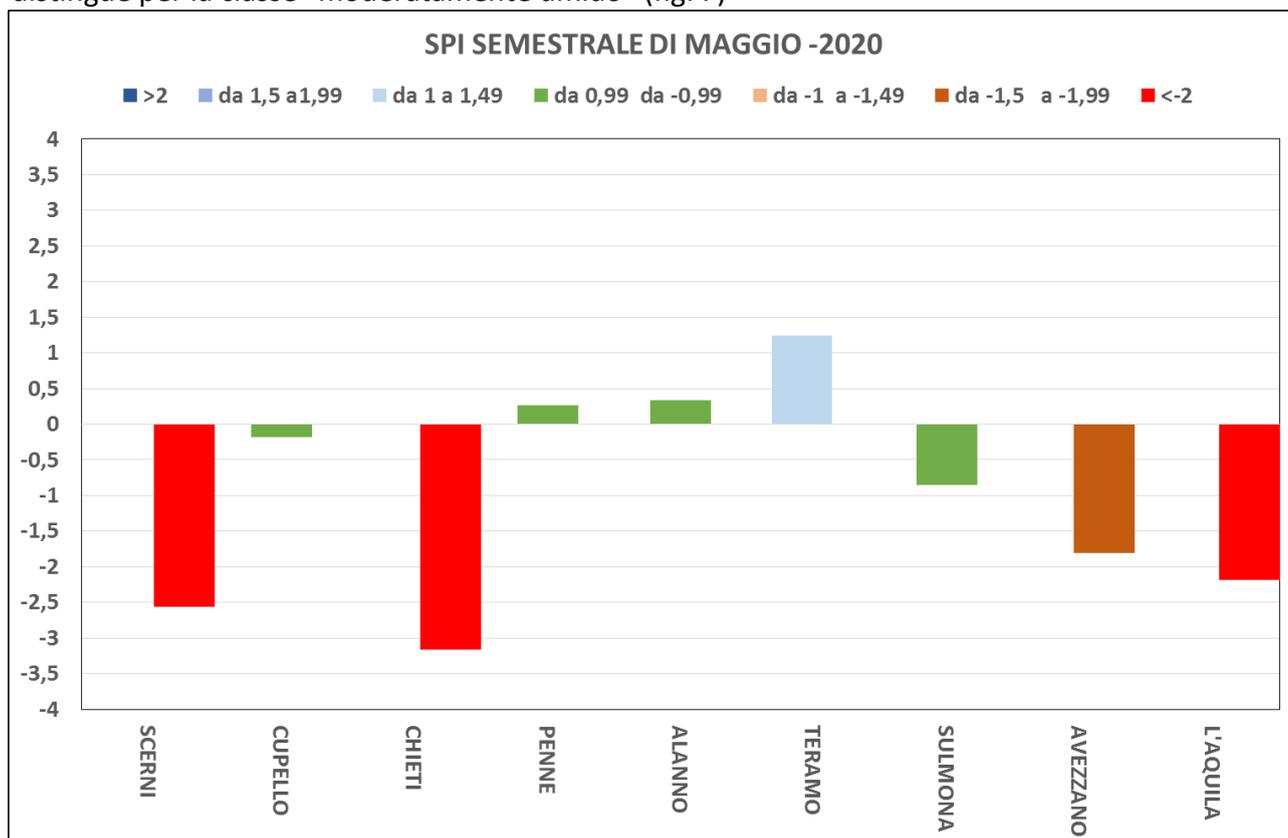
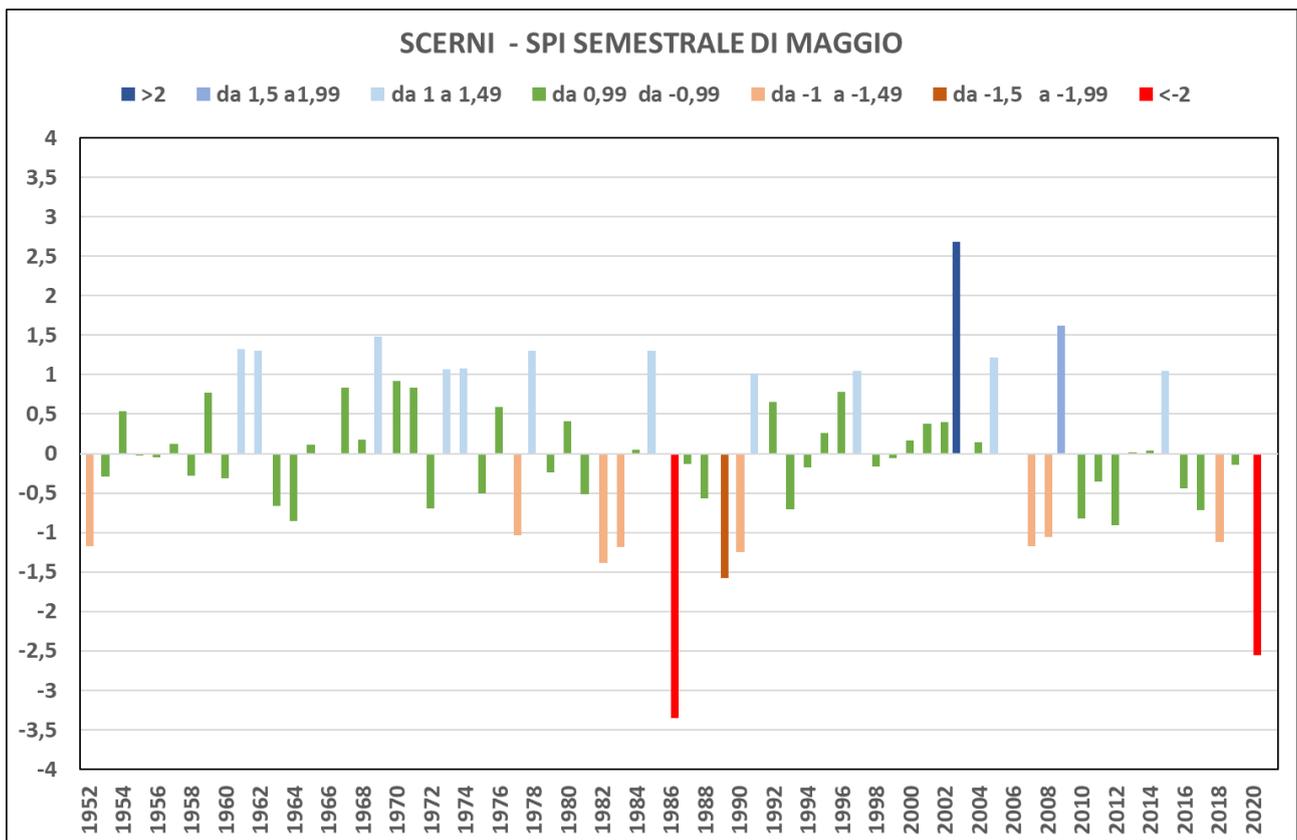


Fig. 7 Spi semestrale di maggio 2020 per alcune località della regione Abruzzo

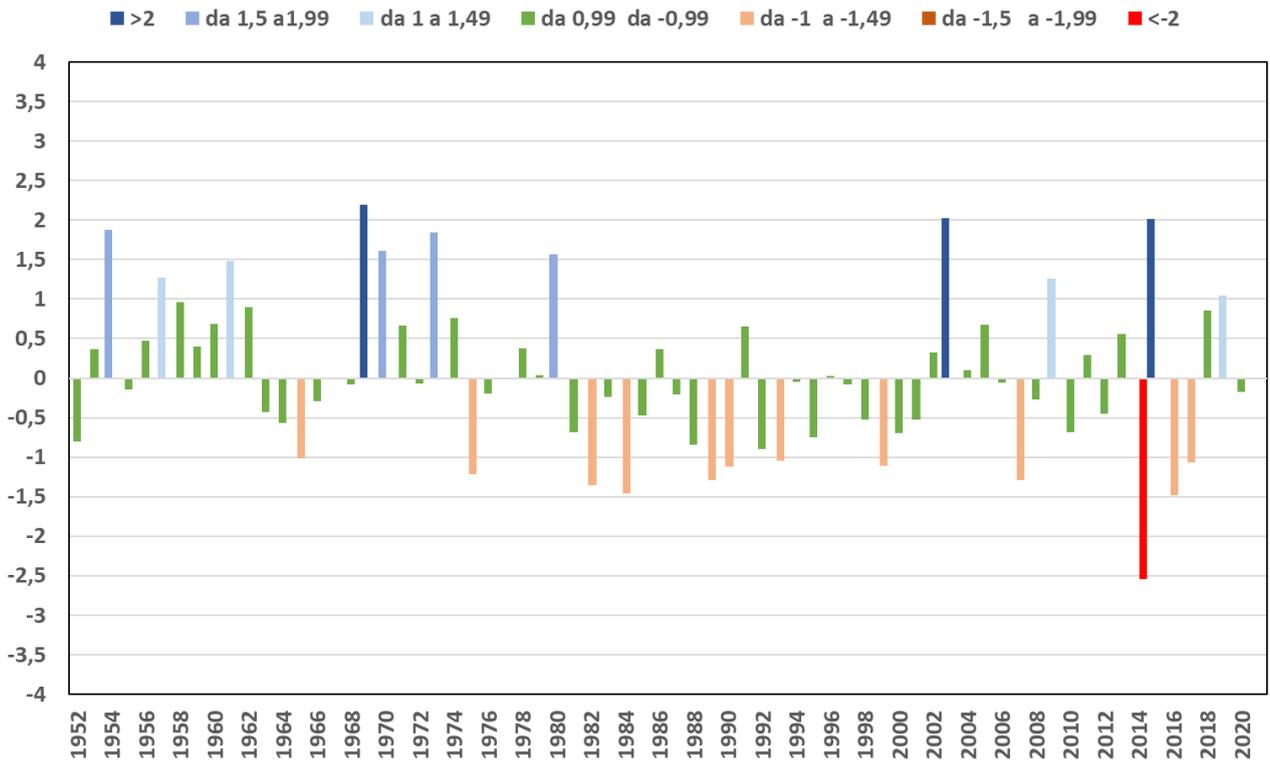
Il test di Mann Kendall applicato agli andamenti dello SPI semestrale di Maggio mette in risalto l'assenza di trend significativi. (Tab. 4 – Fig. 8)

Tab. 4 Test di Mann Kendall applicato allo SPI semestrale di Maggio. Il livello di probabilità dell'errore è indicato come segue n.s.  $P\text{-value} > 0,10$ ; +  $P\text{-value} \leq 0,10$ ; \*  $P\text{-value} \leq 0,05$ ; \*\*  $P\text{-value} \leq 0,01$ ; \*\*\*  $P\text{-value} \leq 0,001$

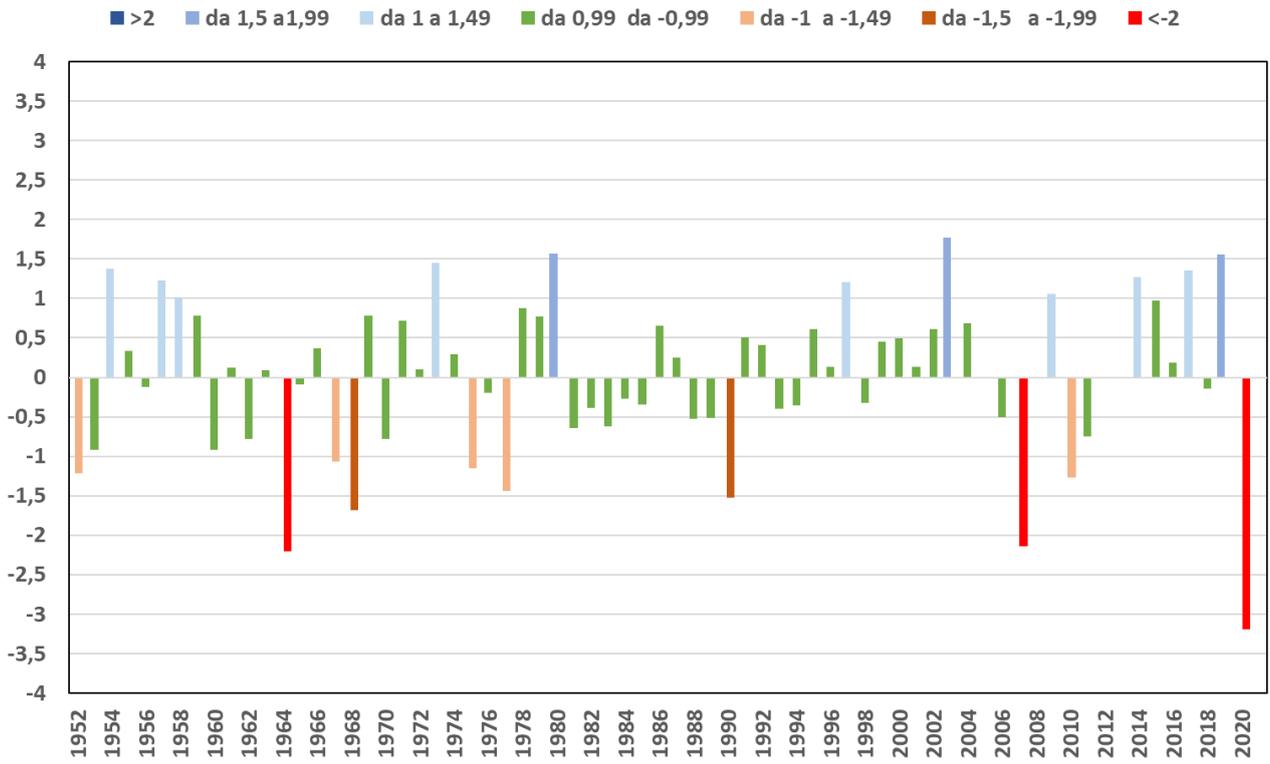
Località	Test Z	Significatività	$\beta$
Scerni	-0,95	n.s	-0,005
Cupello	-1,57	n.s	-0,010
Chieti	1,01	n.s	0,007
Penne	0,18	n.s	0,001
Alanno	0,51	n.s	0,003
Teramo	0,81	n.s	0,006
Sulmona	-0,53	n.s	-0,003
Avezzano	-0,29	n.s	-0,002
L'Aquila	-0,12	n.s	-0,001



