



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

**APRILE 2020 - ANALISI DELLA SICCA' IN
ALCUNI AREALI DELLA REGIONE ABRUZZO
MEDIANTE L'IMPIEGO DELL'INDICE SPI
(*Standard precipitation index*)**

Bruno Di Lena
Fernando Antenucci
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)

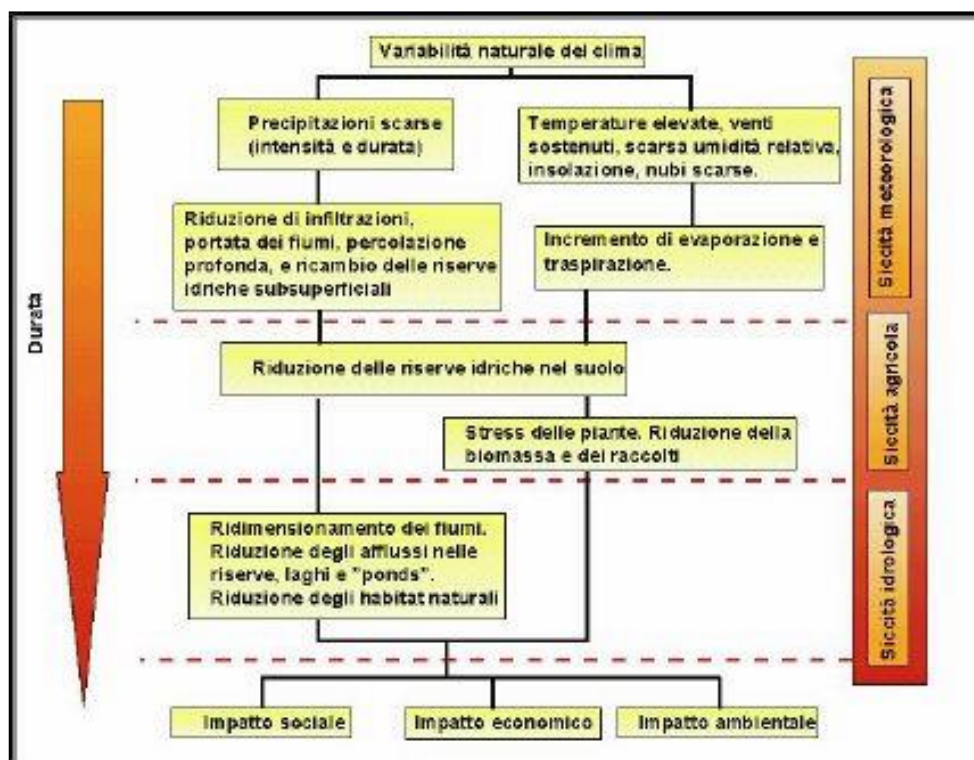


Fig. 1 Cause e dinamica della siccità (NDMC - National Drought Mitigation Center, 2003)

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 aprile 2020 in alcune località della Regione Abruzzo.

MATERIALI E METODI

Lo studio climatico è stato effettuato per otto 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 aprile 2020, alle località vicine di Cellino Attanasio e Colle Roio.

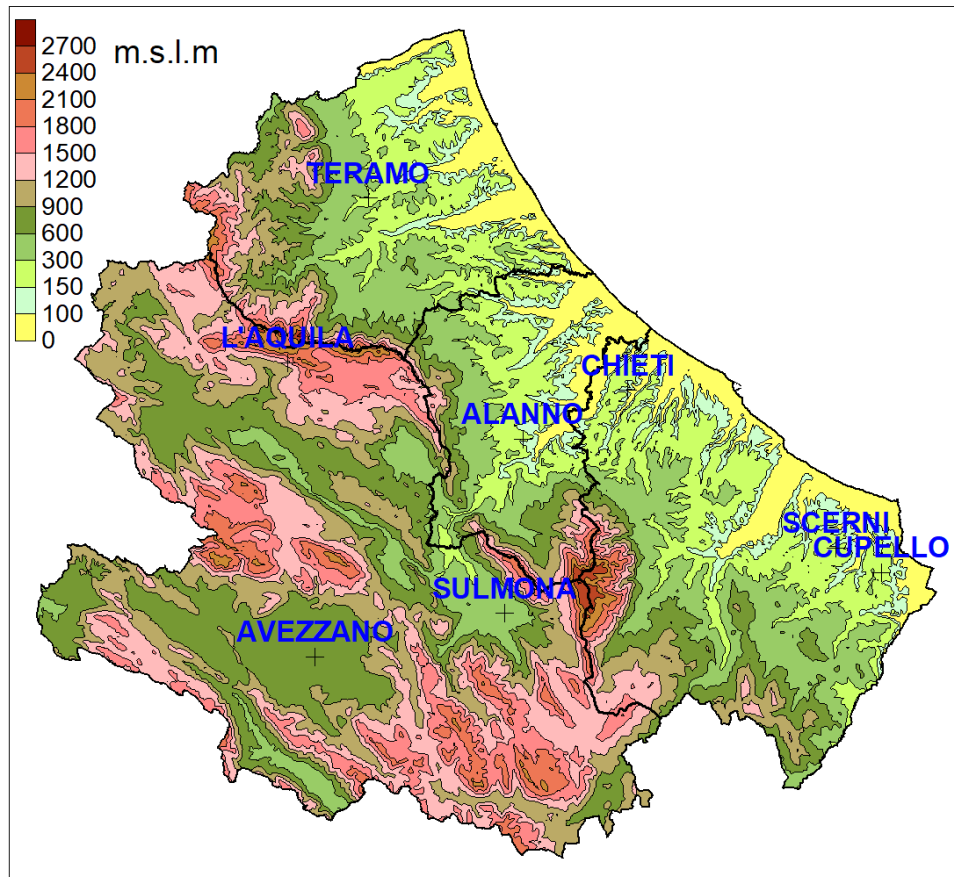


Fig. 2 Mappa delle stazioni

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 aprile

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 (\mathcal{G})	1 se $\mathcal{G} > 0$
	0 se $\mathcal{G} = 0$
	-1 se $\mathcal{G} < 0$

Sotto l'ipotesi nulla che le y_i siano indipendenti e identicamente distribuite, per $n \geq 8$, la statistica S è interpretata da una distribuzione normale, con media nulla e varianza pari a:

$$\sigma^2 = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum ti(i)(i-1)(2i+5)}{18}$$

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 ϕ 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 α) 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 (β) 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

Le significative precipitazioni cadute nella terza decade del mese hanno determinato valori positivi dello SPI nella generalità dei casi, fatta eccezione per le stazioni di Sulmona Avezzano e L'Aquila dove l'indice di siccità è rientrato nella norma, pur essendo leggermente negativo. La località di Teramo si distingue per il valore positivo maggiore, rientrando nella classe "estremamente umido" (Fig. 3)

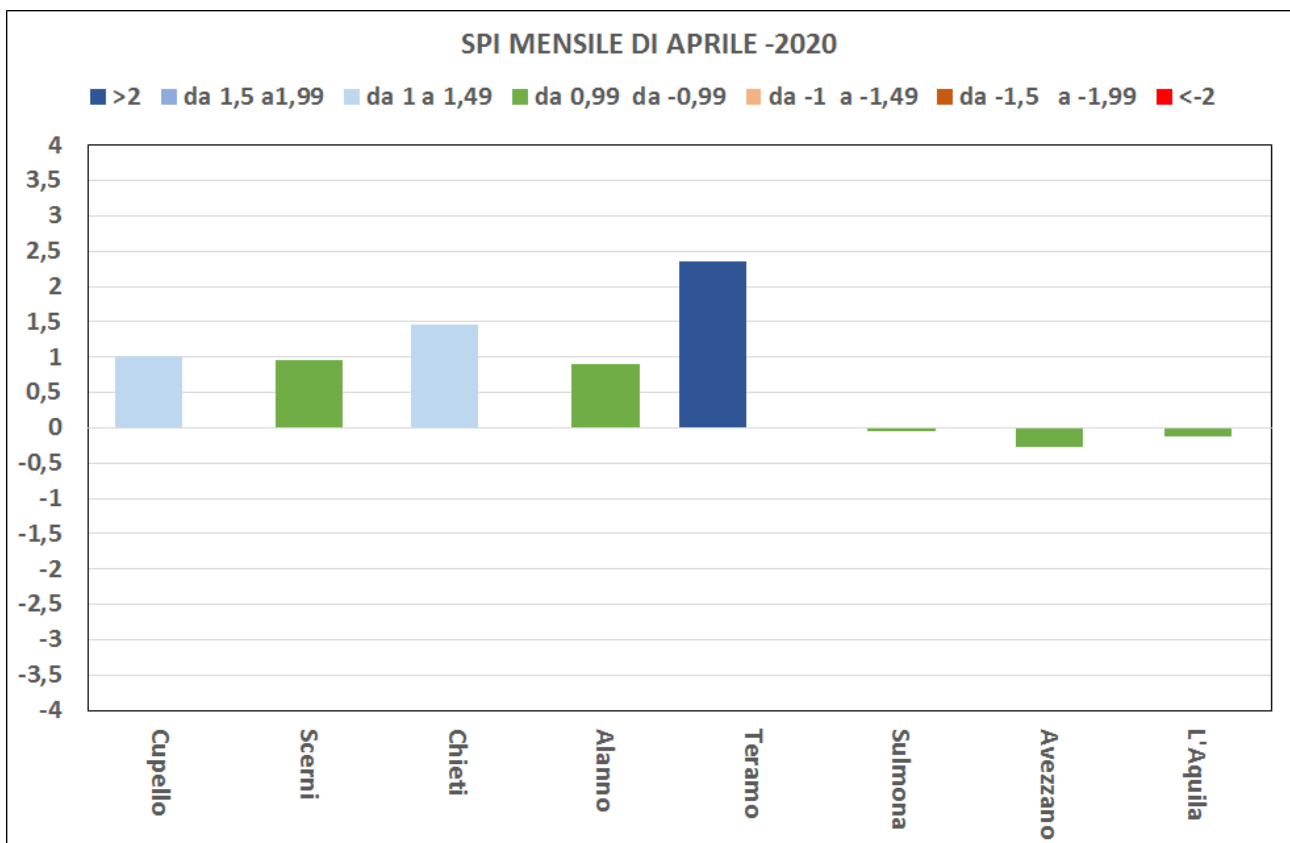
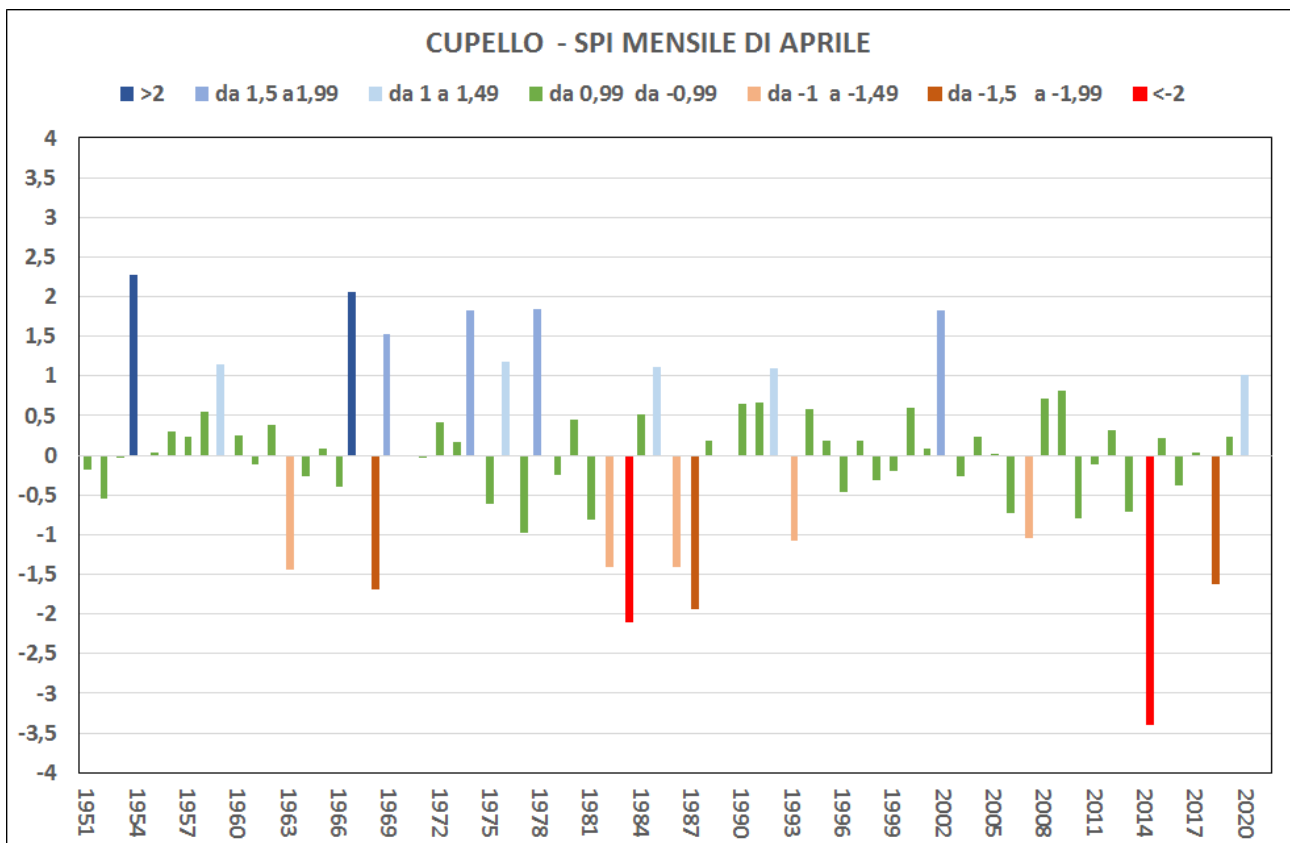


Fig. 3 Spi mensile di aprile 2020 per alcune località della regione Abruzzo

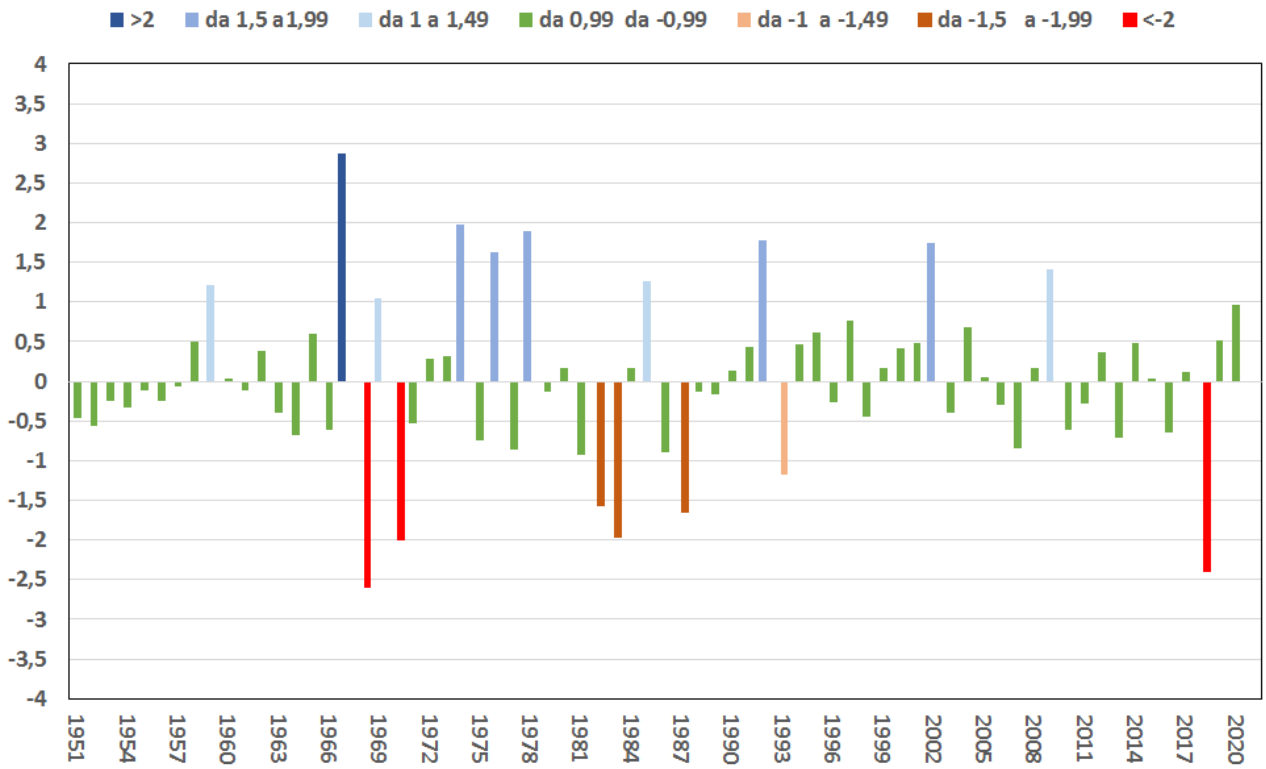
Il test di Mann Kendall applicato agli andamenti dello SPI mensile di Aprile non ha evidenziato trend significativi (Tab. 2 - Fig. 4)

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

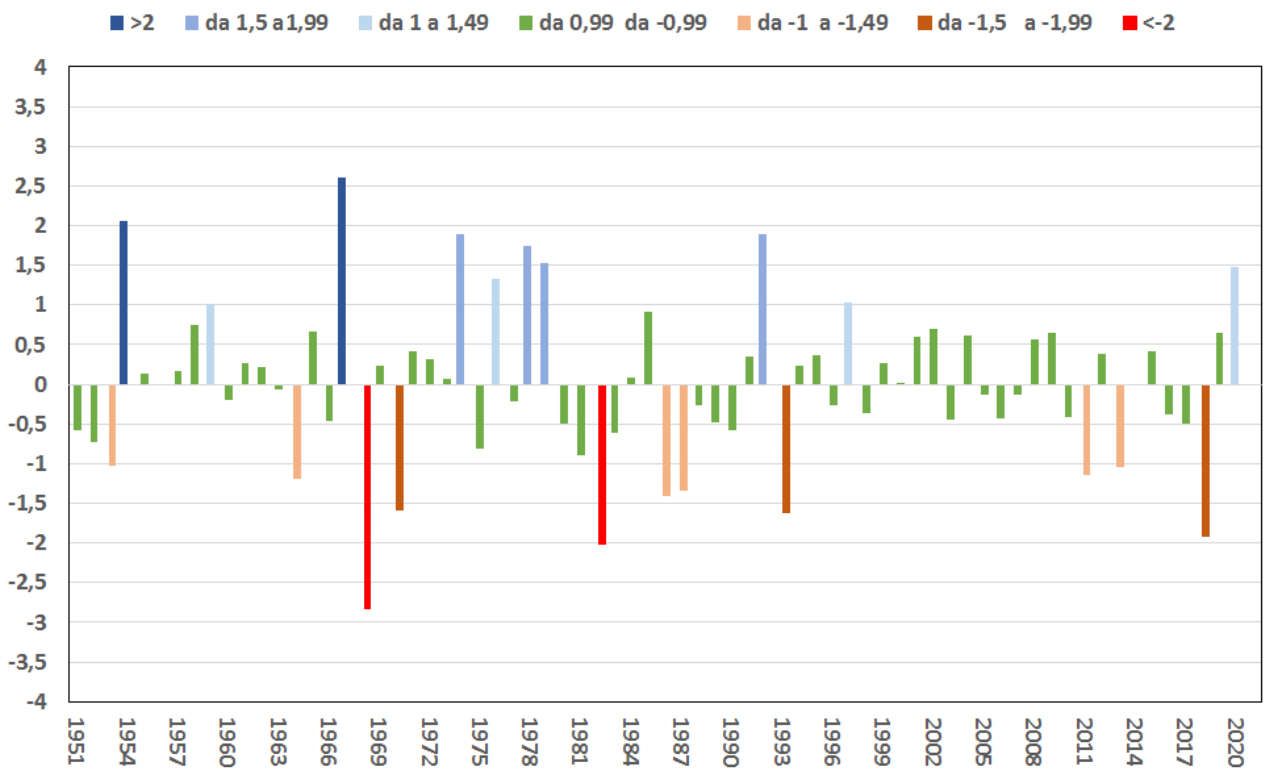
Località	Test Z	Significatività	β
Cupello	-0,872	ns	-0,005
Scerni	0,593	ns	0,003
Chieti	-0,066	ns	0,000
Alanno	-0,406	ns	-0,002
Teramo	0,395	ns	0,003
Sulmona	1,202	ns	0,006
Avezzano	1,384	ns	0,009
L'Aquila	-0,857	ns	-0,006



