

GIAN CAMILLO CORTEMIGLIA - CARLO RAPETTI - FRANCO RAPETTI

LA SERIE TERMOMETRICA DI GIOVAN STEFANO CONTI RILEVATA NEL SUO PALAZZO DI LUCCA DAL 23 SETTEMBRE 1744 AL 2 AGOSTO 1794

Introduzione. – La realizzazione del termoscopio (1603) e la successiva trasformazione in termometro ad aria da parte di Galileo Galilei permisero al granduca di Toscana Ferdinando II de' Medici di costruire il primo strumento di misura della temperatura a scopo meteorologico e di istituire, tra la fine del 1654 e l'inizio del 1659, il primo servizio meteorologico, in cui, nelle varie stazioni operanti (Firenze, Bologna, Cutigliano, Milano, Vallombrosa, Innsbruck, Parigi e Varsavia), si effettuavano cinque letture termometriche al giorno (Cortemiglia, 2006, p. 100).

Il successivo perfezionamento della scala termometrica di questo primo termometro, conosciuto in letteratura come «piccolo termometro fiorentino», con l'adozione dei due punti fissi relativi alla temperatura del ghiaccio fondente e dei vapori dell'acqua bollente e con l'impiego del mercurio come liquido termometrico, portarono alla realizzazione, nella prima metà del Settecento, di tre diverse scale termometriche graduate (Fahrenheit, Réaumur e Celsius), perfettamente tra loro comparabili.

Tale sviluppo consentì la messa in funzione in numerose località italiane di osservatori meteorologici con rilevazioni di dati termometrici confrontabili tra loro. In Toscana, nella Repubblica di Lucca, Giovan Stefano Conti (Lucca, 7.3.1720-28.3.1791) allestì nel suo palazzo, sito nell'attuale Via Fillungo all'interno delle mura, una stazione meteorologica sui cui registri manoscritti annotava giornalmente i valori della pressione atmosferica e della temperatura, con indicazioni sullo stato del cielo e sull'andamento dei venti, mentre solo alla fine di ciascun mese riportava le quantità totali in libbre della pioggia caduta.

La lunghezza di questa serie termometrica giornaliera e la sua acquisizione (Rapetti, 1997, p. 62), con un termometro a mercurio graduato nella scala Réaumur, rappresentano le condizioni per la ricostruzione degli andamenti della temperatura a Lucca nella seconda metà del Settecento. Dal catalogo termometrico di Conti, raccolto in cinque volumi *in folio* manoscritti, intitolati *Osservazioni*



Fig. 1 – *Facciata nord-ovest del palazzo di Giovan Stefano Conti*

In primo piano il terrazzo dove Giovan Stefano Conti realizzò una stazione meteorologica che funzionò senza interruzioni dal 23.9.1744 al 3.8.1794

Meteorologiche e conservati presso la Biblioteca Statale di Lucca (Mss. 2912-2915, sec. XVIII ex.), si possono ricavare confronti con le temperature di Camaiore (1777-1826), raccolte da Pietrantonio Butori (Rapetti, 1997), di Pisa (1775-1780), rilevate da Giovanni Lorenzo Tilli (Rapetti e Ruschi, 2010), di Firenze (1813-2008), acquisite dall'Osservatorio Ximeniano (Cortemiglia, Rapetti e Viti, 2011), al fine della ricostruzione del clima termico della Toscana settentrionale dalla seconda metà del Settecento ai primi decenni dell'Ottocento.

Le rilevazioni termometriche di Conti, prima di essere sottoposte ad analisi climatica, sono state trattate con le opportune procedure per accertarne la validità statistica e meteorologica.

Validazione dei dati termometrici giornalieri rilevati a Lucca da Giovan Stefano Conti. – L'osservatorio meteorologico di Giovan Stefano Conti era posto, secondo le indicazioni fornite da Butori (1817), sul grande terrazzo del piano nobile del suo palazzo che, ubicato nell'area interna alle mura di Lucca, è prospiciente all'ala nord sull'attuale Via Fontana e all'ala sud sull'attuale Via degli Angeli. Questo terrazzo si presenta al tetto di un porticato che, con esposizione

verso ovest, raccorda l'ala sud del palazzo con quella nord e presenta, al centro del suo sviluppo in lunghezza, quali coordinate: latitudine $\varphi = 43^\circ 50' 42,46''$ N e longitudine $\lambda = 10^\circ 30' 14,7''$ E (fig. 1).

Le note biografiche su Giovan Stefano Conti riportate da Arrighi (1962) e da Rapetti (1997), oltre a evidenziare la sua personalità di studioso, ne precisano le pregevoli qualità di eccellente costruttore di strumenti (Rapetti, 1997, p. 66) e i suoi frequenti contatti collaborativi e carteggi (Arrighi, 1980; Farnocchia, 1792; Butori, 1817) con valenti e celebri studiosi, quali l'abate Giuseppe Toaldo (Pianezze di Marostica, 11.7.1719-Padova, 11.11.1797), Giuseppe Boscovich (Ragusa/Dubrovnik, 18.5.1711-Milano, 13.2.1787) e Leonardo Ximenes (Trapani, 27.12.1716-Firenze, 4.5.1786).

Considerata l'accortezza di Conti nell'esecuzione delle misure meteorologiche, è da presumere che avesse scelto con la massima cura la posizione del termometro sul terrazzo: riteniamo che lo strumento fosse collocato nella parte destra del terrazzo, al quale corrispondono le coordinate geografiche latitudine $\varphi = 43^\circ 50' 42,27''$ N e longitudine $\lambda = 10^\circ 30' 14,58''$ E. Una posizione diversa comporterebbe del resto scarti di pochi metri, poiché gli estremi della superficie del terrazzo, non superando i 22 metri, comportano variazioni di pochi decimi di secondo, dell'ordine di $0,40''$ per la latitudine e di $0,42''$ per la longitudine. Parimenti, tenuto conto che il cortile del palazzo Conti antistante questo terrazzo presenta una quota di m 19 slm e il piano di calpestio del terrazzo risulta sopraelevato su questa quota di 5,81 m, si può accreditare come affidabile il valore di m 24,81 slm. Un'indagine documentaria svolta da Giambastiani (2005, p. 68) accerta però che su un disegno della pianta del Palazzo Conti datato al 1753 e sulla planimetria allegata a corredo del contratto di vendita datato al 1774 non figura la presenza della terrazza balaustrata. In alternativa alla posizione sulla terrazza, peraltro attestata da Farnocchia (1792), si potrebbe ipotizzare come altra possibile posizione della stazione meteorologica quella su un terrazzino posto in alto nella parte più settentrionale del palazzo, sul suo lato nord-est, oggi ricoperto da un tetto e trasformato in soffitta. Tale posizione, che presenterebbe come coordinate geografiche latitudine $43^\circ 50' 42,16''$ N e longitudine $10^\circ 30' 16,04''$ E, risulterebbe pertanto, rispetto a quella della terrazza, spostata in orizzontale di circa 34 m e posta a un'altezza di 10,63 m da terra, quindi di m 29,63 slm anziché 24,81. Poiché le registrazioni meteorologiche di Conti sono avvenute, secondo riscontri documentari, con continuità sempre nella stessa posizione, l'eventuale scelta dell'una o dell'altra di queste due postazioni non può comportare modificazioni o variazioni di sorta sull'elaborazione analitica della serie dei dati campionari.

I registri manoscritti di questa stazione meteorologica riportano, per il periodo compreso dal 23 settembre 1744 al 2 agosto 1794, due letture termometriche giornaliere, che dagli atti documentari (Butori, 1817) risultano rilevate dal 23.9.1744 al 18.3.1791 da Giovan Stefano Conti e continuate da suo fratello Carlo fino al 2.8.1794. Queste due letture giornaliere sono però indicate in ore locali, contate

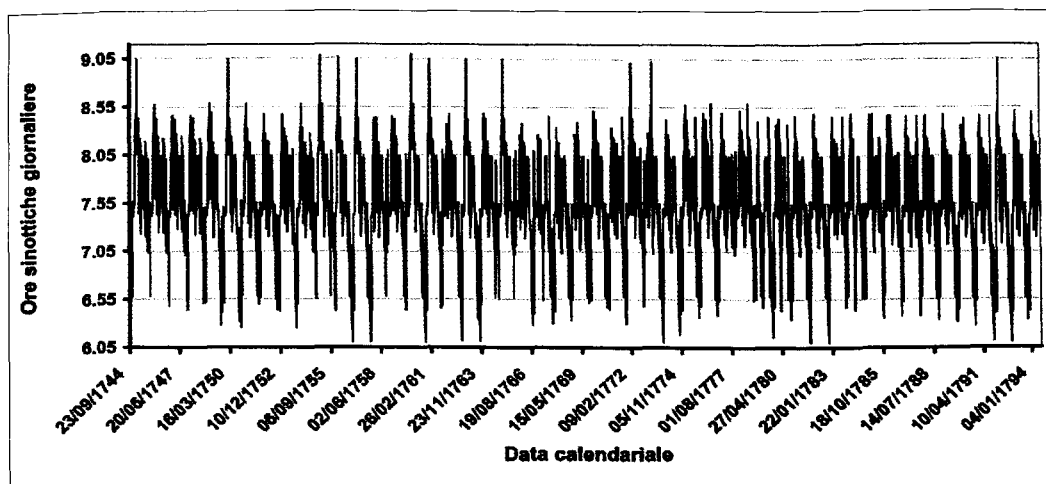


Fig. 2 – Riduzione in ore sinottiche della prima lettura oraria giornaliera delle temperature rilevata con l'orologio italiano da Giovan Stefano Conti a Lucca dal 23.9.1744 al 2.8.1794

con il vecchio «orologio italiano», che considerava l'inizio di un nuovo giorno con il momento del tramonto del sole: in primo luogo, prima di procedere alle opportune elaborazioni, è necessario effettuarne la loro conversione in ore sinottiche giornaliere, per renderle così comparabili con le odierne ore di lettura della temperatura, ed effettuare la conversione dalla scala Réaumur alla scala Celsius. La conversione delle ore locali contate con l'orologio italiano in corrispondenti ore sinottiche giornaliere è stata effettuata determinando, per ogni giorno del periodo dal 23.9.1744 al 2.8.1794, l'ora del tramonto del sole nel punto di coordinate geografiche a latitudine $\varphi = 43^\circ 50' 42,46''$ N e a longitudine $\lambda = 10^\circ 30' 14,7''$ E – corrispondenti al centro del terrazzo su cui era posta la stazione meteorologica di Conti (www.usno.navy.mil/USNO/astronomical-applications/data-services/data-services). Il listato di questa elaborazione ha altresì fornito, per ogni giorno dell'intervallo in esame, oltre all'ora del tramonto del sole, da cui poi con semplice calcolo algebrico si è ottenuta la conversione della relativa ora locale di Conti in ora sinottica giornaliera, anche l'ora di inizio della luce del giorno (alba), l'ora del sorgere del sole e l'ora della fine della luce del giorno. Tali dati hanno consentito di verificare e valutare, nell'arco di ciascun anno solare del periodo, anche l'andamento delle durate del crepuscolo mattutino, del giorno e del crepuscolo astronomico.

