

ANALISI STATISTICA DEGLI EVENTI PLUVIOMETRICI ESTREMI IN PUGLIA DAL 1951 AL 2003

Federico Boenzi, Massimo A. Caldara, Domenico Capolongo, Luigi Pennetta, Marco Piccarreta

Dipartimento di Geologia e Geofisica - Università degli Studi di Bari

1. INTRODUZIONE

I cambiamenti climatici e le conseguenti variazioni ambientali interessano oggi non solo la ricerca scientifica, ma suscitano anche vivo interesse in ambito politico-economico, a causa della crescente incidenza che possono avere sulla qualità della vita e delle attività umane.

A questo proposito nel 1988 è stato costituito l'*Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) da parte della *World Meteorological Organization* (WMO) e dalla *United Nations Environment Programme* (UNEP), allo scopo di valutare le informazioni scientifiche, tecniche e socio – economiche relative alla comprensione del cambiamento climatico indotto dall'uomo, dei potenziali impatti dei cambiamenti del clima e le possibili forme di mitigazione degli stessi. Lo scenario climatico previsto dall'IPCC per il XXI secolo (IPCC, 2001) è molto preoccupante; aumento della temperatura annua, maggiore frequenza degli eventi estremi, lunghi periodi siccitosi, diminuzione considerevole delle precipitazioni estive ed incremento dell'intensità degli eventi brevi e violenti sono le tendenze meteorologiche attese e già riconosciute in diverse aree del globo, tra cui l'Europa Meridionale (Alpert *et al.*, 2002).

Gli impatti di tali cambiamenti sul territorio e sulle risorse ambientali si presume che possano essere di varia natura. Essi possono essere sintetizzati nella riduzione della disponibilità di risorse idriche, nell'aumento del rischio di alluvioni, nel deterioramento della qualità dei suoli, nell'incremento dei processi erosivi e dell'erosione, nell'aumento della frequenza degli incendi ed infine nella perdita di zone umide nelle aree costiere.

La situazione italiana per il futuro non fa ben sperare; è noto, infatti, come il territorio del nostro paese sia particolarmente vulnerabile e propenso a subire i fenomeni del dissesto idrogeologico. Studi recenti (Brunetti *et al.*, 2002; 2004; 2004b) hanno dimostrato che, nel nostro paese, negli ultimi 50 anni, le condizioni climatiche si sono evolute secondo i seguenti pattern:

- il numero di giorni piovosi è diminuito di circa il 14%, mentre le precipitazioni totali hanno subito

un decremento stimato in 47 mm/100 anni per il nord e in 104 mm/100 anni per il sud;

- a livello stagionale si riscontra che la riduzione dei giorni piovosi è molto più elevata in inverno rispetto alle altre stagioni;
- sempre a livello stagionale si riscontra una tendenza all'aumento dell'intensità delle precipitazioni e ad una diminuzione della loro durata, soprattutto in inverno;
- la frequenza e la persistenza dei periodi siccitosi, aumentate soprattutto negli ultimi 15 anni, si rivelano più elevate al nord in inverno, e nelle regioni meridionali in estate;
- è aumentato il numero degli eventi estremi.

Molto critica è la condizione dell'Italia meridionale ad economia prevalentemente agricola, legata inevitabilmente alle riserve idriche. In questo senso la Puglia, che vive in uno stato di costante emergenza, vede sommarsi ai danni all'agricoltura anche quelli provocati da alluvioni e frane.

In questo studio sono state analizzate le dinamiche degli eventi pluviometrici estremi in Puglia a mesoscala (1951 – 2003) e microscala (trentennio 1974 – 2003), per definire un quadro climatico di dettaglio e, soprattutto, per stimare il reale impatto dei cambiamenti del regime pluviometrico pugliese, sia sulle risorse idriche, che sui fenomeni di dissesto ideologico, sempre più frequenti.

2. DATI E METODI

I dati pluviometrici analizzati in questo lavoro sono stati acquisiti dagli Annali del Servizio Idrografico Italiano, sezioni di Bari e Catanzaro.

Sono state analizzate serie relative ad 81 stazioni pluviometriche (figura 1 e tabella I) distribuite omogeneamente su tutto il territorio regionale, per il periodo 1951 – 2003 e per il trentennio 1974 – 2003. La scelta delle stazioni è stata basata sulla lunghezza delle serie e sulla loro integrità (almeno il 90% della serie non presenta lacune).

Per le serie temporali con lacune si è proceduto alla ricostruzione statistica dei dati attraverso il metodo della regressione lineare semplice e multipla (Eischeid *et al.*, 2000).