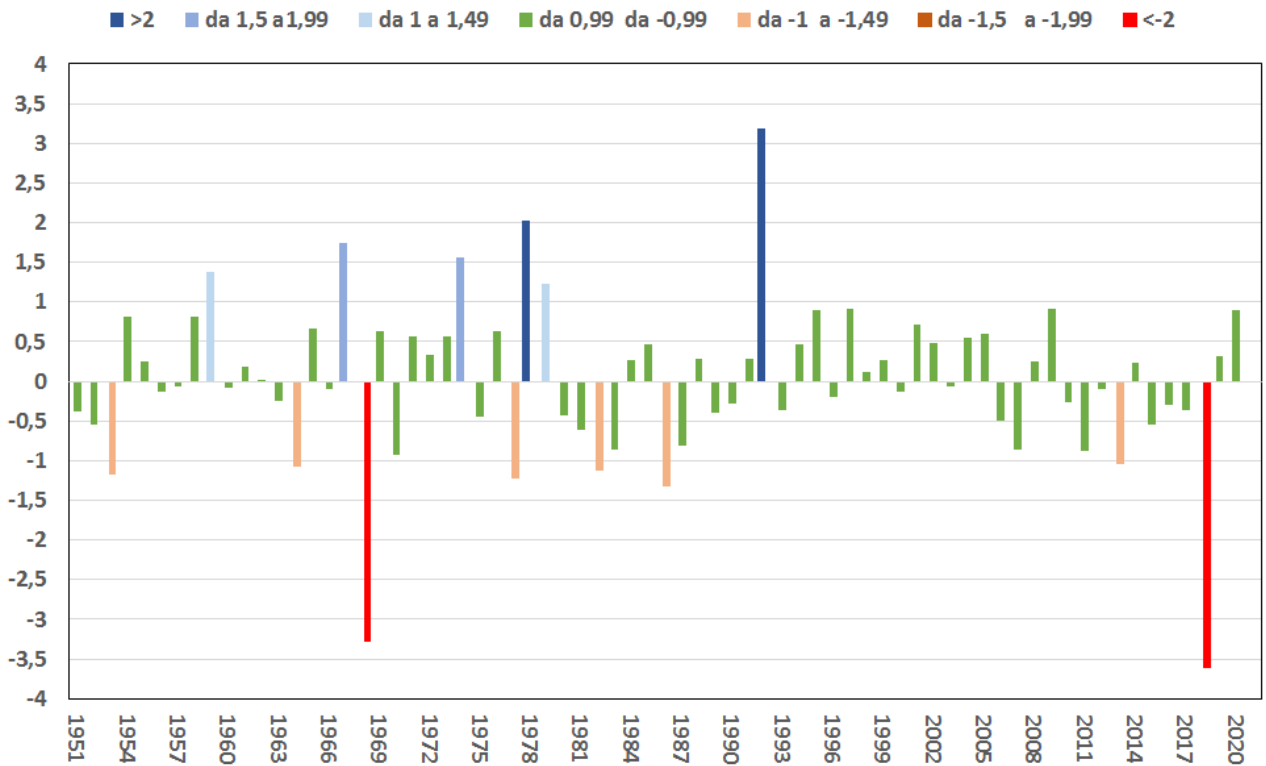
SCERNI - SPI MENSILE DI APRILE



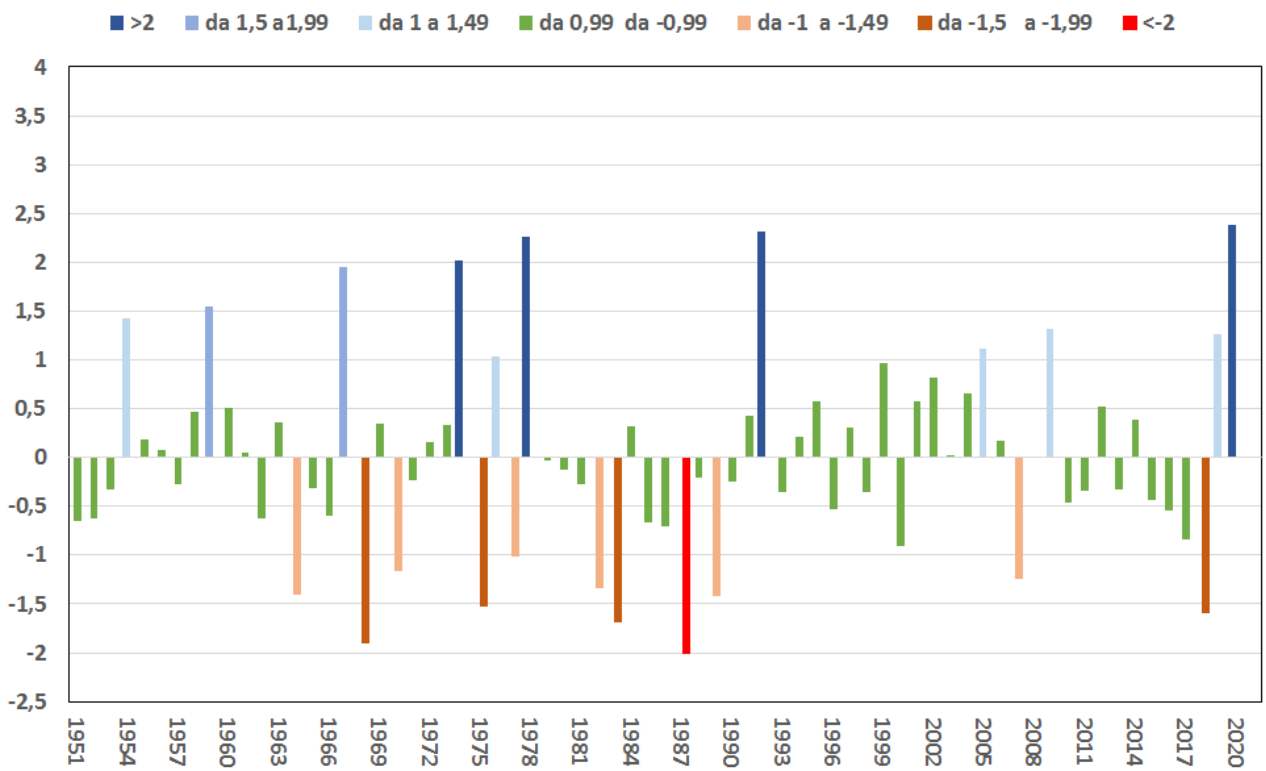
CHIETI - SPI MENSILE DI APRILE



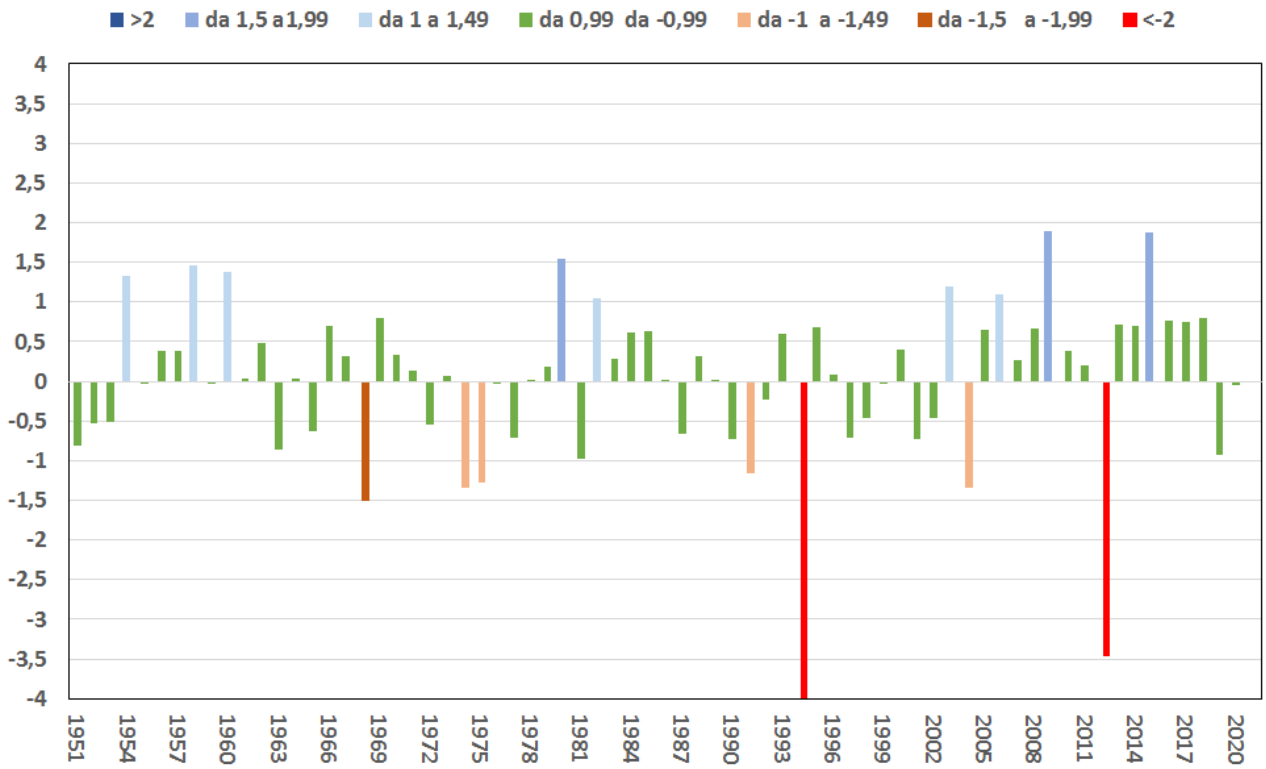
ALANNO - SPI MENSILE DI APRILE



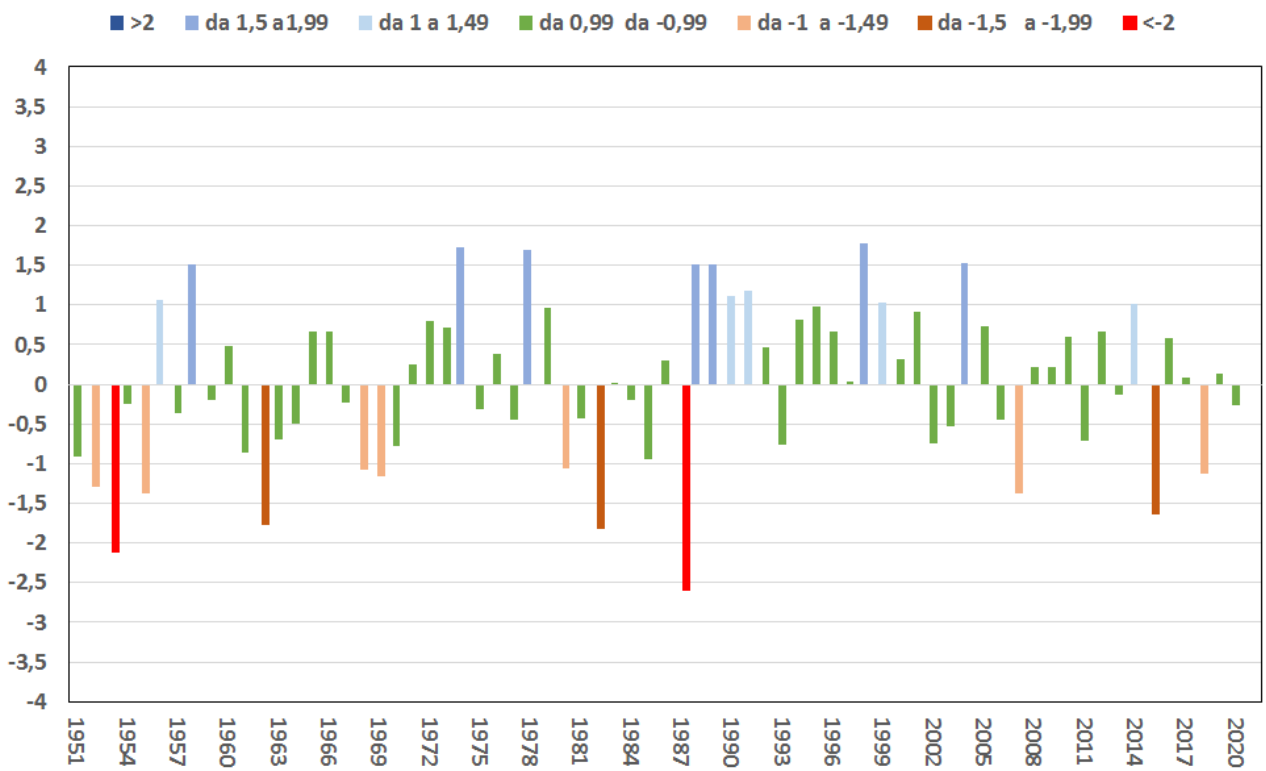
TERAMO - SPI MENSILE DI APRILE



SULMONA - SPI MENSILE DI APRILE



AVEZZANO - SPI MENSILE DI MARZO



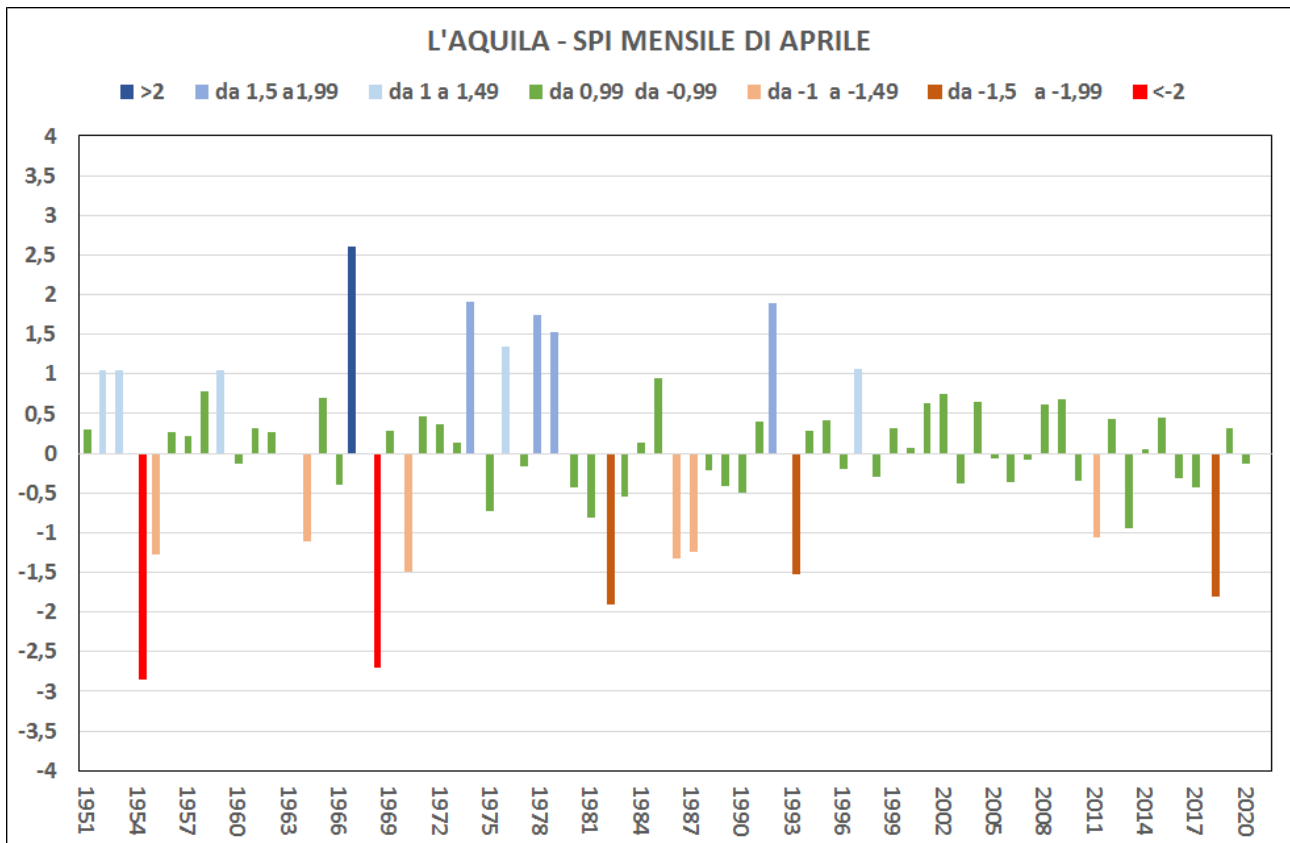


Fig. 4 Evoluzione dello SPI mensile di aprile

Lo SPI trimestrale di APRILE 2020, relativo alle precipitazioni del periodo febbraio-aprile, risulta positivo in tutte le località, fatta eccezione per quelle di Sulmona e Avezzano dove lo stesso, pur rientrando nella norma, è di poco inferiore a -0,5.

