

FIGURELLA ACQUAOTTA \*, ADRIANA ALBANESE \*, MANUELA BASSI \*\*,  
BARBARA CAGNAZZI \*\*, ROBERTO CREMONINI \*\*,  
SIMONA FRATIANNI \* e LUCIANO MASCIOTTOC \*

## CONSIDERAZIONI SULLA CONTINUITÀ DELLE SERIE STORICHE DI PRECIPITAZIONE E TEMPERATURA IN PIEMONTE

*ABSTRACT: Considerations on the Continuity of Precipitation and Temperature Historical Series in Piedmont.* – The accuracy in data series linkage registered by different meteorological networks during different times in Piedmont region has been evaluated in the present study. The goal is the availability of meteorological data series long enough to carry out studies about the climate change in Piedmont region. After the original data homogenisation, statistical tests on data registered by both networks during the period of contemporary work in twenty six localities for precipitation and in fifteen localities for temperatures have been carried out. Only eleven localities are proved to be suitable for the linkage of the precipitation data series, while in no case the temperature series were able to be linked. For each suitable locality, the joint years between the two series of precipitation have been identified to consider the entire period of measurement as uninterrupted.

Keywords: Piedmont, temperature, precipitation.

Parole chiave: Piemonte, temperatura, precipitazione.

### *Introduzione*

Le temperature e le precipitazioni in Piemonte, sin dall'inizio del secolo scorso, sono state raccolte da stazioni di misura in parte automatiche ed in parte meccaniche, gestite dal Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale (SIMN), costituito nel 1913 e pubblicate in

---

\* Dipartimento di Scienze della Terra, Università degli Studi di Torino.

\*\* Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale (ARPA) Piemonte, Torino.

“Annali Idrologici”. Ragioni di innovazione tecnologica e di economicità hanno portato alla progressiva dismissione degli strumenti di misura gestiti dal SIMN con strumenti più moderni, completamente automatici ed elettronici, in grado di fornire misure in tempo reale con elevato dettaglio temporale.

A partire dal 1988 è presente sul territorio piemontese una rete meteoidrografica automatica, gestita inizialmente dai Servizi Tecnici di Prevenzione della Regione Piemonte e, dal 2002, dall'ARPA Piemonte. La rete automatica in telerilevamento risulta oggi costituita da circa 360 stazioni di misura.

Al fine di poter effettuare raffronti e valutazioni oggi molto attuali per i problemi di cambiamento climatico, che si avvalgano di tutte le misure disponibili a partire dagli inizi del secolo scorso, è quindi necessario valutare la correlabilità delle serie di misure acquisite dopo i cambiamenti di strumentazione e, per alcuni casi, di sito.

Sono state, pertanto, individuate località, distribuite nel modo più omogeneo possibile sul territorio regionale, in cui sono presenti stazioni appartenenti alle due reti meteorologiche ed è stato effettuato un confronto tra le misure acquisite dalle due differenti strumentazioni, nel periodo di sovrapposizione di misura.

Attraverso questo confronto, sono state individuate le coppie di stazioni idonee al collegamento delle due serie per le analisi climatiche sull'intero periodo coperto dalle misure strumentali.

#### *Località scelte per il confronto tra le misure delle due reti meteorologiche*

Per il confronto dei dati della rete ex SIMN con quelli della rete ARPA Piemonte sono state individuate 26 località, in cui sono installate stazioni meteorologiche di entrambe le reti e di cui si ha a disposizione un periodo di sovrapposizione tra le misure (tab. I). Tutte le stazioni risultano dotate di uno strumento per la registrazione delle precipitazioni, ma solo 15 per la misura della temperatura (fig. 1).