Nella figura 2 è riportato, convertito in ora sinottica, l'andamento giornaliero, dal 23.9.1744 al 2.8.1794, della prima ora di rilevazione della temperatura: l'andamento risulta di periodo annuo ciclico e rivela un campo di variabilità di $2^h 59^{\text{min}}$, compreso tra le ore 6:11 e le ore 9:10, con la maggior parte dei valori distribuiti tra le ore 7:20 e 8:20. Nell'ambito di ciascun anno si ripete una stessa

Tab. 1 – *Distribuzione annua, dal 23.9.1744 al 2.8.1794, della prima ora sinottica di lettura del termometro*

Intervallo calendariale	Intervallo di lettura
10 gennaio - 31 marzo	8:00 - 8:59
1 aprile - 14 aprile	7:00 - 7:59
15 aprile - 3 maggio	8:00 - 8:59
4 maggio - 11 giugno	7:00 - 7:59
12 giugno - 12 luglio	8:00 - 8:59
13 luglio - 17 agosto	7:00 - 7:59
18 agosto - 29 agosto	8:00 - 8:59
30 agosto - 9 gennaio	7:00 - 7:59

variabilità nel cambiamento giornaliero dell'orario di lettura con valori distribuiti secondo le due principali fasce orarie (tab. 1). Senza una specifica regolarità annuale si possono ritrovare uno o più valori in successione di ore di lettura comprese tra le 9:00 e le 9:10 nell'intervallo tra il 25 febbraio e il 3 di marzo e uno o più valori di ore di lettura successive comprese tra le 6:10 e le 6:59 negli intervalli dal 30 agosto al 15 settembre, dal 2 al 31 ottobre e dal 10 al 30 novembre.

Nella figura 3 è riportato l'andamento giornaliero della seconda ora di rilevazione della temperatura (ora sinottica giornaliera), il cui andamento evidenzia una regolare ciclicità a periodo annuale con valori distribuiti entro un campo di variabilità di 3^h23^{min} , compreso tra le ore 12:41 e 16:04. Nell'ambito di ciascun anno del periodo si osserva una stessa variabilità nel cambiamento giornaliero dell'orario di lettura con valori distribuiti secondo le fasce orarie riportate in tabella 2.

L'andamento ciclico annuo delle due osservazioni giornaliere evidenzia che, nell'ambito di ciascun anno, si è ripetuto lo stesso ordine nel cambiamento dell'orario di lettura: ne risulta una procedura di campionamento corretta, poiché non risultano influenze sulla natura casuale nella raccolta dei dati. Le temperature di Conti costituiscono perciò un campione statistico rappresentativo.

I valori termometrici giornalieri forniscono per la prima lettura giornaliera la rappresentazione grafica della figura 4 e per la seconda lettura quella della figura 5.

Queste rappresentazioni indicano che l'andamento delle temperature della prima ora di lettura (fig. 4) presenta un campo di variazione tra $-6,88\text{ }^{\circ}\text{C}$ (1.1.1789) e $+31,00\text{ }^{\circ}\text{C}$ (8.7.1793) e quello della seconda ora di lettura (fig. 5) un campo di variazione tra $-1,00\text{ }^{\circ}\text{C}$ (31.12.1788) e $+36,88\text{ }^{\circ}\text{C}$ (1.8.1784).

Le figure 4 e 5, confrontate con le corrispondenti figure 2 e 3, mostrano come i valori termici minimi e massimi rilevati corrispondano rispettivamente alle ore minime e massime del loro intervallo orario di rilevazione. Le osservazioni di Conti, pur presentando analoga struttura di rilevazione delle serie di temperature minime e massime giornaliere misurate con il termometro a massima e a

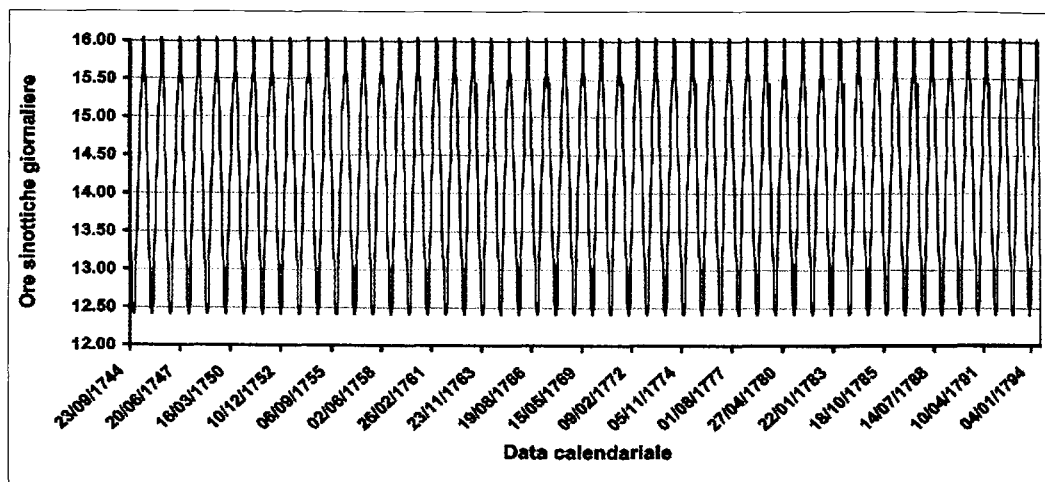


Fig. 3 – Riduzione in ore sinottiche della seconda lettura oraria giornaliera delle temperature rilevata con l'orologio italiano da Giovan Stefano Conti a Lucca dal 23.9.1744 al 2.8.1794

minima, non hanno lo stesso significato climatico, poiché non vi è riscontro che tali letture corrispondano, nell'ambito di ciascuna giornata, all'ora del verificarsi delle minime e delle massime. È pertanto necessario procedere preliminarmente alla valutazione dell'eventuale errore sistematico che deriva dall'assunzione della prima e seconda lettura giornaliera in luogo delle temperature minime e massime giornaliere.

Valutazione sulla procedura d'interpolazione dei dati dell'Osservatorio di Conti. – Una possibile procedura di confronto tra i valori della prima e della seconda lettura giornaliera di Conti e i valori minimi e massimi giornalieri misurati con gli attuali termografi è quella di effettuare una correlazione con serie rilevate in uno stesso luogo, per uno stesso intervallo temporale, ma in tempi diversi. Non esistendo in Toscana nella seconda metà del Settecento i necessari riferimenti documentari cui correlarsi, si può tentare, con un procedimento approssimato, una generica valutazione comparativa con l'attuale serie di temperature minime e massime rilevata presso l'Orto Botanico di Lucca, situato all'interno della cinta muraria a una distanza lineare di circa 900 m a SE del palazzo di Conti ($\varphi = 43^\circ 50' 30,6''$ N; $\lambda = 10^\circ 30' 39,0''$ E), con il sensore termometrico posto a 3,1 m dal suolo e a un'altitudine di 20 m slm.

Considerando come di durata sufficiente il periodo di registrazione delle temperature minime e massime giornaliere effettuate dal 23.9.2004 al 11.11.2010 (2.241 valori argomentali per serie) nell'Orto Botanico, si è svolta una correla-

Tab. 2 – *Distribuzione annua, dal 23.9.1744 al 2.8.1794, della seconda ora sinottica di lettura del termometro*

Intervallo calendariale	Intervallo di lettura
10 gennaio - 24 febbraio	13:00 - 13:59
25 febbraio - 14 aprile	14:00 - 14:59
15 aprile - 11 giugno	15:00 - 15:59
12 giugno - 12 luglio	≥ 16:00
13 luglio - 29 agosto	15:00 - 15:59
30 agosto - 1 ottobre	14:00 - 14:59
2 ottobre - 9 novembre	13:00 - 13:59
10 novembre - 9 gennaio	≥ 16:00

zione con le due serie di prime e seconde ore di osservazione di Conti, per un analogo periodo di 2.241 giorni. Per salvaguardare il criterio di casualità del campionamento, è stato scelto per estrazione, tra gli otto spezzoni di ugual durata dal 23.9.1744 al 2.8.1794, quello compreso tra il 23.9.1744 e il 11.11.1750.

Per la verifica della congruità tra le due serie di letture orarie (minime e massime) sono stati riportati, negli ultimi due grafici in basso della figura 6, i diagrammi del loro andamento temporale, e nei primi due grafici in alto rispettivamente il diagramma di correlazione tra le ore di rilevazione della prima e della seconda lettura di Conti e le ore nelle quali si sono verificate le minime e le massime all'Orto Botanico.

Analisi comparativa tra le serie della prima lettura giornaliera dell'Osservatorio di Conti e delle minime dell'Orto Botanico di Lucca. – Il grafico di correlazione tra le prime ore di lettura di Conti e le ore nelle quali si sono verificate le temperature minime dell'Orto Botanico (primo grafico in alto di fig. 6) evidenzia come le osservazioni di Conti risultino tutte distribuite lungo una retta di regressione contenuta nell'intervallo orario 6:11-9:10 mentre quelle dell'Orto Botanico ricadono solo per il 23,83% in questo stesso intervallo orario, con il restante 76,17% delle ore distribuito al di fuori di questa fascia oraria, con una percentuale del 66,13% rilevata prima delle ore 6:11 e del 10,04% dopo le ore 9:10. La prima lettura giornaliera di Conti sarebbe dunque avvenuta per circa due terzi in ore posticipate e per un decimo in ore anticipate rispetto all'ora in cui si sono verificate le minime attuali nell'Orto Botanico.

Si può allora ipotizzare che, nel caso di assimilazione tra le due serie, il 76,17% dei valori termometrici siano stati presi in ritardo rispetto all'ora del verificarsi del valore minimo giornaliero. Considerato però che la retta di regressione delle ore nelle quali si sono verificate le minime nell'Orto Botanico mostra

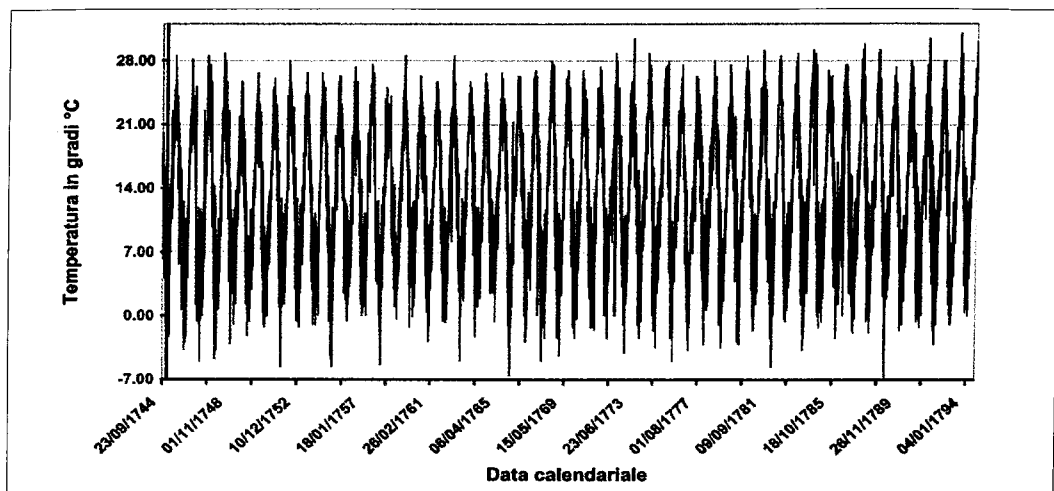


Fig. 4 – Andamento in °C della prima temperatura oraria sinottica giornaliera rilevata in °R da Giovan Stefano Conti nel periodo 1744-1794

(primo grafico in alto della fig. 6) un modesto angolo con quella delle ore della prima lettura di Conti, se ne ricava che lo sfasamento di orario tra le due serie presenta una forte relazione, che esprime come i dati, anche se osservati in due tempi diversi, si possono considerare come appartenenti a uno stesso collettivo.