Le stazioni di Alanno e Teramo si distinguono per valori di SPI rientranti nella classe “estremamente umido” mentre quelle di Scerni, Chieti e L’Aquila presentano situazioni di surplus idrico rientranti nelle classi di poco inferiori. (Fig. 5)

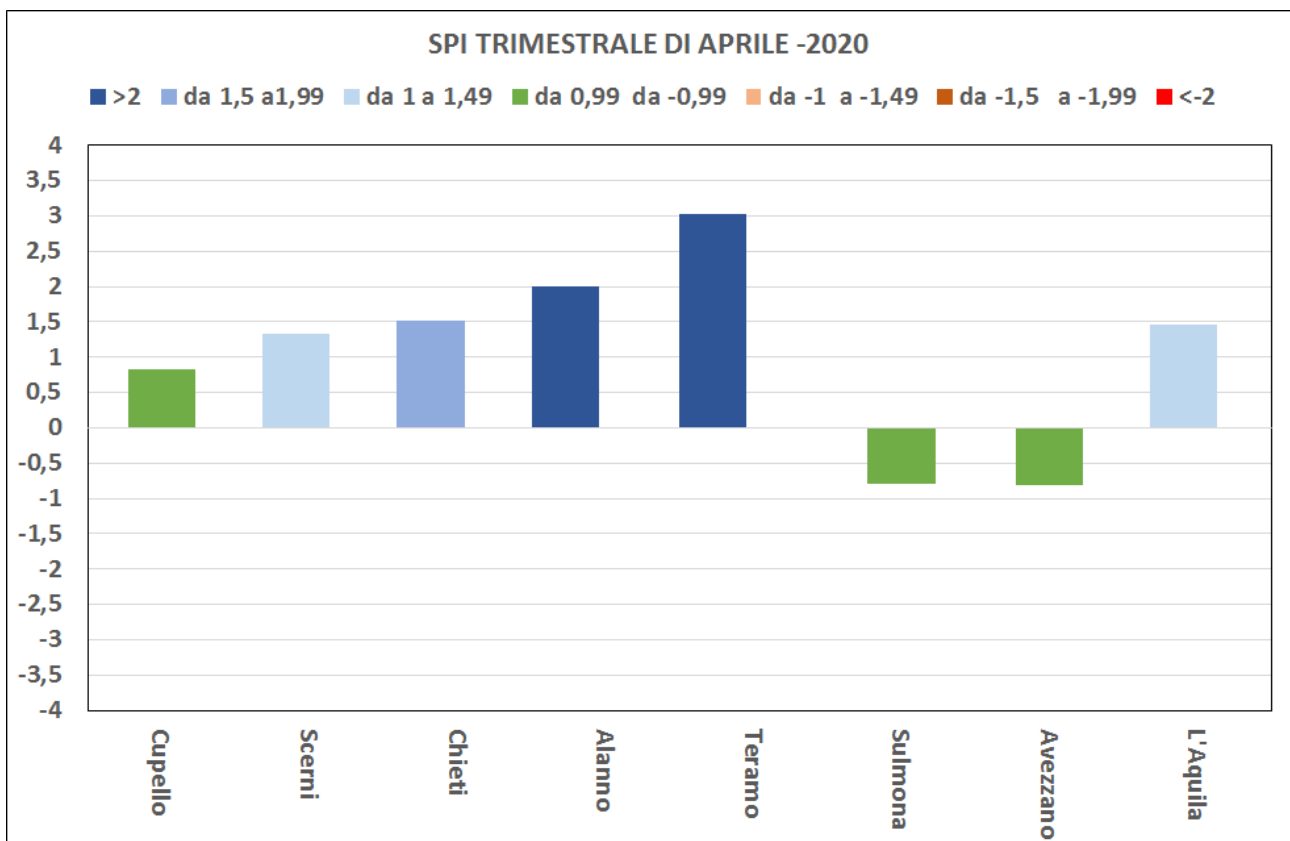
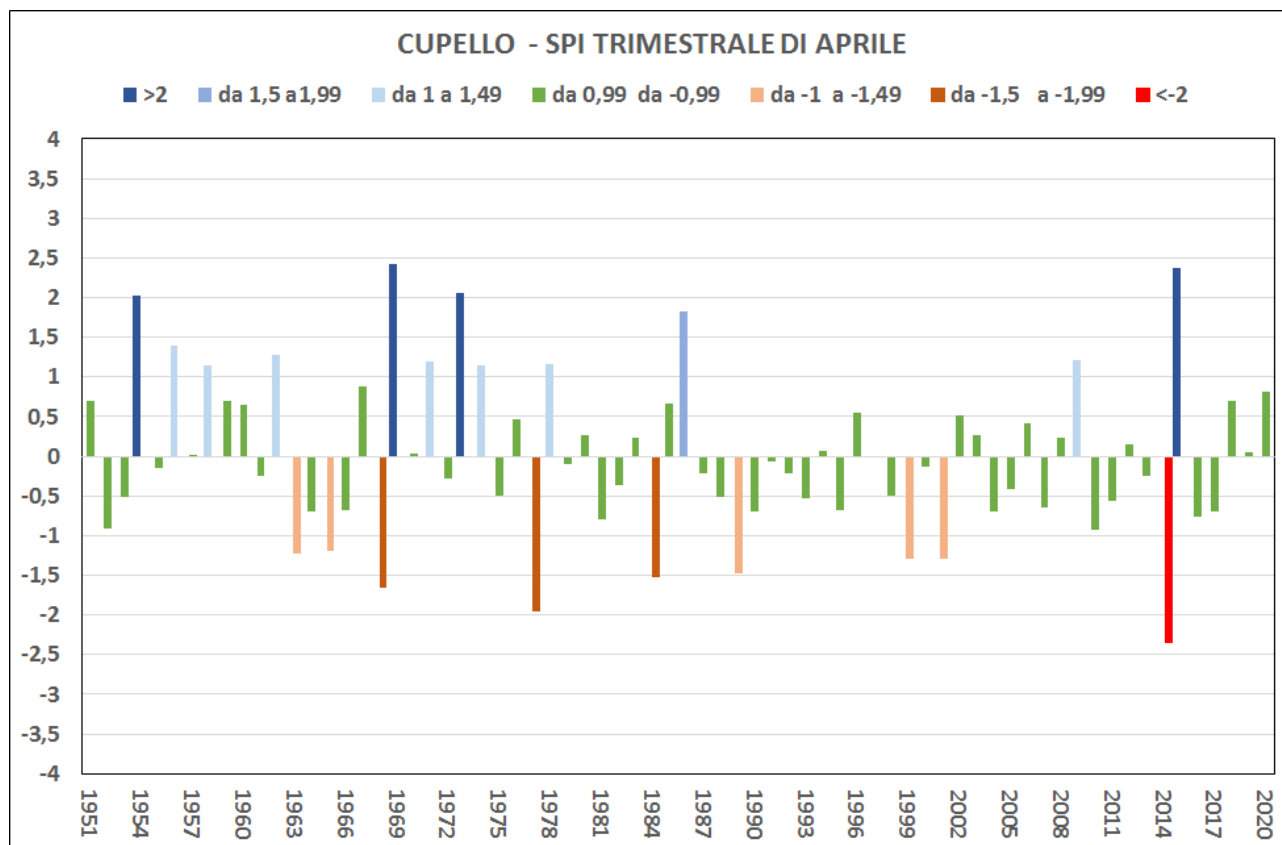


Fig. 5 Spi trimestrale di aprile 2020 per alcune località della regione Abruzzo

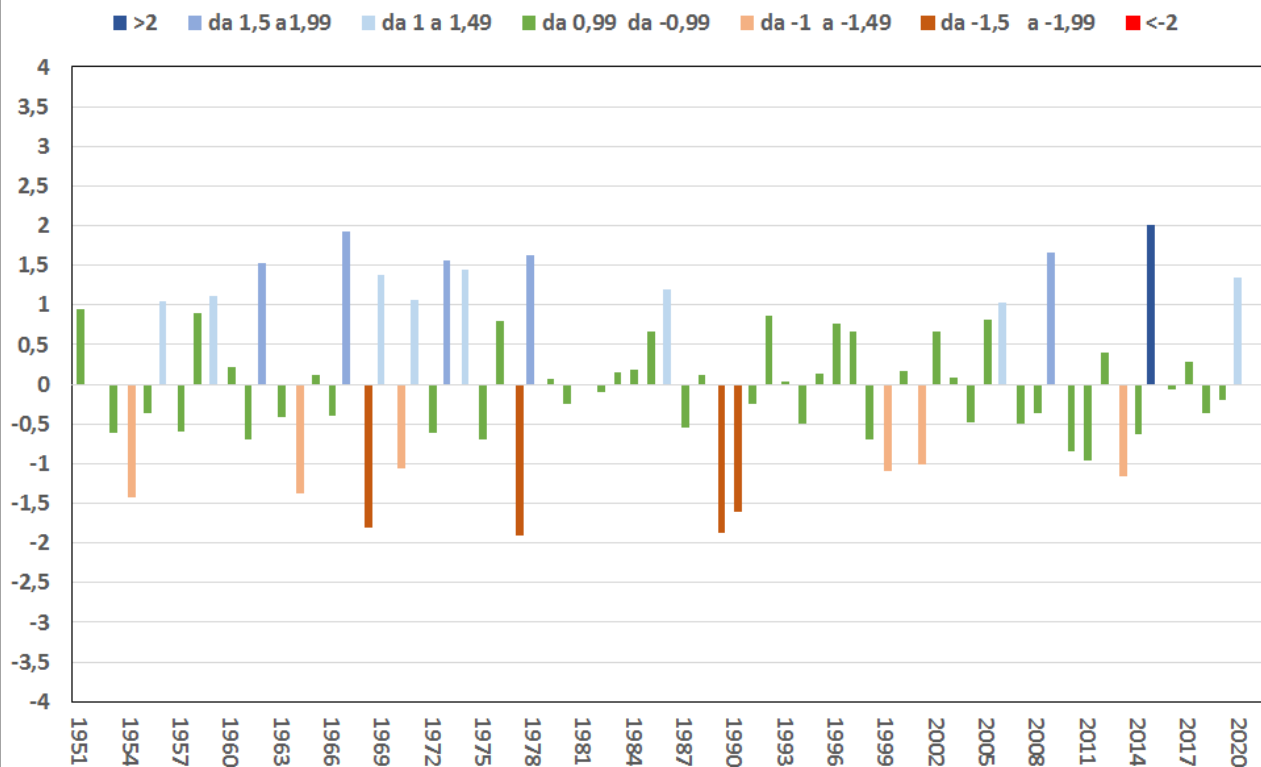
Il test di Mann Kendall applicato agli andamenti dello SPI trimestrale di Aprile non ha evidenziato trend significativi (Tab. 3 - Fig. 6)

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

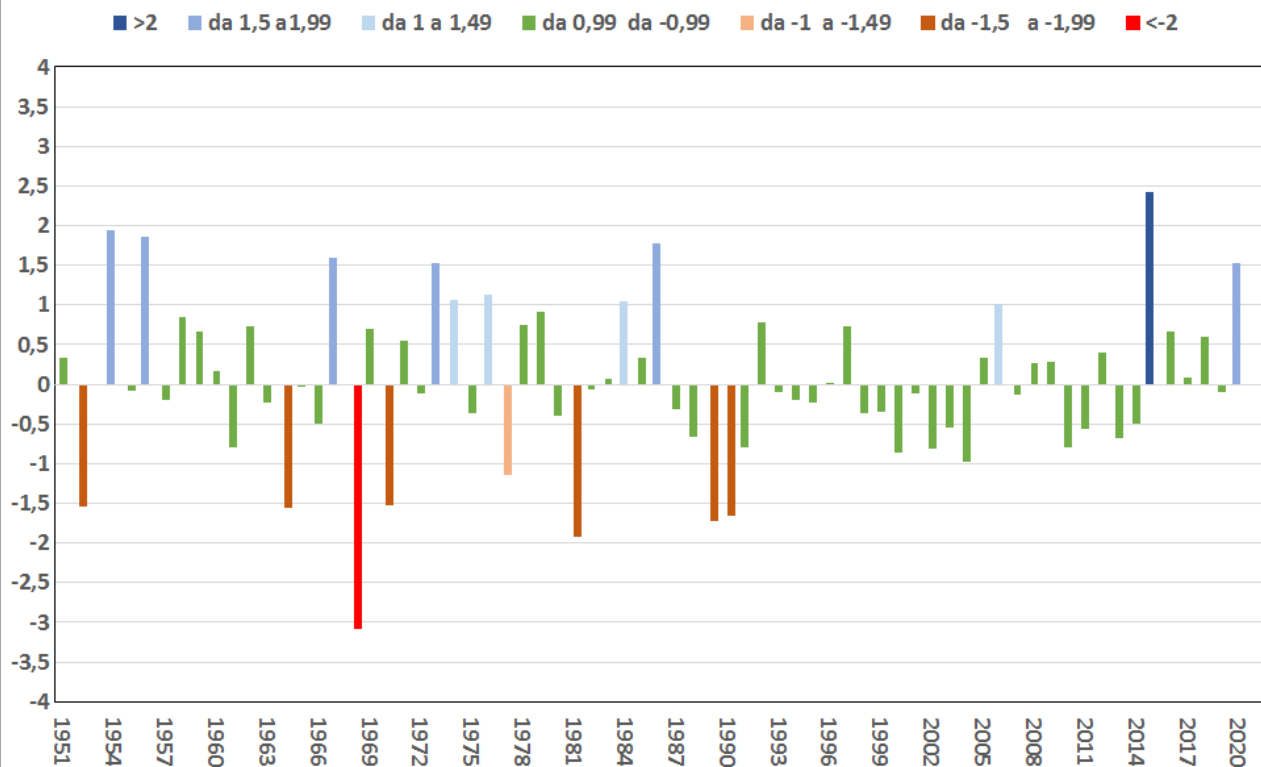
Località	Test Z	Significatività	β
Cupello	-1,2017	Ns	-0,0078
Scerni	0,2282	Ns	0,0015
Chieti	-0,1825	Ns	-0,0009
Alanno	0,0558	Ns	0,0003
Teramo	0,5172	Ns	0,0033
Sulmona	0,0710	Ns	0,0004
Avezzano	0,5223	Ns	0,0023
L'Aquila	-0,2028	Ns	-0,0013