Tutti i dati sono stati informatizzati ed inseriti in



CAMBIAMENTI CLIMATICI E RISCHI GEOLOGICI IN PUGLIA

CASTELLO DI SANNICANDRO DI BARI - 30 Novembre 2007

| Stazione | Gauss Boaga Est | Gauss Boaga Nord | Quota (m. s.l.m.) | Precipitazione media (mm) (1951 - 2003) | 90th (mm) (1951 - 2003) | 95th (mm) (1951 - 2003) | Precipitazione media (mm) (1974 - 2003) | 90th (mm) (1974 - 2003) | 95th (mm) (1974 - 2003) |
|----------------------------|-----------------|------------------|-------------------|---|-------------------------|-------------------------|---|-------------------------|-------------------------|
| 1 Adelfia | 2677058.30 | 4540657.51 | 153 | 579.47 | 19.8 | 27.5 | 545.37 | 19.2 | 26.9 |
| 2 Altamura | 2651067.60 | 4520475.94 | 482 | 534.56 | 18.0 | 25.6 | 517.37 | 18.0 | 25.6 |
| 3 Andria | 2628554.61 | 4564231.37 | 162 | 566.10 | 20.0 | 28.8 | 534.42 | 19.2 | 27.1 |
| 4 Ascoli Satriano | 2567392.73 | 4561439.78 | 437 | 601.90 | 18.4 | 25.8 | 573.38 | 18.8 | 25.9 |
| 5 Bari Osservatorio | 2678066.12 | 4553955.55 | 17 | 527.53 | 18.9 | 26.8 | 505.85 | 18.9 | 26.3 |
| 6 Bari Ufficio Idrografico | 2677218.85 | 4553653.42 | 34 | 570.07 | 19.6 | 27.6 | 542.59 | 19.6 | 27.8 |
| 7 Barletta | 2626770.83 | 4574522.99 | 30 | 511.02 | 18.8 | 26.2 | 468.94 | 18.0 | 25.2 |
| 8 Biccari | 2535954.39 | 4582486.31 | 470 | 742.38 | 20.4 | 28.6 | 704.96 | 20.2 | 28.1 |
| 9 Bisceglie | 2645497.96 | 4566468.54 | 32 | 546.16 | 20.0 | 29.0 | 478.67 | 18.6 | 27.0 |
| 10 Bitonto | 2662316.86 | 4552447.37 | 126 | 575.58 | 19.6 | 28.6 | 540.94 | 18.8 | 28.1 |
| 11 Bosco Umbra | 2602373.96 | 4630376.31 | 798 | 1151.73 | 31.8 | 43.5 | 1061.10 | 30.4 | 41.6 |
| 12 Bovino | 2548349.61 | 4566201.06 | 620 | 778.60 | 21.0 | 29.2 | 765.80 | 21.4 | 30.2 |
| 13 Brindisi | 2768465.89 | 4501767.98 | 23 | 598.51 | 21.0 | 31.2 | 568.73 | 21.7 | 31.0 |
| 14 Cagnano Varano | 2584145.98 | 4631179.27 | 181 | 805.79 | 24.6 | 33.4 | 745.35 | 23.8 | 30.8 |
| 15 Canosa di Puglia | 2609081.29 | 4564362.10 | 154 | 535.64 | 18.4 | 25.7 | 519.98 | 18.4 | 25.4 |
| 16 Cassano Murge | 2669262.39 | 4528012.42 | 351 | 650.72 | 20.4 | 29.3 | 619.04 | 21.4 | 29.9 |
| 17 Castel del Monte | 2627078.60 | 4548444.48 | 543 | 626.30 | 20.4 | 28.4 | 585.69 | 20.4 | 28.0 |
| 18 Castellana Grotte | 2702515.76 | 4528047.96 | 290.0 | 661.47 | 21.4 | 31.8 | 618.18 | 20.5 | 31.8 |
| 19 Castellana | 2683493.47 | 4499546.76 | 236 | 550.92 | 20.0 | 29.9 | 541.72 | 20.0 | 30.0 |
| 20 Castelluccio dei Sauri | 2559935.95 | 4572657.65 | 284 | 536.41 | 17.6 | 24.0 | 521.97 | 18.0 | 25.4 |
| 21 Ceglie Messapica | 2732995.95 | 4502614.44 | 313 | 653.81 | 22.1 | 31.6 | 620.16 | 23.1 | 32.4 |
| 22 Cerignola | 2595880.55 | 4568589.16 | 134 | 540.52 | 18.0 | 25.6 | 516.88 | 18.4 | 25.6 |
| 23 Conversano | 2697644.66 | 4536862.20 | 212 | 622.71 | 21.0 | 30.3 | 593.69 | 21.2 | 31.0 |
| 24 Copertino | 2779549.31 | 4462205.24 | 48 | 624.28 | 22.8 | 30.6 | 586.72 | 22.8 | 30.7 |
| 25 Crispiano | 2709246.32 | 4496837.01 | 264 | 549.29 | 20.2 | 28.2 | 531.70 | 20.0 | 29.6 |
| 26 Faeto | 2533728.03 | 4574716.51 | 905 | 771.15 | 18.8 | 26.6 | 775.17 | 20.2 | 27.5 |
| 27 Fasano | 2718901.71 | 4523644.98 | 121 | 602.48 | 22.0 | 30.8 | 577.32 | 21.4 | 30.6 |
| 28 Foggia Osservatorio | 2565393.17 | 4590240.92 | 82 | 470.28 | 16.8 | 23.4 | 455.80 | 16.8 | 23.8 |
| 29 Galatina | 2790130.98 | 4451861.99 | 84 | 688.31 | 25.2 | 35.8 | 668.30 | 25.6 | 37.8 |
| 30 Gallipoli | 2775493.56 | 4438292.97 | 31 | 554.65 | 23.4 | 32.2 | 633.03 | 22.8 | 31.4 |
| 31 Ginosa | 2668821.50 | 4493451.45 | 272 | 571.79 | 23.4 | 31.6 | 509.72 | 22.5 | 30.8 |
| 32 Ginosa Marina | 2679923.26 | 4477003.37 | 20 | 530.47 | 20.6 | 31.3 | 494.26 | 20.4 | 30.4 |
| 33 Gioia del Colle | 2682350.72 | 4518160.48 | 377 | 621.90 | 21.6 | 30.6 | 637.63 | 21.8 | 32.2 |
| 34 Giovinazzo | 2660220.51 | 4560881.60 | 25 | 542.55 | 19.4 | 28.4 | 514.81 | 18.8 | 27.6 |
| 35 Grottole | 2726824.73 | 4490675.25 | 140 | 579.47 | 20.2 | 29.8 | 545.37 | 21.2 | 30.7 |
| 36 Grumo Appula | 2663891.34 | 4541655.64 | 191 | 565.78 | 19.6 | 27.6 | 556.87 | 19.5 | 27.0 |
| 37 Lattiano | 2749530.56 | 4492364.13 | 107 | 622.33 | 23.2 | 31.4 | 583.33 | 21.2 | 29.8 |
| 38 Lecce | 2789050.38 | 4472531.63 | 50 | 657.83 | 23.0 | 32.4 | 632.15 | 24.0 | 34.3 |
| 39 Lesina | 2549388.42 | 4634732.65 | 13 | 614.05 | 20.6 | 29.4 | 577.71 | 20.4 | 29.0 |
| 40 Lizzano | 2727916.59 | 4473820.83 | 63 | 542.77 | 21.2 | 30.8 | 497.36 | 21.4 | 31.9 |
| 41 Locorotondo | 2717459.06 | 4514202.73 | 404 | 668.11 | 22.2 | 32.1 | 640.09 | 22.2 | 32.8 |
| 42 Lucera | 2547873.99 | 4595999.38 | 226 | 564.96 | 18.6 | 25.0 | 490.87 | 17.2 | 23.4 |
| 43 Maglie | 2800747.40 | 4446353.38 | 102 | 730.98 | 26.0 | 36.2 | 677.03 | 25.2 | 35.4 |
| 44 Manduria | 2743706.74 | 4475451.15 | 97 | 606.46 | 22.9 | 32.2 | 565.67 | 22.0 | 32.5 |
| 45 Manfredonia | 2593109.31 | 4603703.02 | 2 | 432.60 | 16.0 | 23.0 | 388.28 | 16.0 | 23.2 |
| 46 Massafra | 2698742.34 | 4495367.91 | 110 | 520.25 | 19.6 | 28.4 | 513.87 | 19.7 | 29.8 |
| 47 Masseria Monteruga | 2761338.73 | 4470919.63 | 67 | 614.29 | 24.2 | 33.0 | 589.57 | 23.2 | 31.2 |
| 48 Mercadante | 2663263.65 | 4528519.66 | 393 | 637.18 | 21.2 | 30.0 | 619.79 | 20.4 | 29.9 |
| 49 Minervino di Lecce | 2811608.03 | 4443681.40 | 104 | 811.97 | 28.4 | 40.0 | 764.19 | 28.4 | 39.6 |
| 50 Minervino Murge | 2611133.79 | 4547843.17 | 454 | 590.08 | 19.0 | 28.0 | 576.77 | 19.6 | 28.5 |
| 51 Monte Sant'Angelo | 2600090.51 | 4617722.22 | 817 | 749.59 | 21.0 | 31.2 | 678.16 | 20.8 | 30.9 |
| 52 Monteleone di Puglia | 2541775.56 | 4557164.40 | 844 | 797.70 | 19.4 | 26.0 | 762.67 | 19.7 | 26.0 |
| 53 Nardò | 2778403.22 | 4451535.17 | 52 | 598.84 | 22.1 | 32.6 | 582.19 | 22.8 | 34.0 |
| 54 NoCI | 2698716.42 | 4518388.16 | 431 | 643.99 | 20.6 | 29.0 | 573.91 | 19.4 | 27.2 |
| 55 Novoli | 2779100.87 | 4474380.06 | 51 | 630.59 | 22.8 | 31.0 | 591.63 | 22.7 | 30.0 |
| 56 Orsara di Puglia | 2542485.21 | 4570362.31 | 683 | 861.54 | 22.2 | 30.6 | 818.90 | 21.8 | 30.4 |
| 57 Ostuni | 2737779.33 | 4511698.15 | 234 | 713.06 | 24.8 | 34.7 | 709.37 | 25.6 | 36.5 |
| 58 Otranto | 2817256.13 | 4448742.19 | 29 | 769.54 | 28.0 | 39.7 | 703.29 | 26.4 | 38.8 |
| 59 Pietramontecorvino | 2530824.71 | 4599281.26 | 464 | 854.12 | 23.4 | 33.0 | 792.77 | 23.0 | 32.8 |
| 60 Polignano | 2706719.31 | 4540336.64 | 50 | 580.31 | 20.6 | 30.0 | 559.74 | 19.8 | 29.4 |
| 61 Presicce | 2799385.55 | 4421575.75 | 112 | 776.63 | 28.0 | 38.4 | 721.80 | 27.6 | 38.6 |
| 62 Rocchetta Sant'Antonio | 2559158.27 | 4550711.47 | 679 | 681.18 | 19.8 | 28.0 | 633.80 | 18.4 | 27.0 |
| 63 Ruffano | 2797324.92 | 4431064.36 | 140 | 769.47 | 27.2 | 39.6 | 719.99 | 26.8 | 40.0 |
| 64 Ruvo di Puglia | 2644625.74 | 4552624.31 | 276 | 587.54 | 20.6 | 29.2 | 551.33 | 20.7 | 29.4 |
| 65 San Giovanni Rotondo | 2579037.30 | 4617616.51 | 572 | 778.46 | 25.2 | 35.8 | 749.90 | 20.5 | 27.6 |
| 66 San Marco in Lamis | 2572990.62 | 4617988.89 | 564 | 899.98 | 22.8 | 32.4 | 833.12 | 22.4 | 30.4 |
| 67 San Pancrazio Salentino | 2761005.42 | 4478274.88 | 64 | 635.25 | 22.2 | 31.2 | 622.28 | 23.6 | 33.4 |
| 68 San Pietro Vernotico | 2774487.01 | 4485621.61 | 49 | 625.99 | 21.2 | 29.0 | 584.43 | 21.6 | 30.8 |
| 69 San Severo | 2552010.93 | 4615933.58 | 97 | 507.68 | 17.4 | 23.4 | 493.55 | 18.0 | 23.4 |
| 70 Sannicandro Garganico | 2566771.91 | 4632037.35 | 236 | 777.87 | 23.0 | 31.8 | 752.29 | 22.7 | 32.0 |
| 71 Santa Maria di Leuca | 2807307.67 | 4410980.35 | 26 | 680.2 | 23.4 | 32.8 | 652.0 | 25.2 | 36.0 |
| 72 Sant'Agata di Puglia | 2552062.20 | 4555586.39 | 710 | 543.65 | 16.4 | 23.4 | 534.38 | 16.4 | 24.5 |
| 73 Santeramo in Colle | 2686633.68 | 4517365.50 | 489 | 629.9 | 20.0 | 29.5 | 583.15 | 21.5 | 30.9 |
| 74 Taranto | 2710864.88 | 4481918.23 | 32 | 473.3 | 21.1 | 28.7 | 485.80 | 22.4 | 32.6 |
| 75 Taviano | 2783819.48 | 4430494.40 | 72 | 601.9 | 23.6 | 33.2 | 587.28 | 23.6 | 34.4 |
| 76 Torremaggiore | 2544374.70 | 4615527.26 | 184 | 567.6 | 19.5 | 26.6 | 525.44 | 19.4 | 26.2 |
| 77 Troia | 2545964.17 | 4579122.94 | 448 | 618.91 | 19.8 | 27.0 | 588.57 | 19.4 | 26.4 |
| 78 Turi | 2690238.54 | 4533308.28 | 280 | 597.1 | 20.0 | 30.0 | 570.66 | 19.6 | 29.8 |
| 79 Vico Garganico | 2599566.94 | 4638336.61 | 450 | 780.8 | 25.0 | 34.1 | 791.02 | 25.0 | 34.9 |
| 80 Vieste | 2617582.38 | 4637308.36 | 53 | 580.5 | 21.0 | 28.8 | 523.11 | 19.8 | 27.9 |
| 81 Vignacastri | 2811022.63 | 4434828.48 | 99 | 774.54 | 27.6 | 37.3 | 740.79 | 27.2 | 36.9 |

Tabella 1 - Elenco delle stazioni, delle loro precipitazioni medie e dei valori del 90imo e del 95imo percentile per il periodo 1951 - 2003 e per il normal climatologico 1974 - 2003