Pertanto, ancorché la variabilità oraria osservata potrebbe determinare valori termici approssimati per difetto rispetto al valore reale, pur tuttavia si può ritenere che questo sfasamento, rappresentando una causa di lettura a componente ciclica, non possa che introdurre, nei corrispondenti dati di rilevazione, un errore sistematico per difetto. La natura sistematica di questo errore non potrà quindi interferire sull'eventuale presenza o meno di *trend* nella serie, ma solamente infirmarne l'entità quantitativa del suo valore rispetto al reale, modificando cioè unicamente il coefficiente angolare della retta del *trend*. Non potendo però conoscere dal confronto con i dati attuali dell'Orto Botanico di quanto le temperature della prima ora giornaliera di Conti, rilevate al di fuori dell'intervallo orario 6:11-9:10, differiscano dal loro valore effettivo, non è possibile stimare in modo affidabile la reale misura della dispersione dei valori rilevati intorno al valore vero. Poiché le due serie termometriche possono essere considerate un fenomeno collettivo osservato in due tempi diversi, si può adottare un procedimento approssimato, che assuma come nesso logico l'ipotesi che l'intensità e la frequenza dei valori termometrici minimi giornalieri siano tra loro statisticamente in «rapporto di composizione». Adottando questa procedura, si può, in linea propositiva, ricavare la stima dell'eventuale errore per effetto dello sfasamento di orario, determinando, sui 2.241 valori della serie, il «rapporto di durata media» di permanenza nel collettivo degli elementi omogenei ele-

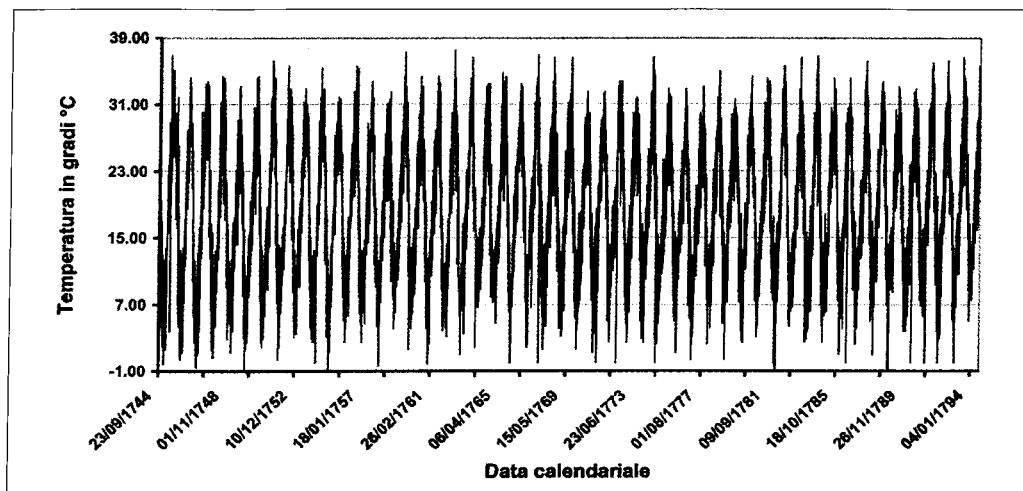


Fig. 5 – *Andamento in °C della seconda temperatura oraria sinottica giornaliera rilevata in °R da Giovan Stefano Conti nel periodo 1744-1794*

mentari, che, rappresentati dalle letture effettuate tra le ore 6:11 e le ore 9:10, risulta di 2 giorni, con una loro frequenza di comparizione media ogni 4,2 giorni (Girone e Salvemini, 1983, p. 135). Pertanto la distribuzione oraria periodale della serie delle prime letture giornaliere di Conti, oltre a risultare a ciclicità ripetitiva annua (figg. 2 e 4), si può considerare anche come omogeneamente distribuita nel tempo rispetto all'effettivo orario di attuazione delle minime. Calcolando inoltre per le minime rilevate nell'Orto Botanico anche il «rapporto di derivazione», inteso come quoziente fra intensità di valori termometrici verificatisi nelle stesse ore di rilevazioni di Conti e intensità dei valori verificatisi in orari precedenti e successivi, si ottiene un quoziente specifico tra fenomeni di stato (1.482 dati letti prima delle ore 6:11 e 225 valori rilevati dopo le ore 9:10) e fenomeni di flusso (2.241 valori totali), che risulta di 0,66 per i valori letti prima delle ore 6:11 e di 0,10 per quelli letti dopo le ore 9:10, mentre la media delle minime dei 1.482 valori rilevati prima delle ore 6:11 e dei 225 valori letti dopo le ore 9:10, per un totale di 1.707 valori, risulta di 9,81 °C, cioè superiore di 0,12 °C rispetto alla media 9,69 °C del periodo ottenuta con tutti i 2.241 valori. L'insieme dei valori così ottenuti evidenzia che le 1.707 letture di minime non contenute nell'intervallo orario 6:11-9:10, pur mostrando nel periodo esaminato, con un quoziente specifico di 0,76 ($0,66 + 0,10$), una frequenza di partecipazione nei valori della media del periodo pari al 76,00%, apportano però nella media generale dei valori termometrici del periodo un aumento di 0,12°C, mentre il calcolo di questo quoziente svolto anche per le medie annue dei singoli anni completi componenti il periodo di 2.241 giorni presenta un campo di variabilità compreso tra -0,01°C (anno 2008) e 0,85 °C (anno 2010). Pertanto, nel presupposto as-

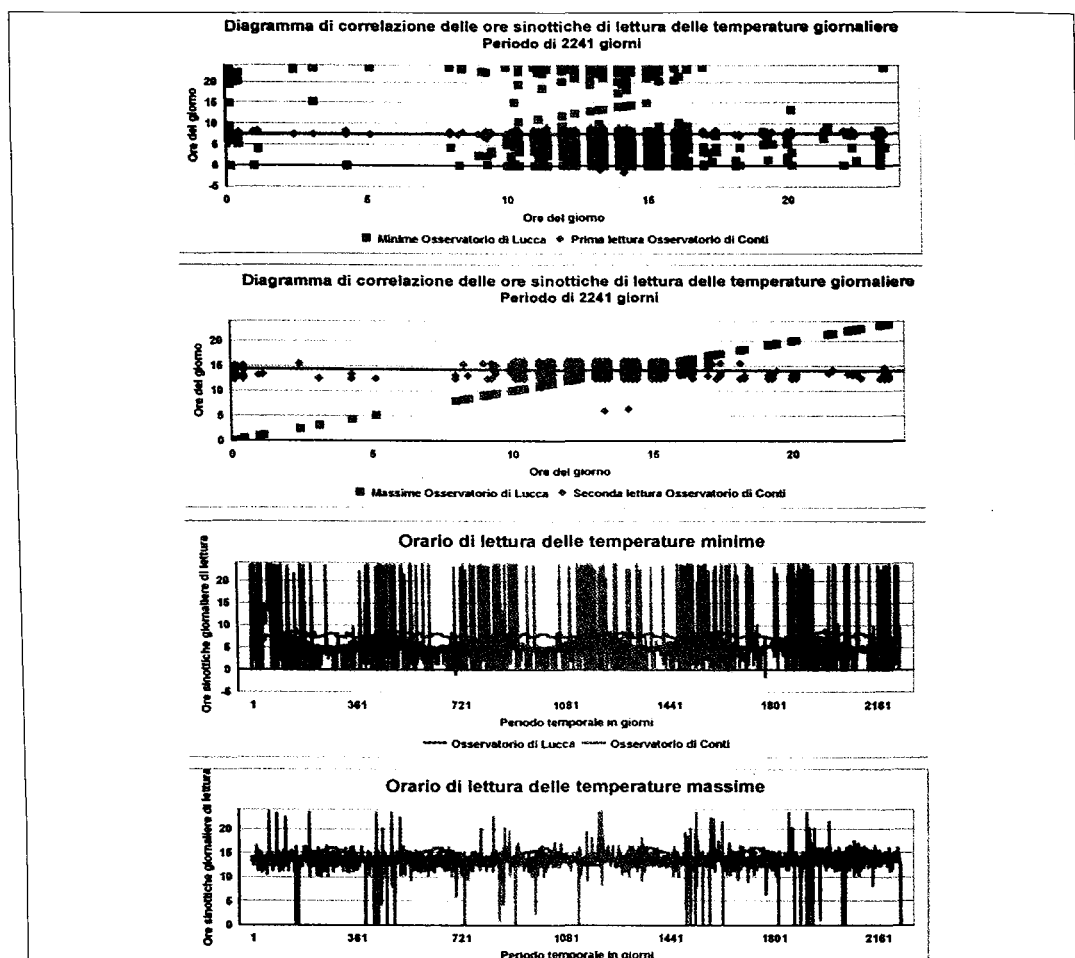


Fig. 6 – Sono riportati, per un analogo periodo temporale di 2.241 giorni, i diagrammi di correlazione tra ore di lettura delle temperature estreme giornaliere rilevate negli Osservatori di Lucca e di Conti (due grafici in alto) e il loro andamento letturale (due grafici in basso)

sunto che esista un rapporto di composizione tra le serie di minime rilevate negli osservatori di Lucca e di Conti, si può ritenere accettabile che la media annua della serie delle prime ore di lettura di Conti, assimilata a una serie di minime misurata con il termometro a minima, possa presentare valori termometrici approssimati per difetto rispetto al reale sull'ordine dimensionale indicato da questi quozienti specifici. Risulta accettabile stimare per la media dell'intero periodo nella serie di Conti, dal 23.9.1744 al 2.8.1794, un valore approssimato per difetto di circa $0,80^{\circ}\text{C}$.

Il terzo grafico dall'alto di figura 6 evidenzia come l'oscillazione stagionale delle prime letture di Conti (marcatore a rombi) risulti più smorzata di quelle

delle letture delle minime dell'Orto Botanico, mentre gli andamenti delle letture relative alle temperature rilevate mostra (fig. 7) come questa loro variabilità risulti sincrona con valori termici massimi (culmini) nei mesi di luglio e valori termici minimi (cavi) nei mesi di gennaio, ma in valore assoluto con la serie di Conti più traslata verso l'alto, quindi con temperatura media del periodo settecentesco di 12,68 °C più elevata di quella attuale di 9,69 °C dell'Orto Botanico.

Pertanto, l'assimilazione della serie delle prime letture orarie di Conti alla serie delle temperature minime attuali comporta un errore sistematico per difetto, pur non interferendo sulla presenza o meno di *trend*. Poiché l'errore sistematico si ripercuote sulla media del periodo, è necessario tenerne conto nel successivo sviluppo dell'analisi climatica, senza tuttavia che appaia necessaria l'applicazione preventiva di un coefficiente di correzione ai valori argomentali della serie.

Analisi comparativa tra le serie della seconda lettura giornaliera dell'Osservatorio di Conti e delle massime dell'Orto Botanico di Lucca. – Il grafico di correlazione tra seconde ore di lettura giornaliera di Conti e le ore del verificarsi delle massime dell'Orto Botanico (secondo grafico dall'alto di fig. 6) mostra come le prime risultino distribuite lungo una retta di regressione contenuta nell'intervallo orario 12:51-16:04, mentre le seconde rientrano per il 79,07% in questo stesso intervallo orario, con il restante 20,93% delle rilevazioni distribuito per il 16,87% prima delle ore 12:41 e per il 4,06% dopo le ore 16:04.