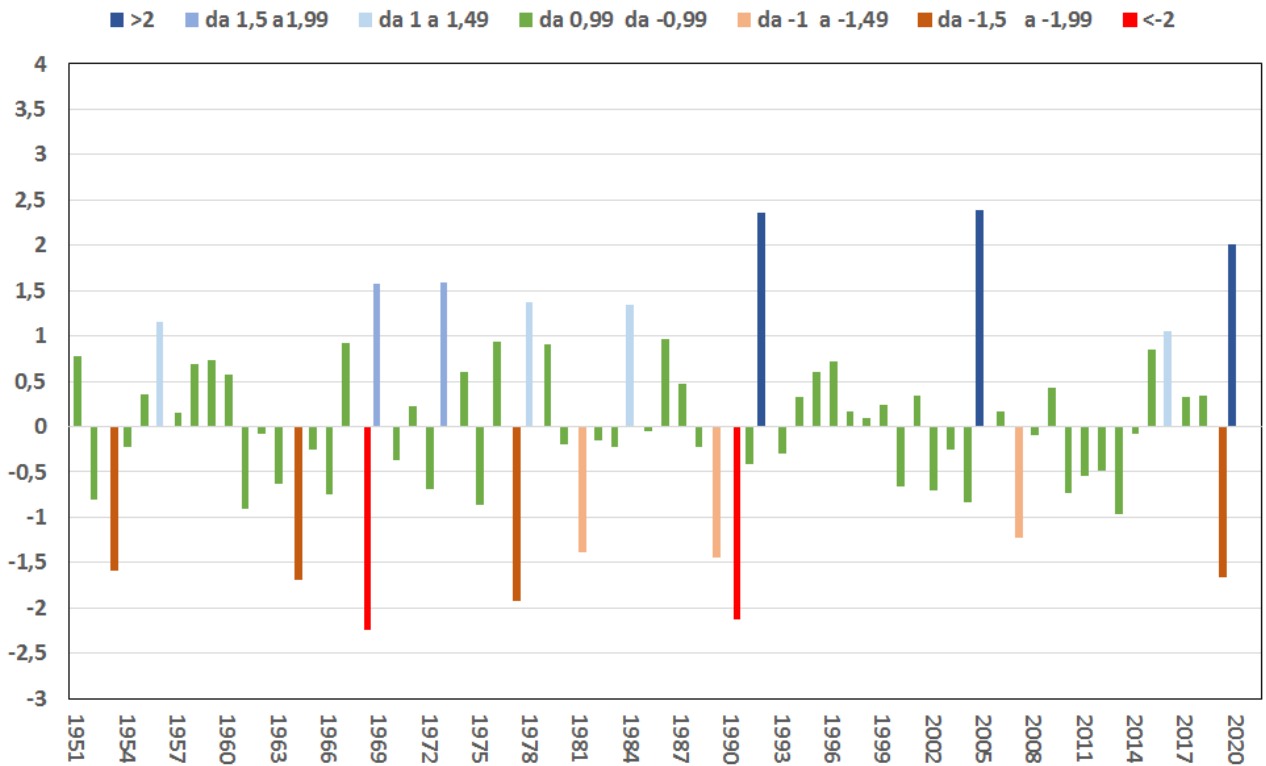
SCERNI - SPI TRIMESTRALE DI APRILE



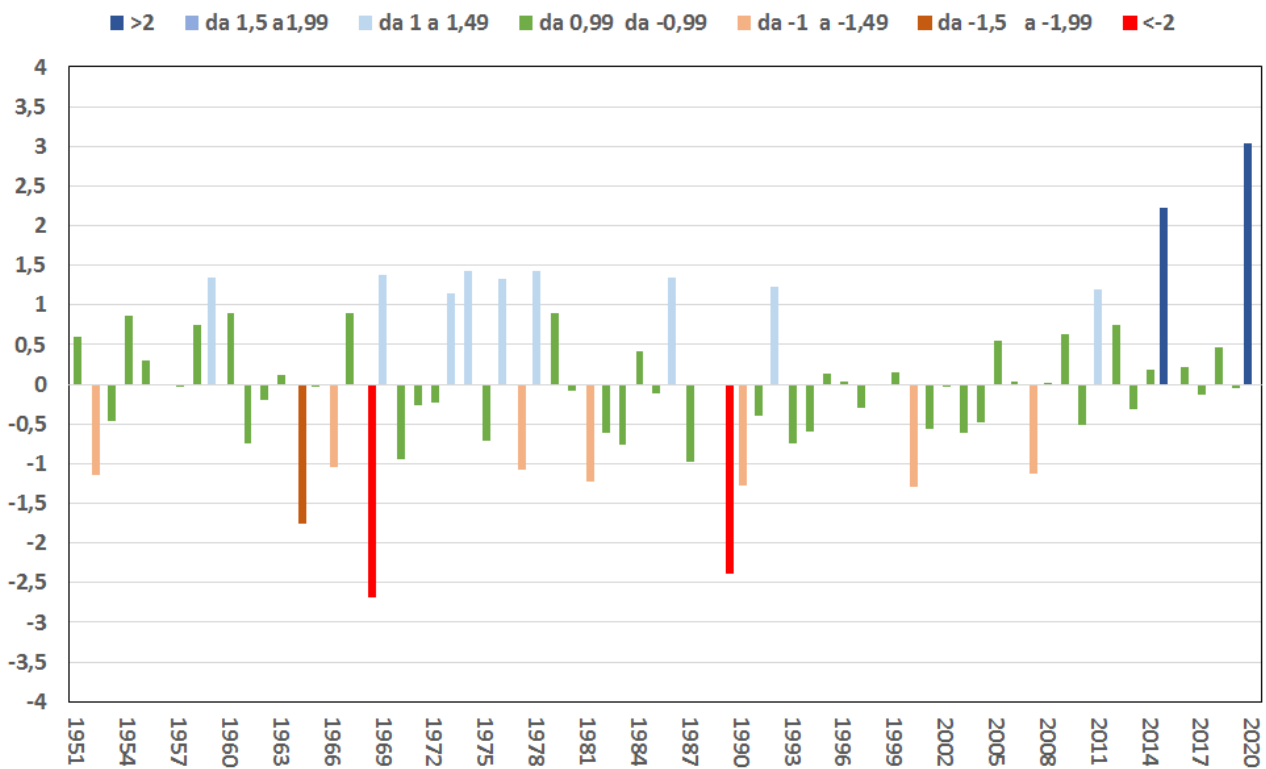
CHIETI - SPI TRIMESTRALE DI APRILE



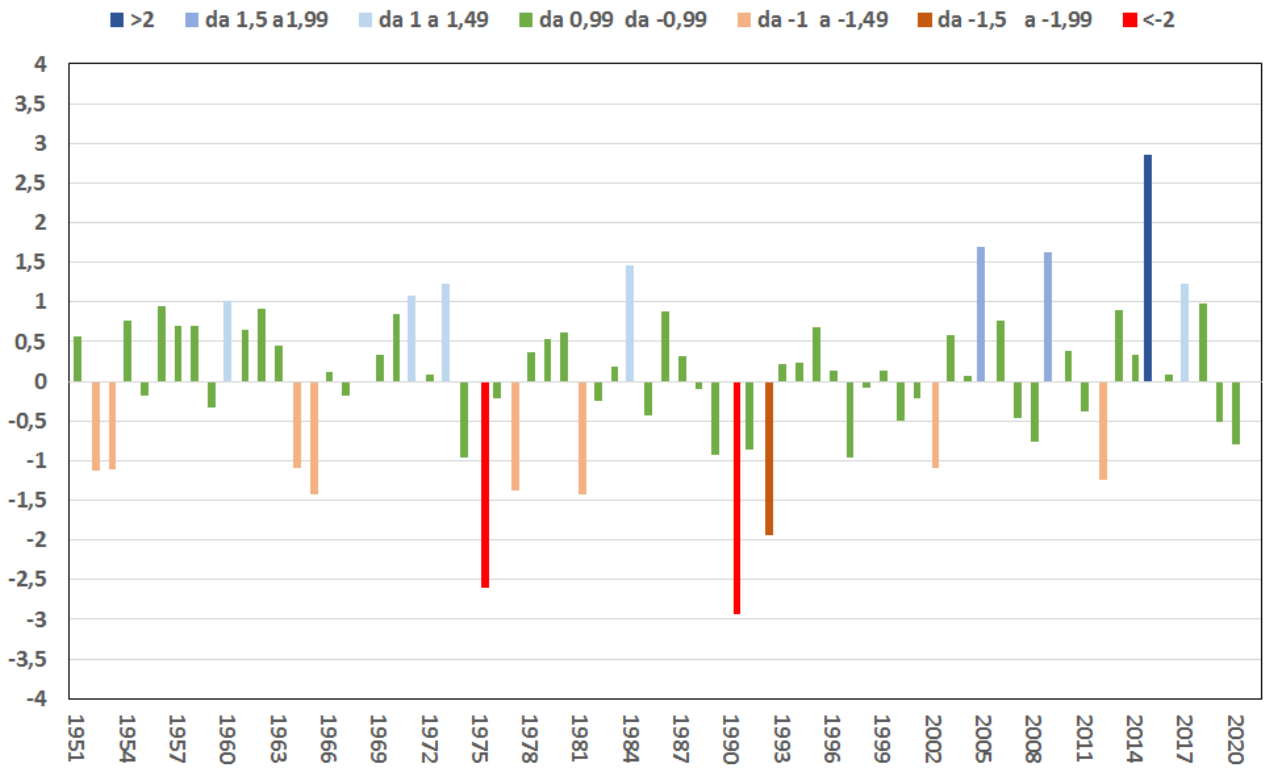
ALANNO - SPI TRIMESTRALE DI APRILE



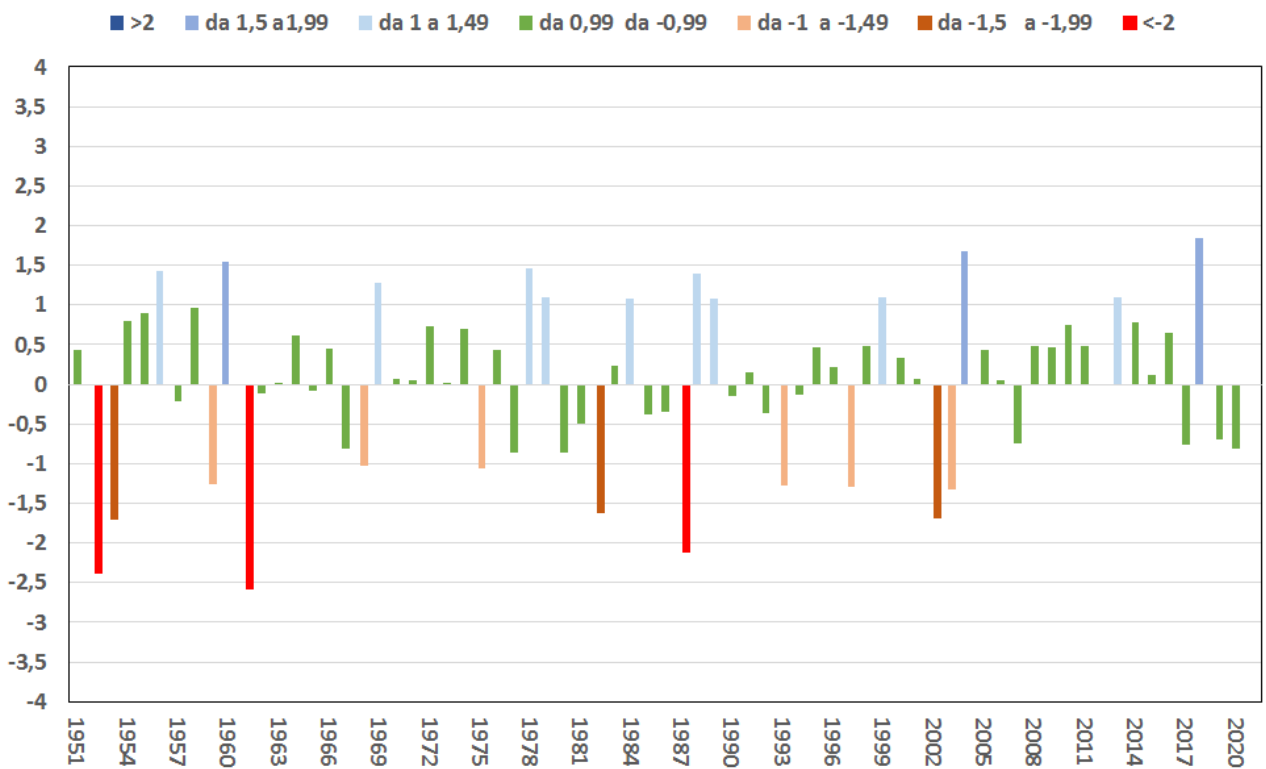
TERAMO - SPI TRIMESTRALE DI APRILE



SULMONA - SPI TRIMESTRALE DI APRILE



AVEZZANO - SPI TRIMESTRALE DI APRILE



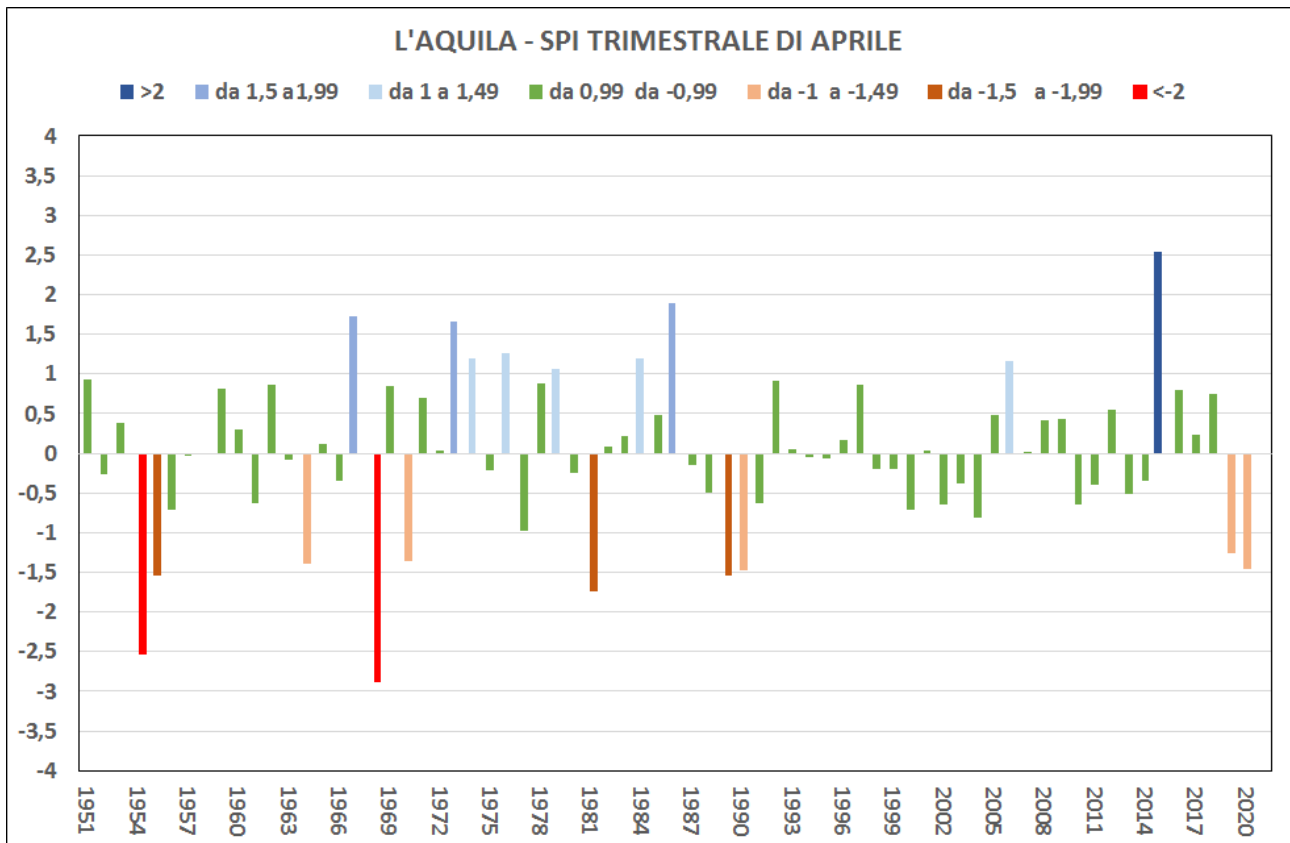


Fig. 6 Evoluzione dello SPI trimestrale di aprile

Lo SPI semestrale di APRILE 2020 considera le precipitazioni a ritroso fino al mese di novembre 2019 e mette in risalto criticità solo nelle località interne di Sulmona e L’Aquila dove i valori rientrano nella classe “moderatamente secco”.

Nelle altre stazioni i valori rientrano nella norma, fatta eccezione per quella di Teramo dove persistono condizioni di surplus idrico intenso. (fig. 7)

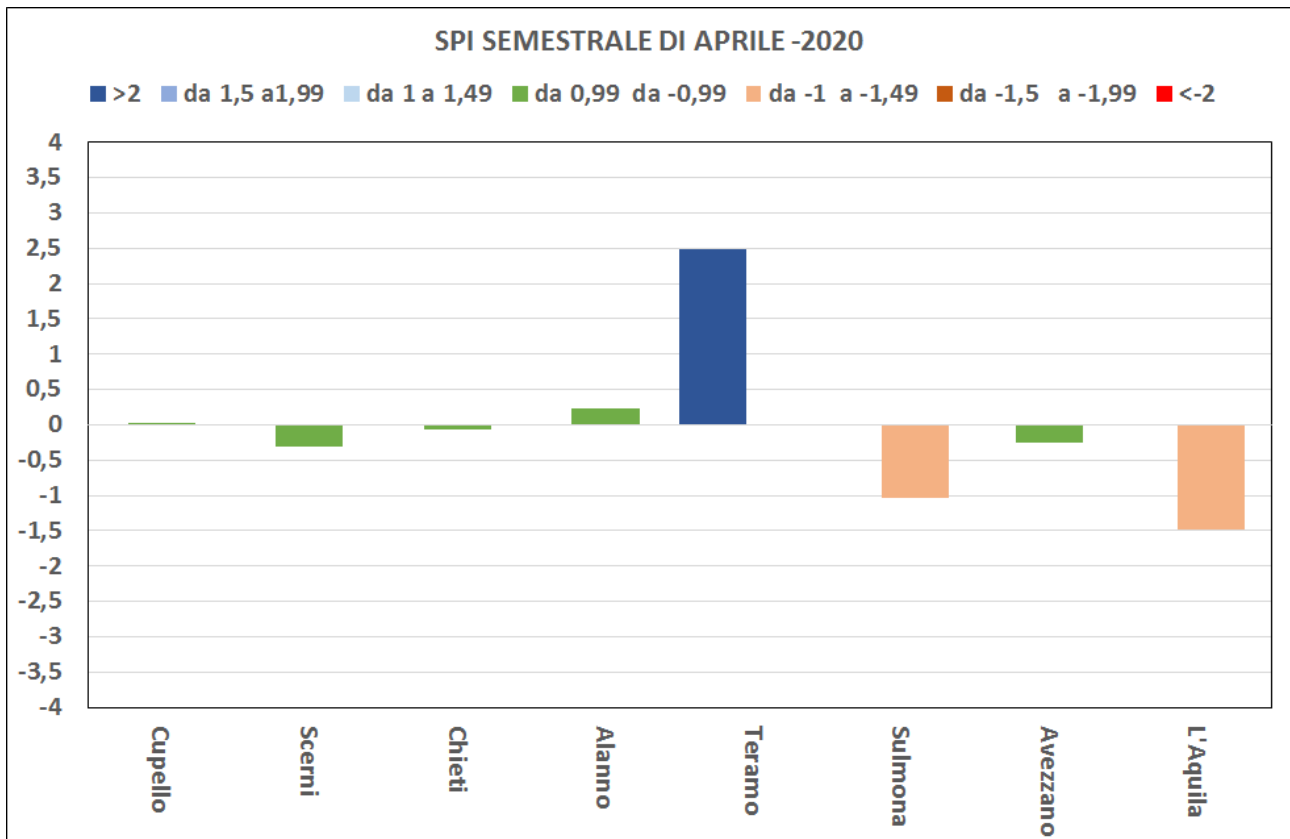
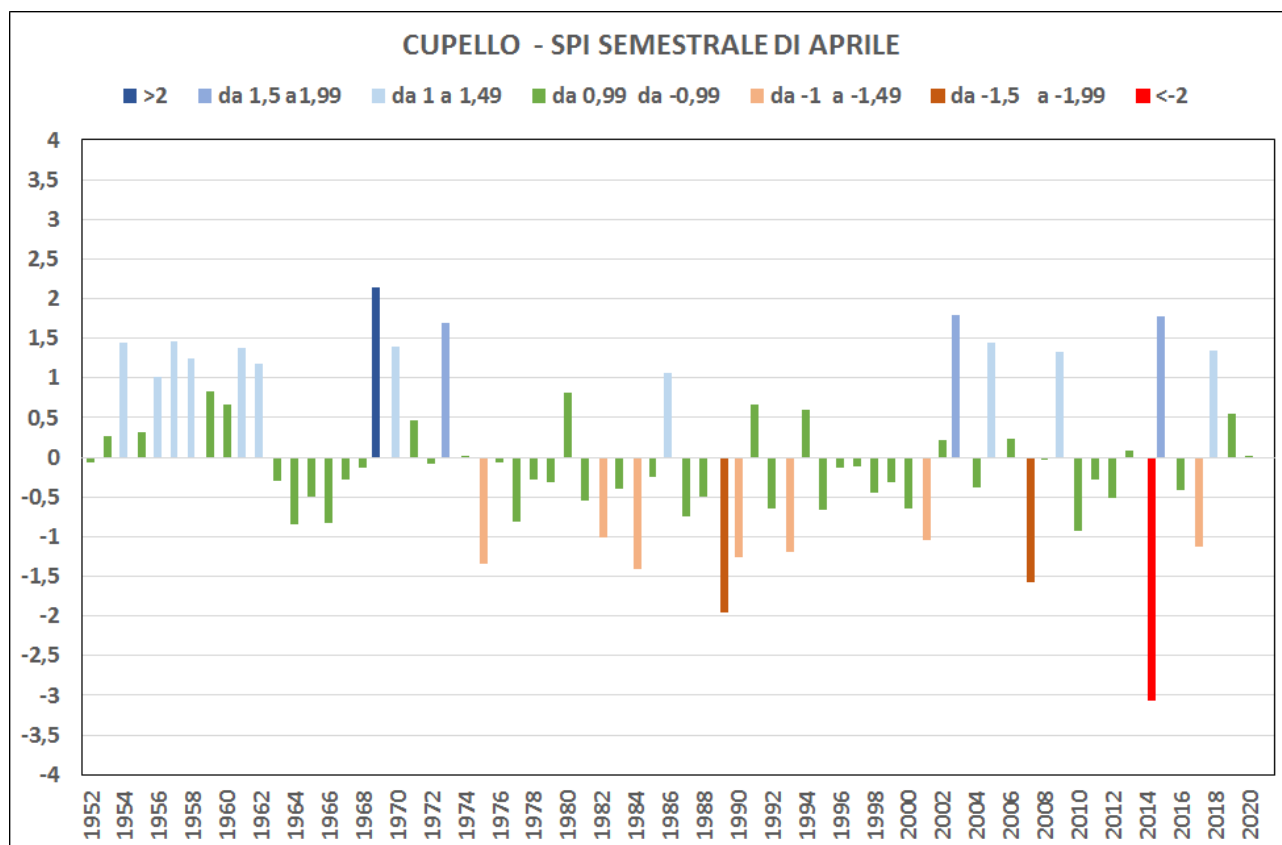


Fig. 7 Spi semestrale di aprile 2020 per alcune località della regione Abruzzo

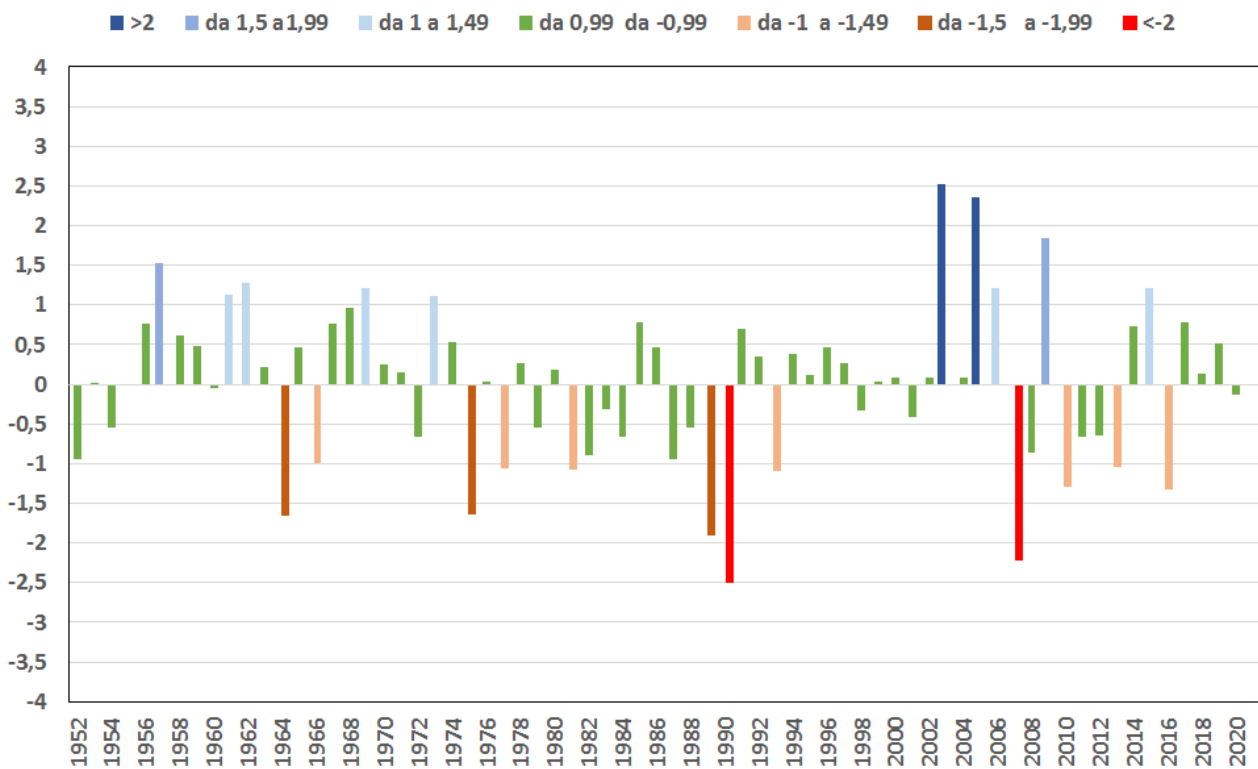
Il test di Mann Kendall applicato agli andamenti dello SPI semestrale di Aprile mette in risalto un trend negativo significativo solo nella stazione di Cupello (Tab. 4 – Fig. 8)