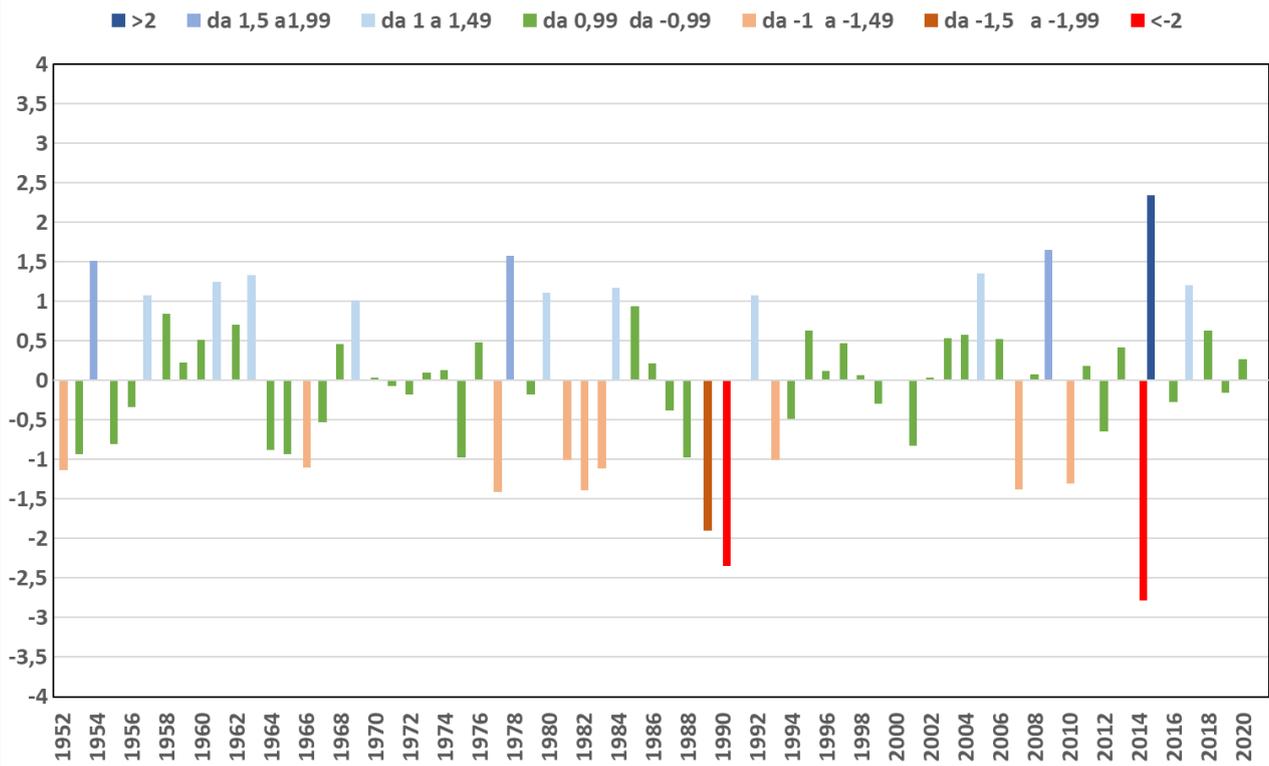
### CUPELLO - SPI SEMESTRALE DI MAGGIO



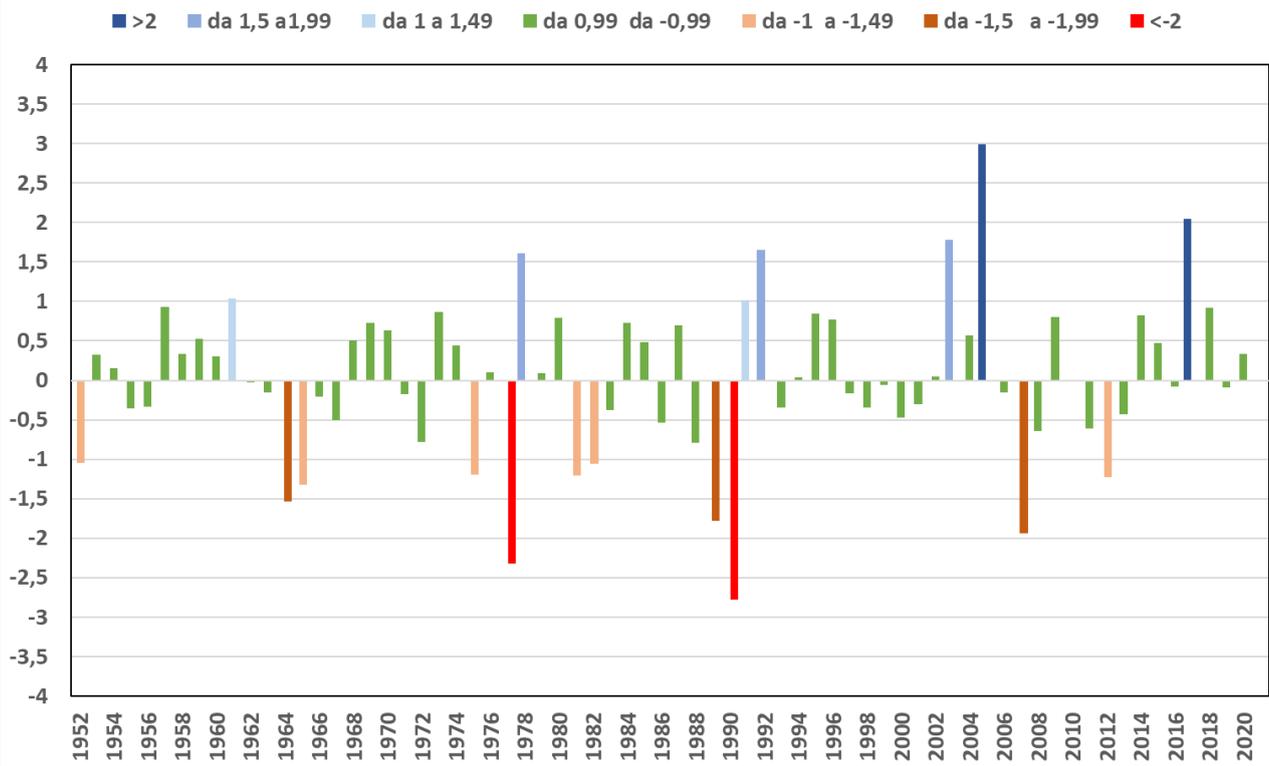
### CHIETI - SPI SEMESTRALE DI MAGGIO



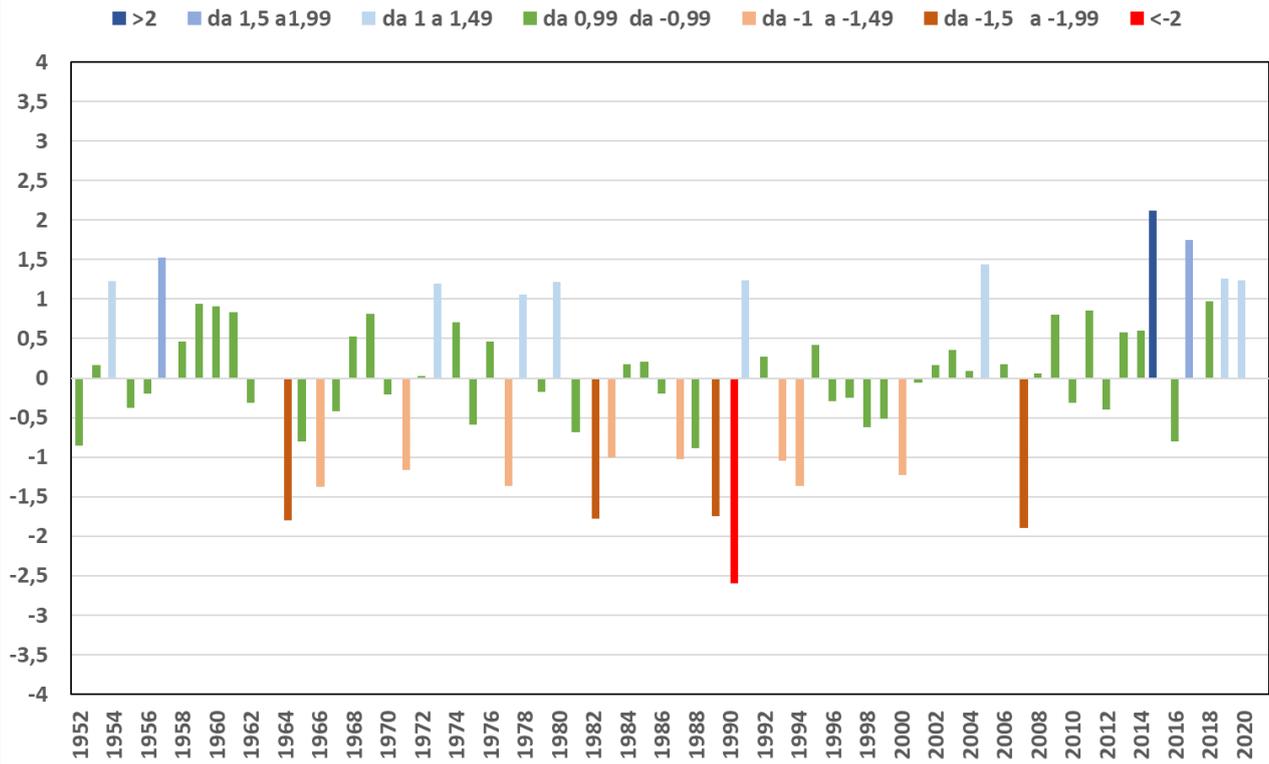
### PENNE - SPI SEMESTRALE DI MAGGIO



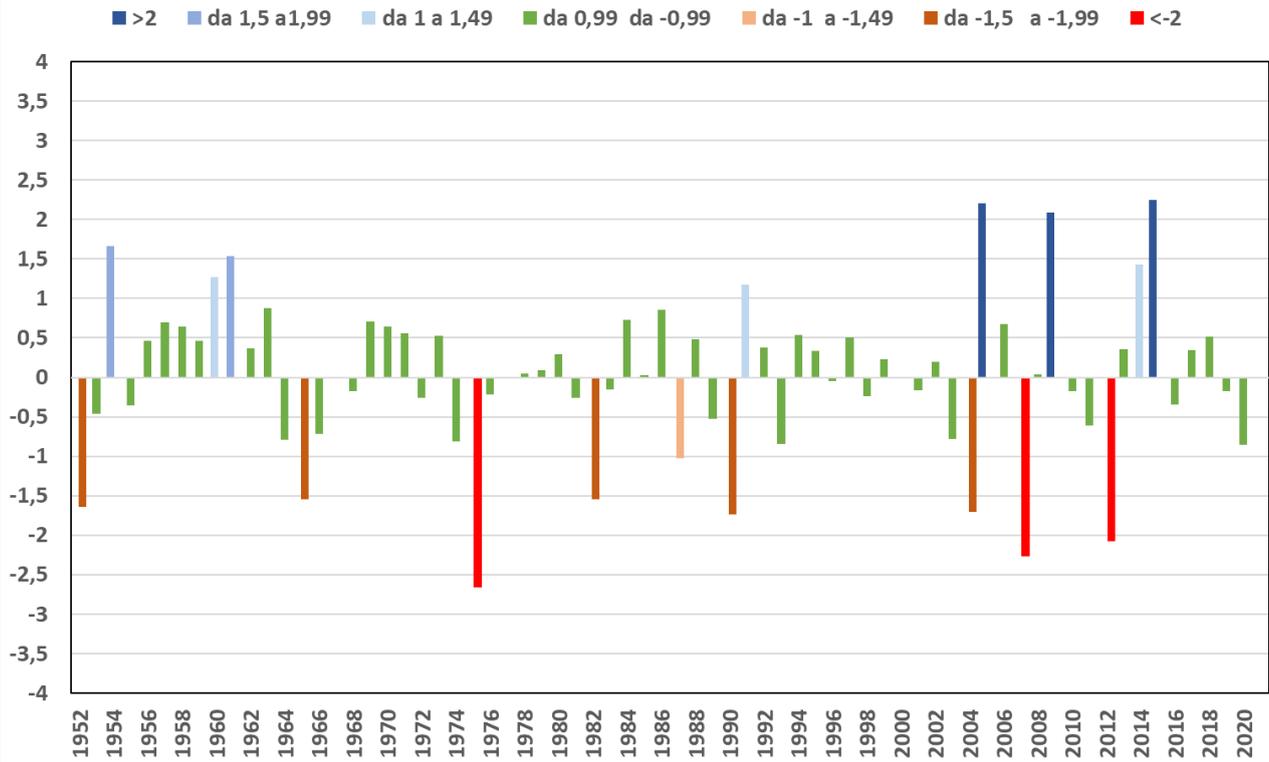
### ALANNO - SPI SEMESTRALE DI MAGGIO



### TERAMO - SPI SEMESTRALE DI MAGGIO



### SULMONA - SPI SEMESTRALE DI MAGGIO



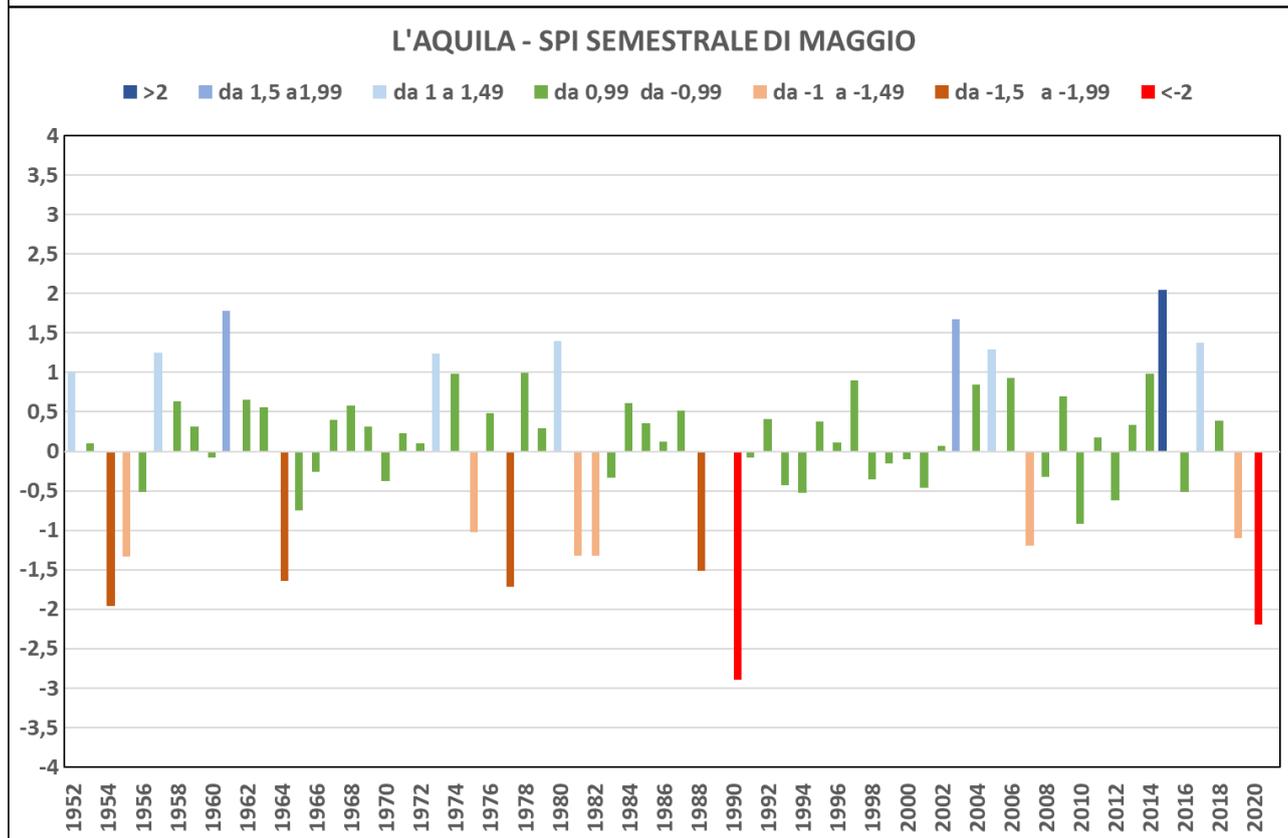