Il grafico evidenzia un'intersezione a basso angolo tra le rette di regressione delle due serie, mostrando così una forte relazione tra i loro dati, che consente di ritenerli appartenenti a uno stesso collettivo, quindi di considerare che si tratti di un fenomeno collettivo osservato in due tempi diversi. Se ne può pertanto dedurre come nesso logico l'ipotesi che l'intensità e la frequenza dei valori termometrici massimi giornalieri nelle due serie termometriche siano tra loro statisticamente in rapporto di composizione. L'accertamento di tale presupposto consente di ipotizzare che, nel caso di assimilazione delle seconde ore di lettura di Conti a una serie oraria di massime giornaliere, le rilevazioni siano avvenute per circa quattro quinti (79,07%) del totale nello stesso intervallo temporale in cui si verificano attualmente le massime nell'Orto Botanico mentre, rispetto al totale, per circa un settimo (16,87 %) in ore anticipate e per circa un ventiduesimo (4,0%) in ore posticipate. Pertanto, i valori termometrici della seconda ora di lettura di Conti al di fuori dell'intervallo orario 12:51-16:04 (469 valori su un totale di 2.241) si possono considerare approssimati per difetto rispetto al loro valore reale.

Il presupposto adottato consente di verificare sulla serie di massime giornaliere registrate nell'Orto Botanico il rapporto di durata media e il rapporto di derivazione, per valutare, in linea di larga massima, la stima sull'errore che potrebbe essere introdotto da questi 469 valori termometrici delle seconde ore di lettura di Conti approssimati per difetto rispetto all'effettiva temperatura massima giornaliera.

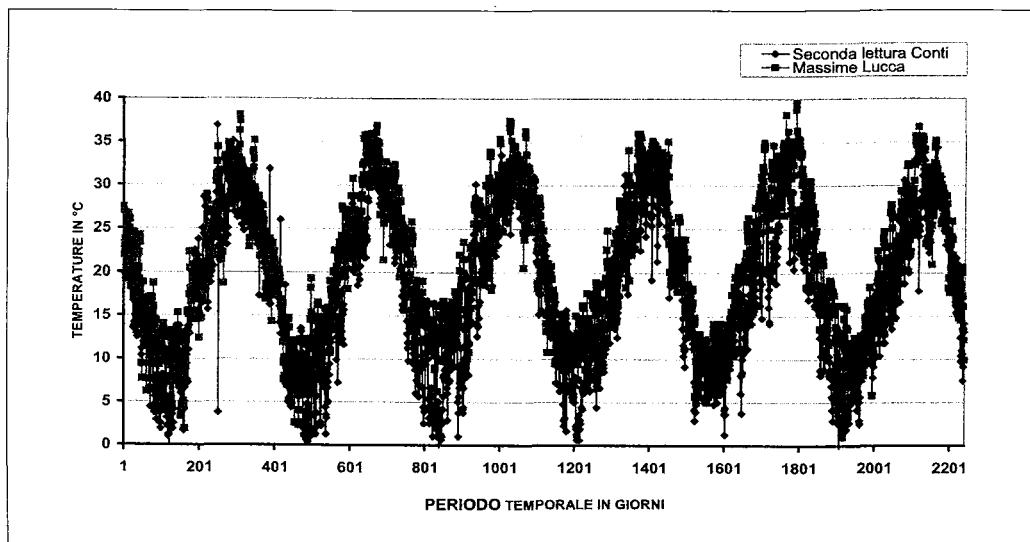


Fig. 7 – Andamento giornaliero delle temperature massime e di seconda lettura oraria rilevate all'Orto Botanico di Lucca dal 23.9.2004 al 11.11.2010 e nell'Osservatorio di Conti dal 23.9.1744 al 11.11.1750

Le variabili statistiche mostrano una distribuzione ciclica sincrona con massimi nei mesi di luglio e minimi nei mesi di gennaio

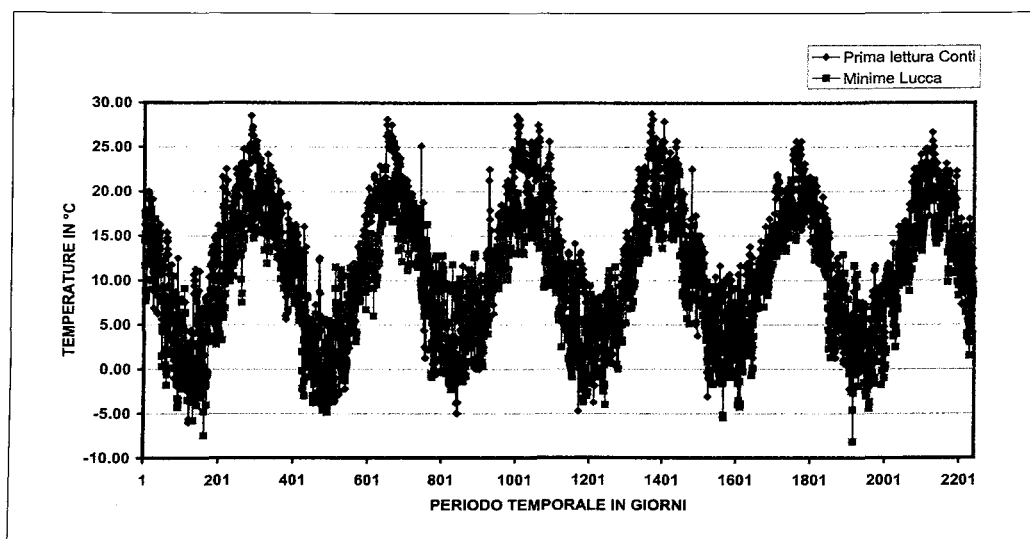


Fig. 8 – Andamento giornaliero delle temperature minime e di prima lettura oraria rilevate all'Orto Botanico di Lucca dal 23.9.2004 al 11.11.2010 e nell'Osservatorio di Conti dal 23.9.1744 al 11.11.1750

Le variabili statistiche mostrano una distribuzione ciclica sincrona con massimi nei mesi di luglio e minimi nei mesi di gennaio

Il rapporto di durata media dei 1.772 valori rilevati nell'intervallo 12:41-16:04, rispetto all'orario di verifica delle 2.241 temperature massime giornaliere rilevate nell'Orto Botanico dal 23.9.2004 al 11.11.2010, indica, con un quoziente specifico di 0,79 e una frequenza di apparizione media nel periodo ogni 1,3 giorni, una loro distribuzione giornaliera omogenea. Tale fatto consente di affermare che i valori della temperatura massima letta in ore comprese nello stesso intervallo di lettura di Conti permangono in media per 2,0 giorni e compaiono in media ogni 1,3 giorni e, dunque, di ritenere che la distribuzione oraria delle seconde letture giornaliere di Conti, oltre a risultare a ciclicità ripetitiva annua (figg. 3 e 5), può altresì essere considerata come omogeneamente distribuita nel tempo rispetto all'ora in cui si verificano le temperature massime giornaliere.

Il calcolo di rapporto di derivazione, inteso come quoziente fra intensità di valori termometrici verificatisi nelle stesse ore di rilevazioni di Conti e intensità dei valori verificatisi in orari precedenti e successivi, mettendo in evidenza 378 valori letti prima delle ore 12:04 e 91 valori letti dopo le ore 16:04 su un totale di 2.241, evidenzia che i valori approssimati per difetto delle termometrie lette prima delle ore 12:04 possono inferire sulla media. La media delle massime dei 378 valori, indicando nel periodo un valore di 21,64 °C, superiore di 0,72 °C alla media di 20,92 °C ottenuta con tutti i 2.241 valori dell'intero periodo, consente di considerare questo scarto dalla media come apprezzamento per difetto della media, mentre eseguendo lo stesso calcolo per ciascun anno completo del periodo si ottiene un campo di variabilità dello scarto dalla media compreso tra -0,60 °C e 1,49 °C, che può essere ritenuto valido come intervallo di apprezzamento per difetto sulla media del periodo dal suo valore vero.

Pertanto, nel presupposto assunto che esista un rapporto di composizione tra le serie delle temperature massime rilevate negli Osservatori di Lucca e di Conti, si può ritenere accettabile che la serie delle seconde ore di lettura di Conti assimilata a una serie di massime possa presentare, per il periodo dal 23.9.1744 al 2.8.1794, una media approssimata per difetto dell'ordine di circa 0,90 °C; che non risulta di entità tale da richiedere preventivamente, per lo svolgimento dell'analisi climatica, l'applicazione di un coefficiente di correzione ai valori argomentali della serie, ma deve essere tenuto in debito conto in sede di considerazioni conclusive.

Nella figura 6 (grafico in basso) si evidenzia come l'oscillazione stagionale delle seconde letture di Conti risulti più smorzato di quello delle letture delle massime dell'Orto Botanico. Gli andamenti dei valori della seconda lettura di Conti e delle massime misurate presso l'Orto Botanico mostra come questa loro variabilità risulti sincrona con i valori termici massimi (culmini) nei mesi di luglio e valori termici minimi (cavi) nei mesi di gennaio (fig. 8). Risulta altresì come la serie di Conti risulti traslata verso il basso del grafico, come viene messo in evidenza dai valori medi di periodo, pari rispettivamente a 17,53 °C (Conti) e a 20,92 °C (Orto Botanico).

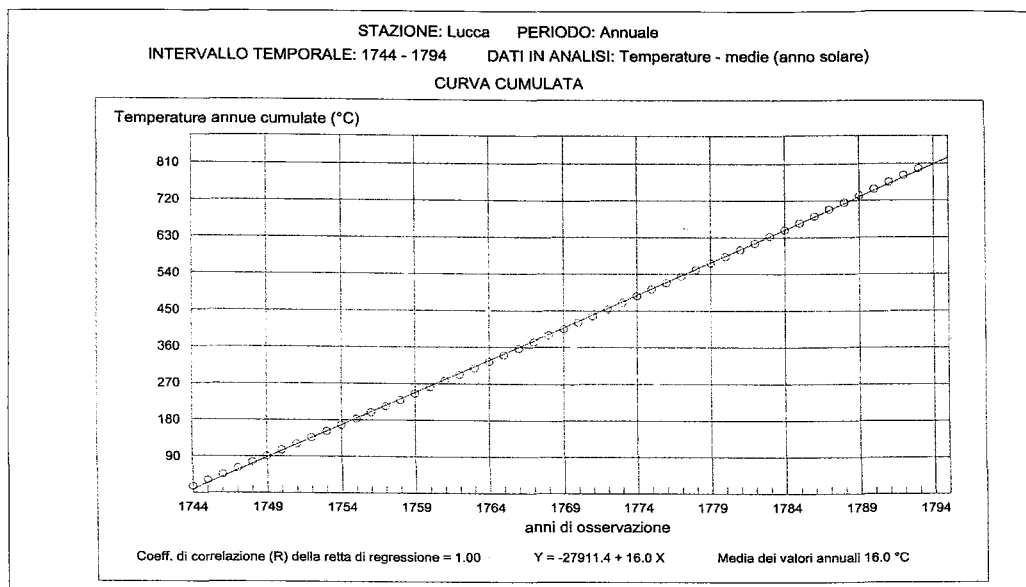


Fig. 9 – *Curva cumulata delle temperature medie annue rilevate da Conti*

La perfetta sovrapposizione con la retta di regressione accerta l'omogeneità non climatica dei dati di questa serie

Valutazioni sull'assimilabilità della serie termometrica oraria di Conti ad una serie di minime e massime giornaliere. – Il procedimento approssimato di comparazione tra l'attuale serie oraria di minime e massime giornaliere registrate nell'Orto Botanico e la serie di Conti consente di verificare, attraverso gli angoli d'intersezione delle relative rette di regressione (primi due grafici in alto di fig. 6), la presenza di una forte relazione, che permette di considerare che l'intensità e la frequenza dei valori termometrici minimi e massimi giornalieri nelle due serie stiano statisticamente in rapporto di composizione.