#### *Metodi di analisi e di confronto dei dati termometrici*

Per ciascuna delle 15 località dotate di dati termometrici sono state prese in considerazione le serie dei dati giornalieri di tempera-

Tab. I - Località per le quali è stato svolto il confronto tra le serie di dati di precipitazione (\*) e di temperatura (°) dell'ex SIMN e dell'ARPA: quota delle due stazioni (m. s.l.m.), differenza altimetrica tra di esse (m), loro distanza (m) e periodo di sovrapposizione tra le misure.

LOCALITÀ	QUOTA ex-SIMN	QUOTA ARPA	DIFF. QUOTA	DIST.	PERIODO
Ala di Stura (TO) * ° 1993-2001 (°)	1006	1006	36	70	1993-2003 (*)
Alagna Valsesia (VC) * ° 2002 (°)	1215	1196	19	2500	2001-2002(*)
Asti (AT) *	158	117	41	2350	1988-2003 (*)
Asti (AT) °	158	117	40	2750	1998-2003 (°)
Bardonecchia (TO) *	1250	1353	97	800	1991-2003 (*)
Biella (BI) * °	412	405	7	300	2001-2003 (* °)
Boves (CN) *	590	575	15	1240	1988-2003 (*)
Bra (CN) * °	290	285	5	15	1993-2003 (* °)
Carcoforo (VC) *	1150	1290	140	2500	1997-2003 (*)
Casale M.to. (AL) * ° 1988-2001 (°)	113	118	5	20	1988-2000 (*)
Ceresole Reale - Lago Serrù (TO) *	2260	2304	44	920	1996-2003 (*)
Cumiana (TO) * °	289	327	38	2800	1988-2003 (* °)
Lanzo (TO) *	540	580	40	2200	1989-1999 (*)
Locana-L.Valsoera (TO)*° 1990-2003 (°)	2410	2365	45	250	1987-2003 (*)
Luserna S. Giovanni (TO) * °	478	475	1	760	1988-2003 (* °)
Mondovi (CN) *	440	422	18	390	1993-2003 (*)
Oropa (BI) * ° 1990-2002 (°)	1180	1186	6	5	1991-2002 (*)
Piedicavallo (BI) * °	1050	1040	10	180	1996-2003 (* °)
Salbeltrand (TO) *	1031	1010	21	1250	1991-2002 (*)
Sparone (TO) *	635	550	85	1400	2001-2003 (*)
Susa (TO) *	510	520	10	820	1991-2003 (*)
Torino (TO) * °	270	240	30	850	1990-2003 (* °)
Tricerro (VC) *	140	139	1	140	2001-2003 (*)
Usseglio - Malciaussia (TO) * °	1813	1800	13	395	2000-2003 (* °)
Valprato Soana - Piamprato (TO) *	1550	1555	5	465	1993-1999 (*)
Varallo Sesia (VC) * °	453	470	17	2040	1989-2003 (* °)
Vercelli (VC) * °	135	132	3	1360	1994-2003 (* °)

tura massima e minima, rilevati durante il periodo di sovrapposizione di registrazione; l'elaborazione e il confronto tra le due serie ha

previsto il calcolo dei coefficienti di correlazione tra le serie e la valutazione delle loro differenze, nel seguente modo:

$$(1) \quad T_{EXSIMN} - T_{ARPA} = \text{serie delle differenze delle } T$$

Dalle serie delle differenze, al fine di ridurre l'influenza dei valori estremi, sono stati eliminati i valori che fuoriuscivano dall'intervallo tra il valore medio della distribuzione  $\pm 2$  deviazione standard. Sulle nuove serie di dati così ottenute, prive dei valori estremi, sono stati applicati il test di Student (T test) e il test di Kolmogorov-Smirnov (SNEYERS, 1990).

Conclusa l'analisi sui dati giornalieri, si è proceduto al calcolo dei valori mensili, stagionali e annuali per le temperature massime e minime delle due serie di dati. A livello mensile si sono considerati solo i mesi con almeno l'80% dei dati giornalieri (KLEIN TANK, 2002). Lo stesso metodo è stato utilizzato nel calcolo dei valori stagionali e annuali.