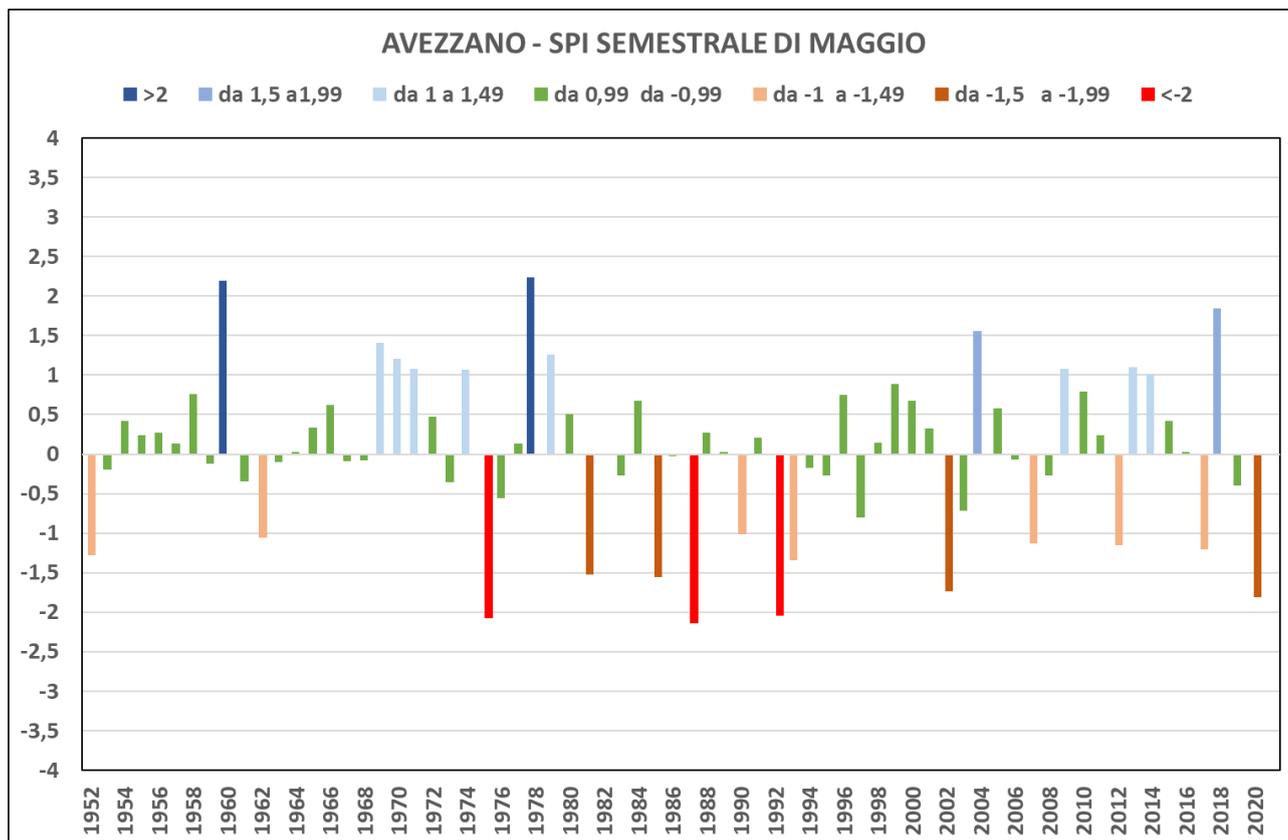


Fig. 8 Evoluzione dello SPI semestrale di maggio

Lo SPI A 12 MESI di MAGGIO 2020 assume interesse per quanto concerne la siccità idrologica e mette in risalto criticità solo nelle località interne di Scerni, Chieti, e L’Aquila dove i valori rientrano nelle classi “moderatamente secco” e “secco”. Nelle altre stazioni i valori rientrano nella norma, fatta eccezione per quella di Teramo che si distingue per la classe “moderatamente umido” (Fig. 9)