Tale assunto ha consentito altresì di valutare come le medie annue delle due serie di lettura giornaliera di Conti, assimilate a due serie di minime e massime giornaliere, presentino, rispetto ai valori termometrici attuali, un'approssimazione per difetto di un ordine di 0,8 °C per le minime e di 0,9 °C per le massime. L'approssimazione per difetto dei valori termometrici medi di Conti, poiché derivata da un errore sistematico introdotto da letture svolte giornalmente secondo una scansione temporale annua ripetitiva e ciclica (figg. 2 e 3), non comporta errori nell'assunzione dei dati campionari e non risulta interferire sulla presenza o meno di *trend*. Sui dati campionari di Conti può essere pertanto applicata l'analisi climatica senza apportare coefficienti di correzione; a risultati ottenuti si può tenere in debito conto del fattore di approssimazione per difetto sia nella media delle minime (0,8 °C) sia nella media delle massime (0,9 °C).

Tab. 3 – Valori mancanti nella serie di osservazioni termometriche (1744-1794) di Conti stimati con una rete neurale di tipo Meteonet

Data	Minima (°C)	Massima (°C)
31 marzo 1754	6,94	12,63
25 settembre 1767	13,10	18,30
30 marzo 1771	7,40	13,32
13 giugno 1772	22,13	23,32
24 gennaio 1782	6,87	11,25
15 giugno 1786	25,94	29,06
27 marzo 1791	8,35	14,76
28 marzo 1791	8,81	14,13
29 marzo 1791	9,28	13,51

Analisi climatica della serie termometrica di Conti. – Il catalogo termometrico di Conti presenta nove letture giornaliere di minima e massima mancanti: per il completamento della serie è stato pertanto necessario utilizzare la metodologia delle reti neurali artificiali che, operando la connessione logico-matematica con l'algoritmo di apprendimento di tipo Meteonet (Cortemiglia, 2002, p. 127), ha fornito i valori indicati nella tabella 3. Tale procedura si è resa necessaria poiché in letteratura non sono disponibili serie coeve che avrebbero invece consentito l'applicazione di test statistici di indifferenza o di interpolazione.

La serie, così completata e convertita rispetto alla rilevazione originaria (tabb. 6-8), è stata sottoposta a una preliminare verifica della sua rappresentatività meteorologica, in quanto, mancando dati documentari descrittivi della stazione, della posizione e schermatura strumentale, di eventuali spostamenti o sostituzioni del termometro, nonché notizie sulle modalità di lettura e di rilevazione adottate, possono essere stati introdotti i cosiddetti «errori di 1° e 2° tipo» nella rilevazione dei dati, che determinerebbero condizioni di «eterogeneità non climatica» per l'apporto di errori sistematici nei valori argomentali e di modifiche nella dispersione dei dati campionari.

L'assenza di eterogeneità non climatica viene messa in evidenza dalla perfetta sovrapposizione che si ottiene tra il diagramma cumulativo dei valori annui e la loro retta di regressione (fig. 9). Si possono pertanto considerare omogenei i relativi valori argomentali e ritenere accertata la loro rappresentatività meteorologica e conseguentemente considerare, con buona approssimazione, che le proprietà statistiche di eventuali errori di misura presenti nella serie siano rimaste invariate nel corso del periodo di funzionamento della stazione.

Si può ora procedere alla verifica della rappresentatività statistica dei dati, in quanto deve essere accertato che questa serie termometrica può essere considerata come un campione rappresentativo del suo collettivo di riferimento, si deve

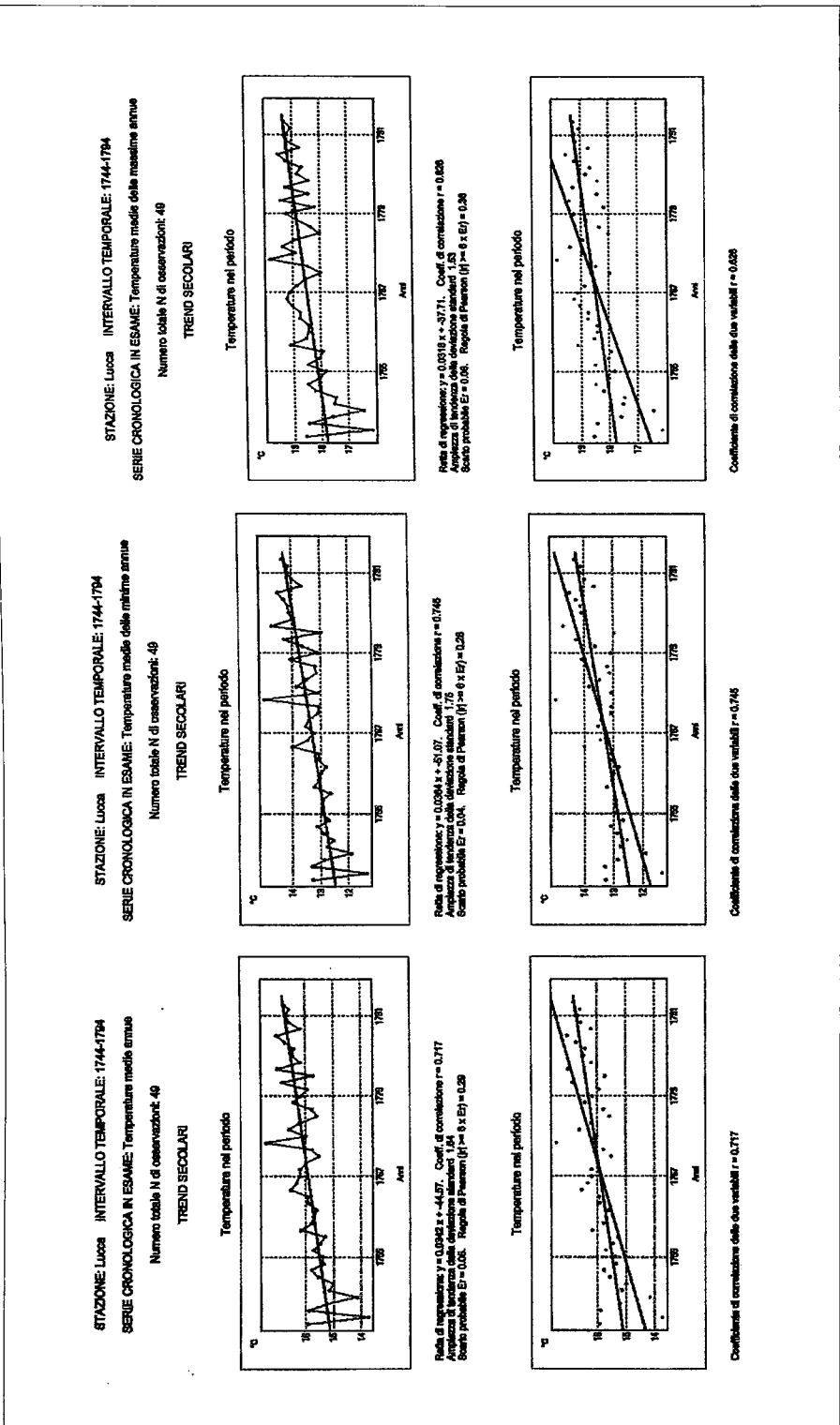


Fig. 10 – Andamento (prima linea in alto di grafici) delle temperature minime (T_{min}), massime (T_{max}) e medie (T_{med}) rilevate da Conti nel periodo 1744-1794 e relativi grafici (seconda linea in basso) del grado di interdipendenza tra la temperatura ($T_{min} - T_{max} - T_{med}$) e il tempo (anni calendariali)

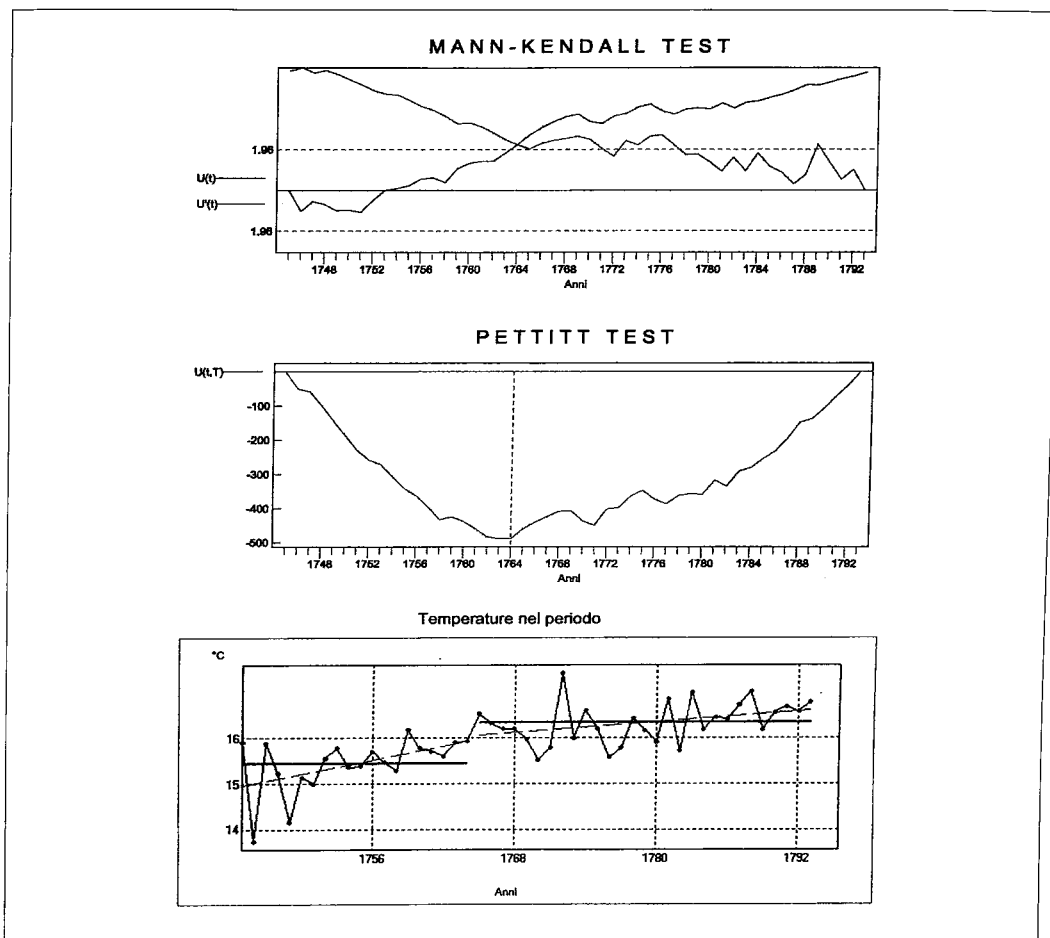


Fig. 11 – L'applicazione del test di Mann-Kendall (grafico in alto) alla serie di temperature medie annue (T_{med}) di Conti indica la presenza di un trend. Lo stesso test integrato col test di Pettitt (grafico al centro) indica l'inizio temporale del trend nell'anno 1764

cioè caratterizzare e configurare come un campione statistico di tipo probabilistico, che rappresenta l'immagine ridotta, ma fedele, delle caratteristiche del collettivo o popolazione da cui provengono i valori rilevati. Tale verifica è stata sviluppata attraverso la metodologia descritta da Cortemiglia (2002, p. 12) con test di indipendenza non parametrici, i cui risultati consentono di accertare la casualità, l'indipendenza, l'omogeneità e l'organizzazione, dovuta a presenza di *trend*. Si è anche proceduto, attraverso l'applicazione dei test di indipendenza parametrici (Cortemiglia, 2002, p. 38), alla verifica dell'assimilabilità della distribuzione campionaria alla distribuzione normale, in quanto gli stimatori campionari utilizzati (stimatori efficienti) nell'analisi climatica richiedono la «normalità» della di-

sistribuzione campionaria: i test di indipendenza non parametrici hanno accertato la bontà dell'adattamento dei dati di osservazione alla distribuzione normale, consentendo così di poter procedere alla determinazione sia delle varie grandezze statistiche, sia delle forme di cronodipendenza. L'applicazione alla serie termometrica (tab. 8) di Conti dei test non parametrici ha fornito una preliminare indicazione sulla presenza di organizzazione nei dati dovuta a presenza di tendenza, che, intesa come aumento sistematico della media, viene significativamente indicata come tendenza secolare, ricavata dai dati delle tabelle 6, 7 e 8, delle temperature minime ($T_{\min}$), massime ($T_{\max}$) e medie (T_{med}) (fig. 10).