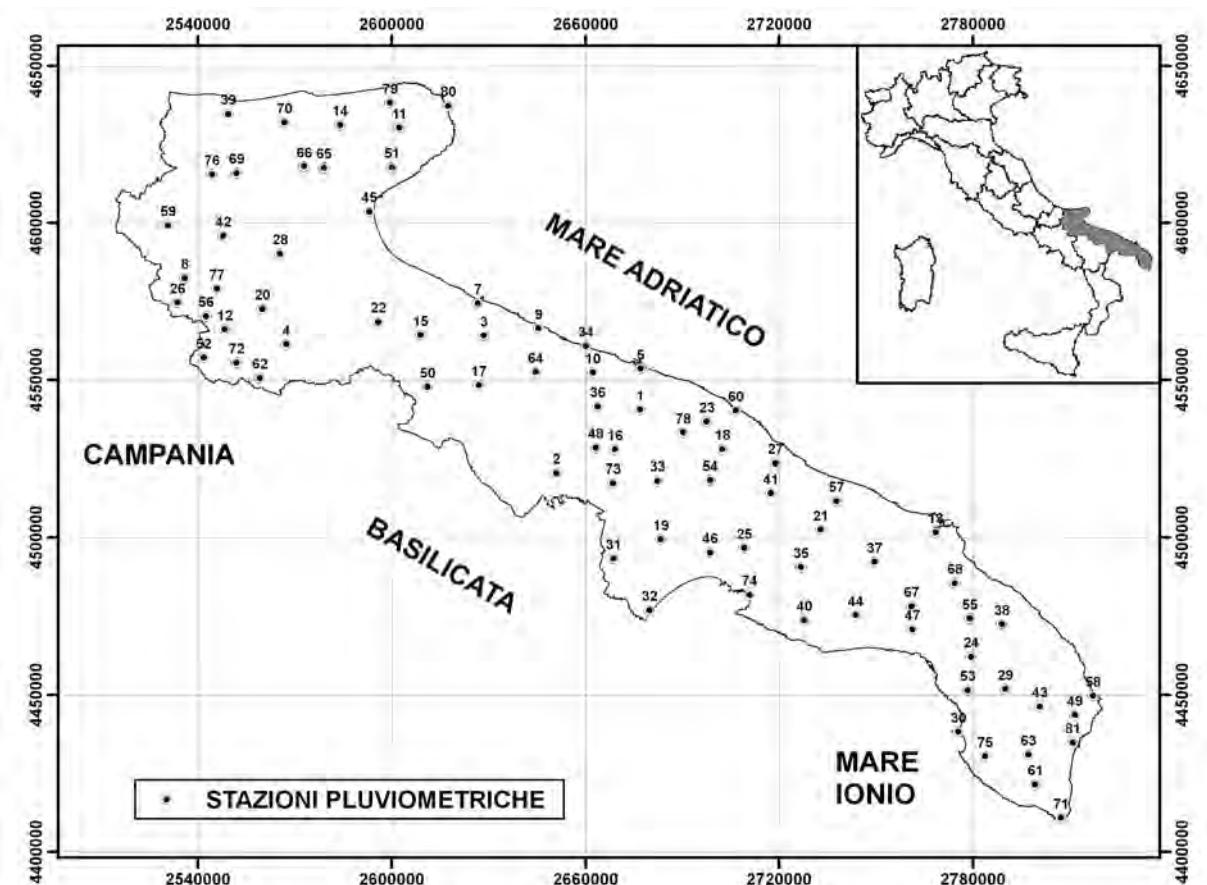


Figura 1 - Localizzazione geografica delle stazioni meteorologiche selezionate. I numeri si riferiscono alle stazioni riportate in Tabella 1

un database per una dettagliata analisi statistica, che include il calcolo dei seguenti indici:

- precipitazioni totali annue (PRCP), calcolate come la somma di tutti i giorni piovosi, dove per piovoso si intende un giorno con precipitazione > 1 mm;
- intensità pluviometrica giornaliera (IPG), espressa come il rapporto tra le precipitazioni totali annue ed il numero dei giorni piovosi;
- la quantità massima di precipitazione caduta in cinque giorni (Max5gg);
- frequenza degli estremi, espressa come numero di giorni che ogni anno eccedono il 90imo e il 95imo percentile (N90 e N95);
- frazione di precipitazioni totali che eccedono il 90imo ed il 95imo percentile (Frac90p e Frac95p);
- lunghezza media dei periodi secchi (LMPS);
- il numero massimo di giorni consecutivi senza pioggia (GSC);
- lunghezza media dei periodi umidi (LMPU);
- il numero massimo di giorni piovosi consecutivi (GUC).

Allo scopo di verificare l'esistenza di trend statistici significativi, tutti i parametri considerati sono stati sottoposti al test non parametrico di Mann-Kendall, così come proposto da Sneyers (1990).

Nel test, per ogni elemento x_i ($i = 1, \dots, n$), viene calcolato il numero di elementi x_j più piccoli ($x_j < x_i$) che lo precedono ed il test statistico è dato da:

$$t = \sum_i \cdot n \cdot i$$

e la sua funzione di distribuzione in caso non si abbia alcun trend (ipotesi nulla) è una distribuzione normale asintoticamente Gaussiana, con la media, $E(t)$, e la varianza, $var(t)$, date da:

$$E(t) = n \cdot (n - 1) / 4$$

$$var(t) = n \cdot (n - 1) \cdot (2n + 5) / 72$$

Infine, il test calcola tutti i valori del parametro u (t) attraverso l'equazione:

$$u(t) = [t - E(t)] / [var(t)]^{1/2}$$



CAMBIAMENTI CLIMATICI E RISCHI GEOLOGICI IN PUGLIA

CASTELLO DI SANNICANDRO DI BARI - 30 Novembre 2007

| Stazione | PRCP | IPG | Max5gg | N90 | Frac90p | N95 | Frac95p | LMP5 | GSC | LMPU | GUC |
|----------------------------|----------------|----------------|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|---------------|----------------|----------------|----------------|
| 1 Adelfia | -1.92 | -1.03 | -1.07 | -2.85** | 0.69 | -2.90** | 1.07 | 1.44 | -0.05 | -2.04* | -2.93** |
| 2 Altamura | -0.89 | 0.77 | -0.61 | -1.63 | 0.34 | -2.09* | 0.44 | 0.81 | -0.74 | -2.09* | -2.79** |
| 3 Andria | -1.46 | -1.17 | -0.74 | -2.03* | 1.75 | -3.31** | 0.55 | 0.09 | -1.46 | -0.81 | -2.52* |
| 4 Ascoli Satriano | -1.93 | 0.05 | -0.40 | -1.92 | -1.33 | -2.21* | -1.10 | 1.67 | -0.15 | -3.51** | -4.71** |
| 5 Bari Osservatorio | -1.86 | -0.44 | -0.35 | -1.56 | 0.18 | -1.56 | 0.34 | 1.01 | -0.41 | -2.13** | -2.98** |
| 6 Bari Ufficio Idrografico | -1.52 | -0.91 | -0.68 | -1.52 | -0.25 | -2.45* | -0.95 | -0.18 | -1.15 | -2.27** | -3.13** |
| 7 Barletta | -3.23** | -1.83 | -2.10* | -3.38** | 0.71 | -3.18** | -0.14 | 2.36* | -1.44 | -1.40 | -3.33** |
| 8 Biccari | -0.55 | 0.64 | -0.31 | -0.66 | -1.32 | -1.00 | -0.12 | 1.75 | -1.30 | -1.44 | -2.91** |
| 9 Bisceglie | -2.96** | -2.62** | -1.98* | -4.66** | 0.03 | -4.13** | 0.74 | 1.86 | -0.14 | -1.30 | -2.32* |
| 10 Bitonto | -1.86 | -0.37 | 0.94 | -2.95** | 0.26 | -2.90** | 0.57 | 1.93 | 0.09 | -1.95 | -3.14** |
| 11 Bosco Umbra | -3.08** | -0.58 | -1.47 | -2.82** | -0.43 | -3.27** | 0.08 | 1.89 | 1.52 | -2.49** | -3.56** |
| 12 Bovino | -1.33 | 0.14 | -0.63 | -1.12 | 0.63 | -0.29 | 0.08 | 0.71 | -2.85** | -3.18** | -4.65** |
| 13 Brindisi | -1.84 | 0.48 | -0.89 | -1.67 | -0.72 | -3.04** | -0.55 | 1.76 | -0.26 | -2.53* | -4.36** |
| 14 Cagnano Varano | -2.40* | -0.34 | -2.22* | -2.91** | -3.10** | -4.40** | -2.64** | 2.22* | 0.05 | -1.76 | -1.98* |
| 15 Canosa di Puglia | -0.81 | 1.30 | -0.83 | -1.86 | -0.83 | -1.64 | -1.00 | 1.69 | -1.90 | -1.95 | -3.22** |
| 16 Cassano Murge | -1.73 | 0.06 | -0.32 | -1.55 | 0.91 | -1.81 | 0.08 | 2.00* | -0.74 | -2.18** | -4.43** |
| 17 Castel del Monte | -2.53* | -0.78 | -0.86 | -2.45* | 0.35 | -2.45* | 0.61 | 2.65** | -0.98 | -2.79** | -3.39** |
| 18 Castellana Grotte | -1.50 | -0.86 | 0.06 | -2.67** | 0.97 | -1.46 | 0.97 | 0.97 | -0.84 | -1.47 | -3.36** |
| 19 Castellana | -0.66 | -0.58 | 0.29 | -1.79 | 0.80 | -1.63 | 1.09 | 0.12 | -1.15 | -1.35 | -2.95** |
| 20 Castelluccio dei Sauri | -1.09 | 1.38 | 0.18 | -1.17 | -0.64 | -2.19* | 0.64 | 2.05* | -1.61 | -2.73** | -4.74** |
| 21 Ceglie Messapica | -1.99* | 0.21 | -1.04 | -1.15 | 0.77 | -2.12* | 0.35 | 2.23* | -0.32 | -1.44 | -3.34** |
| 22 Cerignola | -1.66 | 0.18 | -1.21 | -1.24 | -1.04 | -2.93** | -0.94 | 3.16** | -0.98 | -1.60 | -2.36* |
| 23 Conversano | -1.64 | -0.84 | -0.26 | -1.37 | 3.19** | -1.14 | 2.70** | -0.92 | -1.33 | -3.08** | -3.73** |
| 24 Copertino | -2.25* | -1.49 | -0.78 | -2.39* | 1.52 | -1.76 | 1.44 | 1.66 | 0.11 | -0.40 | -3.91** |
| 25 Crispiano | -0.95 | -0.97 | -0.35 | -2.27* | 0.41 | -0.97 | 0.26 | -0.25 | -0.83 | -1.01 | -1.24 |
| 26 Faeto | 0.68 | 2.65** | 1.00 | 1.44 | -0.78 | -0.06 | -0.21 | 1.78 | -1.49 | -0.94 | -1.79 |
| 27 Fasano | -1.86 | -1.35 | 0.00 | -3.53** | -0.17 | -3.34** | -0.11 | 1.64 | -0.55 | 0.49 | -1.86 |
| 28 Foggia Osservatorio | -1.10 | -0.40 | -1.09 | -1.14 | -0.31 | -1.83 | -1.07 | 1.30 | -0.95 | -1.23 | -3.64** |
| 29 Galatini | -1.12 | 1.27 | 0.20 | -1.58 | 0.81 | -0.55 | 0.52 | 0.83 | -0.68 | 0.72 | -1.84 |
| 30 Gallipoli | -1.01 | 2.62** | 2.12* | -2.15* | -0.64 | -2.95** | 0.06 | 1.95 | 0.28 | -1.15 | -1.84 |
| 31 Ginosa | -2.79** | -1.32 | -0.92 | -3.21** | 0.20 | -4.50** | -0.20 | 2.25* | 0.64 | -2.52* | -5.22** |
| 32 Ginosa Marina | -2.39* | -0.91 | -0.57 | -2.13* | -0.43 | -2.93** | -0.34 | 2.74** | 1.52 | -1.75 | -3.77** |
| 33 Gioia del Colle | 0.44 | -0.20 | 0.11 | -0.78 | 1.49 | 0.11 | 1.14 | -0.94 | -1.43 | 0.28 | -1.79 |
| 34 Giovinazzo | -1.20 | -0.34 | -0.46 | -1.66 | -0.38 | -2.44* | -0.71 | 0.40 | -1.23 | -0.83 | -0.97 |
| 35 Grottaglie | -0.95 | 0.58 | 0.38 | -0.78 | -0.15 | -1.83 | -0.23 | 1.47 | -1.79 | -2.44* | -3.14** |
| 36 Grumo Appula | -0.94 | -0.61 | 1.63 | -1.44 | -0.32 | -2.35* | 0.15 | 0.06 | -1.43 | -1.44 | -1.47 |
| 37 Lattiano | -2.23* | -1.67 | -1.76 | -2.95** | -0.57 | -3.48** | 0.71 | 0.97 | -0.03 | 1.75 | -0.43 |
| 38 Lecce | -1.60 | 3.14** | 1.38 | -1.60 | 0.18 | -0.68 | 0.21 | 1.81 | -0.68 | -0.86 | -2.70** |
| 39 Lesina | -1.99* | -0.60 | -1.06 | -2.32* | -0.51 | -2.59** | -0.08 | 1.38 | -1.04 | -1.87 | -3.38** |
| 40 Lizzano | -2.80** | -0.95 | -1.93 | -2.47* | 0.00 | -3.38** | -1.12 | 3.28** | 0.92 | -1.69 | -2.88** |
| 41 Locorotondo | -1.32 | -0.58 | -0.55 | -2.27* | -0.87 | -2.16* | -1.12 | 1.30 | -0.77 | -0.91 | -1.10 |
| 42 Lucera | -3.71** | -2.41* | -2.55* | -3.39** | -1.63 | -3.74** | -1.23 | 2.86** | -0.46 | -2.41* | -4.22** |
| 43 Maglie | -2.40* | -0.37 | -2.32* | -2.33* | -0.83 | -2.50* | -0.58 | 2.88** | -0.18 | -0.94 | -3.61** |
| 44 Manduria | -2.055* | -0.46 | -0.37 | -3.16** | 0.44 | -2.53* | 0.95 | 1.47 | -0.81 | -0.20 | -2.91** |
| 45 Manfredonia | -3.65** | -0.64 | -1.30 | -2.64** | 0.09 | -1.72 | 0.60 | 2.79** | -0.40 | -2.93** | -4.22** |
| 46 Massafra | -1.79 | -2.75** | -0.40 | -1.78 | 2.30* | -1.27 | 1.79 | -0.40 | -1.03 | 1.04 | -1.41 |
| 47 Masseria Monteruga | -1.01 | -0.21 | -0.17 | -2.10* | -0.12 | -2.49* | 0.49 | 0.37 | -1.67 | -0.97 | -2.59** |
| 48 Mercadante | -1.33 | -3.25** | -0.21 | -2.36* | 1.66 | -1.73 | 1.79 | -1.52 | -2.27* | 1.18 | -0.21 |
| 49 Minervino di Lecce | -1.73 | -0.61 | -1.73 | -1.04 | -1.53 | -2.21* | -1.37 | 2.39* | 0.49 | 0.31 | -2.58** |
| 50 Minervino Murge | -0.43 | 1.43 | -0.57 | -0.68 | -1.70 | -1.27 | -1.96* | 0.92 | -1.32 | -0.74 | -2.24** |
| 51 Monte Sant'Angelo | -2.65** | -0.11 | -0.55 | -2.35* | 0.23 | -2.41* | 0.31 | 3.83** | 0.29 | -2.67** | -4.17** |
| 52 Monteleone di Puglia | -2.07* | 1.17 | -0.51 | -0.97 | -0.09 | -1.07 | 0.06 | 1.21 | -1.92 | -3.57** | -3.80** |
| 53 Nard | -1.35 | 0.97 | 0.06 | -1.07 | 1.03 | -1.41 | 1.29 | 1.35 | 0.06 | -2.52* | -3.30** |
| 54 Noci | -3.77** | -2.03** | -1.79 | -4.89** | 0.60 | -3.73** | 0.98 | 3.02** | -0.29 | -2.82** | -4.28** |
| 55 Novoli | -2.31* | -1.14 | -0.86 | -1.95 | 0.26 | -3.08** | -0.11 | 2.31* | 0.11 | -0.26 | -2.52* |
| 56 Orsara di Puglia | -2.34* | -0.52 | -1.23 | -2.62** | 0.35 | -1.90 | 0.69 | 1.40 | -2.12 | -1.01 | -1.29 |
| 57 Ostuni | -0.44 | 1.01 | 0.09 | -1.37 | 0.38 | -0.74 | 0.60 | 0.69 | -0.51 | -0.05 | -3.02** |
| 58 Otranto | -1.35 | -0.98 | -2.10* | -2.22* | -1.10 | -2.36* | -1.15 | 1.84 | 2.29* | -0.68 | -3.05** |
| 59 Pietramontecorvino | -2.19* | -1.01 | -1.83 | -2.50* | -0.80 | -1.84 | -0.87 | 2.19* | -1.33 | -1.72 | -3.62** |
| 60 Polignano | -1.23 | -2.10* | -0.68 | -2.42* | 0.31 | -3.36** | -0.28 | 0.03 | -1.21 | -0.31 | -2.26* |
| 61 Presicce | -2.10* | -0.17 | -1.10 | -2.38* | -0.15 | -1.53 | -0.34 | 2.30* | 0.08 | -0.87 | -3.50** |
| 62 Rocchetta Sant'Antonio | -1.67 | -1.09 | -0.94 | -2.68** | 1.17 | -2.10* | 1.66 | 0.77 | -1.21 | -2.03* | -3.27** |
| 63 Ruffano | -1.84 | -0.20 | -1.41 | -2.18* | -0.09 | -1.72 | -0.54 | 2.37* | 0.00 | -1.37 | -2.93** |
| 64 Ruvo di Puglia | -2.13* | -0.55 | 0.41 | -2.87** | 0.63 | -2.81** | 0.68 | 2.65** | -0.83 | -0.77 | -3.22** |
| 65 San Giovanni Rotondo | -1.58 | -1.53 | -0.98 | -1.10 | -0.26 | -2.04* | -0.06 | -0.86 | -1.79 | -0.91 | -3.14** |
| 66 San Marco in Lamis | -2.51* | -0.95 | -1.58 | -1.95 | -2.26* | -3.34** | -1.78 | 2.33* | 0.02 | -2.49* | -3.54** |
| 67 San Pancrazio Salentino | -1.00 | 0.43 | 0.55 | -2.12* | 2.19* | -2.42* | 1.81 | 2.22* | -0.57 | -0.54 | -3.10** |
| 68 San Pietro Vernotico | -1.84 | -0.54 | -2.06* | -1.72 | 1.66 | -1.37 | 0.64 | 1.84 | -0.37 | -0.46 | -3.04** |
| 69 San Severo | -0.81 | 0.95 | -0.60 | -1.04 | -1.79 | -1.41 | -0.63 | 2.93** | -0.94 | -1.23 | -2.61** |
| 70 Sannicandro Garganico | -0.69 | -2.19* | -0.49 | -1.12 | 2.26* | -1.43 | 1.79 | -1.38 | -1.83 | -2.21* | -3.54** |
| 71 Santa Maria di Leuca | -1.20 | 1.35 | -1.07 | -1.10 | 0.06 | -1.29 | -0.09 | -0.29 | 1.61 | -0.48 | -2.33* |
| 72 Sant'Agata di Puglia | -0.28 | 1.20 | -0.34 | -1.60 | -0.32 | -1.43 | 0.49 | -0.20 | -1.41 | -3.22** | -4.43** |
| 73 Santeramo in Colle | -2.00* | -0.38 | -0.40 | -1.86 | 1.17 | -0.34 | 0.92 | 1.81 | 0.46 | -2.15* | -3.99** |
| 74 Taranto | 0.43 | 3.02** | 2.64** | -0.20 | 1.70 | 0.25 | 0.97 | 1.44 | -0.08 | -1.70 | -5.48** |
| 75 Taviano | -0.54 | -0.81 | -3.14* | -1.01 | 0.26 | -1.23 | -0.21 | 2.16* | -0.44 | -0.92 | -3.56** |
| 76 Torremaggiore | -2.00* | -0.44 | -1.84 | -2.47* | -0.11 | -2.45* | -0.31 | 2.02* | -0.49 | -2.12* | -3.68** |
| 77 Troia | -2.57* | -0.91 | -0.84 | -2.36* | -0.64 | -2.90** | -1.07 | 1.73 | -0.72 | -1.70 | -3.45** |
| 78 Tun | -1.97* | -0.74 | -0.86 | -2.27* | 0.43 | -1.81 | -0.23 | 1.67 | -1.24 | -2.21* | -3.82** |
| 79 Vico Garganico | 0.69 | 0.64 | 0.49 | -0.71 | 1.03 | 0.12 | 1.21 | -0.28 | -1.03 | -0.54 | -2.49** |
| 80 Vieste | -2.28* | -1.58 | -1.79 | -2.67** | -0.97 | -1.93 | -1.73 | 1.61 | -0.75 | -1.55 | -3.39** |
| 81 Vignacastrisi | -1.12 | -0.89 | -1.56 | -0.68 | -0.51 | -1.86 | -0.75 | 0.25 | 0.06 | 0.02 | -1.03 |

Tabella 2 - Risultati dell'applicazione del test di Mann-Kendall per gli indici per la valutazione degli estremi sul periodo 1951 - 2003. (* = Livello di significatività > 95%; ** = Livello di significatività > 99%)



L'ipotesi di nessun trend viene rigettata quando il valore finale di $u(t)$ è maggiore, in valore assoluto, a 1.96 per un test a due campioni al 95% di livello di significatività e a 2.58 per un test a due campioni al 99% di livello di significatività.