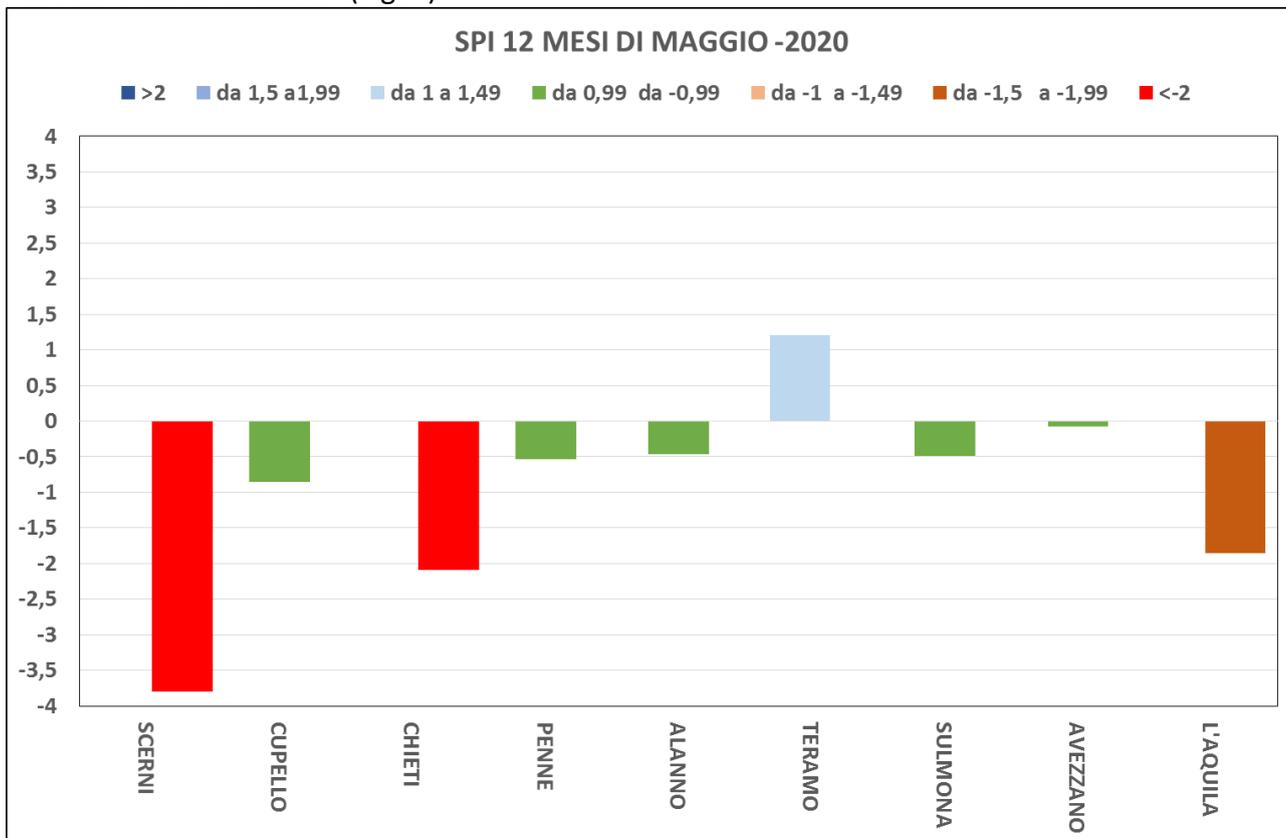


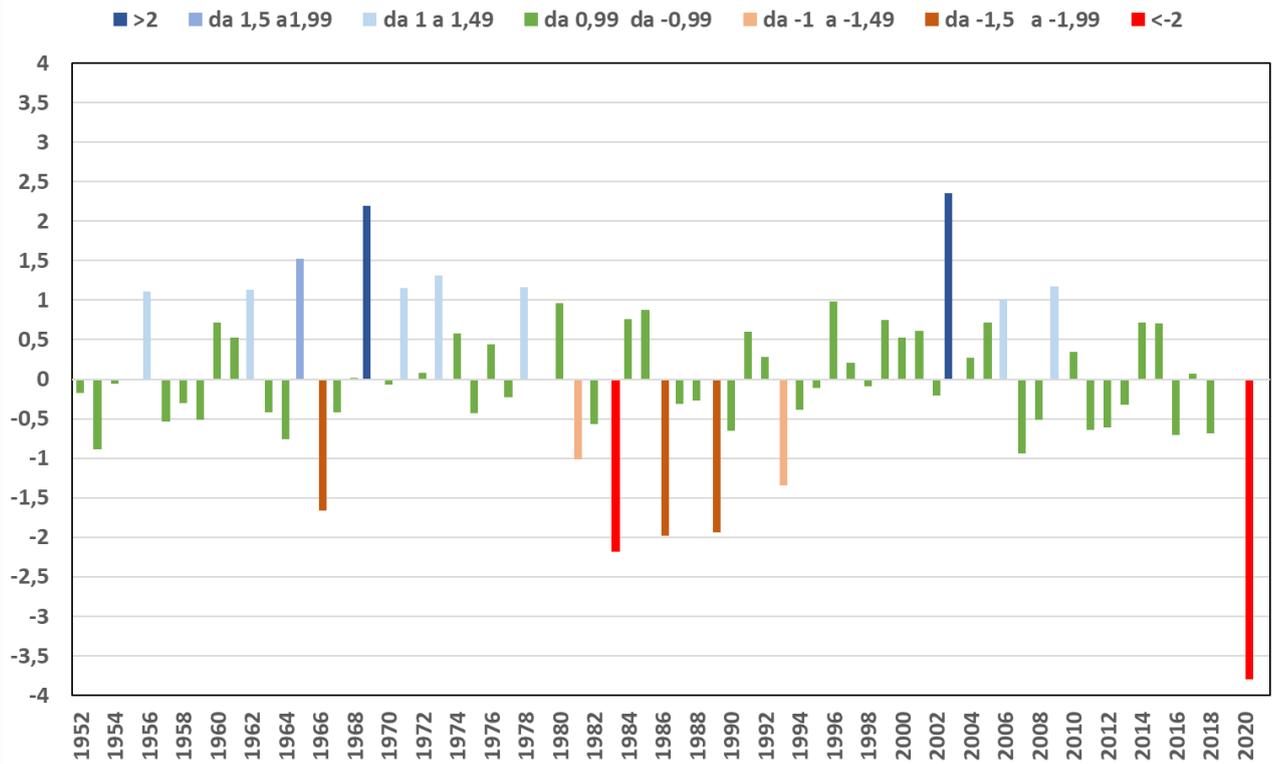
Fig. 9 Spi a 12 mesi di maggio 2020 per alcune località della regione Abruzzo

Il test di Mann Kendall applicato agli andamenti dello SPI a 12 mesi di Maggio mette in risalto un trend negativo significativo solo nella stazione di Cupello; segno di un incremento dei fenomeni siccitosi. (Tab. 5 – Fig. 10)

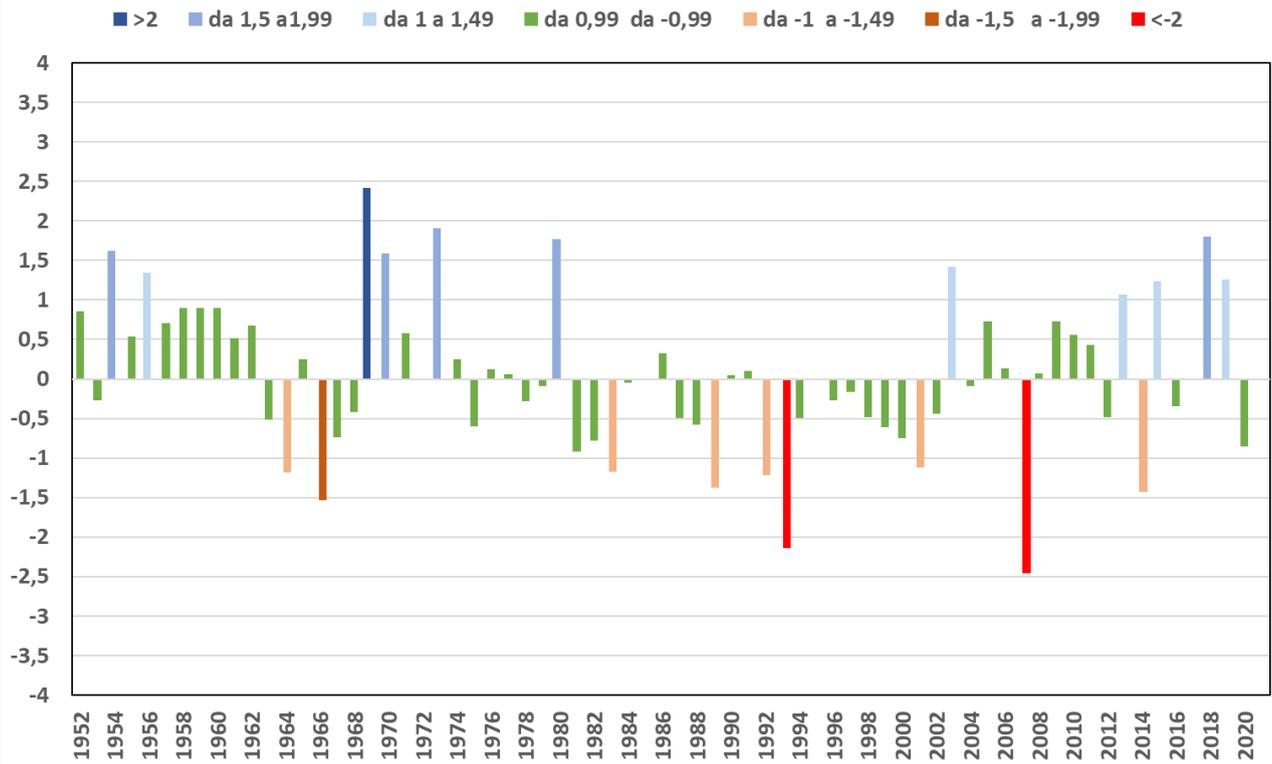
Tab. 5 Test di Mann Kendall applicato allo SPI a 12 mesi di Maggio. Il livello di probabilità dell'errore è indicato come segue n.s.  $P\text{-value} > 0,10$ ; +  $P\text{-value} \leq 0,10$ ; \*  $P\text{-value} \leq 0,05$ ; \*\*  $P\text{-value} \leq 0,01$ ; \*\*\*  $P\text{-value} \leq 0,001$

Località	Test Z	Significatività	$\beta$
Scerni	-0,38	n.s	-0,002
<b>Cupello</b>	<b>-1,83</b>	<b>+</b>	<b>-0,014</b>
Chieti	0,20	n.s	0,002
Penne	0,22	n.s	0,001
Alanno	1,05	n.s	0,007
Teramo	0,29	n.s	0,002
Sulmona	0,34	n.s	0,003
Avezzano	0,24	n.s	0,002
L'Aquila	-0,24	n.s	-0,001