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

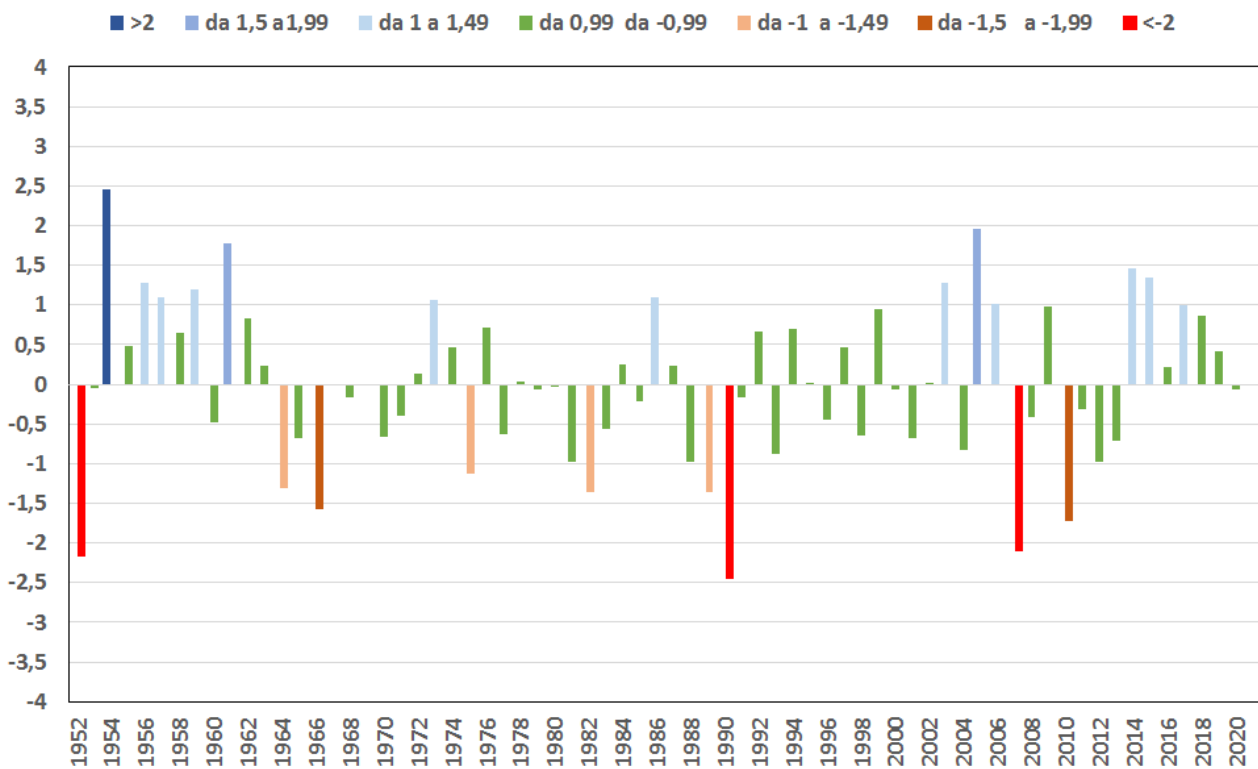
Località	Test Z	Significatività	β
Cupello	-1,865	+	-0,012
Scerni	-0,705	Ns	-0,005
Chieti	-0,166	Ns	-0,001
Alanno	0,000	Ns	0,000
Teramo	-0,440	Ns	-0,003
Sulmona	-0,093	Ns	-0,001
Avezzano	-0,332	Ns	-0,002
L'Aquila	0,409	Ns	0,003



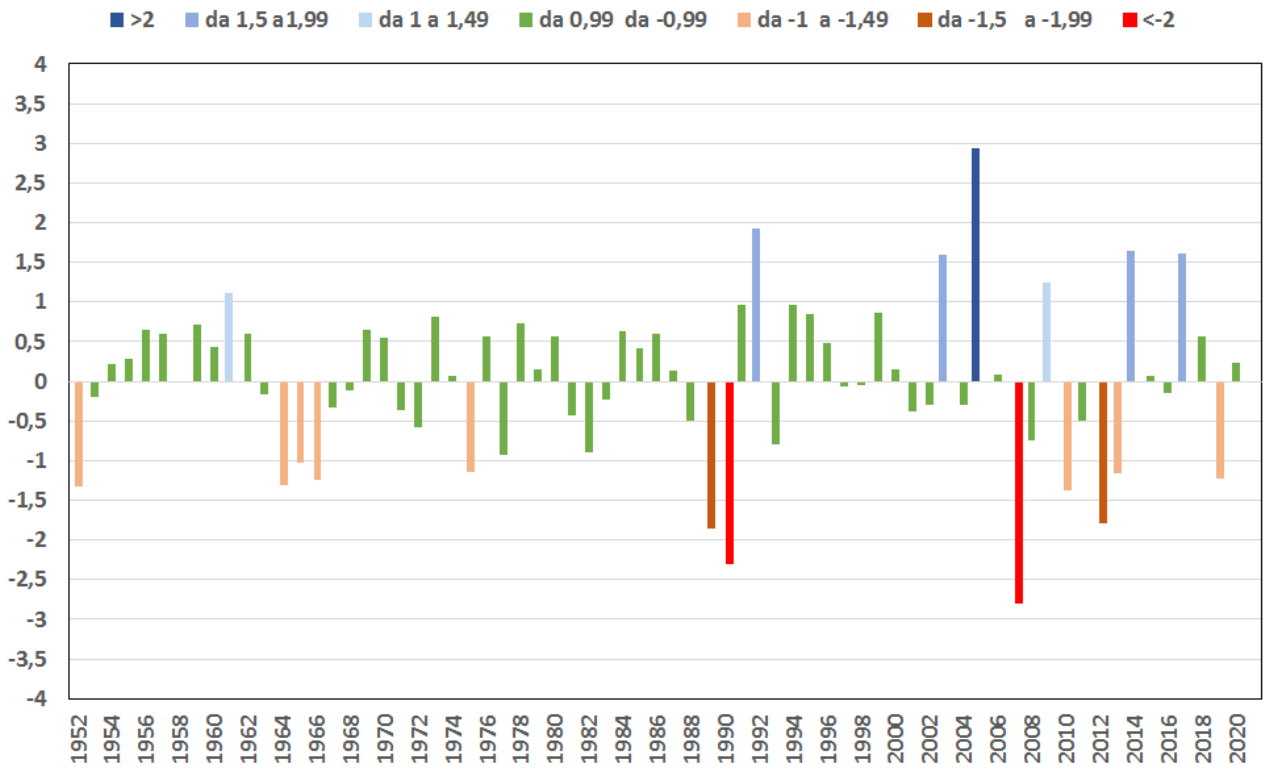
SCERNI - SPI SEMESTRALE DI APRILE



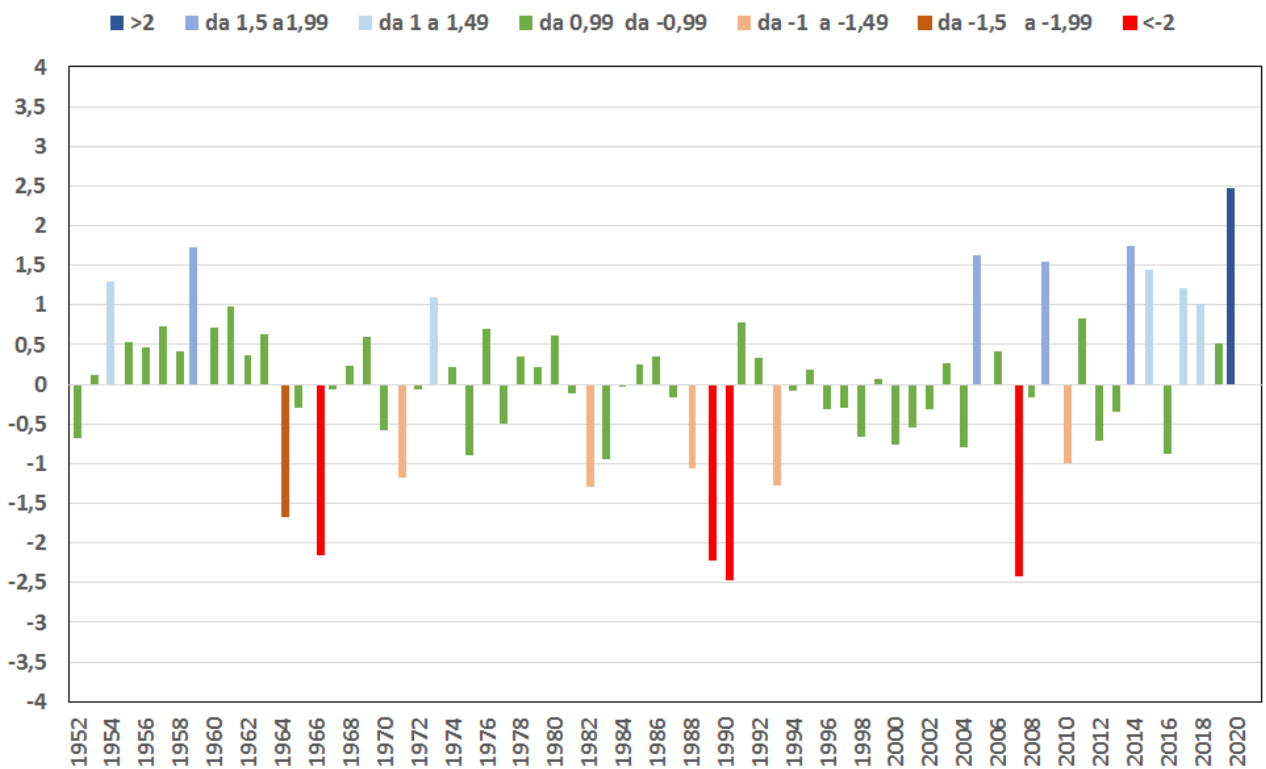
CHIETI - SPI SEMESTRALE DI APRILE



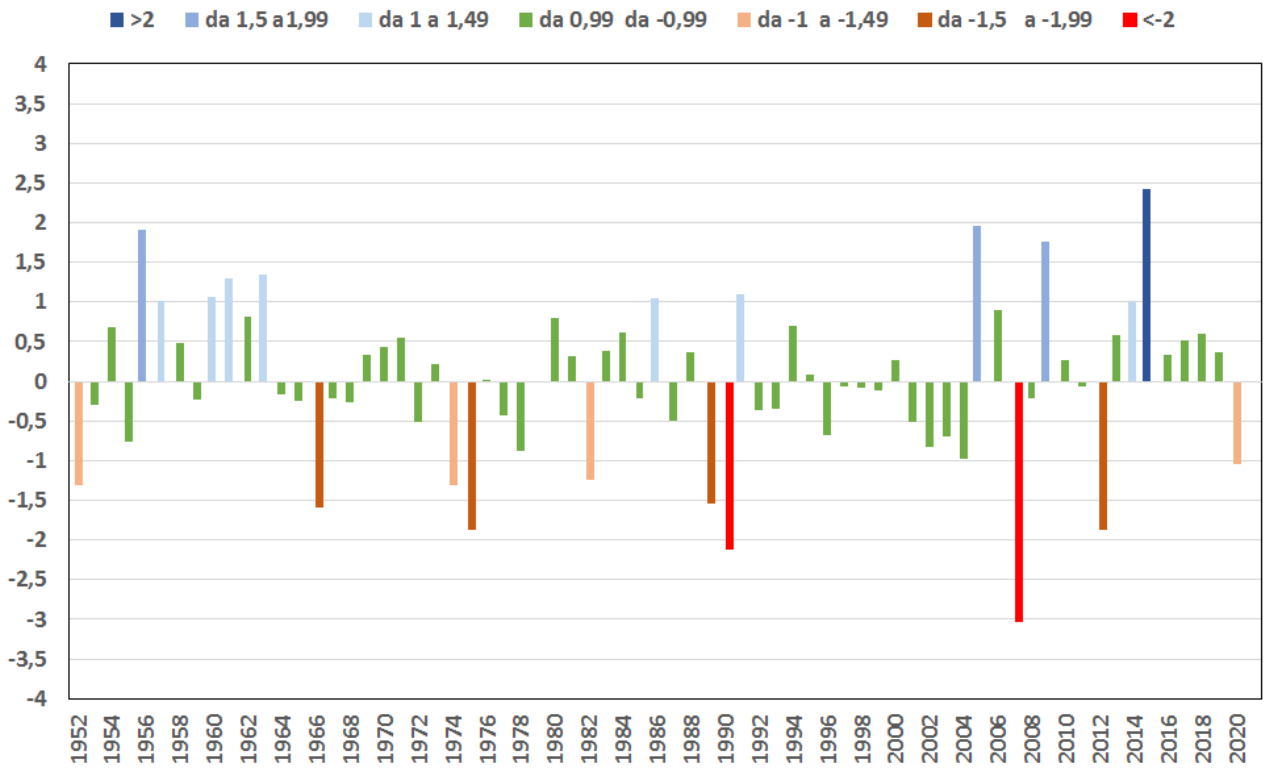
ALANNO - SPI SEMESTRALE DI APRILE



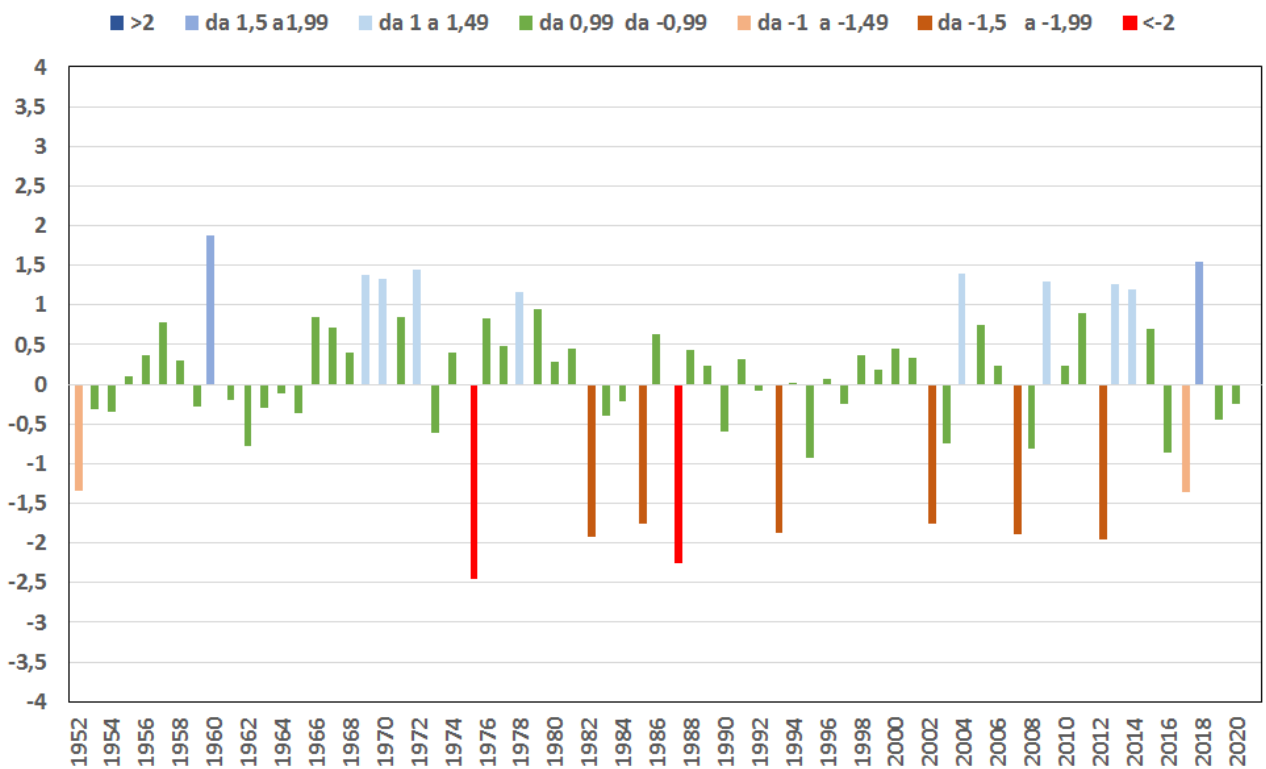
TERAMO - SPI SEMESTRALE DI APRILE



SULMONA - SPI SEMESTRALE DI APRILE



AVEZZANO - SPI SEMESTRALE DI APRILE



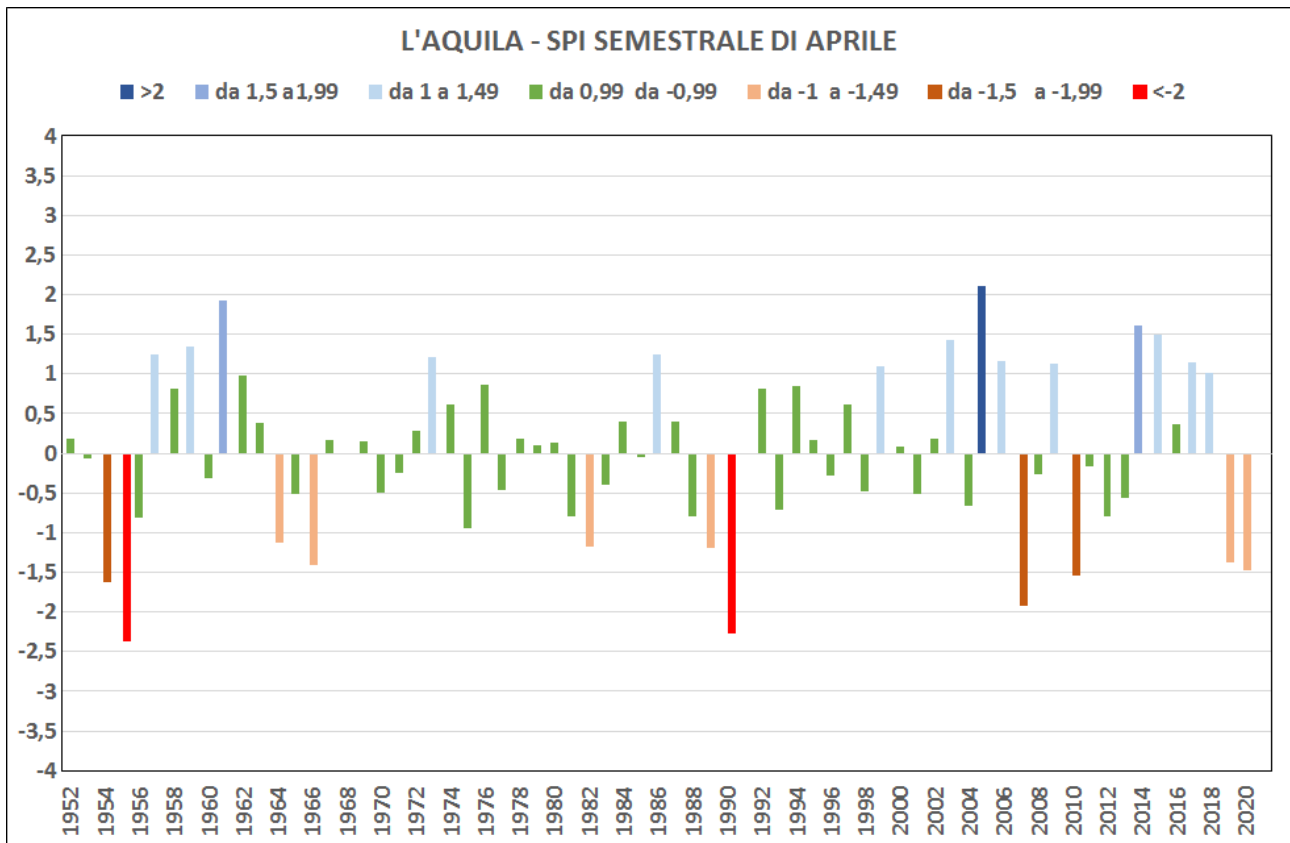


Fig. 8 Evoluzione dello SPI semestrale di aprile

Lo SPI A 12 MESI di APRILE 2020 assume interesse per quanto concerne la siccità idrologica.