3. RISULTATI

3.1 Analisi a mesoscala (1951 – 2003)

Per ciascuna stazione pluviometrica sono stati calcolati gli indici per la valutazione degli estremi, quindi sottoposti al test statistico di Mann-Kendall. I risultati sono riportati in tabella 2.

I dati mostrano chiaramente una netta tendenza al decremento delle precipitazioni annue per tutte le stazioni, eccezion fatta per Faeto, Taranto e Vico del Gargano; il trend negativo è statisticamente significativo per venti stazioni pluviometriche distribuite omogeneamente su tutto il territorio regionale, a conferma della tendenza generale per tutta la regione.

L'analisi statistica per l'indice IPG, rivela una tendenza al decremento per 56 stazioni, anche se solo per 7 di queste (Bisceglie, Lucera, Massafra,

Mercadante, Noci, Polignano e Sannicandro Garganico) essa è statisticamente significativa. Positivo, anche se statisticamente significativo per le sole stazioni di Faeto, Gallipoli, Lecce e Taranto, il trend per le altre stazioni.

Una tendenza negativa generale è confermata anche per l'indice Max5gg; sono 64 le stazioni a mostrare decremento, di cui 8 caratterizzate da trend statisticamente significativo (Barletta, Bisceglie, Cagnano Varano, Lucera, Maglie, Otranto, Santa Maria di Leuca e Taviano). Tra le 27 stazioni con tendenza positiva, solo Gallipoli e Taranto sono caratterizzate da un trend statisticamente significativo.

Per quanto riguarda la frequenza degli eventi moderatamente estremi (N90) e molto estremi (N95), il test statistico ha permesso di evidenziare una drastica riduzione su tutto il territorio regionale, con più della metà delle stazioni che mostra trend statisticamente significativi. Di contro, per la frazione di precipitazioni eccedenti le soglie del 90imo e del 95imo percentile si registra una tendenza

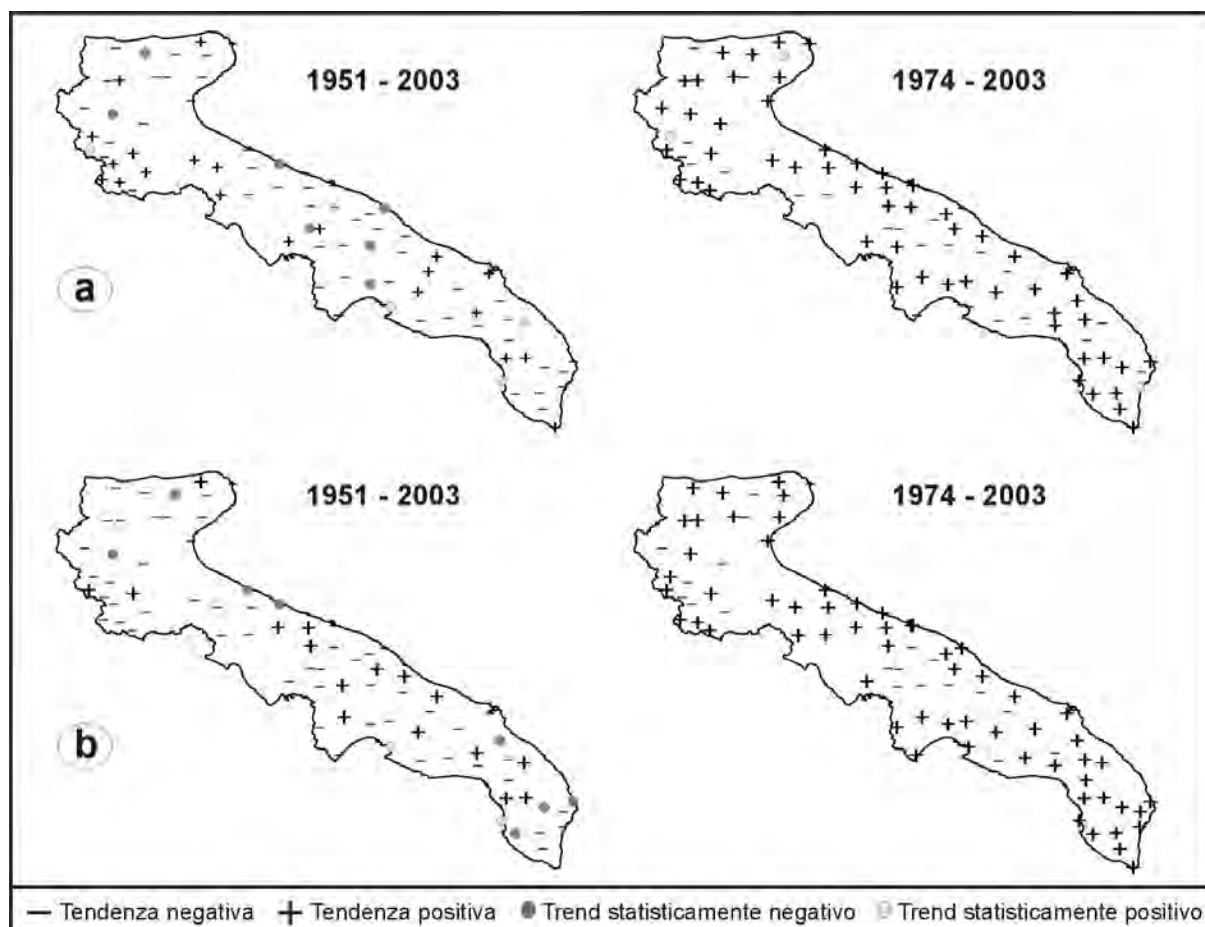


Figura 2 - Trend dell'intensità pluviometrica giornaliera (a) e della quantità massima di precipitazione caduta in cinque giorni (b) per il periodo 1951 – 2003 e per il normal climatologico 1974 – 2003

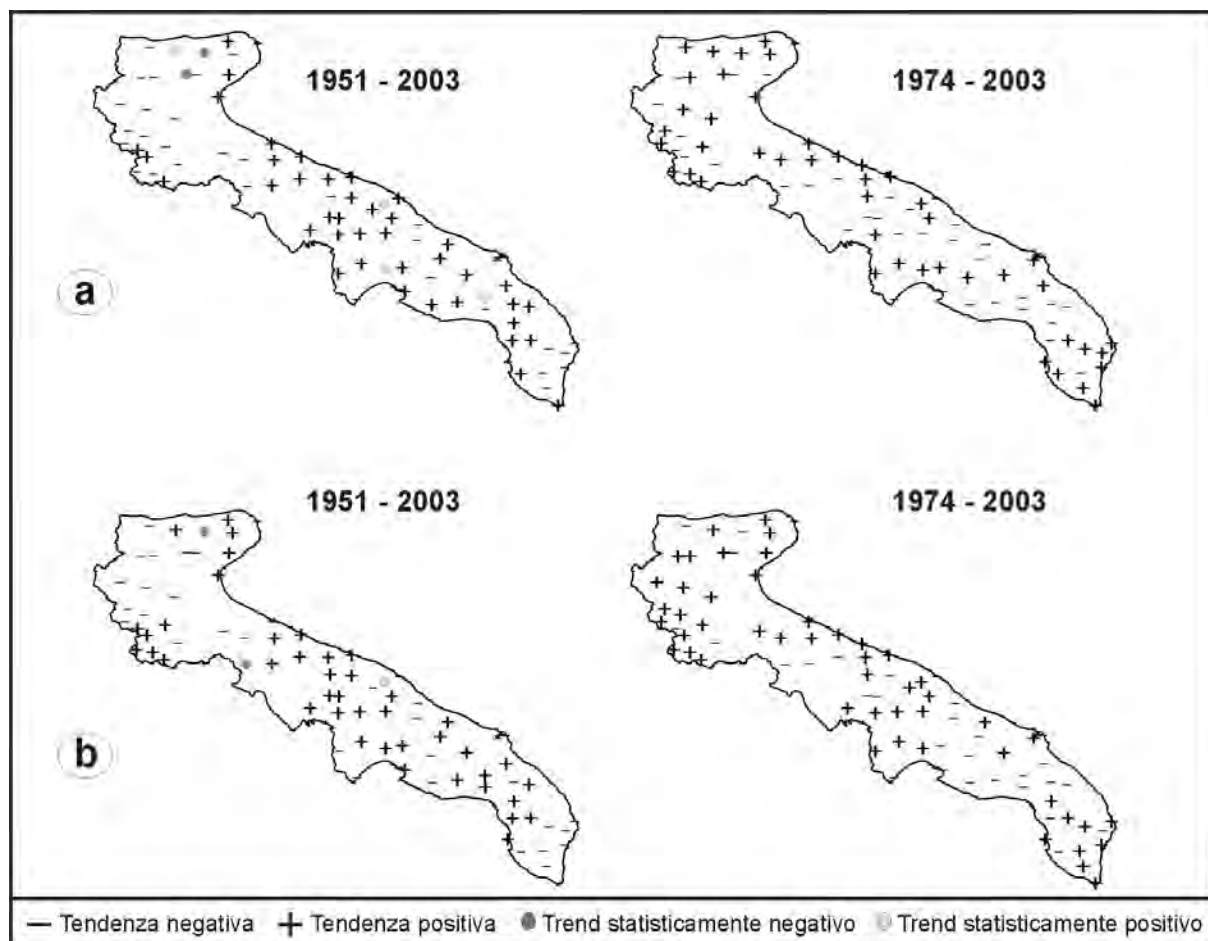


Figura 3 - Trend della frazione di precipitazioni totali che eccedono il 90imo (a) ed il 95imo percentile (b) per il periodo 1951 - 2003 e per il normal climatologico 1974 - 2003

all'aumento in più della metà delle stazioni.