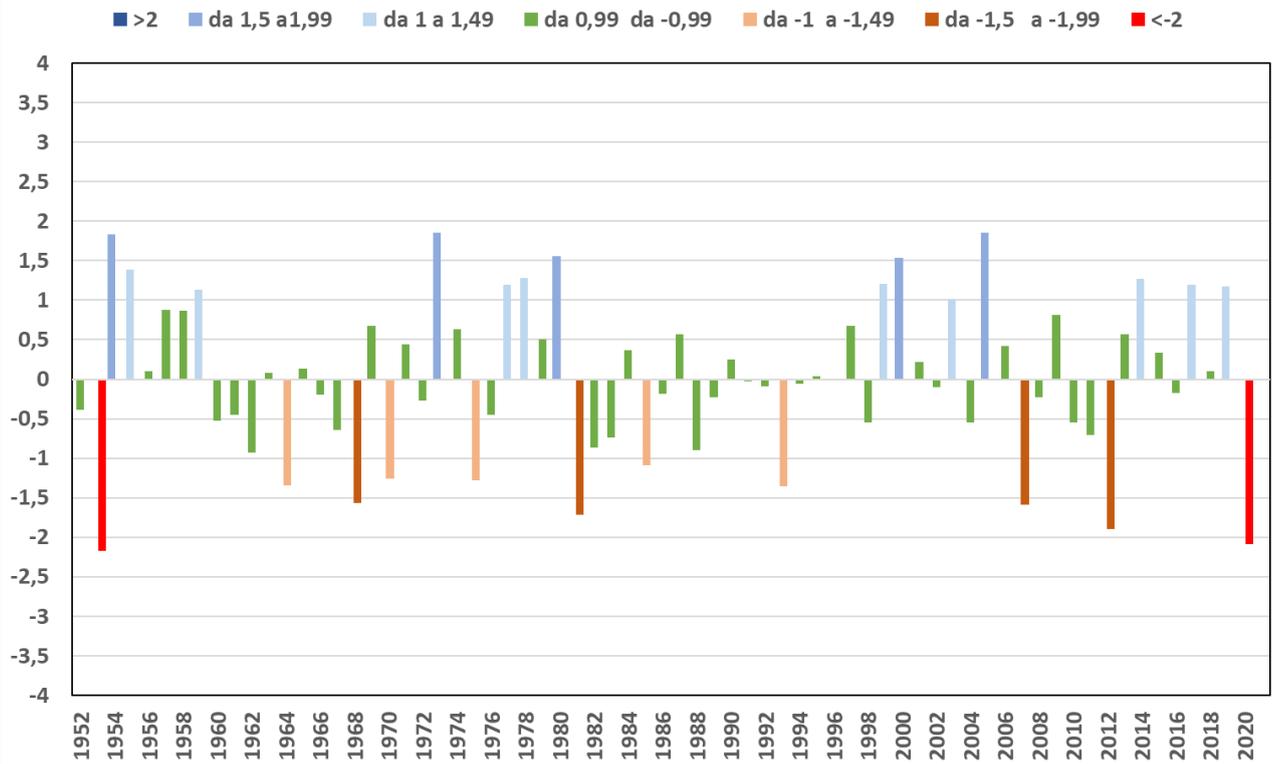
### SCERNI - SPI 12 MESI DI MAGGIO



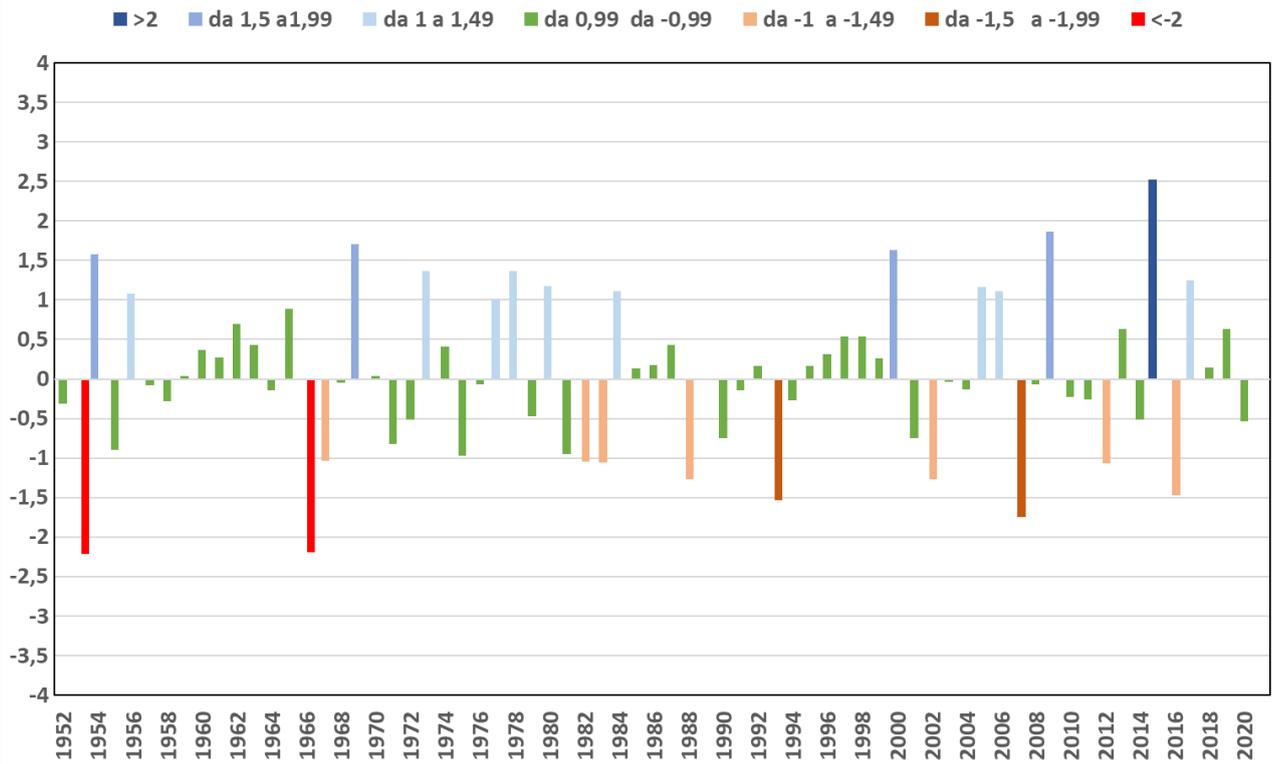
### CUPELLO - SPI 12 MESI DI MAGGIO



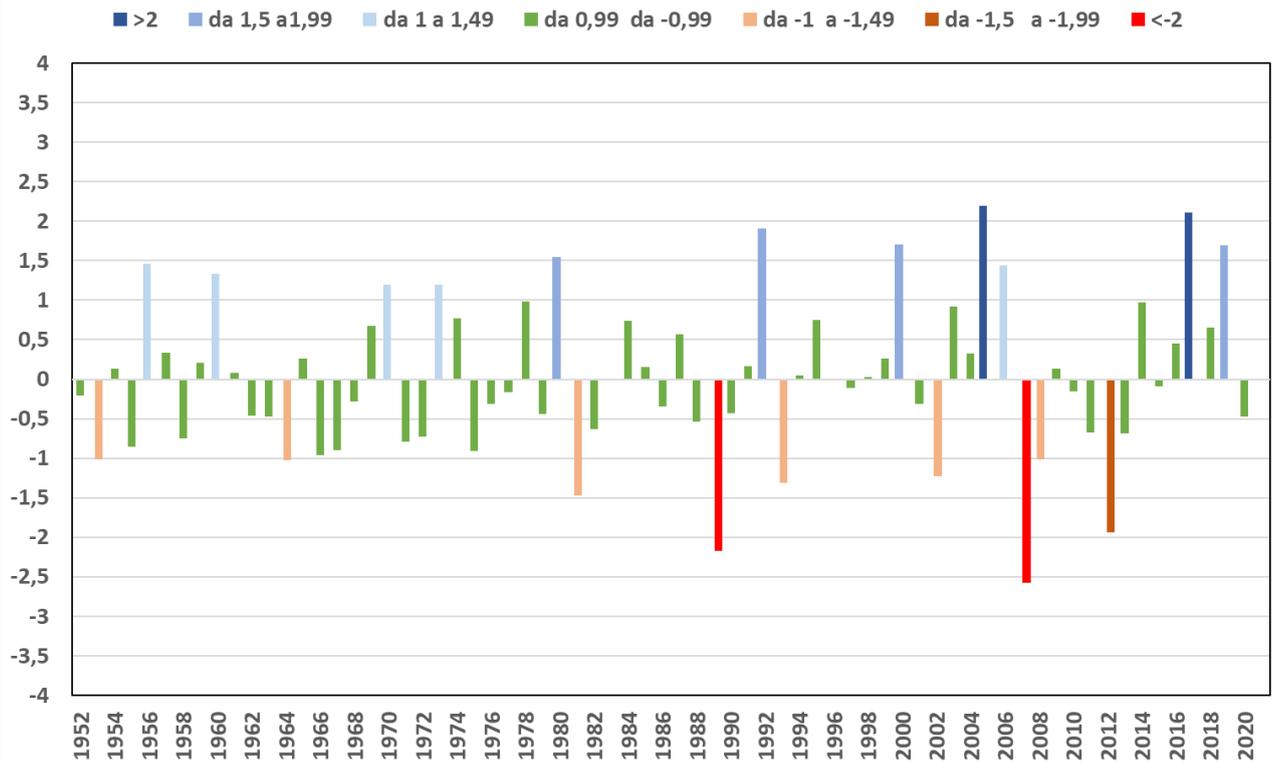
### CHIETI - SPI 12 MESI DI MAGGIO



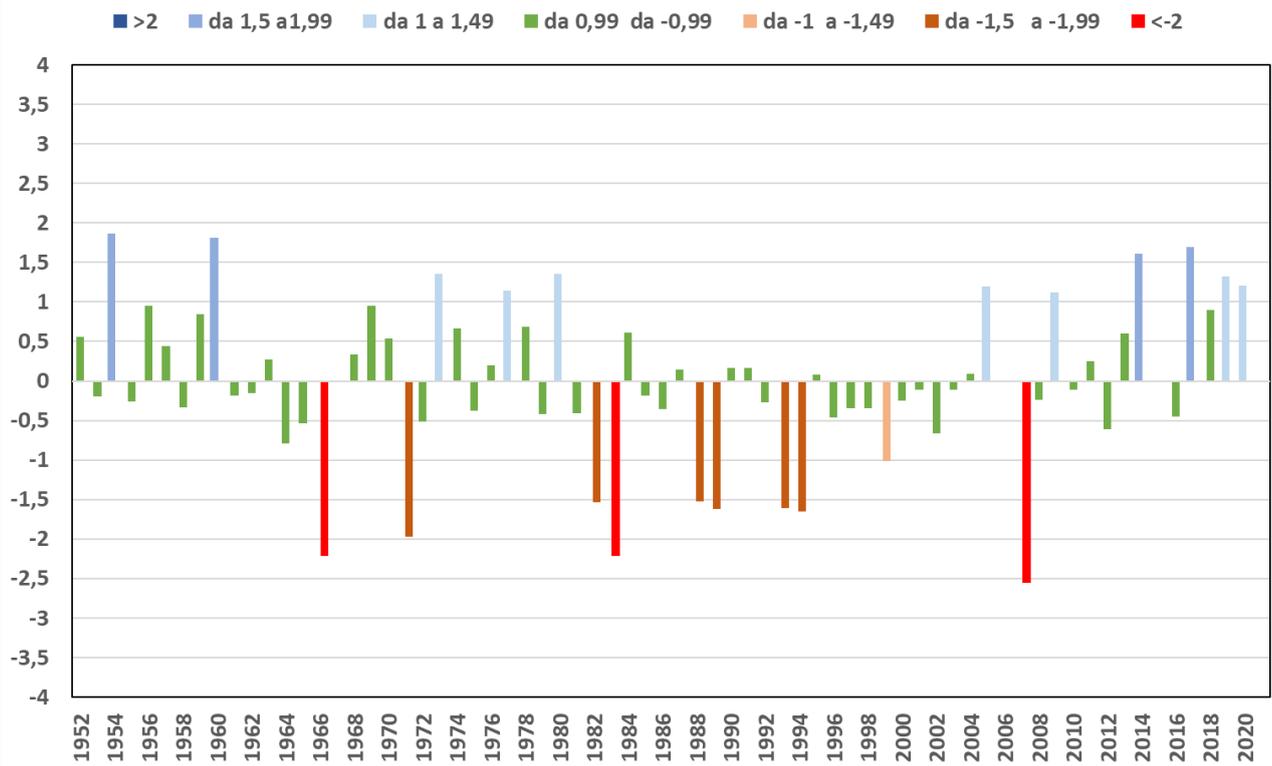
### PENNE - SPI 12 MESI DI MAGGIO



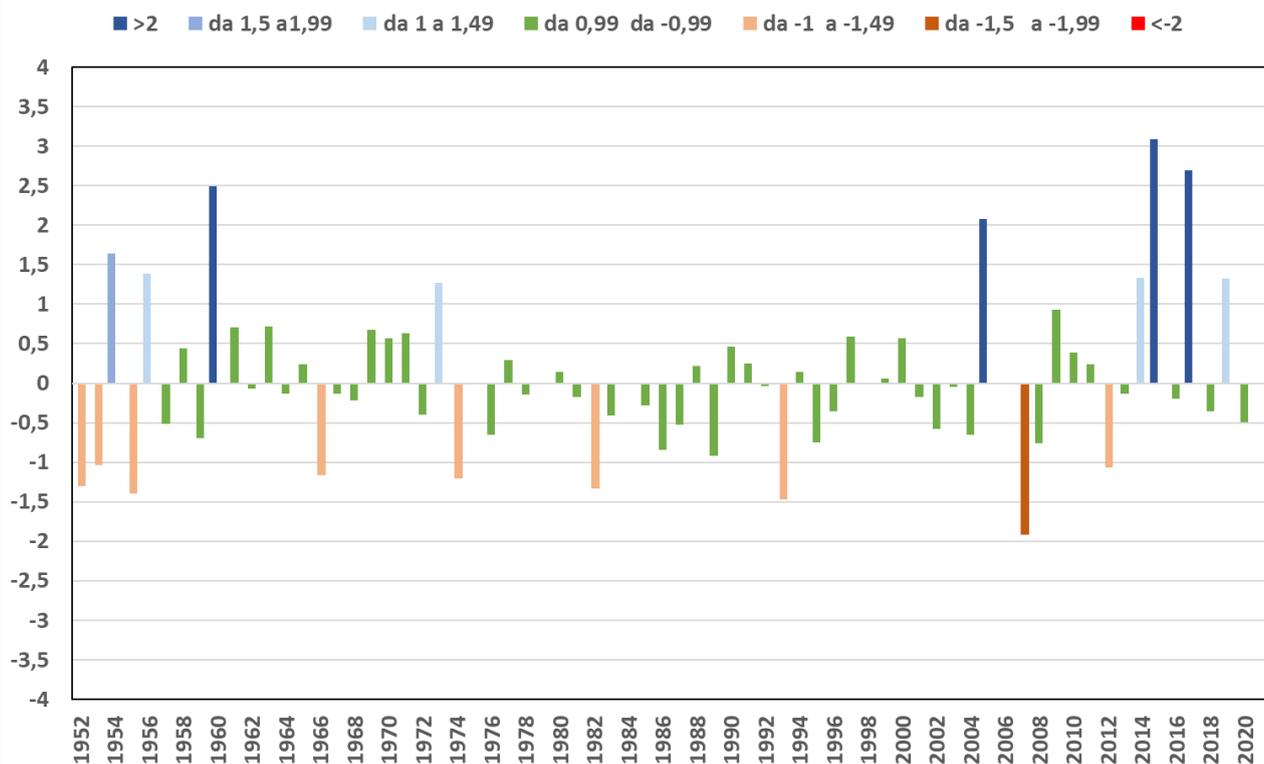
### ALANNO - SPI 12 MESI DI MAGGIO



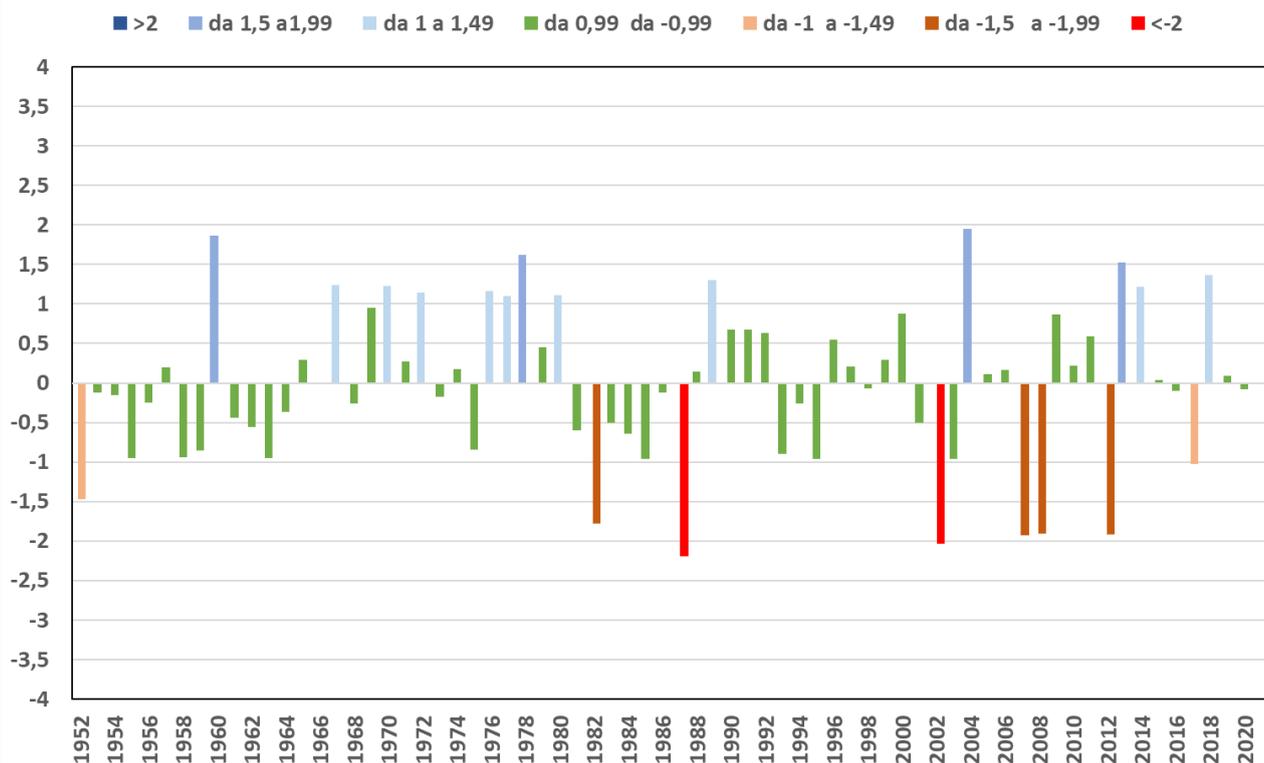
### TERAMO - SPI 12 MESI DI MAGGIO



### SULMONA - SPI 12 MESI DI MAGGIO



### AVEZZANO - SPI 12 MESI DI MAGGIO



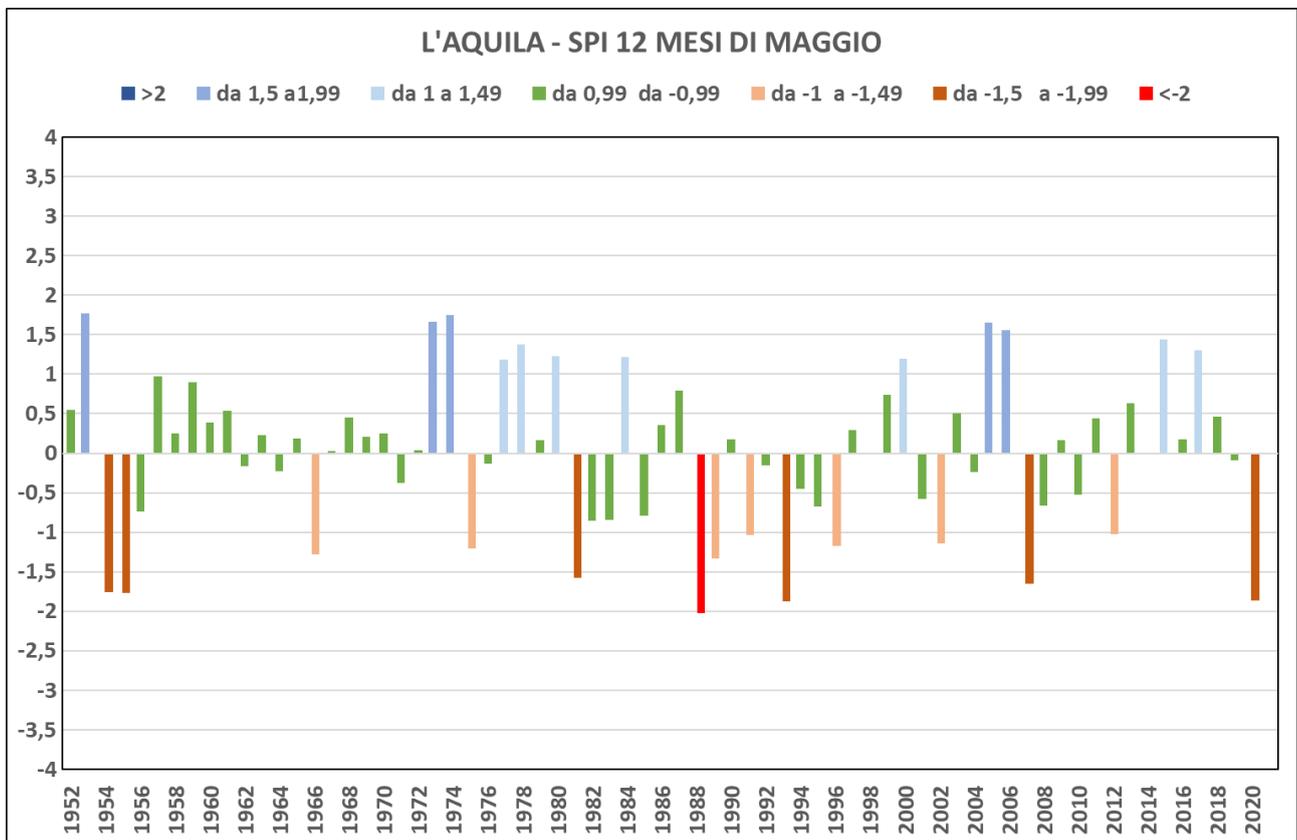


Fig. 10 Evoluzione dello SPI a 12 mesi di maggio