I dati mensili, stagionali e annuali delle temperature massime e minime dell'ex-SIMN e dell'ARPA sono stati posti a confronto con le stesse metodologie applicate ai dati giornalieri.

#### *Metodi di analisi e di confronto dei dati pluviometrici*

In accordo con la letteratura scientifica nazionale (BIANCOTTI e MERCALLI, 1991) e internazionale (WIJNGARD, 2003), il confronto tra le serie di dati di precipitazione è stato svolto sui totali mensili, per ovviare al fatto che il valore di precipitazione giornaliera è spesso nullo, essendo la pioggia una grandezza discontinua.

Nel calcolo dei totali mensili sono stati presi in considerazione soltanto i mesi con la registrazione di almeno l'80% dei dati giornalieri (KLEIN TANK, 2002). I valori ottenuti per le due serie sono stati confrontati tra di loro, calcolandone il rapporto:

$$(2) \quad R = \frac{\text{Pioggia}[ex SIMN](mensile)}{\text{Pioggia}[ARPA](mensile)}$$

Dalla serie dei rapporti sono stati esclusi i valori estremi, eliminando le code della distribuzione che risultano inferiori al quantile

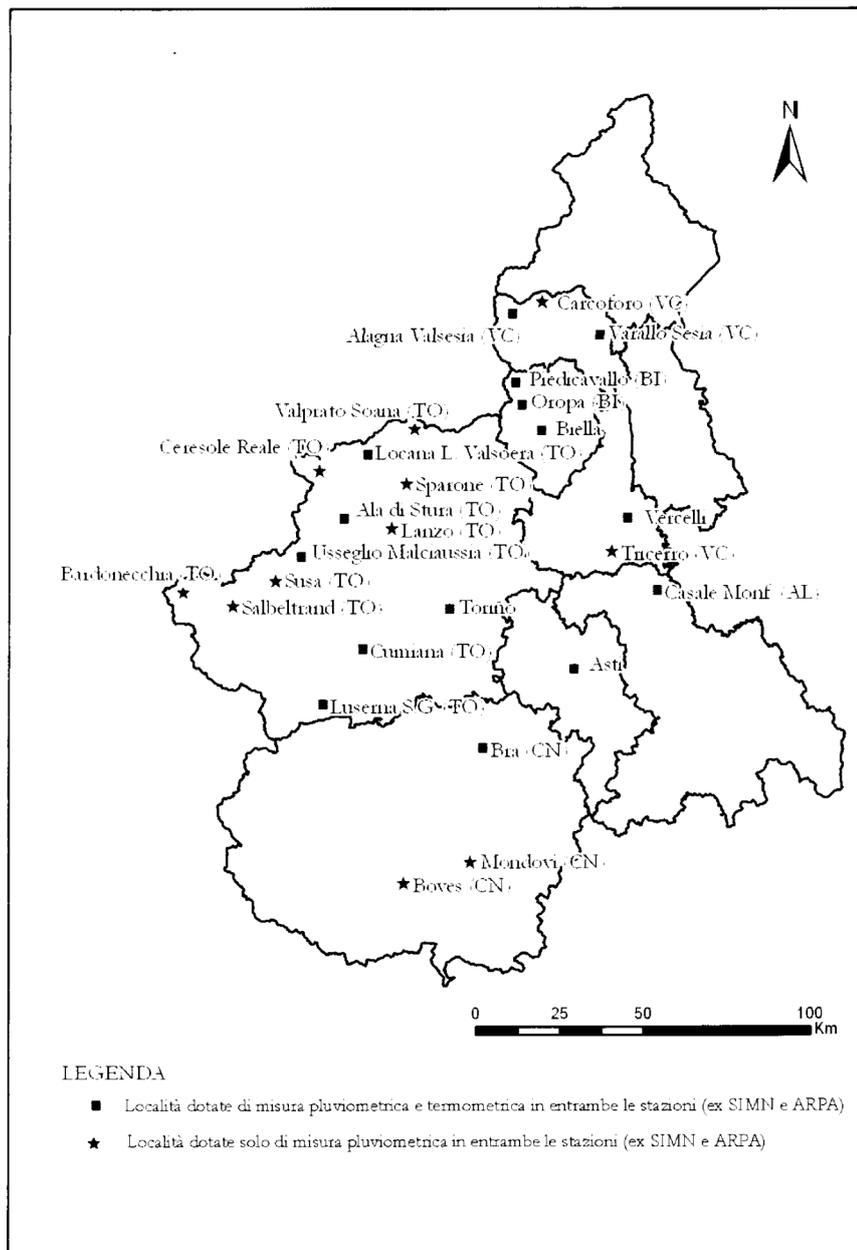


Fig. 1 - Località in cui è stato svolto il confronto dei dati di precipitazione e/o di temperatura tra la stazione meteorologica ex SIMN e quella ARPA.

0,02 e superiori allo 0,98. Sulle serie ottenute sono stati applicati i test statistici di Student e di Kolmogorov-Smirnov che, richiedendo la presenza di un minimo di 36 valori nella serie, hanno ridotto a 21 il numero dei casi studiati. Si sono quindi calcolati i coefficienti di correlazione delle serie mensili.

I dati di precipitazione sono stati analizzati anche a livello stagionale e annuale e confrontati con la stessa metodologia impiegata per le serie mensili.

### *Risultati ottenuti dal confronto dei dati di temperatura*

L'analisi dei dati di temperatura ha mostrato che in tutte le località esistono delle differenze statisticamente significative tra i valori delle due serie, sia nel caso delle temperature massime che di quelle minime. Le applicazioni del test di Student e del test di Kolmogorov-Smirnov hanno