I valori rientrano nella norma fatta eccezione per le località di Teramo e L'Aquila dove si evidenziano rispettivamente condizioni di surplus e di deficit. (Fig. 9)

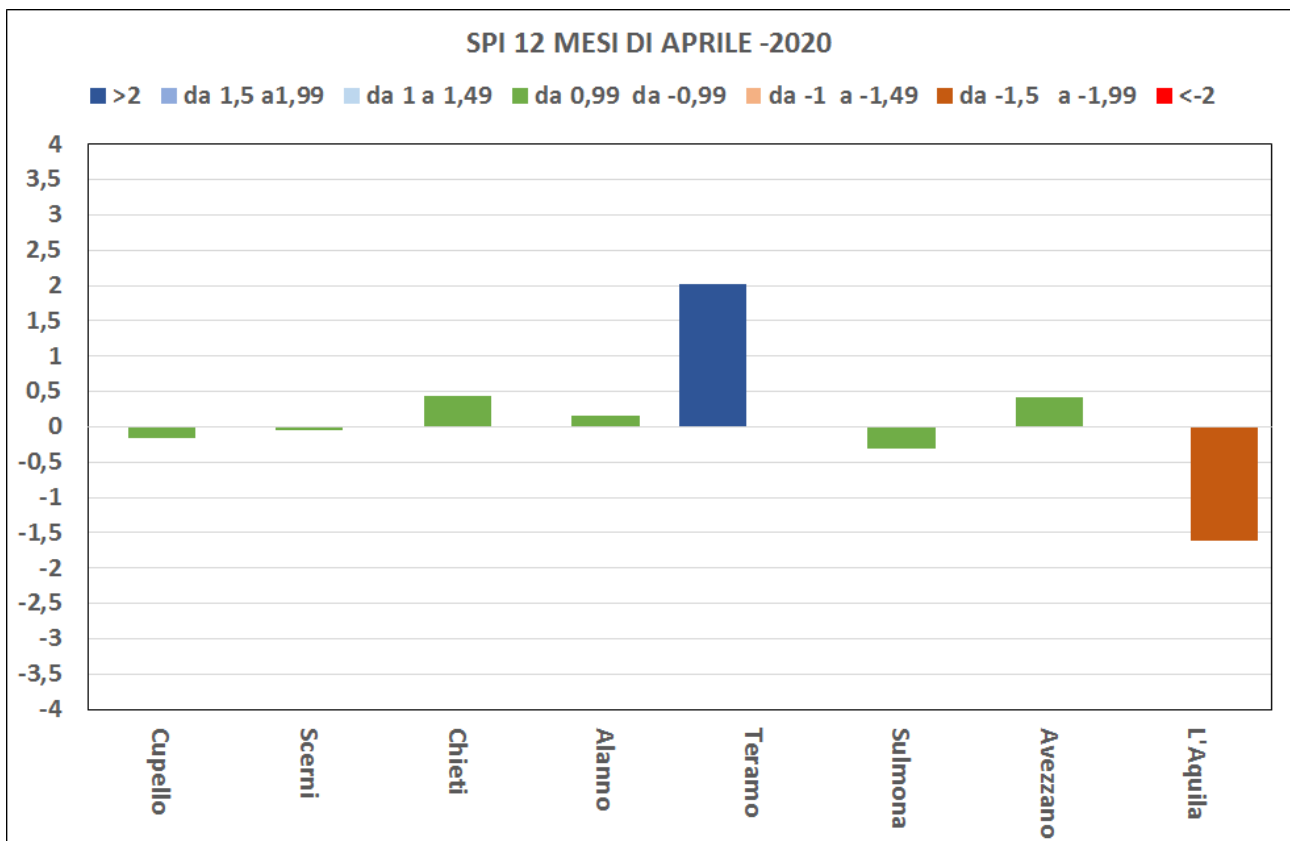
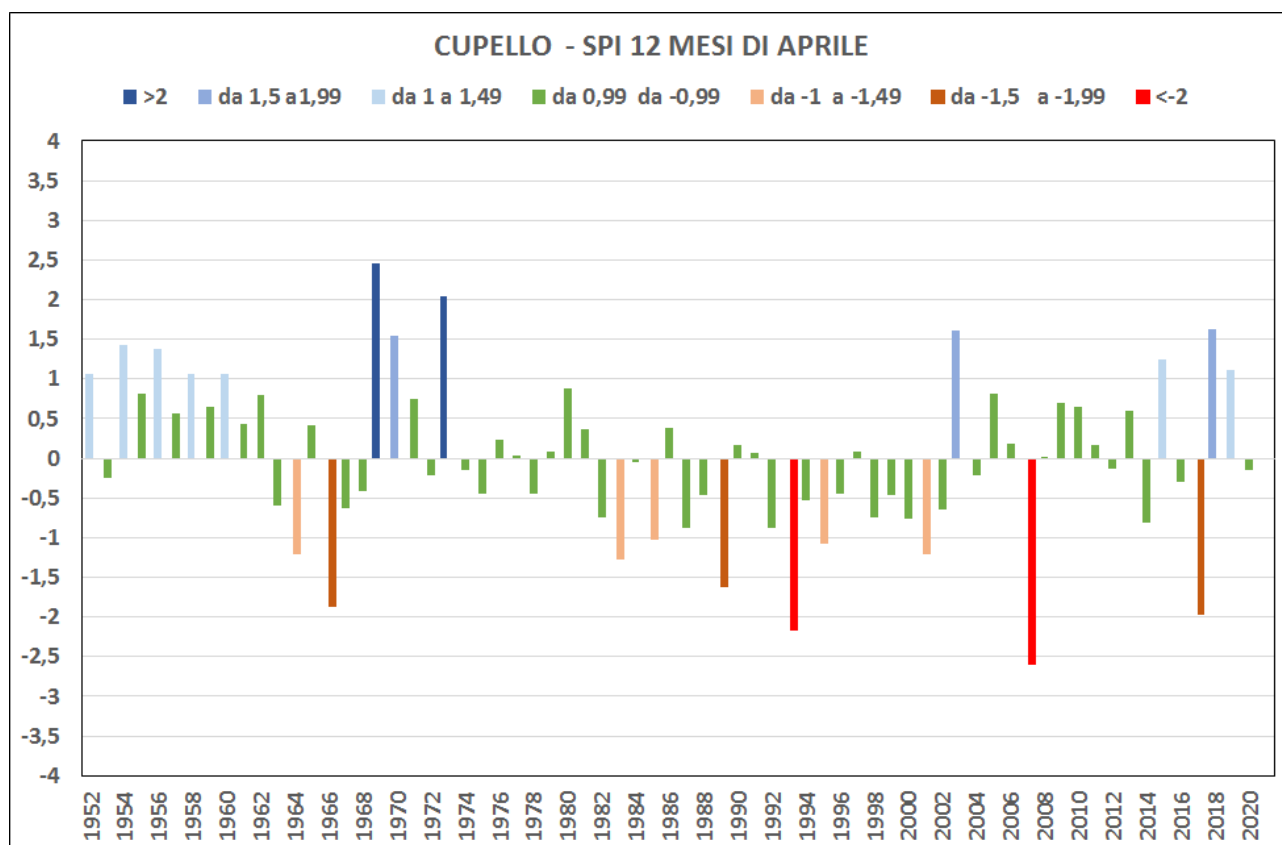


Fig. 9 Spi a 12 mesi di aprile 2020 per alcune località della regione Abruzzo

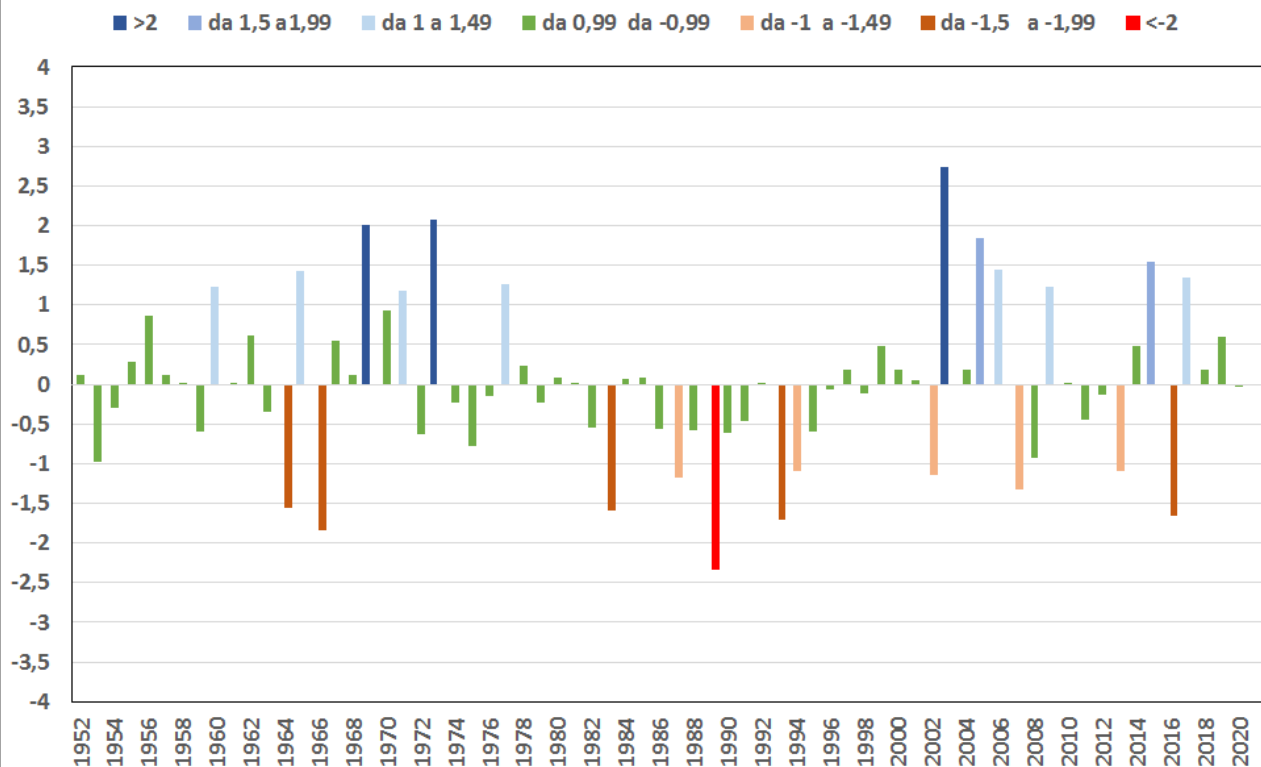
Il test di Mann Kendall applicato agli andamenti dello SPI a 12 mesi di Aprile mette in risalto un trend negativo significativo solo nella stazione di Cupello (Tab. 5 – Fig. 10)

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

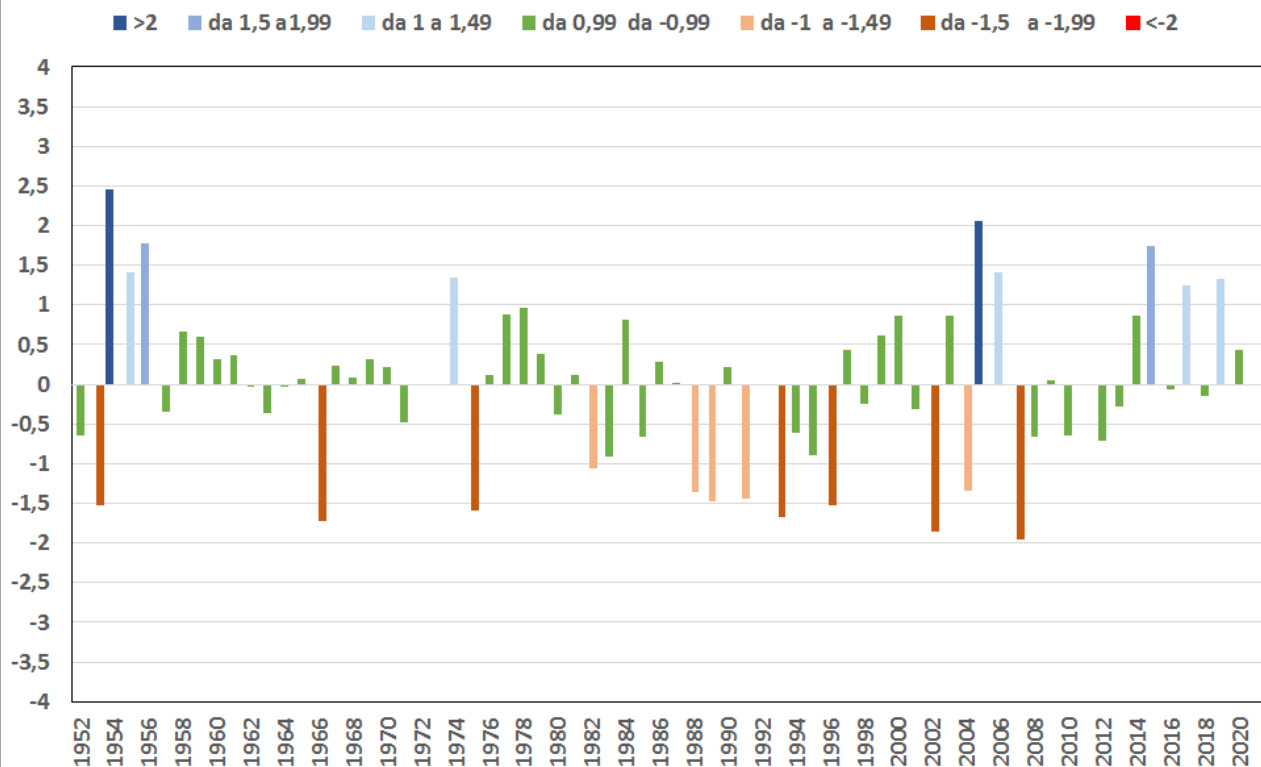
Località	Test Z	Significatività	β
Cupello	-1,865	+	-0,012
Scerni	-0,124	Ns	-0,001
Chieti	-0,606	Ns	-0,004
Alanno	1,000	Ns	0,006
Teramo	-0,280	Ns	-0,002
Sulmona	0,720	Ns	0,005
Avezzano	0,440	Ns	0,003
L'Aquila	-0,596	Ns	-0,004