**Lo SPI A 24 MESI DI MAGGIO 2020** assume interesse per quanto concerne la siccità idrologica. Si evidenziano condizioni di criticità nelle località di Scerni e L'Aquila dove i valori rientrano rispettivamente nelle classi "estremamente secco" e "moderatamente secco". Nelle altre stazioni i valori rientrano nella norma, fatta eccezione per quella di Teramo che si distingue per la classe "moderatamente umido" (Fig. 11)

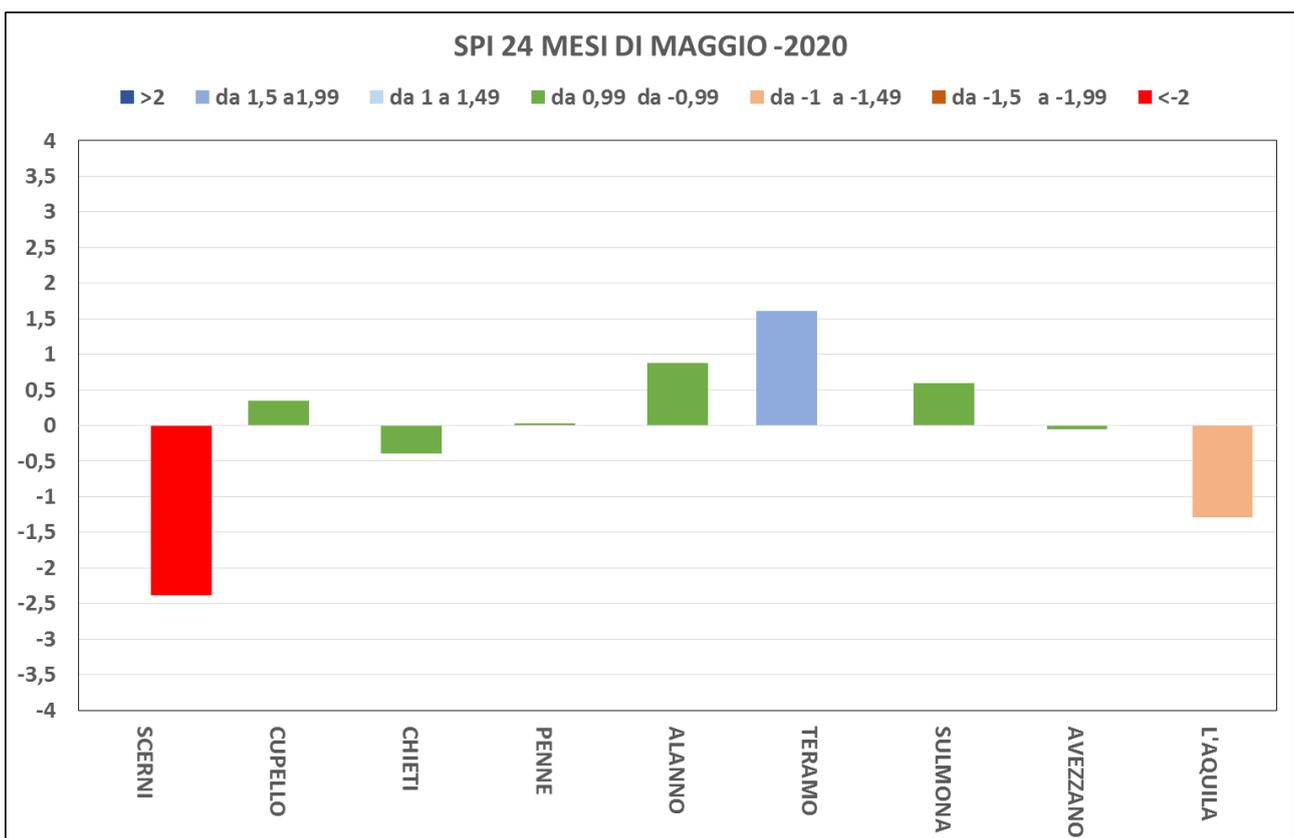
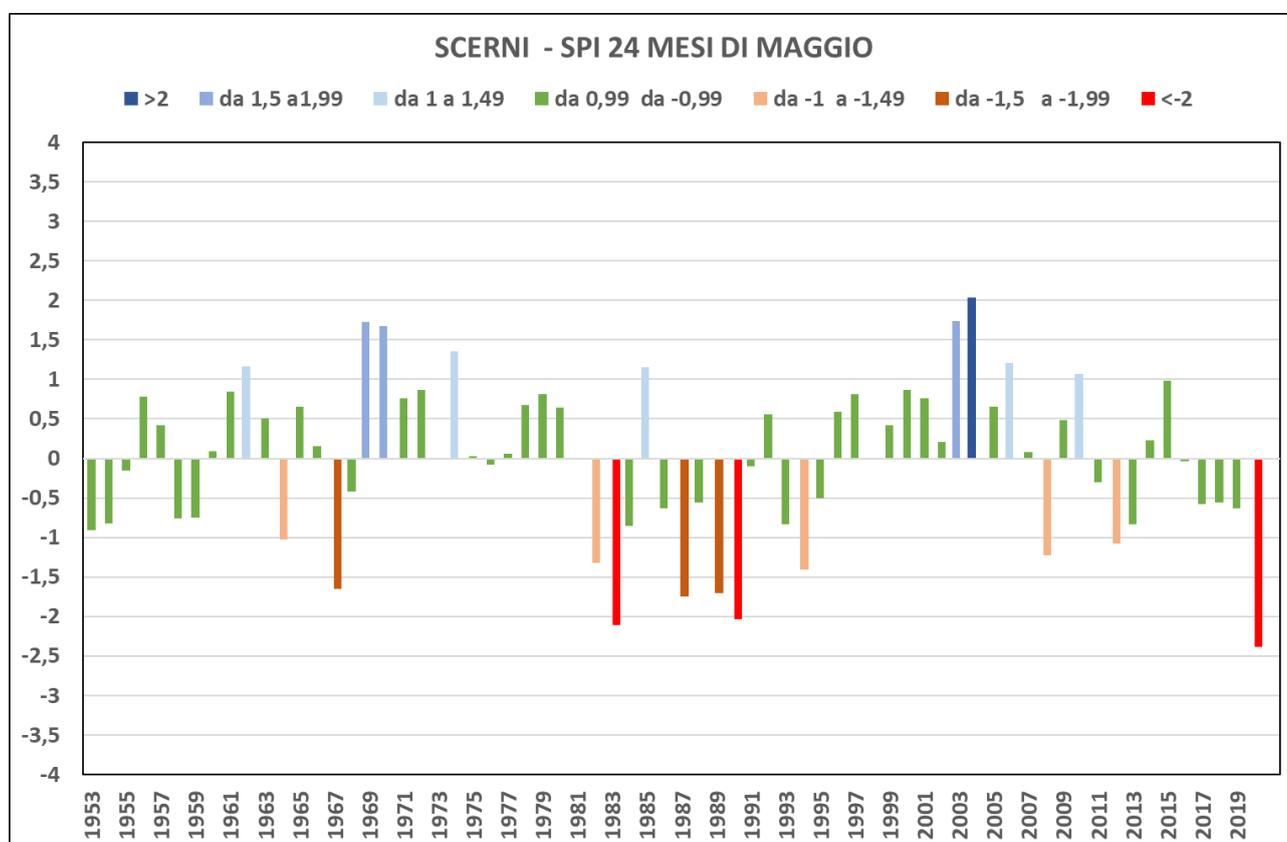


Fig. 11 Spi a 24 mesi di maggio 2020 per alcune località della regione Abruzzo

Il test di Mann Kendall applicato agli andamenti dello SPI a 24 mesi di Maggio mette in risalto un trend significativo in negativo nella località di Cupello. (Tab. 6 – Fig. 12)