fornito sempre risultati inferiori al valore di 0,50, rivelando serie di dati statisticamente differenti tra di loro (tab. I). Il coefficiente di correlazione risulta quasi sempre elevato, superiore al valore di 0,90, indicando una buona correlazione tra le due serie, determinata dal fatto che mostrano contemporaneamente aumenti o diminuzioni di temperatura.

Per le temperature massime giornaliere si sono verificati sette casi su quindici in cui la temperatura media massima dell'ex SIMN ha rivelato un valore maggiore di quella dell'ARPA e viceversa nelle altre otto località, denotando assenza di errori costanti tra le stazioni dei due differenti Enti.

La differenza più elevata tra i valori di temperatura massima è stata riscontrata nella località di Piedicavallo (1,95 °C, tab. I); la differenza minima si è ottenuta per le stazioni di Alagna Valsesia (0,03°C, tab. I, ma il confronto si limita a un solo anno di misurazioni. Risulta dunque più significativo il risultato ottenuto nel confronto tra le stazioni della località di Locana (0,05°C, tab. II). Per le restanti località le differenze sono comprese tra 0,09°C e 1,80 °C.

Anche per le temperature minime si è verificata un'assenza di errori costanti in otto casi su quindici in cui la temperatura media minima dell'ex-SIMN ha assunto valore maggiore di quella dell'ARPA; e viceversa nei restanti sette casi.

Il valore massimo riscontrato nelle serie delle differenze per le temperature minime appartiene alla località di Luserna S. Giovanni (3,95°C, tab. III); anche a Varallo Sesia la differenza è particolarmente elevata (2,44 °C, tab. III). La minima differenza tra i due strumenti, invece, è stata calcolata a Locana (0,02°C, tab. III). Per le restanti località i valori variano tra 0,19°C e 1,80°C , un *range* del tutto simile a quello ottenuto per le temperature massime giornaliere.

Tab. II - Risultati ottenuti dal confronto tra le due serie giornaliere delle temperature massime e minime. Le differenze più elevate e quelle più basse, ottenute dal confronto tra i dati, sono contrassegnate da un pallino (•).