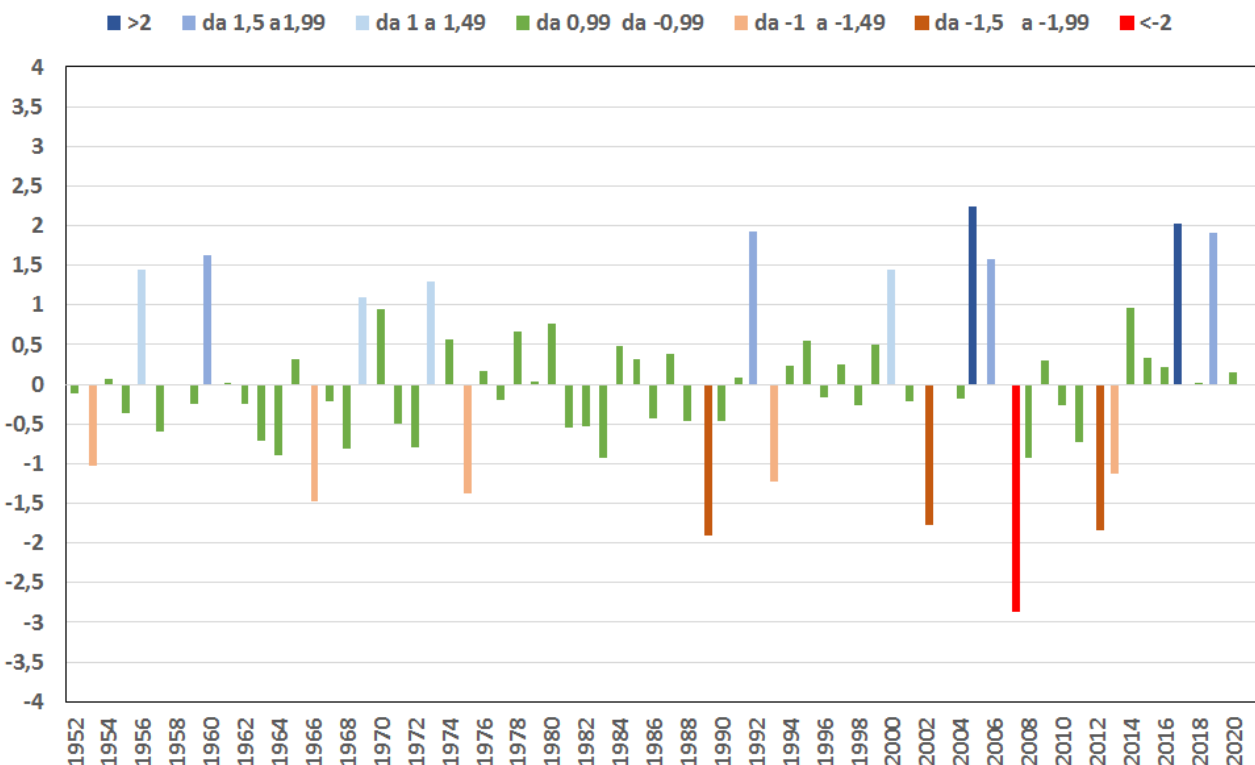
SCERNI - SPI 12 MESI DI APRILE



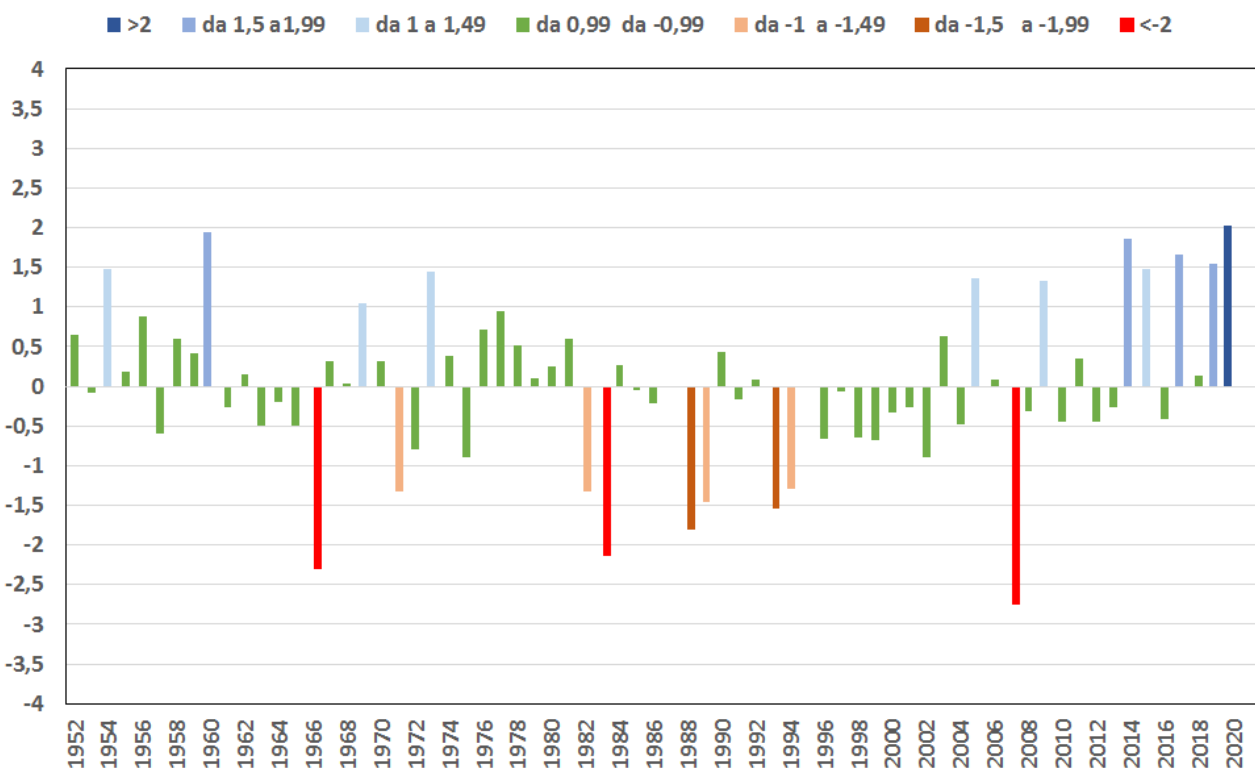
CHIETI - SPI 12 MESI DI APRILE



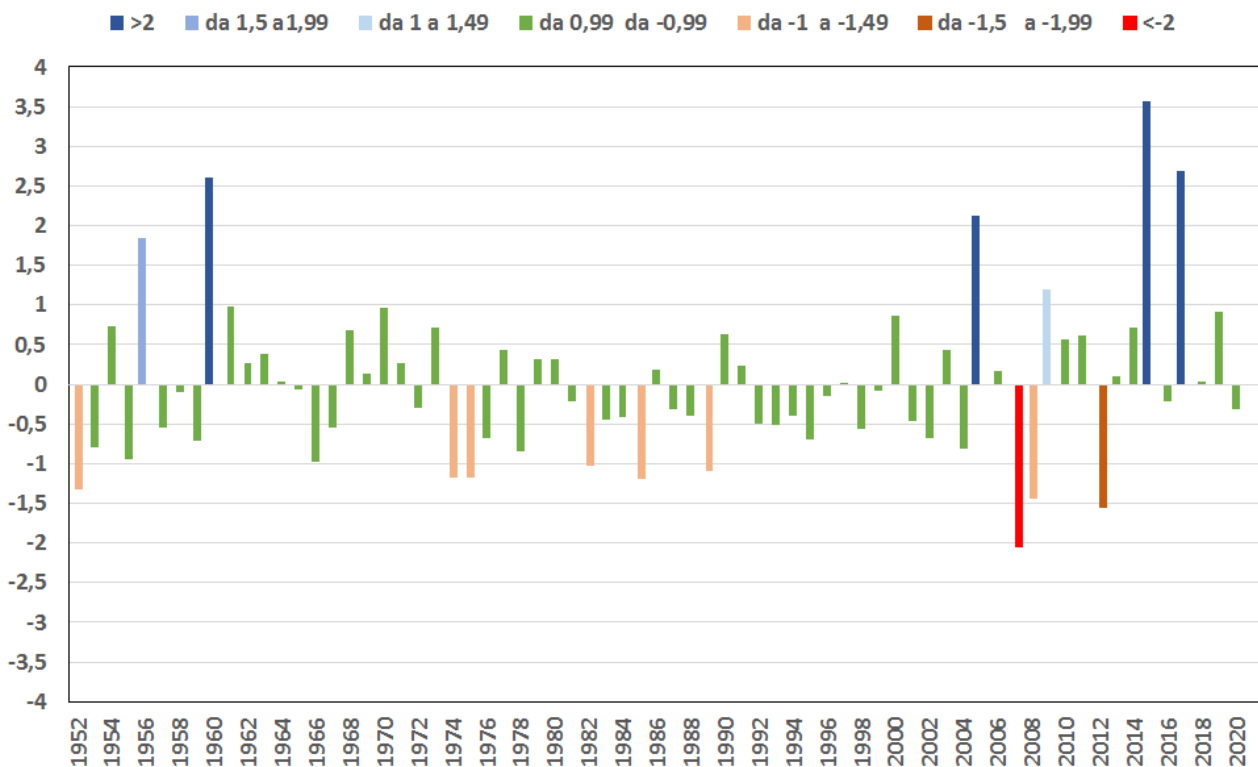
ALANNO - SPI 12 MESI DI APRILE



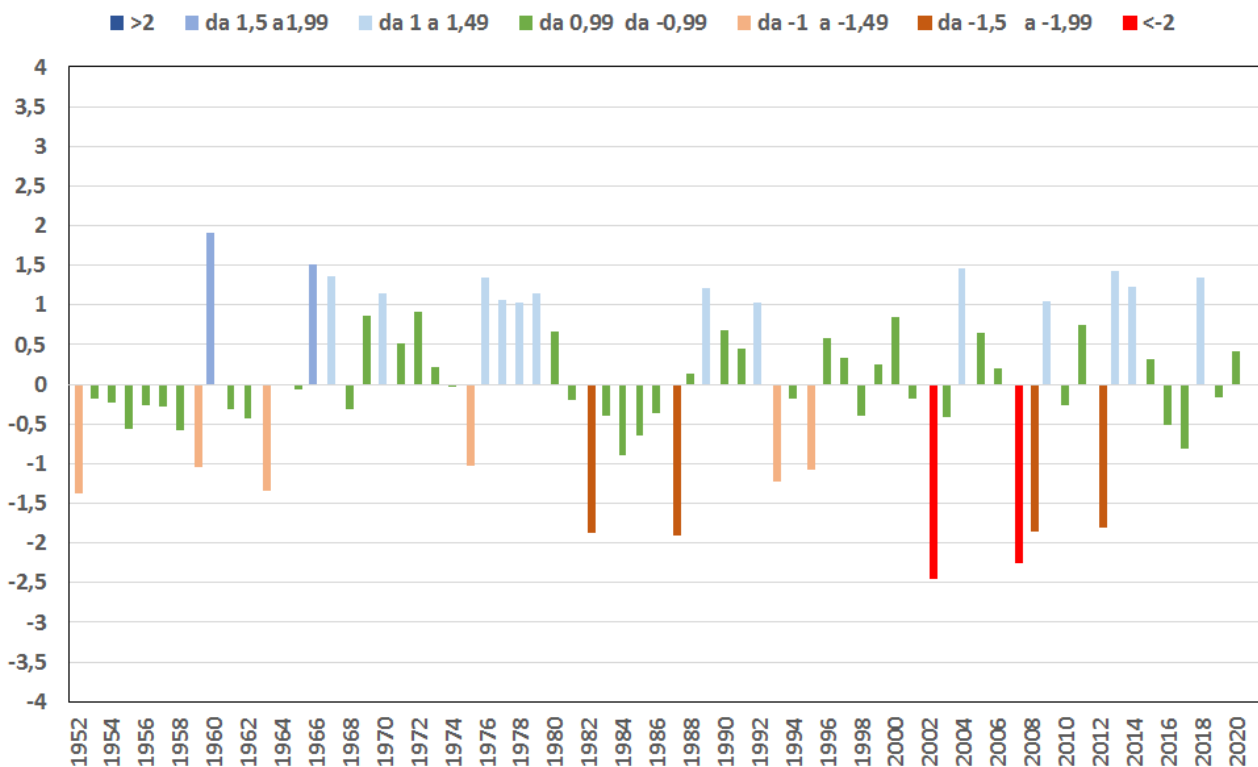
TERAMO - SPI 12 MESI DI APRILE



SULMONA - SPI 12 MESI DI APRILE



AVEZZANO - SPI 12 MESI DI APRILE



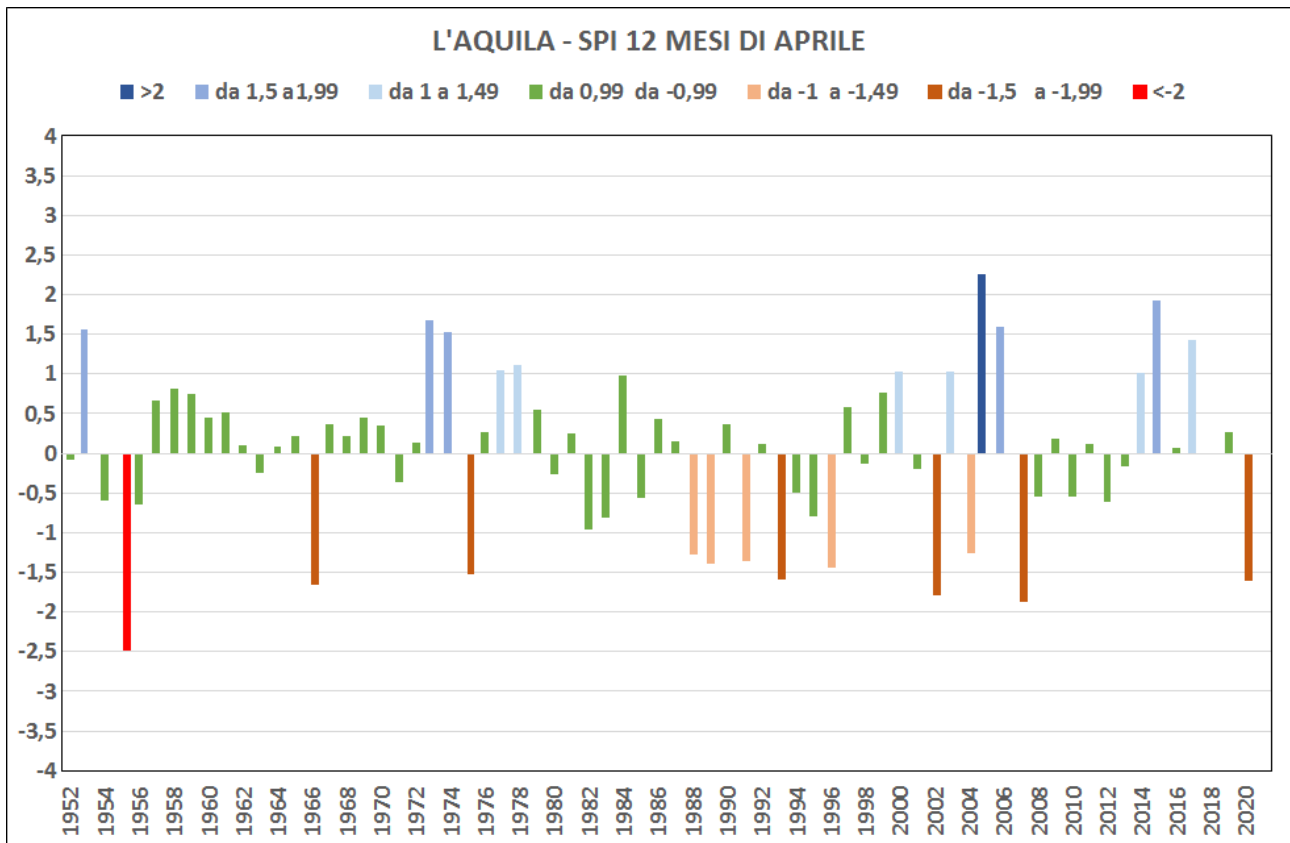


Fig. 10 Evoluzione dello SPI a 12 mesi di aprile

Lo SPI A 24 MESI di APRILE 2020 assume interesse per quanto concerne la siccità idrologica.

I valori rientrano nella norma fatta eccezione per le località di Chieti, Alanno e Teramo dove si evidenziano condizioni di surplus idrico. (Fig. 11)

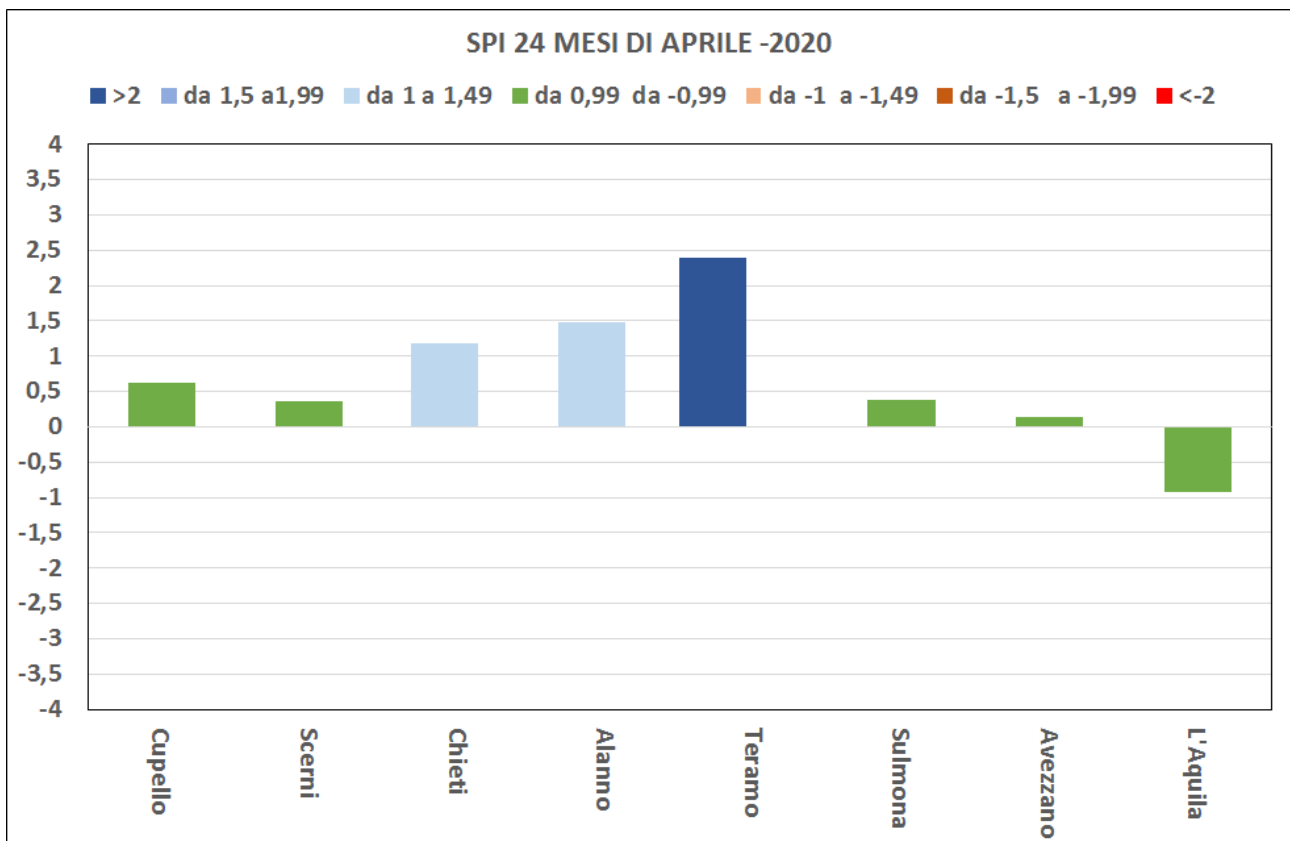
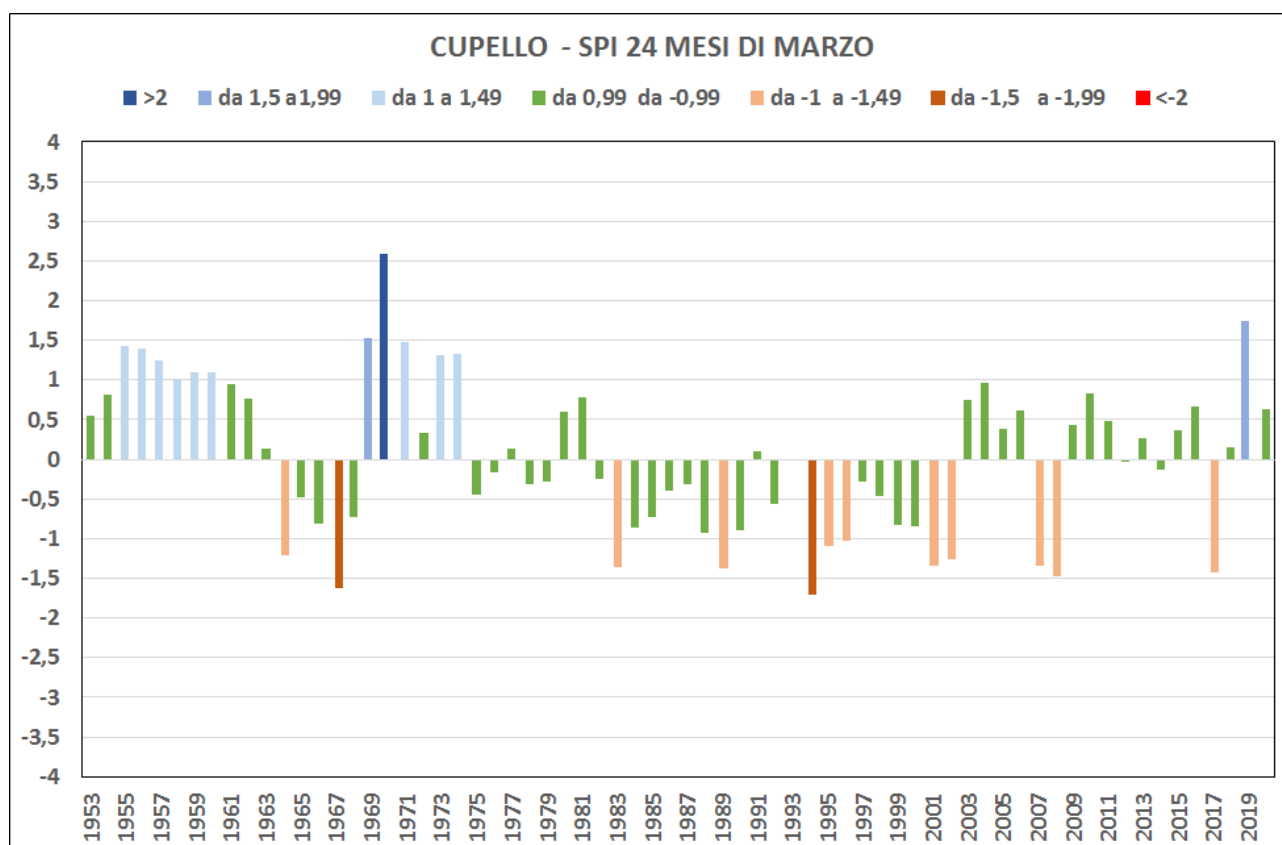


Fig. 11 Spi a 24 mesi di aprile 2020 per alcune località della regione Abruzzo

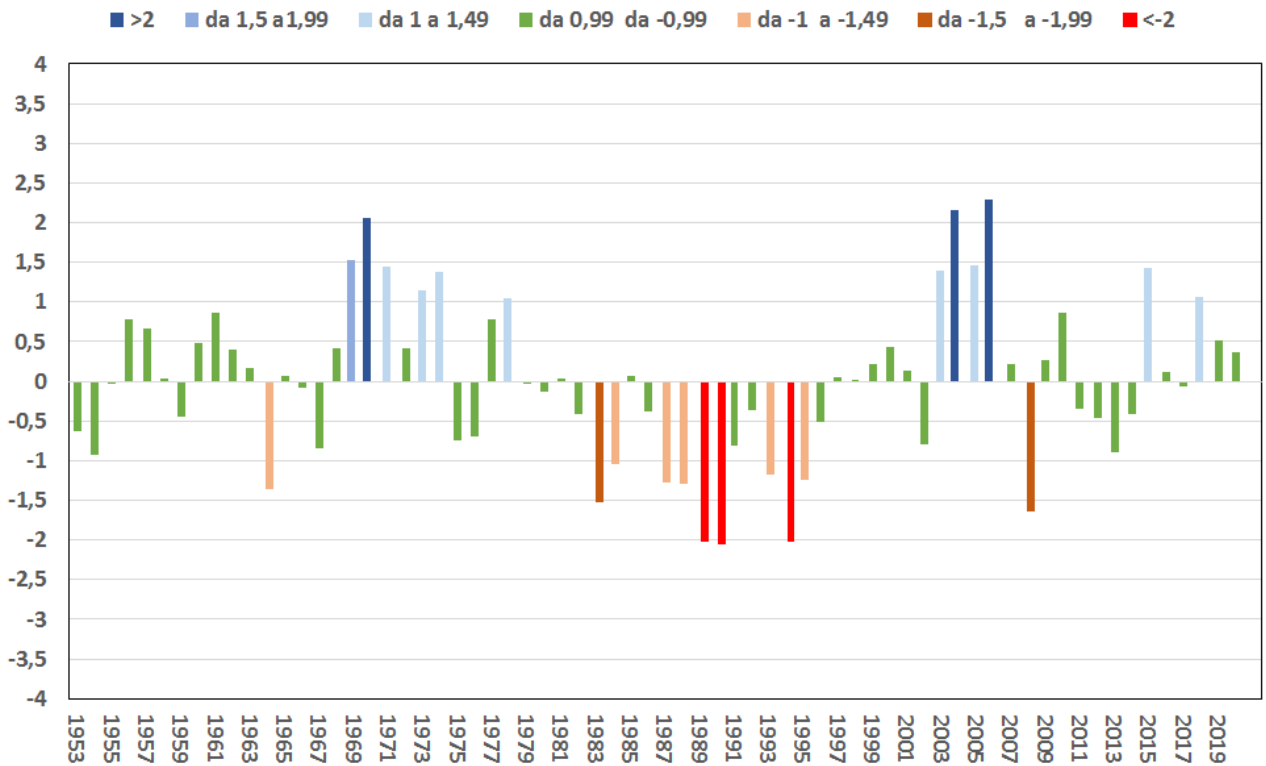
Il test di Mann Kendall applicato agli andamenti dello SPI a 24 mesi di Aprile mette in risalto trend significativi in negativo e in positivo rispettivamente per le località di Cupello e Alanno. (Tab. 6 – Fig. 12)