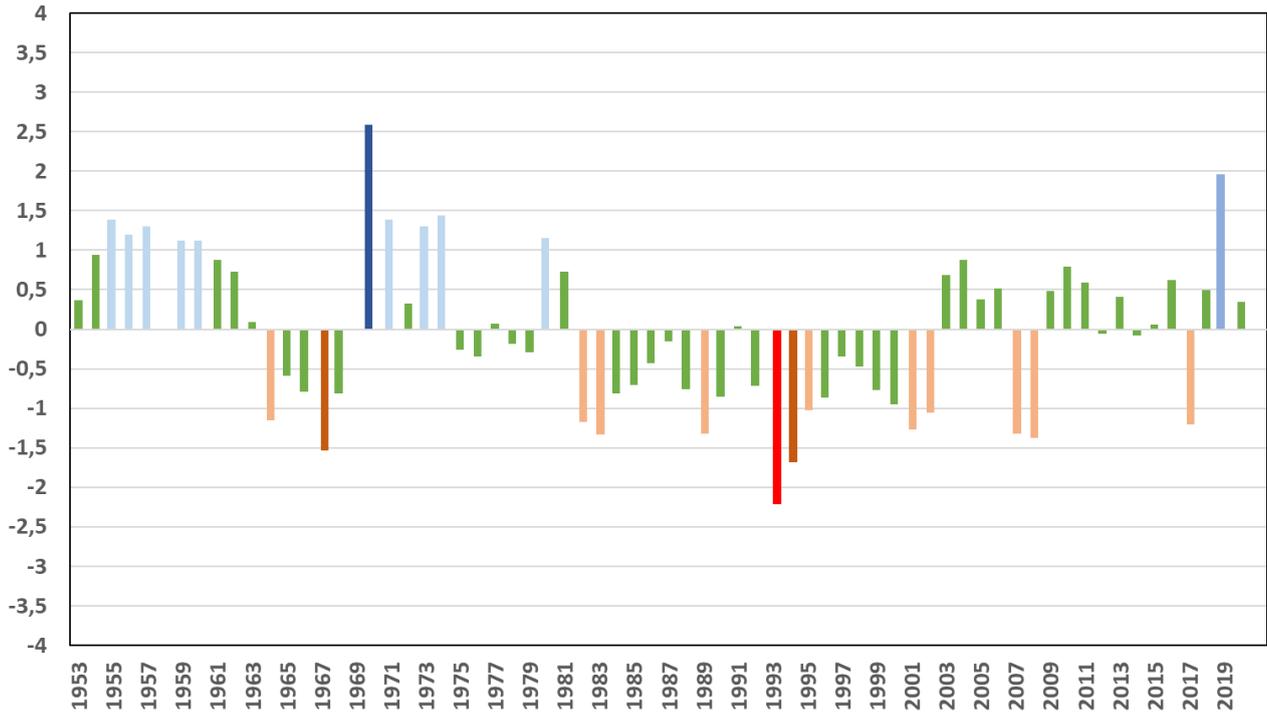
Tab. 6 Test di Mann Kendall applicato allo SPI a 24 mesi di Maggio. Il livello di probabilità dell'errore è indicato come segue n.s.  $P\text{-value} > 0,10$ ; +  $P\text{-value} \leq 0,10$ ; \*  $P\text{-value} \leq 0,05$ ; \*\*  $P\text{-value} \leq 0,01$ ; \*\*\*  $P\text{-value} \leq 0,001$

Località	Test Z	Significatività	$\beta$
Scerni	-0,48	n.s	-0,003
Cupello	-2,13	*	-0,014
Chieti	0,86	n.s	0,007
Penne	0,75	n.s	0,004
Alanno	1,58	n.s	0,010
Teramo	-0,01	n.s	0,000
Sulmona	0,26	n.s	0,002
Avezzano	0,08	n.s	0,001
L'Aquila	-0,19	n.s	-0,001



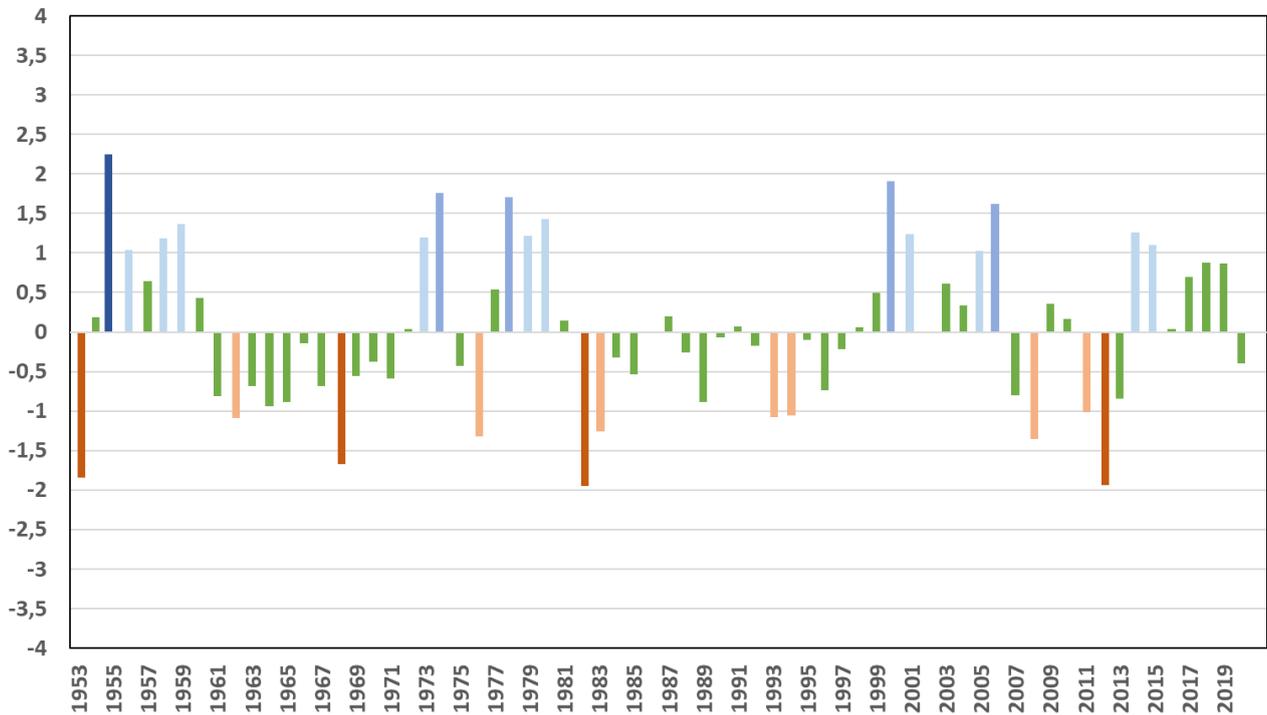
### CUPELLO - SPI 24 MESI DI MAGGIO

■ >2 ■ da 1,5 a 1,99 ■ da 1 a 1,49 ■ da 0,99 da -0,99 ■ da -1 a -1,49 ■ da -1,5 a -1,99 ■ <-2



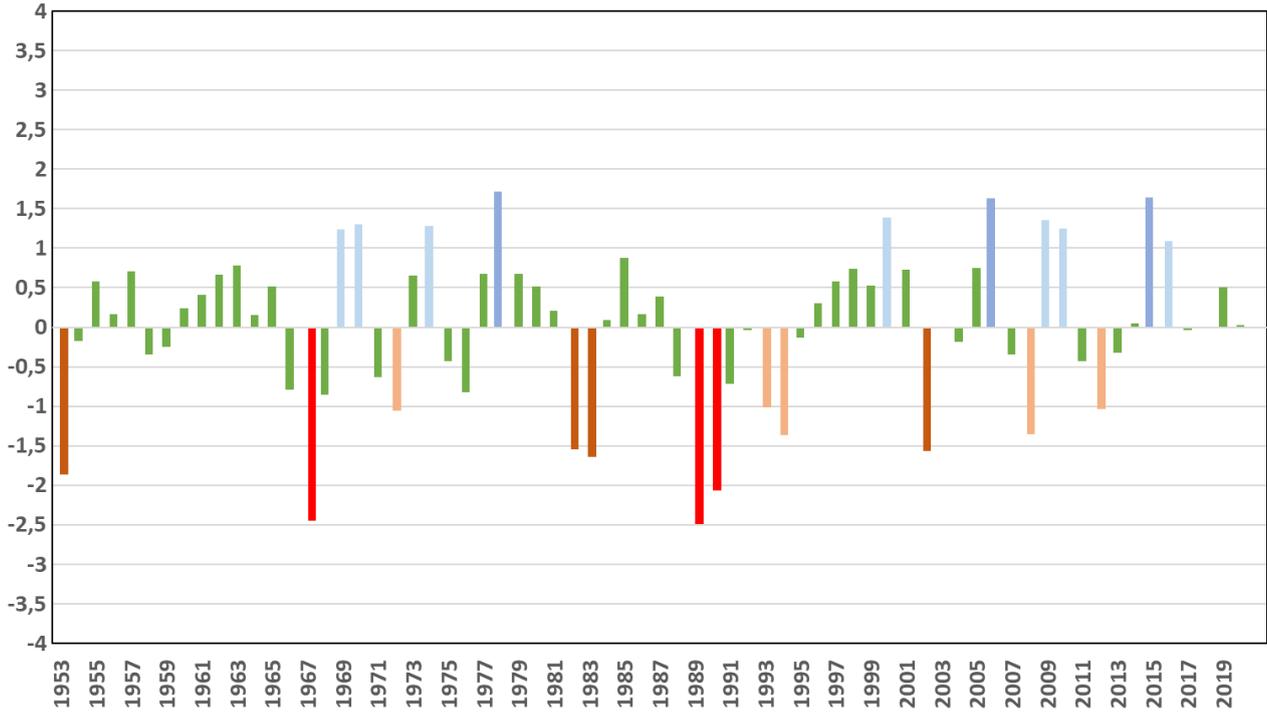
### CHIETI - SPI 24 MESI DI MAGGIO

■ >2 ■ da 1,5 a 1,99 ■ da 1 a 1,49 ■ da 0,99 da -0,99 ■ da -1 a -1,49 ■ da -1,5 a -1,99 ■ <-2



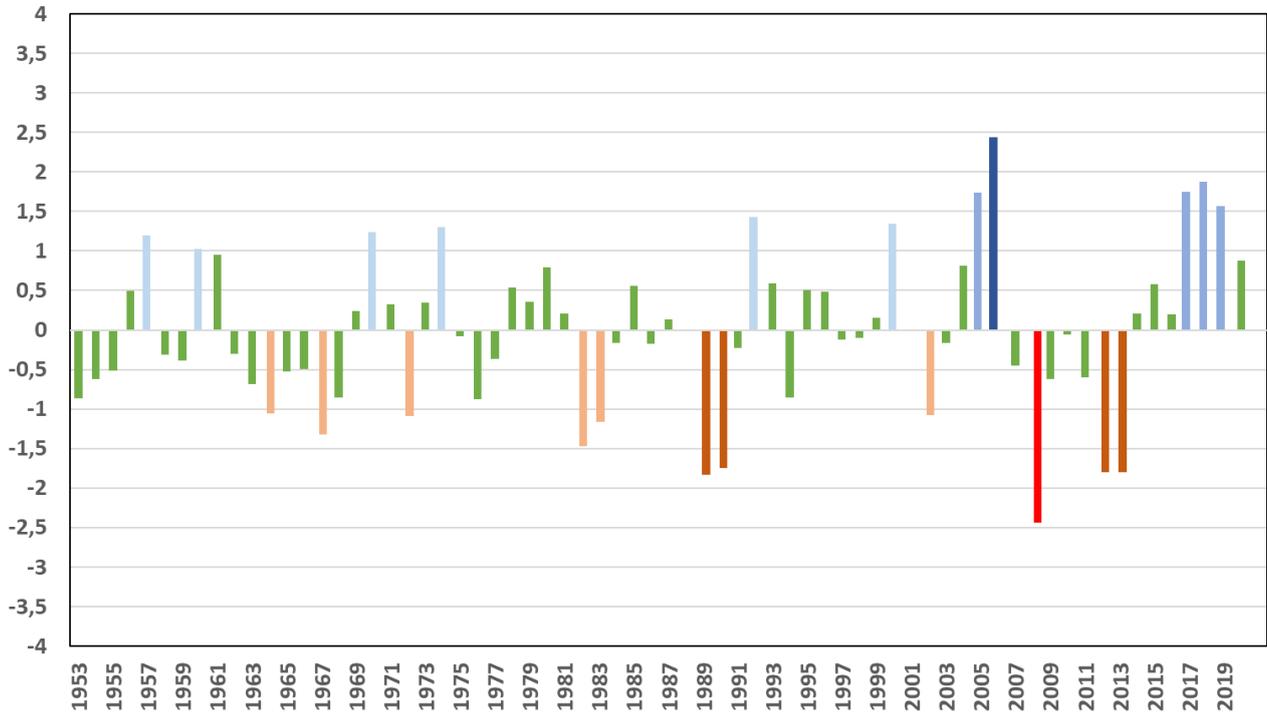
### PENNE - SPI 24 MESI DI MAGGIO

■ >2 ■ da 1,5 a 1,99 ■ da 1 a 1,49 ■ da 0,99 da -0,99 ■ da -1 a -1,49 ■ da -1,5 a -1,99 ■ <-2