Località	TEMPERATURE MASSIME				TEMPERATURE MINIME			
	Diff. (°C)	T-test	K-test	Coeff. corr.	Diff. (°C)	T-test	K-test	Coeff. corr.
Ala di Stura	0,28	<0,01	<0,01	0,91	1,80	<0,01	<0,01	0,95
Alagna Valsesia	0,03•	0,01	0,03	0,88	0,54	<0,01	0,03	0,95
Asti	-0,41	<0,01	0,05	0,99	0,35	<0,01	0,03	0,99
Biella	-0,33	<0,01	0,53	0,98	-1,08	<0,01	0,06	0,98
Bra	0,60	<0,01	0,12	0,99	-0,30	<0,01	0,45	0,99
Casale M.to	0,51	<0,01	<0,01	0,99	-1,23	<0,01	<0,01	0,99
Cumiana	-1,21	<0,01	<0,01	0,98	-0,29	<0,01	<0,01	0,97
Locana	0,05•	0,40	<0,01	0,80	-0,02•	0,30	<0,01	0,95
Luserna S. G.	-0,70	<0,01	<0,01	0,96	3,95•	<0,01	<0,01	0,96
Oropa	-0,52	<0,01	0,02	0,87	0,60	<0,01	<0,01	0,59
Piedicavallo	1,95•	<0,01	<0,01	0,97	-0,19	<0,01	<0,01	0,98
Torino	-0,67	<0,01	<0,01	0,99	0,89	<0,01	<0,01	0,99
Usseglio	-0,09	0,39	0,00	0,88	-1,80	<0,01	<0,01	0,95
Varallo Sesia	0,50	<0,01	<0,01	0,97	2,44	<0,01	<0,01	0,97
Vercelli	-1,01	<0,01	<0,01	0,99	0,52	<0,01	<0,01	0,99

Sono state ricercate le cause delle discordanze tra le due serie di valori, anche approfondendo il confronto tra le serie a livello annuale e stagionale. Ad esempio, in alcune località (Alagna Valsesia, Asti, Luserna S. Giovanni e Varallo Sesia) la differenza tra le misure dei due strumenti può risultare imputabile alla diversa ubicazione topografica; poiché uno strumento è posto nei pressi del centro abitato del paese e l'altro, invece, risulta posizionato in un luogo più aperto. Nel caso delle località di Ala di Stura, Biella, Bra, Casale M.to, Oropa, Piedicavallo, Torino e Vercelli, la discordanza tra i valori delle temperature registrate sembra esclusivamente dovuta alle differenti strumentazioni utilizzate dai due Enti, poiché le stazioni meteorologiche sono collocate a poca distanza una dall'altra e presentano le stesse condizioni geografiche.

Dall'analisi delle temperature massime e minime dei periodi di sovrapposizione di registrazione, le notevoli differenze riscontrate non sembrano consentire il collegamento dei dati della serie ARPA con quelli dell'ex SIMN.

### *Risultati ottenuti dal confronto dei dati di precipitazione*

In tutte le località i coefficienti di correlazione (tab. X) assumono valori superiori a 0,90, tranne nella località di Valprato Soana (0,86). Tali coefficienti indicano che generalmente gli strumenti registrano gli stessi andamenti durante i diversi eventi piovosi.

Nella maggior parte delle località è lo strumento dell'ex-SIMN a misurare una quantità di pioggia più elevata; soltanto in tre località si verifica la situazione opposta.

In undici delle ventuno località il rapporto medio tra le precipitazioni dei due strumenti risulta compreso tra 0,9 e 1,1 (tab. X), indicando una buona continuità tra le due serie di dati; anche l'applicazione del test di Kolmogorov-Smirnov (K-S test) ha fornito una buona relazione tra la distribuzioni delle due serie.