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

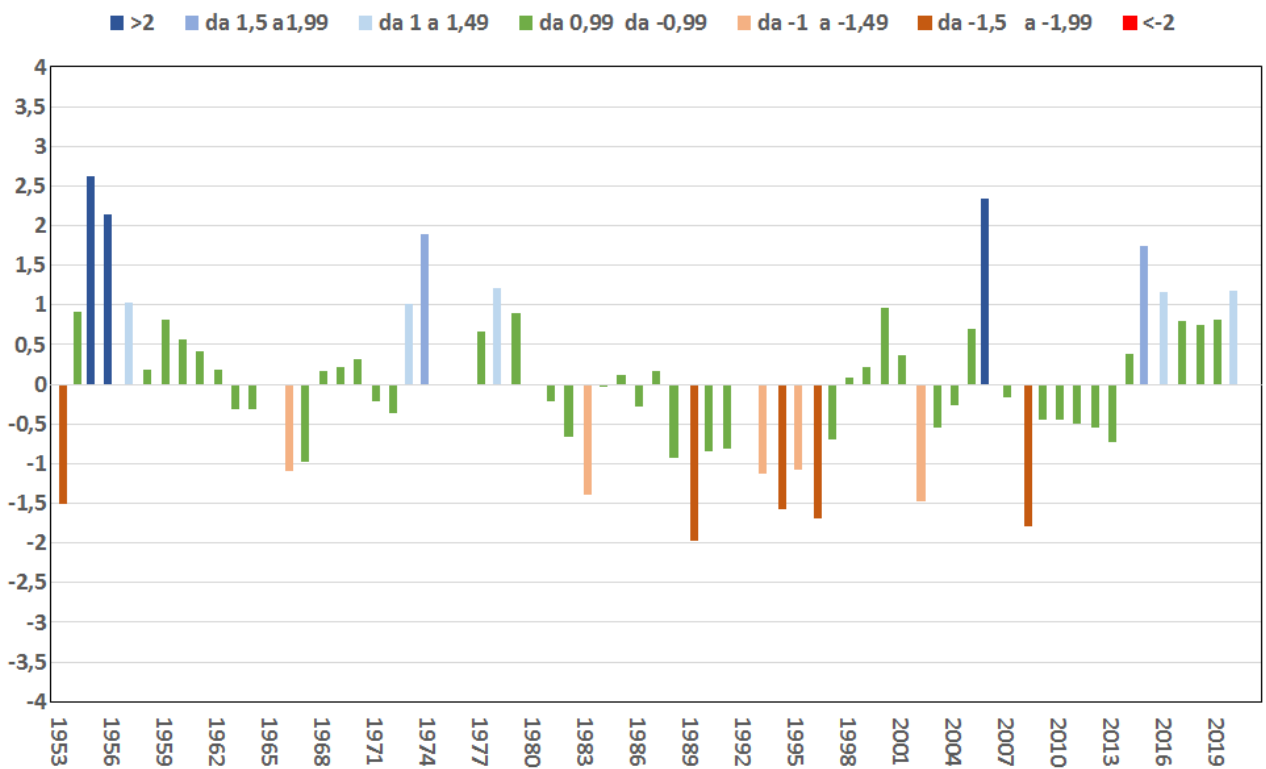
Località	Test Z	Significatività	β
Cupello	-2,223	*	-0,015
Scerni	0,127	Ns	0,001
Chieti	-0,926	Ns	-0,006
Alanno	1,689	+	0,010
Teramo	-0,095	Ns	0,000
Sulmona	0,561	Ns	0,004
Avezzano	0,037	Ns	0,000
L'Aquila	-0,709	Ns	-0,005



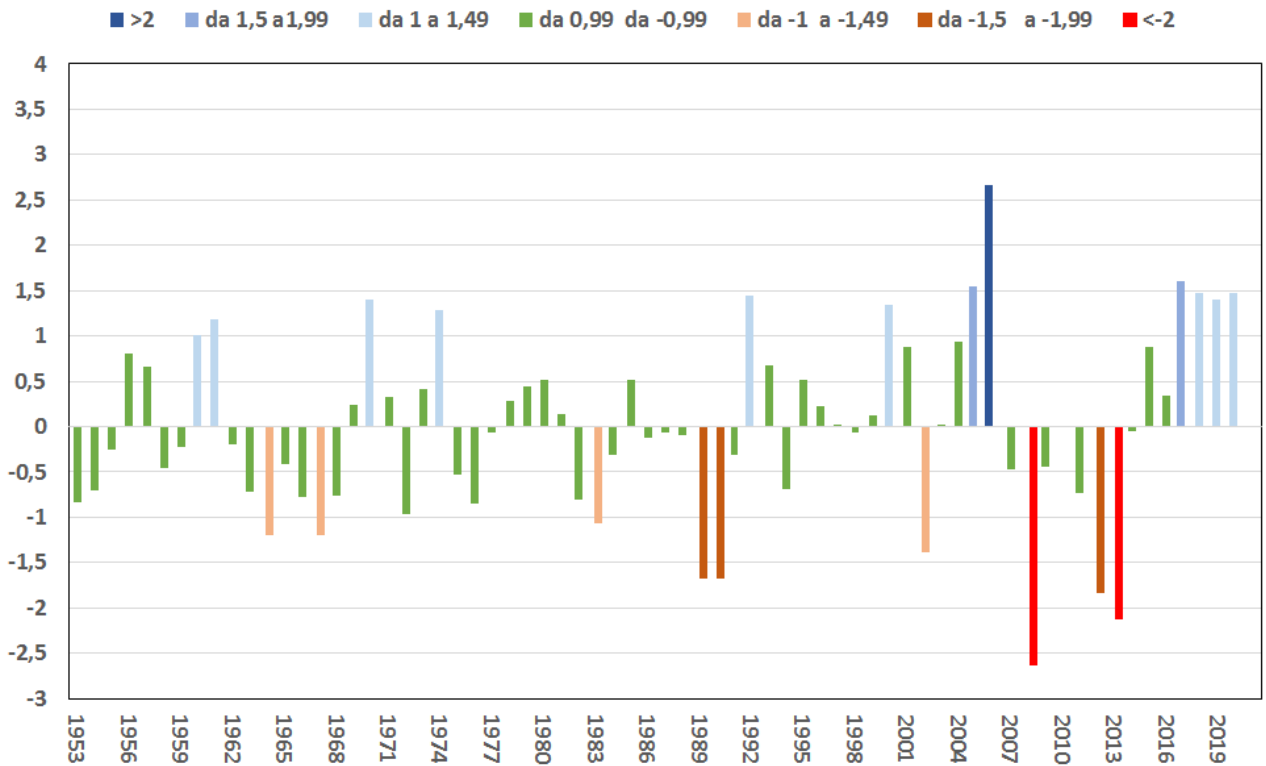
SCERNI - SPI 24 MESI DI APRILE



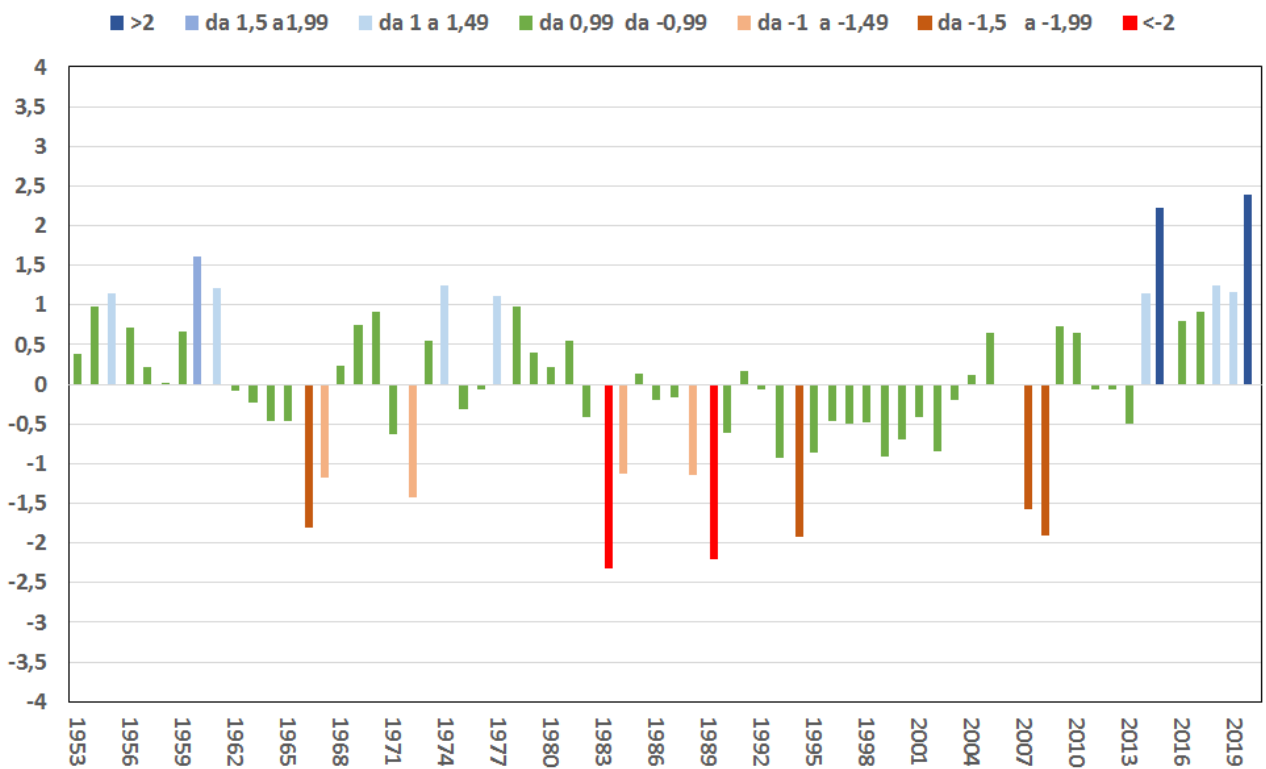
CHIETI - SPI 24 MESI DI APRILE



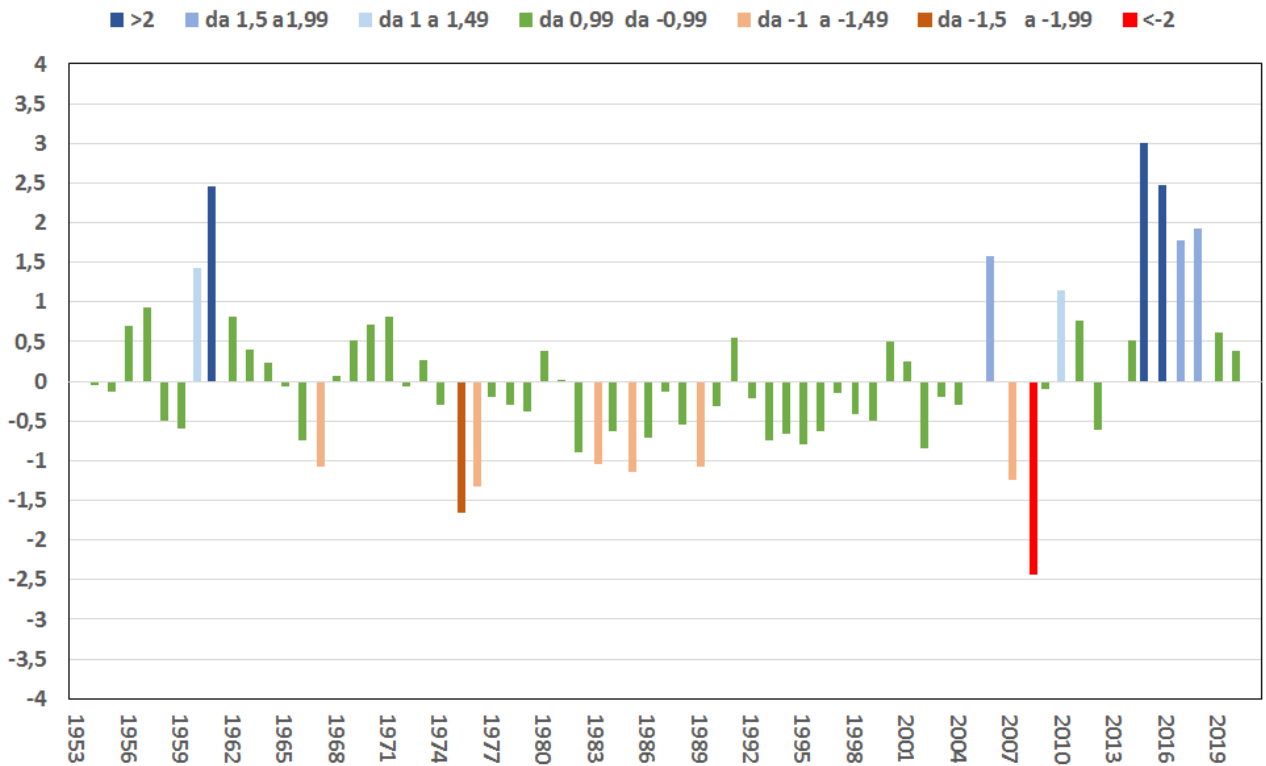
ALANNO - SPI 24 MESI DI APRILE



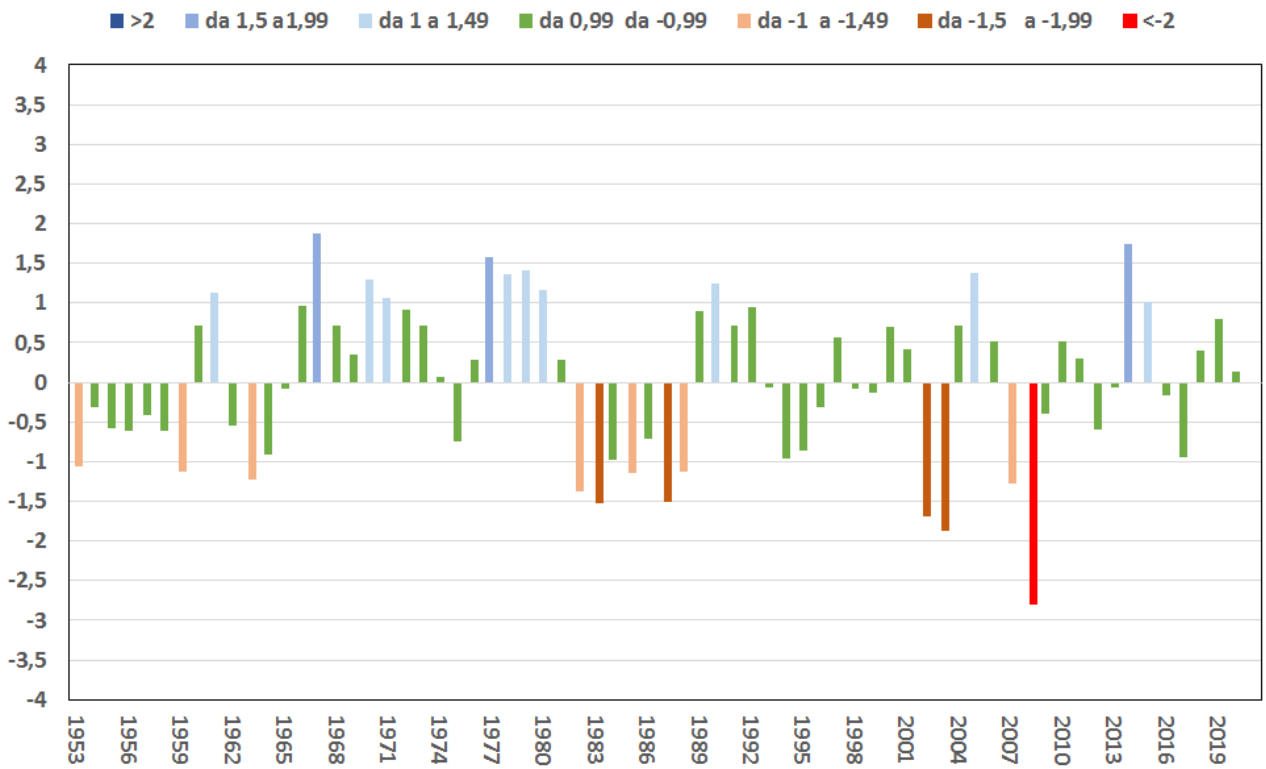
TERAMO - SPI 24 MESI DI APRILE



SULMONA - SPI 24 MESI DI APRILE



AVEZZANO - SPI 24 MESI DI APRILE



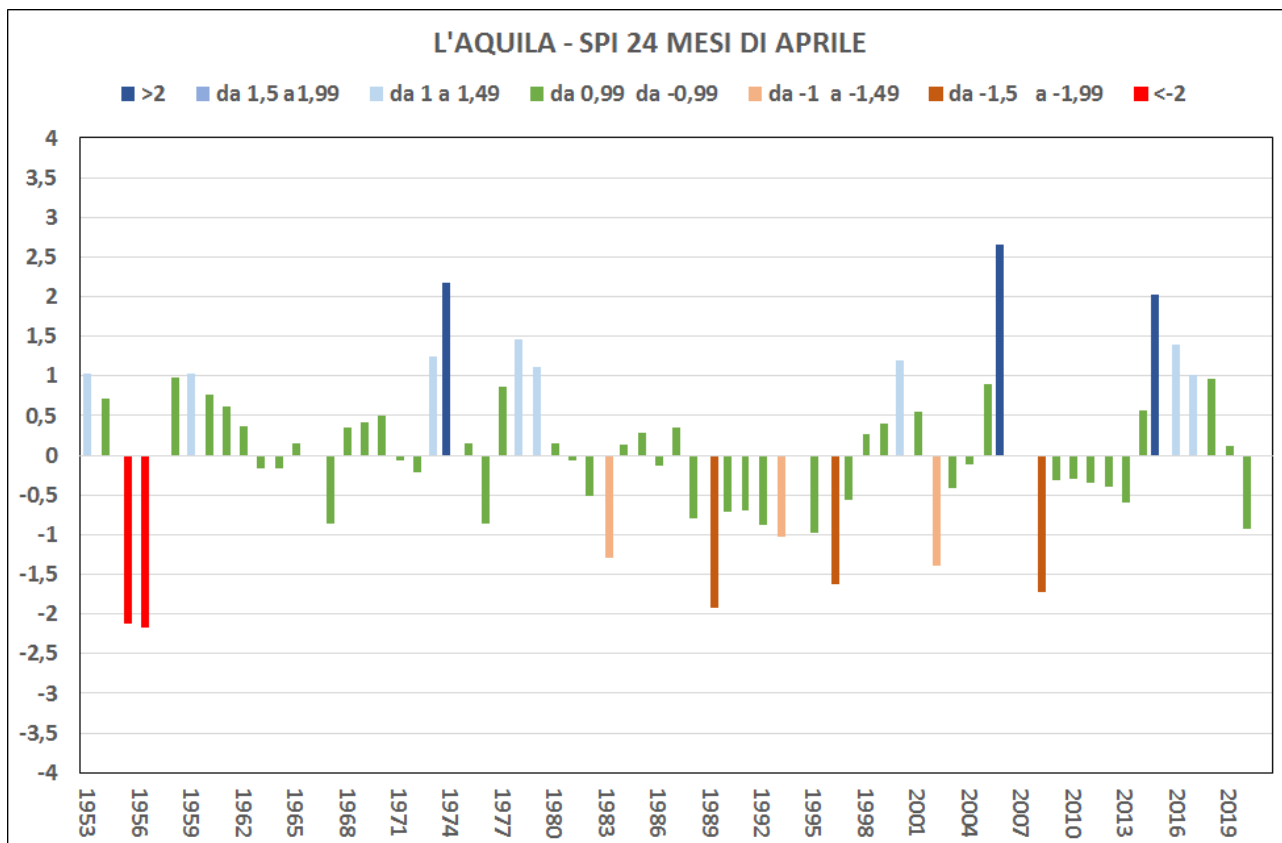


Fig. 12 Evoluzione dello SPI a 24 mesi di aprile

CONCLUSIONI

L'analisi della siccità relativa alle scale brevi (1 6 mesi) per il mese di aprile 2020, grazie alle precipitazioni cadute nella terza decade, non ha evidenziato in generale situazioni di deficit idrico. In diversi casi sono stati rilevati valori positivi rientranti nelle classi da "moderatamente umido" a estremamente umido". Le uniche criticità, per quanto concerne il deficit idrico, riguardano la scala a sei mesi per le aree interne di Sulmona e L'aquila, segno di una limitata piovosità che ha interessato i mesi autunno-invernali.

L'analisi dei trend applicata al mese di aprile 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 aprile 2020, tranne che per la località interna dell'Aquila alla scala di 12 mesi.

L'analisi dei trend applicata al mese di aprile per le scale lunghe non ha evidenziato in generale trend significativi tranne che per le località di Cupello e Alanno, rispettivamente in negativo e in positivo.

BIBLIOGRAFIA

Mckee T.B, Doesken N.J. Kleist J. 1993. *The relationship of drought frequency and duration to time scales*, Preprints, 8th 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