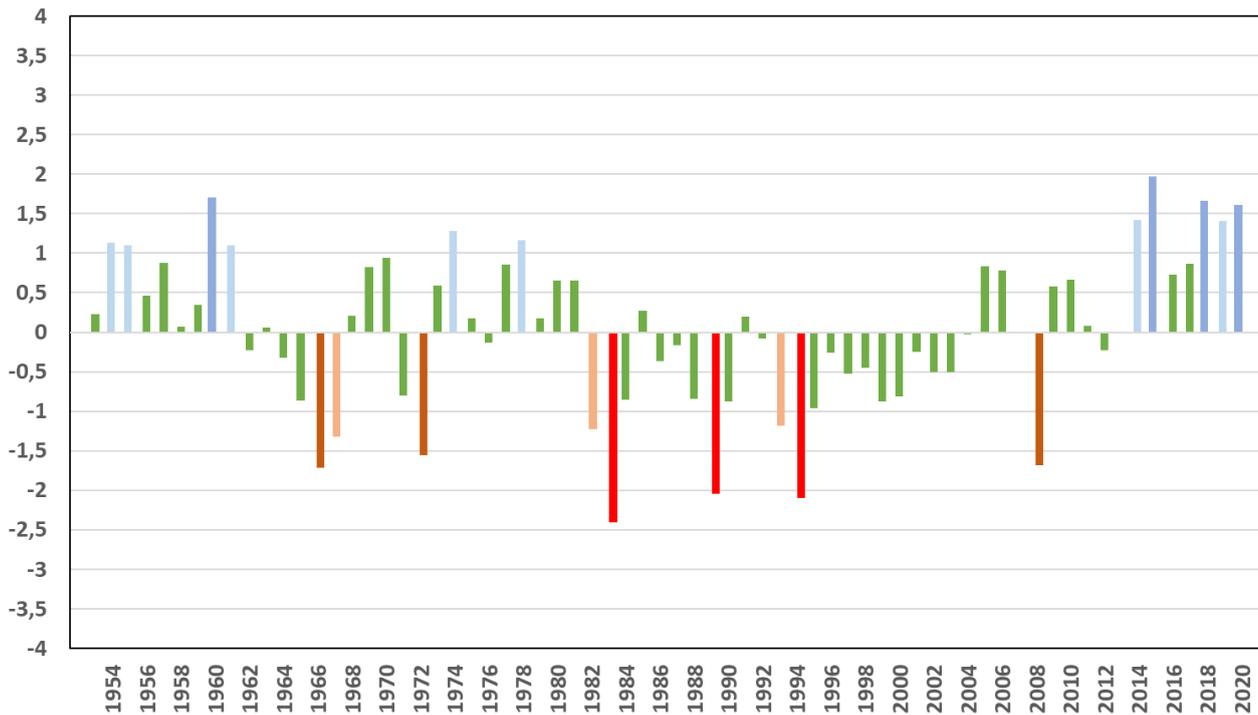
### ALANNO - SPI 24 MESI DI MAGGIO

■ >2 ■ da 1,5 a 1,99 ■ da 1 a 1,49 ■ da 0,99 da -0,99 ■ da -1 a -1,49 ■ da -1,5 a -1,99 ■ <-2



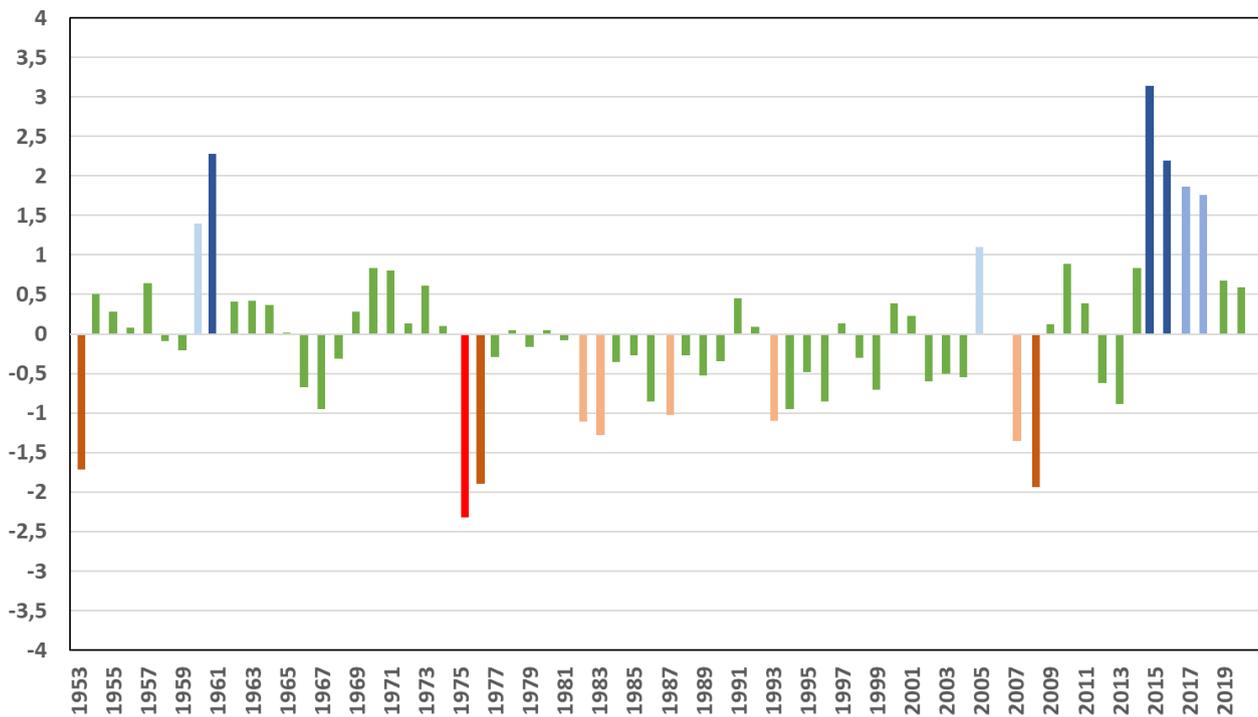
### TERAMO - SPI 24 MESI DI MAGGIO

■ >2   
 ■ da 1,5 a 1,99   
 ■ da 1 a 1,49   
 ■ da 0,99 da -0,99   
 ■ da -1 a -1,49   
 ■ da -1,5 a -1,99   
 ■ <-2



### SULMONA - SPI 24 MESI DI MAGGIO

■ >2   
 ■ da 1,5 a 1,99   
 ■ da 1 a 1,49   
 ■ da 0,99 da -0,99   
 ■ da -1 a -1,49   
 ■ da -1,5 a -1,99   
 ■ <-2



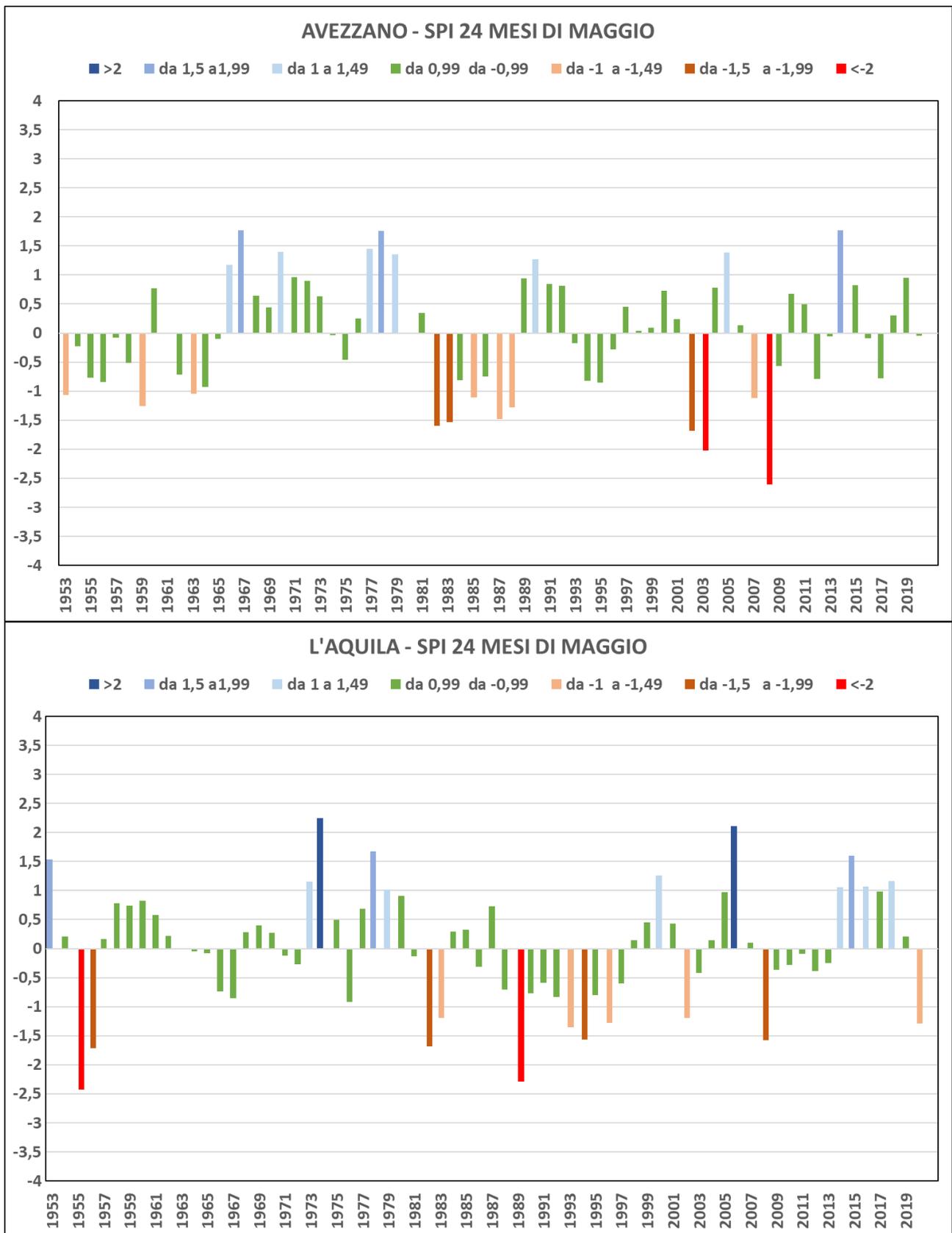


Fig. 12 Evoluzione dello SPI a 24 mesi di maggio

## CONCLUSIONI

L'analisi dei dati mette in risalto, per le scale brevi di interesse agricolo (1-6 mesi), criticità di rilievo nelle località di Avezzano, L'aquila, Scerni e Chieti dovute alla limitata piovosità che ha interessato i mesi autunno-invernali.

L'analisi dei trend applicata al mese di maggio per le scale brevi non ha evidenziato in generale trend significativi.

Per quanto concerne la siccità idrologica, valutata con l'indice SPI a scale lunghe (12 – 24 mesi), non si rilevano situazioni di deficit idrico per il mese di maggio 2020, tranne che per le località di Scerni, Chieti e L'aquila.

L'analisi dei trend applicata al mese di maggio per le scale lunghe non ha evidenziato in generale situazioni critiche tranne che per la località di Cupello dove si registra una tendenza significativa all'incremento della siccità.

La frequente insorgenza di fenomeni siccitosi impone una strategia di risparmio idrico che consenta un razionale uso della risorsa agricola sia nel comparto agricolo che in quelli civili e industriali

## BIBLIOGRAFIA

Mckee T.B, Doesken N.J. Kleist J. 1993. *The relationship of drought frequency and duration to time scales*, Preprints, 8<sup>th</sup> Conference on Applied Climatology, January 17-22, Anaheim, California, pp, 179-184.

Wilhite D.A. 1993 *Understanding the Phenomenon of Drought*, Hydro-Review 12(5):136–148.

B. Di Lena, L.Vergni, F Antenucci, F Todisco, F Mannocchi. (2013) *Analysis of drought In the region of Abruzzo (Central Italy) By The standardized precipitation index*. Theoretical and Applied Climatology.

L. Vergni , B. Di Lena, F. Todisco, F. Mannocchi. (2015) *Uncertainty in drought monitoring by the Standardized Precipitation Index: the case study of the Abruzzo region (Central Italy)* Theor Appl Climatol DOI 10.1007/s00704-015-1685-6