Nelle restanti dieci località confrontate, invece, i test statistici hanno fornito esiti negativi (tab. X).

Il confronto dei dati a livello annuale e stagionale ha permesso di individuare periodi di tempo in cui le misure dei due strumenti si differenziavano maggiormente; in alcuni casi, tramite l'analisi dei dati di precipitazione registrati in stazioni limitrofe, è stato possibile ipotizzare casi di mal funzionamento di uno dei due strumenti, come ad esempio per la stazione di Bardonecchia ove nella stagione estiva lo strumento dell'ex SIMN ha registrato precipitazioni doppie rispetto allo strumento ARPA, e il confronto con le registrazioni delle stazioni limitrofe ha evidenziato il mal funzionamento dello strumento ARPA nel periodo considerato.

### *Possibile collegamento delle serie ex SIMN con quelle ARPA*

Per le undici località, nelle quali il confronto tra le due serie di dati di precipitazione ha mostrato differenze inferiori al 10%, è stata valutata la possibilità di costruire una serie unica di dati. Osservando i risultati ottenuti dal confronto e valutando la presenza di lacune all'interno di ogni singola serie, per ciascuna delle undici località è stato individuato un possibile anno di collegamento tra la serie dell'ex SIMN e la serie ARPA, che permetta la fruibilità di serie più lunghe e complete, senza modificare il reale andamento delle precipitazioni nel corso degli anni (tab. X). A titolo di esempio, si illustra grafica-

Tab. III - Risultati ottenuti dal confronto tra le serie delle precipitazioni mensili. Le località nelle quali si è ottenuto un buon andamento tra le precipitazioni (differenza minore del 10% e K-S test maggiore di 0,50) sono state evidenziate con un pallino (•) e sono riportati gli anni di attacco tra le serie appartenenti ai due Enti.

Località	Rapp. [ex SIMN/ARPA] (mm)	K-S test	Coeff. Corr.	Anno
Ala di Stura (TO)	1,1	0,93	0,94	
Bardonecchia (TO) •	1,0•	0,99	0,95	2002
Biella (BI)	*	*	*	
Boves (CN)	1,3	0,07	0,91	
Bra (CN)	1,3	0,45	0,95	
Carcoforo (VC)	1,2	0,44	0,97	
Casale M.to (AL)	1,3	0,35	0,95	
Ceresole Reale (TO) •	1,0•	1,00	0,93	1999
Cumiana (TO) •	1,1•	0,86	0,92	1993
Lanzo T.se (TO)	0,8	0,70	0,95	
Locana - L. Valsoera (TO)	1,4	0,12	0,91	
Luserna S.G. (TO) •	1,0•	0,78	0,93	1988
Mondovì (CN)	1,2	0,48	0,94	
Oropa (BI)	1,22	0,62	0,99	
Piedicavallo (VC) •	1,0•	1,00	0,98	2003
Salbertrand (TO) •	1,1•	0,69	0,92	1995
Susa (TO) •	1,0•	0,99	0,97	1997
Torino (TO) •	1,1•	0,85	0,98	2004
Valprato Soana (TO) •	1,1•	0,84	0,86	1999
Varallo Sesia (VC) •	1,1•	0,96	0,95	1998
Vercelli (VC) •	1,1•	0,97	0,95	2003

mente un caso di collegamento delle serie di dati di precipitazione, riferito alla località di Cumiana (fig. 2).

### Conclusioni

Il confronto effettuato tra le serie di dati mostra comportamenti molto differenti, dipendenti probabilmente da cause strumentali e/o da fattori ambientali, questi ultimi legati alle differenti ubicazioni delle nuove stazioni dell'ARPA rispetto a quelle dell'ex SIMN.

In tutte le serie delle temperature giornaliere, massime e minime, si riscontrano differenze, statisticamente significative, introdotte dal cambio di stazione, per cui si è ritenuto che il collegamento dei dati delle singole reti in un'unica serie continua non fosse accettabile.