Positiva, con trend statisticamente significativi per 26 stazioni, è la tendenza dell'indice LMPS, laddove invece prevale una tendenza al decremento per l'indice GSC.

Decisamente negativa è la tendenza per gli indici LMPU (26 stazioni presentano trend statisticamente significativo) e GUC (68 stazioni presentano trend statisticamente significativo), ad indicare una drastica diminuzione della durata dei periodi umidi.

3.2 Analisi a microscala (1974 - 2003)

Per ciascuna stazione pluviometrica sono stati calcolati gli indici per la valutazione degli estremi, quindi sottoposti al test statistico di Mann-Kendall. I risultati sono riportati in tabella 3.

I dati confermano una tendenza al decremento per più della metà delle stazioni (50), sebbene per nessuna di queste si registri un trend statisticamente significativo. Aumenta, invece, soprattutto nelle Province di Brindisi e Foggia, il numero di stazioni in

cui si registra una tendenza all'incremento delle precipitazioni totali. In generale, comunque, emerge l'assenza di trend statisticamente significativi o vicini all'esserlo.

L'analisi statistica per l'indice IPG, rivela una tendenza all'incremento per 50 stazioni, anche se solo per 3 di queste (Biccari, Bosco Umbra e Vignecastrisi) essa è statisticamente significativa. Le restanti stazioni sono caratterizzate da una tendenza negativa, mai statisticamente significativa.

Positiva per 60 stazioni, anche se non statisticamente significativa, risulta la tendenza per l'indice Max5gg.

Negativa per tutto il territorio regionale è la frequenza degli eventi moderatamente e molto estremi. Tuttavia solo per 8 (Bovino, Cassano Murge, Fasano, Ginosa Marina, Manduria, Ostuni, Ruvo di Puglia, San Pancrazio Talentino) e 9 stazioni (Bari Ufficio Idrografico, Cagnano Varano, Fasano, Ginosa Marina, Lesina, Lizzano, Manduria, Mercadante, Orsara di Puglia) il test statistico ha eviden-