Le rette di regressione del *trend* secolare (fig. 10), pur mostrando elevati valori positivi, non risultano però probanti la reale presenza in questa serie di una tendenza di aumento della temperatura, in quanto indicano semplicemente l'espressione matematica di una corrispondenza tra due serie di numeri. Il *trend* segnalato dai test nelle due applicazioni dei coefficienti r_s di Spearmann e t di Kendall (tab. 4) è stato perciò verificato e accertato con il più robusto test di Mann-Kendall, sviluppato secondo le indicazioni di Sneyers (1975, p. 12).

L'applicazione del test di Mann-Kendall integrato con il grafico di Pettitt (1979) alla serie di temperature medie annue del periodo 23.9.1744-2.8.1794 accerta, con livello $\alpha = 0,05$ di significatività, la presenza di un *trend* crescente con anno d'inizio nel 1764 (fig. 11). L'incremento delle temperature medie annue (T_{med}) è stimabile in $0,9^\circ\text{C}$ in 30 anni (gradiente medio $0,03^\circ\text{C}/\text{anno}$), valutato come incremento della temperatura media annua da $15,4^\circ\text{C}$ (1744-1763) a $16,3^\circ\text{C}$ (1764-1794) (fig. 11).

L'applicazione del test di Mann-Kendall integrato con il grafico di Pettitt anche alle serie delle temperature minime ($T_{\min}$) e massime ($T_{\max}$) (tabb. 6 e 7), confermano la presenza di *trend* secolare positivo con inizio per le massime nel 1764 e per le minime nel 1762, con un incremento di valore per entrambe di $0,9^\circ\text{C}$ in 30 anni. Si rileva pertanto che questo incremento termico è avvenuto contemporaneamente e della stessa entità sia per le minime sia per le massime.

Dal test di Mann-Kendall, integrato col grafico di Pettitt, si evince che questo aumento termico si verifica con presenza di *trend* crescente nel semestre invernale (gradiente medio $0,05^\circ\text{C}/\text{anno}$), con i mesi di ottobre, novembre, dicembre, gennaio e, nel semestre estivo, con i mesi di marzo e agosto; risultano invece privi di *trend* i mesi di febbraio, aprile, maggio, giugno, luglio e settembre.

Al fine di verificare la presenza di qualche eventuale irregolarità e di componenti cicliche nelle temperature medie annue sono stati tracciati i grafici del correlogramma e dello spettrogramma (tab. 8). Il coefficiente di autocorrelazione di ordine b calcolato sulla serie detrendizzata (fig. 12, grafico in alto) dei valori delle temperature medie annue per *lag* crescenti da 1 ad b , dove b rappresenta la distanza massimale pari a $1/2$ della lunghezza della serie, ha consentito di tracciare il correlogramma seriale di *lag* 24 (fig. 12, grafico al centro), che rappresenta una stima della funzione di autocorrelazione riferita alla media. Quest'ultimo diagramma evidenzia che la correlazione a breve termine risulta positiva e limitata al primo *lag*, mentre la correlazione a lungo termine, sino al *lag* 24, presenta, all'au-

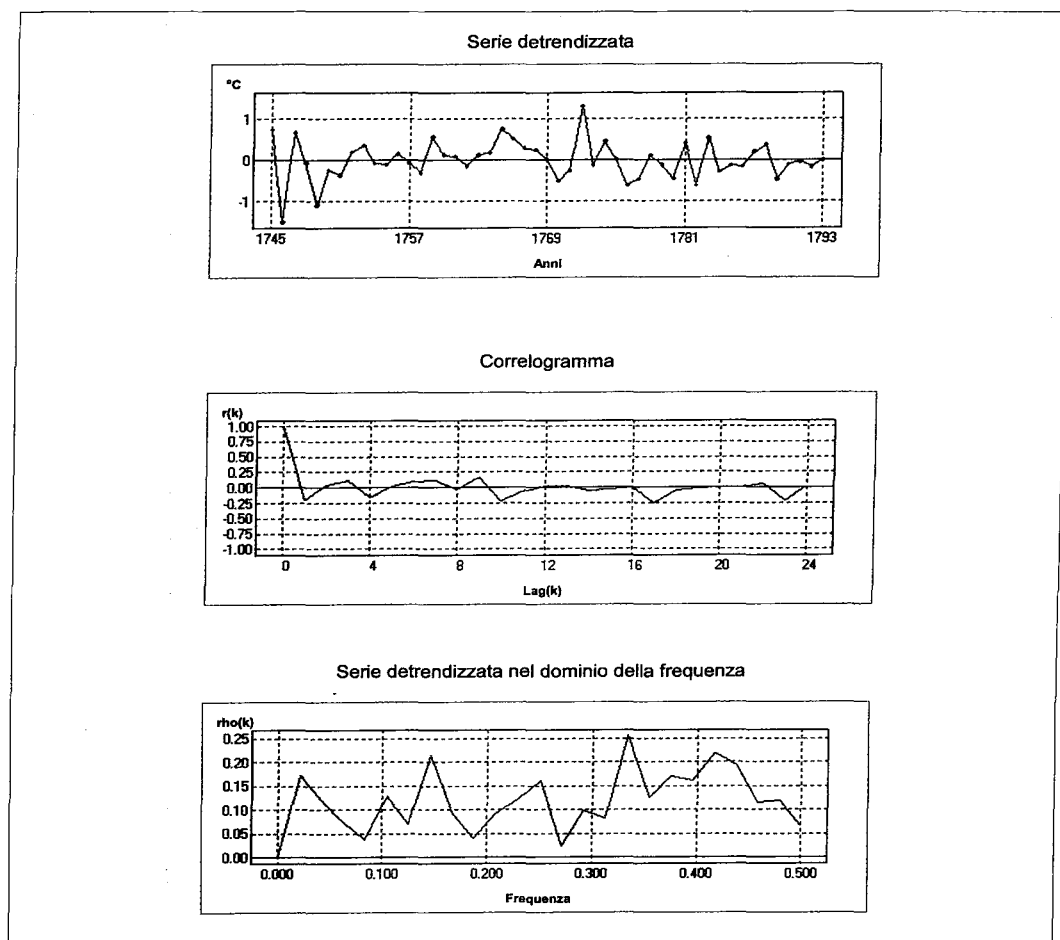


Fig. 12 – Grafico della serie detrendizzata nel dominio del tempo delle temperature medie annue (T_{med}) dal 1744 al 1794 (in alto) su cui sono stati calcolati il correlogramma (al centro) e lo spettrogramma (in basso)

mentare di b , un andamento oscillatorio attorno allo zero, quindi accerta in questa serie storica la dominanza di una componente stocastica e la mancanza di componente ciclica superiore a quella stagionale. Anche l'andamento dello spettrogramma (fig. 12, grafico in basso) che, calcolato sulla serie detrendizzata e con periodo della funzione sinusoidale pari a metà della lunghezza della serie, fornisce indicazioni sulle componenti periodica ed erratica di questa serie storica conferma la mancanza di componente ciclica e la dominanza della componente stocastica.

Le peculiarità climatiche di questa serie di temperature medie annue, che caratterizzano il clima di Lucca dal 1744 al 1794, risultano dall'istogramma realizzato secondo la relazione di Brook e Carruthers (1953) con un numero di classi rap-

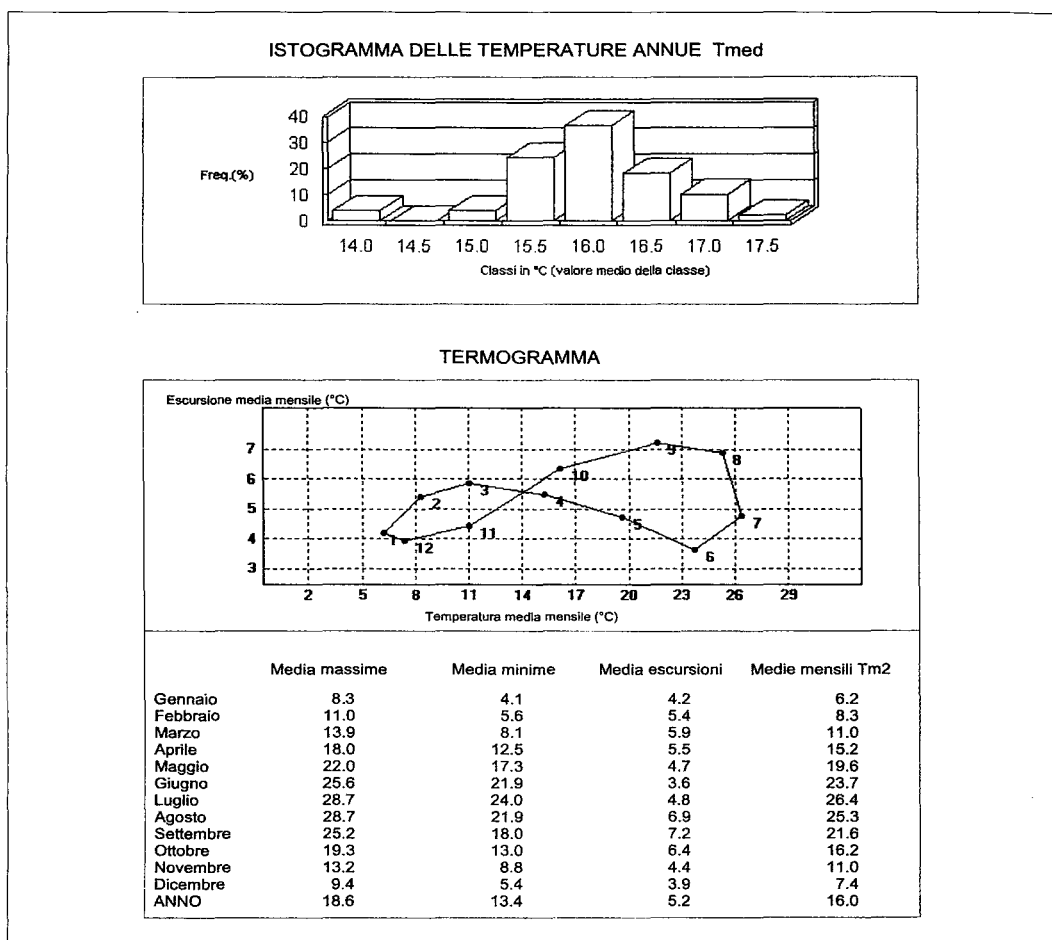


Fig. 13 – Istogramma della serie termometrica (1744-1794) di Conti realizzata nello spazio campionario N di 18.666 valori argomentali distribuiti in otto intervalli di classe di ampiezza $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ (in alto)

portato al numero $N = 18.666$ dei dati di osservazione. Si rileva un andamento bi-modale con moda principale (36,73%) a limiti di classe $15,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ - $16,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ e moda secondaria (4,08%) a limiti di classe $13,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ - $14,2\text{ }^{\circ}\text{C}$, dove il 90,39% dei valori risulta contenuto tra $15,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $17,2\text{ }^{\circ}\text{C}$, mentre il campo di variabilità delle temperature medie annue è compreso tra $13,74\text{ }^{\circ}\text{C}$ (1742) e $17,42\text{ }^{\circ}\text{C}$ (1772) (fig. 13, in alto).