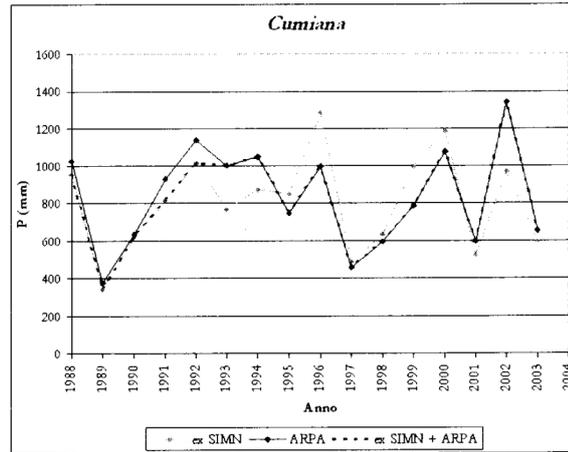


Fig. 2 - Le due serie di precipitazioni annuali della località di Cumiana e la serie che ne rappresenta il loro collegamento.

Per quanto riguarda invece i dati di precipitazione mensile, in alcune stazioni (undici su ventisei), il confronto svolto su diverse scale temporali evidenzia rilevazioni simili da parte degli strumenti delle due reti consentendo, a nostro parere, il collegamento delle due serie.

Il raccordo tra le misure derivate dalle stazioni della rete dell'ex SIMN, attive fino al 2003, e quelle della rete dell'ARPA Piemonte, installate progressivamente a partire dal 1988, non è quindi diretto e immediato. Questo lavoro mette in luce, infatti, la difficoltà effettiva di paragonare le serie misurate nelle stazioni meteorologiche dei due differenti Enti e l'errore che si verrebbe a commettere se si collegassero semplicemente i dati dei due Enti, senza prima aver effettuato adeguati confronti dei dati negli anni di misure contemporanee. Tali errori si ripercuoterebbero sull'analisi climatica e in particolar modo sull'individuazione dei trend che, anche se calcolati su serie di lunga durata, indicherebbero valori non corretti. Il valore esatto verrebbe infatti nascosto da variazioni di natura non climatica.

## BIBLIOGRAFIA

- ARPA PIEMONTE, *Banca dati meteorologica 1990-2003*, Torino, 2005.
- BIANCOTTI A. e L. MERCALLI, *Variazioni climatiche nell'Italia nord-occidentale*, in «Memorie della Società Geografica Italiana», *Le variazioni recenti del clima (1800-1900) e le prospettive per il XXI secolo*, Roma, 1991, XLVI, pp. 385-407.

- KLEIN TANK A., *Daily Dataset of 20<sup>th</sup> Century Surface Air Temperature and Precipitation Series for the European Climate Assessment*, in «International Journal of Climatology», 2002, 22, pp. 1441-1453.
- MINISTERO DEI LAVORI PUBBLICI, Consiglio Superiore Servizio Idrografico, *Elenco delle stazioni termopluviometriche del Servizio Idrografico Italiano (situazione al 1970)*, Roma, Istituto Poligrafico dello Stato, 1976, pubblicazione n. 27.
- SERVIZIO IDROGRAFICO MAREOGRAFICO ITALIANO, *Consistenza dati termo-pluviometrici e nivometrici digitalizzati su GADI (stazioni ex ufficio idrografico)*, Torino, 2005.
- SNEEBERS R., *On the Statistical Analysis of Series of Observations*, Ginevra, Organizzazione Meteorologica Mondiale, 1990, Nota Tecnica n. 143, p. 192.
- WENGAARD J.B., A.M. KLEIN TANK e G.P. KONNEN, *Homogeneity of 20<sup>th</sup> Century European Daily Temperature and Precipitation*, in «International Journal of Climatology», 2003, 23, pp. 679-692.