| Stazione | PRCP | IPG | Max5gg | N90 | Frac90p | N95 | Frac95p | LMP5 | GSC | LMPU | GUC |
|----------------------------|-------|---------------|--------------|---------------|---------|----------------|---------|---------------|-------|----------------|----------------|
| 1 Adelfia | -0.62 | 0.05 | -0.20 | -0.87 | -0.02 | -1.62 | -0.05 | 0.34 | 0.34 | -2.52* | -1.59 |
| 2 Altamura | -0.23 | 1.05 | 1.41 | -1.52 | -0.23 | -1.73 | 0.48 | 1.16 | 1.05 | -1.69 | -1.20 |
| 3 Andria | -0.12 | 0.02 | 1.09 | -0.20 | 0.55 | -1.77 | 0.34 | 0.66 | 0.91 | -2.55* | -1.80 |
| 4 Ascoli Satriano | -0.95 | -0.45 | -0.41 | -1.37 | -0.37 | -1.55 | -1.02 | 1.52 | -0.09 | -1.37 | -2.37* |
| 5 Bari Osservatorio | -0.98 | -0.62 | 0.70 | -0.98 | -0.09 | -1.27 | 0.52 | 0.73 | 0.05 | -1.66 | -1.98* |
| 6 Bari Ufficio Idrografico | -0.45 | 0.52 | 1.37 | -0.84 | 0.02 | -2.19* | -0.20 | 0.02 | -0.66 | -1.91 | -2.05* |
| 7 Barletta | -1.27 | 0.30 | 0.80 | -0.34 | 0.84 | -1.20 | 0.62 | 1.87 | 0.12 | -1.62 | -1.94 |
| 8 Bicari | 0.98 | 2.16* | 0.52 | 0.55 | 1.23 | -0.23 | 1.30 | 2.19* | 0.70 | -1.12 | -3.05** |
| 9 Bisceglie | 1.09 | 0.52 | 0.70 | -0.48 | 0.73 | 0.55 | 1.55 | -0.27 | 0.05 | -0.70 | -0.59 |
| 10 Bitonto | -0.12 | 0.29 | 1.16 | -1.09 | 0.37 | -1.05 | 1.30 | 1.20 | 0.80 | -2.48* | -1.55 |
| 11 Bosco Umbra | -0.27 | 2.34* | 0.27 | 0.09 | 0.41 | 0.05 | 0.66 | 1.30 | 1.23 | -0.87 | -0.37 |
| 12 Bovino | -1.48 | -0.30 | -0.59 | -2.44* | -1.09 | -0.12 | 0.52 | 1.52 | -0.80 | -3.98** | -1.80 |
| 13 Brindisi | 1.09 | 0.73 | -0.73 | -0.48 | 0.70 | -0.91 | 0.60 | 0.59 | 0.41 | -0.12 | -1.48 |
| 14 Cagnano Varano | -0.12 | 1.37 | -0.59 | -0.77 | 0.45 | -1.98* | -0.55 | 1.09 | 0.66 | -0.80 | 0.12 |
| 15 Canosa di Puglia | 0.23 | 1.02 | 0.30 | -0.87 | 0.05 | 0.09 | 0.73 | 0.55 | 0.09 | -2.27* | -1.94 |
| 16 Cassano Murge | -0.84 | -1.16 | -0.95 | -1.98* | -1.23 | -1.48 | -0.77 | 0.20 | 0.34 | -1.52 | -2.19* |
| 17 Castel del Monte | -0.77 | -0.59 | 0.23 | -1.66 | -0.77 | -1.52 | -0.12 | 1.66 | -0.20 | -2.27* | -2.16* |
| 18 Castellana Grotte | 0.45 | 1.27 | 1.59 | -0.52 | 0.87 | 0.48 | 1.84 | 1.23 | 0.09 | -1.23 | -1.16 |
| 19 Castellana | -0.37 | 0.80 | 0.95 | -0.60 | 0.12 | -0.84 | 0.23 | 1.80 | -0.12 | -0.77 | -1.30 |
| 20 Castelluccio dei Sauri | 0.70 | 0.98 | 0.80 | 0.55 | 1.27 | -0.80 | 1.20 | 1.12 | -0.80 | -0.20 | -3.30** |
| 21 Ceglie Messapica | -0.34 | -0.37 | -0.98 | -0.80 | -0.70 | -1.91 | -0.62 | 1.34 | 0.55 | 1.52 | -1.23 |
| 22 Cerignola | -0.12 | 0.55 | 0.37 | -0.52 | 0.30 | -1.12 | 0.23 | 1.23 | 0.45 | 0.12 | -0.55 |
| 23 Conversano | 0.23 | 0.41 | 0.77 | 0.52 | 0.73 | -0.30 | 1.27 | 0.87 | -0.02 | 0.23 | -1.20 |
| 24 Copertino | -0.91 | -0.55 | 0.27 | -1.52 | -0.90 | -1.30 | 0.02 | 1.02 | 0.02 | -0.84 | -2.73** |
| 25 Crispiano | 0.12 | 0.91 | 1.52 | -1.37 | 0.02 | -1.27 | -0.02 | 0.37 | -1.23 | -1.59 | -0.77 |
| 26 Faeto | 0.80 | 0.91 | 0.48 | 0.34 | 0.87 | -0.09 | 0.41 | -0.59 | -0.05 | -1.34 | -1.02 |
| 27 Fasano | 0.05 | 0.20 | 0.48 | -2.19* | -0.52 | -2.16* | -0.16 | 0.84 | -0.41 | -0.34 | -0.87 |
| 28 Foggia Osservatorio | -0.37 | 0.34 | -0.16 | -0.12 | 0.62 | -0.98 | 0.30 | 0.66 | -0.66 | -0.84 | -1.80 |
| 29 Galatina | 0.09 | 0.80 | 0.95 | -0.45 | 0.27 | -1.02 | 0.30 | -2.09* | -0.91 | -0.66 | -1.84 |
| 30 Gallipoli | 0.48 | 0.87 | 0.80 | -0.23 | 0.41 | -1.12 | 0.05 | -1.77 | -1.27 | -1.94 | -0.59 |
| 31 Ginosa | 0.34 | 0.55 | 0.59 | -0.16 | 0.55 | -1.41 | 0.23 | 0.70 | 0.27 | -1.69 | -2.05* |
| 32 Ginosa Marina | -1.09 | -1.30 | 0.02 | -2.16* | -1.48 | -2.52* | -1.34 | 1.30 | -0.62 | -0.77 | -0.34 |
| 33 Gioia del Colle | -1.48 | -0.84 | -1.16 | -1.84 | -0.77 | -0.52 | 0.30 | 0.12 | 0.34 | -1.69 | -1.62 |
| 34 Giovinazzo | 1.20 | 1.84 | 0.98 | 0.59 | 1.69 | 0.27 | 1.80 | 0.37 | 0.70 | -1.34 | -0.77 |
| 35 Grottaglie | 0.70 | 0.20 | 1.09 | -0.52 | 0.52 | -1.34 | -0.12 | 0.62 | 0.16 | -0.73 | -1.02 |
| 36 Grumo Appula | -0.55 | 1.23 | 1.30 | -0.34 | 1.05 | -0.84 | 0.55 | 0.91 | 0.23 | -1.69 | -1.02 |
| 37 Latiano | 0.30 | 0.37 | 0.16 | -0.95 | 0.27 | -1.02 | 0.05 | 2.19* | 0.05 | 0.66 | -0.37 |
| 38 Lecce | -0.27 | -0.02 | 1.20 | -0.55 | -0.05 | -1.30 | -0.34 | -0.91 | 0.02 | 0.09 | -0.55 |
| 39 Lesina | -0.16 | -0.66 | 0.02 | -1.34 | -0.73 | -2.19* | -0.77 | -0.30 | -0.45 | -0.55 | -1.02 |
| 40 Lizzano | -0.80 | -1.12 | -0.73 | -1.41 | -1.05 | -2.69** | -1.55 | 1.52 | -0.62 | -1.05 | -0.84 |
| 41 Locorotondo | -0.77 | -1.45 | -0.52 | -1.77 | -1.12 | -1.02 | -0.45 | -0.09 | 0.16 | -0.84 | 0.23 |
| 42 Lucera | 0.23 | 1.16 | -0.02 | -0.20 | 0.77 | -0.02 | 0.77 | 1.73 | 0.95 | -1.05 | -1.91 |
| 43 Maglie | -0.16 | 1.20 | 0.62 | -0.41 | 0.48 | -0.41 | 0.37 | 2.27* | -0.02 | -0.37 | -1.37 |
| 44 Manduria | -0.84 | -0.98 | 1.09 | -2.12* | -1.27 | -2.27* | -1.41 | 1.66 | -1.23 | 0.52 | 0.16 |
| 45 Manfredonia | -0.23 | 0.91 | 0.16 | -0.66 | 0.16 | -0.37 | 0.80 | 0.12 | 0.09 | -2.27* | -0.55 |
| 46 Massafra | 0.45 | 0.73 | 1.77 | -0.41 | 0.80 | -0.05 | 1.02 | 1.30 | -0.77 | -0.27 | -0.45 |
| 47 Masseria Monteruga | -0.48 | 0.05 | 0.62 | -1.16 | -0.12 | -1.45 | -0.20 | 1.09 | -0.55 | -1.09 | -0.16 |
| 48 Mercadante | -1.37 | -0.59 | -0.62 | -1.30 | -0.84 | -2.37* | -1.30 | 0.80 | 0.12 | -2.52* | -1.48 |
| 49 Minervino di Lecce | -0.16 | -0.37 | 0.80 | -0.27 | 0.09 | -0.84 | -0.34 | 0.77 | -0.91 | -0.02 | -1.52 |
| 50 Minervino Murge | -0.02 | -0.37 | 1.09 | -1.55 | -0.91 | -1.55 | -0.30 | 0.55 | -0.05 | -0.45 | -0.12 |
| 51 Monte Sant'Angelo | -0.30 | 1.16 | 1.55 | -1.41 | -0.02 | -0.84 | 0.27 | 1.52 | 1.23 | -2.44* | -2.05* |
| 52 Monteleone di Puglia | -0.02 | 1.02 | 0.62 | -0.77 | 0.37 | -0.09 | 1.23 | 0.55 | -0.09 | -2.77** | -1.48 |
| 53 Nardò | -0.12 | 0.62 | 0.98 | -1.23 | -0.41 | -1.87 | -0.73 | 1.34 | -1.20 | -2.80** | -2.16* |
| 54 Noci | -0.37 | -0.02 | -0.12 | -1.94 | -0.66 | -1.41 | 0.02 | 0.91 | -0.20 | -0.20 | -1.37 |
| 55 Novoli | -0.77 | 0.05 | 0.41 | -0.37 | -0.05 | -1.02 | -0.48 | 1.62 | -0.30 | -1.23 | -2.09* |
| 56 Orsara di Puglia | -1.77 | -1.02 | -1.23 | -1.73 | -1.41 | -1.98* | -1.12 | 1.37 | -0.80 | -2.59** | -0.95 |
| 57 Ostuni | 0.37 | 1.16 | 0.59 | -2.30* | -0.73 | -0.91 | 0.30 | 1.02 | -0.23 | 0.23 | -1.20 |
| 58 Otranto | 0.84 | 1.30 | 0.70 | 0.80 | 1.34 | 0.27 | 0.62 | 1.16 | 0.73 | -0.16 | -1.23 |
| 59 Pietramontecorvino | 0.12 | 0.20 | -0.91 | -1.16 | -0.05 | -0.59 | 0.77 | 0.98 | 0.70 | 0.27 | -1.23 |
| 60 Polignano | -0.66 | -0.16 | 0.70 | -0.48 | -0.30 | -1.84 | -0.95 | 0.77 | -0.05 | -1.16 | -0.52 |
| 61 Presicce | -0.16 | 0.66 | 0.84 | -0.34 | 1.09 | -0.20 | 0.70 | 1.30 | -0.98 | -0.27 | -1.16 |
| 62 Rocchetta Sant'Antonio | -0.77 | 0.27 | 0.09 | -0.84 | 0.23 | -1.05 | 0.48 | 1.05 | -0.23 | -2.02* | -2.27* |
| 63 Ruffano | -0.12 | 1.16 | 0.55 | -1.20 | -0.23 | -0.66 | 0.62 | 2.27* | -0.02 | 0.05 | -1.69 |
| 64 Ruvo di Puglia | -0.37 | 0.34 | 1.02 | -2.02* | -0.98 | -1.55 | -0.23 | 1.34 | 0.09 | -0.91 | -1.62 |
| 65 San Giovanni Rotondo | -0.59 | -0.37 | -0.12 | -0.91 | -0.66 | -1.34 | -0.80 | 0.52 | 0.05 | -1.34 | -2.41* |
| 66 San Marco in Lamis | 0.12 | 1.12 | 0.09 | 0.37 | 0.91 | -0.80 | 0.02 | 0.45 | -0.73 | -0.91 | -0.87 |
| 67 San Pancrazio Salentino | -0.45 | 0.02 | -0.09 | -2.69* | -0.77 | -1.09 | -0.02 | 1.59 | -0.98 | -0.41 | -1.30 |
| 68 San Pietro Vernotico | 0.12 | 1.27 | 0.02 | -0.48 | 0.37 | -1.55 | -0.27 | 0.80 | -0.62 | -0.45 | -1.30 |
| 69 San Severo | 0.48 | 0.48 | 0.52 | -0.27 | 0.52 | 0.62 | 1.46 | 0.41 | -0.55 | -0.73 | -1.09 |
| 70 Sannicandro Garganico | 0.45 | 0.98 | 1.02 | 0.23 | 1.09 | 0.09 | 1.55 | 0.16 | -1.02 | -0.41 | -2.12* |
| 71 Santa Maria di Leuca | 0.23 | 1.73 | 1.12 | -0.59 | 0.30 | -0.70 | 0.62 | -1.45 | 0.41 | 0.12 | -0.41 |
| 72 Sant'Agata di Puglia | 0.87 | 0.73 | 0.62 | 0.41 | 0.87 | -0.59 | 0.34 | 1.16 | 0.77 | 0.73 | -2.09* |
| 73 Santeramo in Colle | -0.55 | 0.55 | -0.09 | -0.62 | 0.09 | -1.16 | 0.30 | 0.66 | 0.55 | -0.12 | -2.30** |
| 74 Taranto | -0.62 | -0.27 | 0.41 | -1.80 | -0.91 | -1.45 | -0.52 | 1.05 | 0.30 | -1.05 | -3.20** |
| 75 Taviano | 0.41 | 1.27 | 1.16 | -0.52 | 0.41 | -1.41 | -0.12 | -1.66 | -0.20 | 0.02 | -2.52* |
| 76 Torremaggiore | 0.84 | 0.12 | 0.30 | -0.98 | -0.05 | 0.16 | 1.20 | 0.02 | -0.80 | 0.05 | -1.30 |
| 77 Troia | -1.41 | -0.55 | -0.62 | -1.23 | -0.48 | -0.98 | 0.02 | 1.52 | 0.12 | 0.16 | -1.05 |
| 78 Turi | -0.37 | -0.02 | -0.77 | -1.05 | -0.27 | -0.52 | 0.09 | 0.05 | -0.12 | 0.23 | -1.41 |
| 79 Vico Garganico | 0.55 | 1.34 | 0.80 | -0.12 | 0.95 | 0.05 | 0.95 | 1.66 | 0.66 | 1.16 | -0.30 |
| 80 Vieste | -0.95 | 0.80 | -0.73 | -0.62 | -0.09 | -1.23 | -0.09 | 1.45 | -0.09 | 0.27 | -1.45 |
| 81 Vignacastresi | 0.62 | 3.02** | 0.95 | 1.27 | 1.62 | 0.12 | 1.23 | 2.16* | 0.52 | 0.55 | -0.20 |

Tabella 3 - Risultati dell'applicazione del test di Mann-Kendall per gli indici per la valutazione degli estremi sul normal climatologico 1974 - 2003. (* = Livello di significatività > 95%; ** = Livello di significatività > 99%)



ziato trend statisticamente significativi rispettivamente per gli indici N90 ed N95.

Analogamente a quanto visto per il 1951 – 2003, per la frazione di precipitazioni eccedenti le soglie del 90imo e del 95imo percentile si registra una tendenza all'aumento in più della metà delle stazioni.

Positiva, anche se con trend statisticamente significativi solo per 5 stazioni (Biccari, Latiano, Maglie, Ruffano, Vignecastrisi), è la tendenza dell'indice LMPS. Persiste la tendenza al decremento per l'indice GSC.

Decisamente negativa è la tendenza per gli indici LMPU (13 stazioni presentano trend statisticamente significativo) e GUC (19 stazioni presentano trend statisticamente significativo), indicativa di una drastica diminuzione della durata dei periodi umidi.