Gli indici di posizione dei valori argomentali di questa serie termometrica, presentando con media aritmetica $15,97\text{ }^{\circ}\text{C}$, mediana $15,94\text{ }^{\circ}\text{C}$ e moda principale $15,96\text{ }^{\circ}\text{C}$, valori tra loro poco differenti, indicano, occupando all'interno della dispersione una posizione prossima al centro di gravità delle osservazioni, la presenza di una distribuzione simmetrica rispetto all'intervallo temporale di rilevazione dei dati.

Tab. 4 – Risultati dell'applicazione, con livello di significatività $\alpha = 0,05$, alla serie termometrica dell'Osservatorio di Giovan Stefano Conti (1744-1794) di spazio campionario $N = 49$, dei test statistici di indipendenza non parametrici e parametrici, che accertano come questi dati osservazionali siano casuali, indipendenti, omogenei, organizzati e presentino distribuzione campionaria assimilabile alla normale

Serie meteorologica	Test di indipendenza non parametrici	Statistica del test	Regola di decisione sui dati
Serie Termometrica dell'Osservatorio Meteorologico di Giovan Stefano Conti N = 49	Test dei massimi e delle fasi	Freq. t=0,351 Freq. tmin.= 0,281 Freq. tmax = 0,420	Aleatori ed indipendenti
	Test dei punti di svolta	P = 31 Q = 0,115	Aleatori ed indipendenti
	Test delle fasi	$\chi^2=0,00<5,99$ (95%) F=0,00 $\chi^2=0,00<9,21$ (99%) C=0,00 CT=0,00	Aleatori
	Test delle sequenze o delle suites	NVar = 11 LS = 21-29	Organizzati
	Test dei tagli o delle coupures	N° tagli osservati < a quelli teorici	Organizzati
	Test di stabilità della mediana	$\chi^2=28,40>9,49$ (95%) F=0,61 C=0,592 $\chi^2=0,00<13,3$ (99%) CT=0,418	Organizzati con correlazione attributi scarsa
	Test di stabilità della media	$\chi^2=27,72>9,5$ (95%) F=0,61 C=0,590 $\chi^2=27,72<13,3$ (99%) CT=0,417	
	Test del segno dello scarto in rapporto al valore centrale	Totale Scarti = 12 IC = 18,70-32,28	Organizzati
	Test della correlazione seriale	Fcorrig $\alpha_1=0,00549<0,05$ Fsem $\alpha_1=0,0303<0,05$	Organizzati
	Test di tendenza	u(t)=5,61446 $\alpha_1=0,0000$ $\alpha_0=0,05$ (r_s) =5,17565 $\alpha_1=0,0000$ $\alpha_0=0,05$	Presentano tendenza
	Test di indipendenza parametrici	Statistica del test	Regola di decisione sui dati
	Test di stabilità della media	Fsf=2,24 > 2	Organizzati
	Test di stabilità della dispersione	Fsf=1,71 < 2	Aleatori e distribuiti normalmente
	Test di Bartlett	B = 5,460 < 9,49 (95%) B = 5,460 < 13,3 (99%)	Omogenei ed omoschedastici
	Test dell'esistenza di correlazione interna	$\rho = 0,391$ $r = 1,642$	Correlati di tipo auto regressivo

Legenda: B = rapporto Q/L del test di Bartlett; C = contingenza quadratica media; CT = coefficiente di Tschuprow; F = indice quadratico di contingenza di Pearson; Fcorrig = forma con cambiamento d'origine; Fsem = forma semplificata; Fsf = funzione di Snedecor-Fisher; IC = intervallo di confidenza 95%; LS = limite di significatività per probabilità 0,10-0,90; NVar = numero variazioni; P = numero dei punti di svolta; Q = 1,96 valore critico per $\alpha = 0,05$; r = coefficiente di correlazione interna di Abbe; (r_s) = coefficiente di Spearmann; u(t) = coefficiente di Kendall; ρ = coefficiente di correlazione interna di Anderson

DATI TERMOMETRICI ANNUALI	
STAZIONE: Lucca PERIODO: Annuale	
INTERVALLO TEMPORALE: 1744-1794 VALORI TERMICI ESTREMI IN °C	
Giorni più freddi	
Numero totale di giorni di gelo ($T_{min} \leq 0^{\circ}\text{C}$) nel periodo	537
Numero totale di giorni di forte gelo ($T_{min} \leq -5^{\circ}\text{C}$) nel periodo	18
Numero totale di giorni di gran freddo ($T_{min} \leq -10^{\circ}\text{C}$) nel periodo	0
Numero di giorni di ghiaccio ($T_{max} \leq 0^{\circ}\text{C}$) nel periodo	16
Giorni più caldi	
Numero totale di giorni di caldo ($T_{max} \geq 30^{\circ}\text{C}$) nel periodo	1387
Numero totale di giorni di gran caldo ($T_{max} \geq 35^{\circ}\text{C}$) nel periodo	48
Giorni di gelo - disgelo	
Numero totale di giorni con passaggi attorno a 0°C nel periodo	44
Valori estremi giornalieri	
Temperatura minima diurna estrema assoluta	-6.9 (1/1/1789)
Temperatura massima diurna estrema assoluta	37.5 (23/7/1762)
Temperatura media giornaliera minima assoluta	-3.8 (31/12/1788)
Temperatura media giornaliera massima assoluta	33.0 (23/7/1762)
Temperatura media giornaliera minima e massima dei mesi di:	
Gennaio -3.4 (1/1/1789)	14.5 (27/1/1786)
Febbraio -3.4 (17/2/1782)	16.3 (29/2/1772)
Marzo -0.2 (2/3/1745)	19.1 (24/3/1775)
Aprile 6.3 (14/4/1746)	23.6 (30/4/1745)
Maggio 11.0 (4/5/1770)	28.8 (29/5/1745)
Giugno 14.0 (9/6/1749)	31.6 (23/6/1748)
Luglio 17.7 (10/7/1756)	33.0 (23/7/1762)
Agosto 17.5 (31/8/1778)	32.9 (1/8/1791)
Settembre 11.8 (30/9/1764)	30.7 (3/9/1769)
Ottobre 5.5 (19/10/1746)	24.4 (14/10/1745)
Novembre 0.2 (20/11/1759)	19.1 (12/11/1745)
Dicembre -3.8 (31/12/1788)	16.2 (12/12/1786)
Minima escursione termica giornaliera assoluta	0.1 (25/4/1746; 2/10/1747; 20/5/1749; ecc.)
Massima escursione termica giornaliera assoluta	18.4 (14/5/1786)
Valori estremi mensili	
Temperatura media mensile minima e massima dei mesi di:	
Gennaio 2.2 (1755)	9.8 (1765)
Febbraio 4.4 (1746)	11.8 (1767)
Marzo 5.5 (1747)	13.9 (1772)
Aprile 11.8 (1746)	18.4 (1745; 1794)
Maggio 17.4 (1751)	22.5 (1789)
Giugno 19.4 (1749)	26.2 (1752)
Luglio 22.7 (1758)	28.8 (1782)
Agosto 22.6 (1749)	28.0 (1774)
Settembre 19.0 (1749)	24.3 (1747)
Ottobre 12.6 (1757)	19.1 (1790)
Novembre 6.4 (1746)	14.6 (1766)
Dicembre 4.0 (1749)	11.2 (1787)
Escursione termica mensile minima assoluta	7.7 (6/1746)
Escursione termica mensile massima assoluta	26.3 (10/1745)
Valori estremi annuali	
Minimo assoluto annuale	13.7 (1746)
Massimo assoluto annuale	17.4 (1772)
Ampiezza termica annuale minima assoluta	4.6 (1749)
Ampiezza termica annuale massima assoluta	6.2 (1779)
Escursione termica annuale minima	18.1 (1771)
Escursione termica annuale massima	25.0 (1746)

Tab. 5 – *Dati termometrici annuali rilevati da Conti a Lucca (1744-1794)*

Il termogramma disegna una linea poligonale in cui si verifica, tra temperatura media mensile ed escursione media mensile, diretta proporzionalità nei mesi di gennaio, febbraio, giugno, settembre, ottobre, novembre, e proporzionalità inversa nei mesi di marzo, aprile, maggio, luglio, agosto, dicembre, con effetti prevalenti nelle stagioni primaverile e autunnale (fig. 13, in basso).

Le caratteristiche della serie termometrica di Conti possono quindi essere sintetizzate dai valori termici e medi riportati nella tabella 5, da cui si evince come nell'ambito dell'intervallo temporale delle osservazioni, che presenta ben 1.387 giorni con temperature massime giornaliere $\geq 30^{\circ}\text{C}$ (giorni tropicali) e 48 giorni con temperature massime giornaliere $\geq 35^{\circ}\text{C}$, l'incremento termico verificatosi con inizio dal 1764 abbia comportato la presenza dei valori termici più elevati a prevalente distribuzione nell'intervallo successivo a questa data.

DATI TERMOMETRICI MENSILI

STAZIONE: Lucca PERIODO: Annuale
INTERVALLO TEMPORALE: 1744-1794 DATI IN ANALISI: T_{min}