3.3. Confronto delle situazioni 1951 – 2003 e 1974 – 2003.

Il confronto dei dati ottenuti a meso e microscala permette di poter definire i principali cambiamenti

nel regime pluviometrico pugliese negli ultimi cinquanta anni.

Le precipitazioni totali annue sono in decremento, mentre aumenta l'intensità delle precipitazioni, specie nell'ultimo trentennio.

Il confronto delle situazioni riferibili ai periodi 1951 – 2003 e 1974 – 2003 per gli indici IPG e Max5gg (figura 2), mostra chiaramente una netta inversione di tendenza nell'ultimo trentennio di osservazione.

Non vi sono, invece, grossi cambiamenti per quanto riguarda la frequenza e l'intensità degli eventi "moderatamente" e "molto estremi" (figura 3). Le frequenza di tali eventi appare in costante decremento, mentre aumenta la magnitudo.

Per quanto concerne i cicli umido-secchi, si rileva per tutto il territorio pugliese un costante incremento della lunghezza media dei periodi secchi, cui si associa, negli ultimi anni, anche quello del massimo numero di giorni secchi consecutivi (figura 4). Di contro, la lunghezza media dei periodi

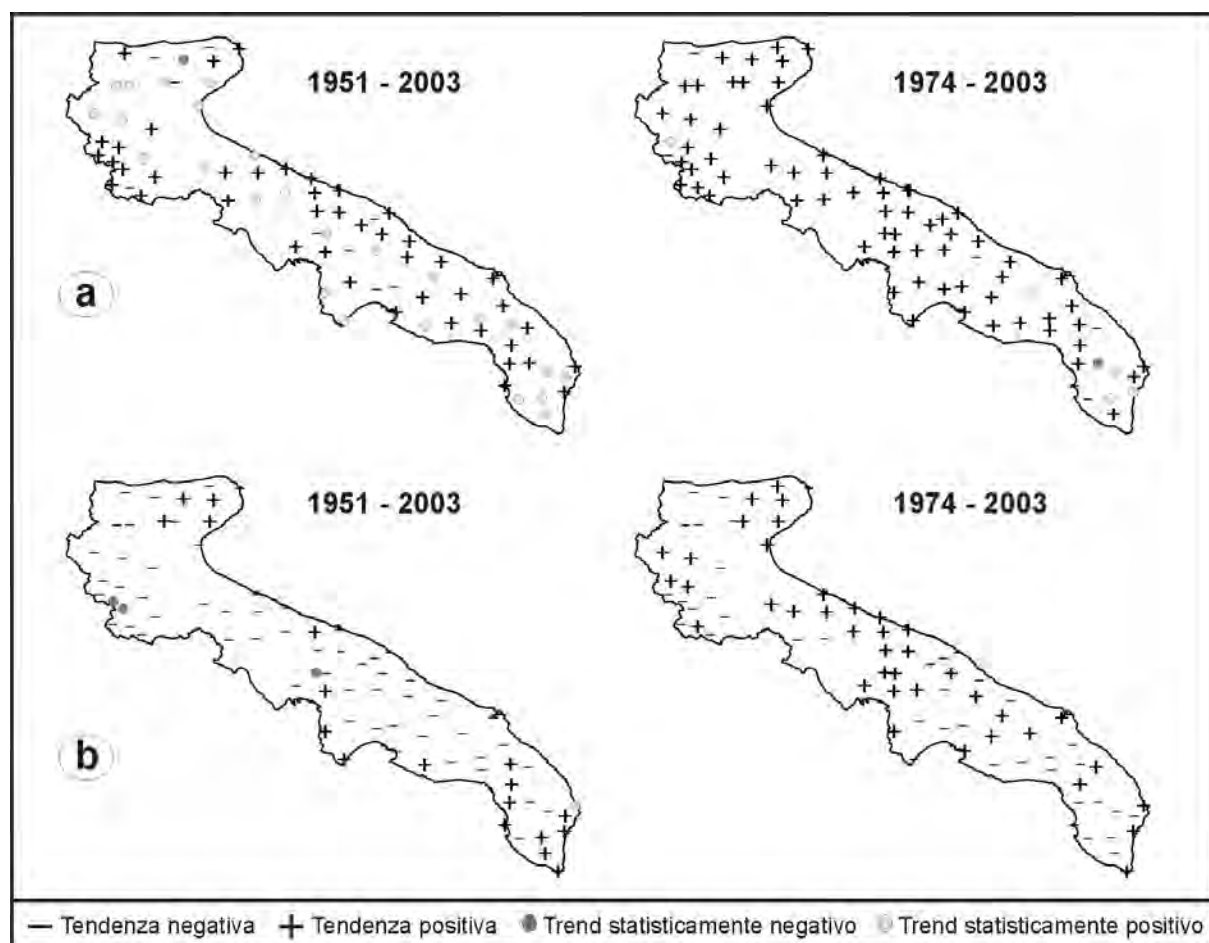


Figura 4 - Trend della lunghezza media dei periodi secchi (a) e del numero massimo di giorni consecutivi senza pioggia (b) per il periodo 1951 – 2003 e per il normal climatologico 1974 – 2003



umidi e il numero di giorni piovosi consecutivi sono in netto decremento.

4. DISCUSSIONE E CONCLUSIONI

In questo lavoro sono stati analizzati statisticamente vari indici pluviometrici per 81 stazioni della Regione Puglia, per definire un quadro climatico di dettaglio e, soprattutto, di stimare il possibile impatto dei cambiamenti del regime pluviometrico pugliese, sia sulle risorse idriche che sui fenomeni di dissesto idrologico.

In sintesi, i risultati ottenuti mostrano che:

- Le precipitazioni totali annue sono in costante decremento, così come il numero di eventi piovosi; tuttavia si registra un incremento dell'intensità di precipitazione giornaliera negli ultimi trenta anni di osservazione;
- Per le precipitazioni massime in 5 giorni consecutivi si nota una tendenza evolutiva positiva per il trentennio 1974 – 2003, opposta a quella osservata per il periodo 1951 – 2003;
- La frequenza degli estremi pluviometrici ha subito un decremento costante dal 1951 al 2003, mentre le frazioni di precipitazioni eccedenti le soglie del 90imo e del 95imo percentile sono in aumento;
- La frequenza e la lunghezza dei periodi secchi è in costante aumento in tutto il territorio regionale, mentre la frequenza e la lunghezza dei periodi umidi sono in decremento.

I dati ottenuti sono coerenti con il quadro fornito da Brunetti *et al.* (2004b) per l'Italia e da Agnese *et al.* (2002) e Piccarreta *et al.* (2004) per Sicilia e Basilicata.

Il regime pluviometrico pugliese è stato caratterizzato negli ultimi anni da un cambiamento non solo nella distribuzione degli eventi, ma anche del loro quantitativo giornaliero.

Ad una graduale diminuzione della frequenza degli eventi estremi, è seguito di pari passo un incremento della magnitudo degli stessi.

Caratteristica ancora più importante è che le piogge tendono a concentrarsi in macro-eventi di 3-4 giorni di notevole intensità, intervallati poi da un orizzonte secco sempre più esteso.

Tale dinamica pluviometrica risulta essere inevitabilmente dannosa per il territorio.

Il continuo ripetersi di lunghi periodi secchi congiuntamente alla diminuita frequenza e lunghezza di quelli umidi, rappresenta un grave danno per le riserve idriche dei bacini acquiferi pugliesi. Allo stesso tempo, vengono favoriti fenomeni di dissesto

idrogeologico quali frane ed alluvioni. La piovosità abbondante che precede eventi di intensità critica, saturando i terreni, facilita fenomeni di dilavamento e, nei casi estremi, l'innescò di movimenti di massa e alluvioni.

BIBLIOGRAFIA

AGNESE C., BAGARELLO V., NICASTRO G. (2002) - *Alterazione di alcuni caratteri del regime pluvio-termostatico siciliano nel periodo 1916–1999*. Atti del Convegno Nazionale dell'AIAM, Associazione Italiana di Agrometeorologia "L'agrometeorologia nel Mediterraneo", 6–7 June, Catania; 18–31.

ALPERT P., BEN-GAI T., BAHARAD A., BENJAMINI Y., YEKUTIELI D., COLACINO M., DIODATO L., RAMIS C., HOMAR V., ROMERO R., MICHAELIDES S., MANES A. (2002) - *The paradoxical increase of Mediterranean extreme daily rainfall in spite of decrease in total values*. Geophysical Research Letters 29, 11, 31-1 – 31-4.

BRUNETTI M., MAUGERI M., NANNI T., NAVARRA A. (2002) - *Droughts and extreme events in regional daily Italian precipitation series*. International Journal of Climatology 22, 543-558.

BRUNETTI M., BUFFONI L., MANGIANTI F., MAUGERI M., NANNI T. (2004a) - *Temperature, precipitation and extreme events during the last century in Italy*. Global and Planetary Change 40, 141-149.

BRUNETTI M., MAUGERI M., MONTI T., NANNI T. (2004b) - *Changes in daily precipitation frequency and distribution in Italy over the last 120 years*. Journal of Geophysical Research – Atmosphere 109, D05, D05102.

EISCHEID J.K., PASTERIS P., DIAZ H., PLANTICO M., LOTTI N. (2000) - *Creating a serially complete, national daily time series of temperature and precipitation for the Western United States*. Journal of Applied Meteorology 39, 1580–1591.

IPCC, CLIMATE CHANGE (2001) - *Impacts, adaptation and vulnerability*. Working Group II, Cambridge University Press.

PICCARRETA M., CAPOLONGO D., BOENZI F. (2004) - *Trend analysis of precipitation and drought in Basilicata from 1923 to 2000 within a Southern Italy context*. International Journal of Climatology 24, 907 – 922.

SERVIZIO IDROGRAFICO (1951-2003) - *Annali Istituto Poligrafico dello Stato*. Roma

SNEYERS R. (1990) - *On the statistical analysis of series of observation*.

WMO, *Technical Note n. 143*, Geneve, 192 pp.