Anno	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Media
1744										13.6	11.6	3.7	
1745	0.9	6.1	7.6	15.1	17.6	21.7	24.3	21.0	16.8	12.1	11.7	4.1	13.2
1746	1.4	2.2	4.2	9.8	17.2	19.8	25.3	21.2	17.5	10.0	3.9	3.4	11.3
1747	1.5	6.7	2.7	12.4	16.6	22.4	23.4	23.5	20.8	13.0	8.4	8.0	13.3
1748	1.6	5.7	5.3	11.6	17.7	23.4	23.7	22.2	17.0	12.2	7.5	6.1	12.8
1749	6.4	4.5	8.8	11.0	15.7	17.3	22.6	19.5	16.4	11.5	5.8	2.6	11.9
1750	3.3	5.8	8.4	11.4	15.9	21.0	22.7	20.6	19.3	13.2	7.7	3.5	12.7
1751	4.5	5.5	9.4	9.7	14.8	20.7	22.9	21.2	18.1	12.9	6.8	3.5	12.5
1752	6.2	6.3	6.3	10.4	15.1	23.4	22.9	20.3	18.9	12.1	7.4	4.7	12.8
1753	3.5	6.9	8.5	11.4	15.9	22.7	23.2	20.7	17.4	12.7	8.4	5.8	13.1
1754	4.1	3.7	4.1	11.0	16.9	21.3	23.0	22.2	15.8	13.4	10.8	5.8	12.7
1755	0.5	5.0	8.5	14.8	15.2	22.2	22.7	20.9	17.4	13.0	8.6	6.3	12.9
1756	3.6	5.8	8.0	11.6	15.8	22.6	22.6	20.9	17.6	12.3	7.2	6.7	12.9
1757	5.0	5.6	6.0	13.8	17.7	20.7	24.7	21.7	16.2	9.2	8.8	5.3	12.9
1758	1.7	5.2	8.5	12.4	16.6	21.5	20.3	20.2	16.9	11.8	8.8	7.3	12.6
1759	2.9	5.5	8.2	12.5	16.5	21.3	24.2	21.2	18.5	13.9	5.7	8.2	13.2
1760	5.8	5.4	6.9	13.0	16.4	21.6	22.6	20.1	16.6	14.0	8.8	5.3	13.0
1761	2.1	6.0	8.4	11.3	16.1	20.1	24.1	21.7	18.7	13.0	9.3	4.9	13.0
1762	4.5	3.6	5.5	12.8	17.8	19.6	25.2	21.6	17.5	13.7	8.9	2.7	12.8
1763	3.9	8.5	7.6	11.9	15.3	20.7	22.6	22.0	17.3	11.6	8.1	6.9	13.0
1764	6.1	6.5	7.2	11.0	17.3	21.8	23.2	20.4	16.0	10.9	9.0	7.3	13.1
1765	8.1	5.5	10.4	11.9	18.1	22.7	22.3	21.8	19.1	15.2	9.5	3.0	14.0
1766	-0.9	4.8	9.3	14.2	17.6	22.6	23.3	22.3	16.9	14.0	11.9	4.9	13.4
1767	1.4	9.6	8.6	10.6	16.9	21.6	24.6	21.2	17.3	13.0	10.0	3.5	13.2
1768	3.8	5.2	5.3	12.7	18.2	22.0	24.8	24.1	18.2	13.7	9.9	4.2	13.5
1769	6.2	3.6	7.0	13.6	16.9	22.7	23.9	21.7	18.8	10.2	11.5	4.3	13.4
1770	1.2	6.3	8.0	11.8	16.1	21.7	22.5	20.9	19.2	13.3	9.4	6.0	13.0
1771	5.7	4.9	8.4	10.5	19.0	20.8	23.7	20.8	18.3	12.9	4.7	6.8	13.0
1772	5.8	9.2	12.0	13.7	17.2	23.6	24.4	21.8	19.2	14.7	11.7	6.3	15.0
1773	5.4	2.9	6.2	11.4	16.9	21.6	23.0	20.2	18.4	13.7	9.2	7.4	13.0
1774	5.1	6.7	9.8	13.8	17.6	21.9	24.7	23.8	18.2	11.9	7.9	4.3	13.8
1775	4.0	7.6	9.4	12.5	16.3	21.9	24.2	22.8	18.3	12.9	8.9	2.5	13.4
1776	3.6	6.2	10.5	13.3	16.3	21.0	24.1	21.6	17.3	12.8	8.0	2.7	13.1
1777	2.3	6.4	10.7	12.1	16.6	21.6	22.9	22.2	17.3	14.5	8.3	3.1	13.2
1778	7.5	4.5	8.0	13.9	17.6	21.2	24.6	22.7	17.6	15.8	8.8	6.0	14.0
1779	-0.2	4.2	6.9	11.8	18.4	20.4	22.9	21.1	18.3	14.3	10.0	8.5	13.0
1780	2.4	3.3	10.5	11.9	19.2	23.7	24.9	23.0	17.2	15.5	8.9	2.7	13.6
1781	4.8	6.1	8.0	14.2	19.7	21.5	25.3	23.0	18.7	11.3	9.7	8.7	14.2
1782	4.7	2.6	7.6	12.0	17.2	23.6	26.4	22.5	17.3	10.9	6.3	4.3	13.0
1783	6.9	7.5	8.9	12.6	18.0	22.2	25.7	22.9	19.5	15.0	8.9	7.8	14.7
1784	4.0	3.9	10.1	10.6	20.0	23.9	25.9	22.4	20.1	12.4	7.4	5.8	13.9
1785	6.6	4.9	6.2	11.3	17.7	23.0	24.1	22.3	20.5	13.4	9.8	8.5	14.0
1786	6.2	6.3	9.6	14.5	18.6	23.4	25.0	21.7	17.7	9.9	9.9	5.9	14.1
1787	2.0	5.5	8.8	13.0	16.0	22.9	25.1	24.8	18.6	14.6	10.1	9.6	14.3
1788	5.7	7.9	10.8	13.5	18.8	24.3	26.4	22.4	19.0	12.8	8.4	3.8	14.5
1789	5.6	6.4	7.4	14.7	20.0	21.5	24.1	21.7	17.4	12.9	7.3	4.3	13.8
1790	3.4	5.8	7.9	11.3	18.9	23.8	23.2	22.3	17.8	16.0	10.7	6.1	13.9
1791	6.6	4.6	7.9	14.8	17.3	21.8	24.3	24.1	18.0	12.8	9.9	7.0	14.1
1792	7.7	5.6	9.9	14.2	18.2	23.1	25.0	21.9	17.1	14.6	7.8	3.6	14.1
1793	2.0	5.1	9.4	12.2	17.5	21.7	26.8	23.7	20.1	14.2	10.4	8.5	14.3
1794	6.6	6.9	9.7	16.3	19.0	22.6							

Tab. 6 – *Dati termometrici mensili rilevati da Conti a Lucca (1744-1794): temperature minime*

Conclusioni. – La serie termometrica rilevata a Lucca da Giovan Stefano Conti dal 23.9.1744 al 2.8.1794, con orari di lettura bigiornalieri assimilati a rilevazioni di minime e massime giornaliere, è risultata all'analisi climatica con approccio di tipo statistico un campione parziale rappresentativo del suo universo di appartenenza, privo di distorsioni e di eterogeneità non climatiche, nonché caratterizzato da una distribuzione campionaria casuale, indipendente, omogenea e assimilabile alla normale.

Pertanto l'assimilazione delle due letture giornaliere a una rilevazione termometrica di minime (prima lettura) e di massime giornaliere (seconda lettura) è risultato un criterio di massima verosimiglianza, non introducendo distorsioni nella serie campionaria e fornendo, attraverso i cosiddetti «stimatori efficienti», una stima affidabile ed efficace di tutti i parametri termici descrittivi delle sue proprietà.

STAZIONE: Lucca PERIODO: Annuale
INTERVALLO TEMPORALE: 1744-1794 DATI IN ANALISI: Tmax

Anno	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Media
1744										18.2	14.4	6.5	
1745	4.9	9.7	12.8	21.6	23.5	26.6	30.6	27.1	24.9	19.1	15.3	7.6	18.6
1746	4.8	6.6	9.4	13.9	22.7	22.9	30.9	27.9	24.0	15.4	9.0	6.1	16.1
1747	4.7	11.1	8.3	18.5	21.6	27.6	29.3	30.6	27.8	18.8	12.7	10.8	18.5
1748	4.4	9.3	9.7	15.8	24.1	28.3	29.4	29.5	23.7	17.4	11.5	8.8	17.7
1749	8.9	8.6	12.8	15.4	22.0	21.5	29.8	25.6	21.7	16.3	9.3	5.3	16.4
1750	6.8	9.9	13.9	16.2	19.9	25.3	27.9	27.8	26.9	19.0	10.7	6.3	17.5
1751	6.9	9.0	14.4	14.0	20.1	25.5	28.7	29.4	25.8	18.1	11.2	6.7	17.5
1752	8.7	10.0	12.6	15.5	21.5	29.0	28.3	27.4	27.2	19.4	12.0	7.5	18.3
1753	6.7	11.1	15.6	17.1	22.2	27.4	28.7	28.2	25.7	18.4	11.7	9.1	17.5
1754	7.3	8.8	9.7	17.2	22.4	25.5	28.5	29.0	24.9	19.7	14.4	9.0	18.0
1755	4.0	8.5	13.6	21.1	21.4	26.5	27.5	27.2	23.7	19.1	12.1	9.1	17.8
1756	7.5	11.9	13.5	18.0	22.3	27.4	28.3	28.5	24.6	18.9	11.3	10.0	18.5
1757	7.5	10.7	12.9	19.4	22.8	24.6	30.1	28.2	22.7	16.1	13.4	8.3	18.1
1758	5.8	10.2	13.8	18.6	22.6	26.4	25.0	27.9	23.6	18.2	13.5	10.1	18.0
1759	8.7	12.4	14.3	18.9	21.8	25.8	30.6	28.6	26.2	21.2	10.3	10.8	19.1
1760	9.3	10.7	12.9	19.2	22.7	26.5	29.1	27.9	24.2	19.5	12.1	8.4	18.5
1761	7.0	10.8	14.1	17.8	22.9	23.9	30.1	30.0	26.3	18.2	12.3	8.1	18.5
1762	9.1	9.0	12.3	20.5	23.0	24.3	30.9	28.8	26.2	17.9	12.8	7.1	18.5
1763	8.4	12.5	13.8	19.2	19.9	25.2	28.7	31.4	24.1	19.2	12.9	10.3	18.8
1764	10.4	12.6	13.3	16.6	23.7	27.0	29.8	27.6	24.2	17.1	12.7	10.2	18.8
1765	11.5	10.2	15.4	17.9	21.7	26.7	26.3	27.9	27.7	20.6	14.6	8.5	19.1
1766	5.7	10.4	16.5	18.7	21.8	26.1	28.1	29.8	26.8	20.6	17.4	9.6	19.3
1767	6.3	14.1	15.7	18.1	21.8	25.0	29.7	28.8	25.1	20.9	15.8	8.8	19.2
1768	8.3	11.0	12.3	18.7	23.4	24.7	29.7	30.8	24.1	20.0	14.4	9.8	18.9
1769	10.4	10.4	13.0	19.3	21.6	26.0	27.5	29.4	26.4	17.9	14.0	7.8	18.6
1770	6.4	11.7	12.4	16.0	20.0	24.7	26.3	27.7	26.6	19.9	13.9	10.9	18.0
1771	9.4	12.0	13.7	16.3	22.9	23.9	27.8	27.6	25.0	20.2	12.2	11.0	18.5
1772	8.9	13.9	15.9	18.0	20.3	26.8	29.2	28.9	26.8	22.5	16.0	11.6	19.9
1773	10.6	10.4	14.4	18.2	21.2	23.9	27.3	27.3	26.2	22.2	14.3	11.3	18.9
1774	10.0	12.2	15.4	19.3	21.4	24.9	28.2	32.1	25.0	21.3	12.6	9.8	19.4
1775	9.6	13.6	16.2	17.7	20.0	25.3	28.3	27.7	25.6	20.0	13.9	10.0	19.0
1776	7.7	11.0	16.0	18.1	20.0	23.3	27.7	27.6	22.4	19.9	14.2	8.4	18.0
1777	6.6	11.7	16.4	17.3	20.3	24.5	25.9	29.3	25.7	20.2	14.7	7.9	18.4
1778	11.3	9.7	13.2	18.5	22.0	24.8	28.8	29.5	23.6	19.8	14.0	11.3	18.9
1779	7.3	14.7	15.9	20.5	22.7	23.4	26.1	27.5	25.7	21.2	14.4	11.9	19.3
1780	6.4	9.0	16.9	16.0	23.6	26.7	28.9	27.7	23.4	20.4	12.5	7.3	18.2
1781	9.0	11.6	16.3	19.9	23.4	24.0	29.4	29.6	25.6	18.6	13.5	12.6	19.5
1782	10.6	8.3	13.5	15.9	20.7	28.4	31.2	28.6	25.4	17.8	11.2	9.9	18.5
1783	10.7	12.4	13.7	18.8	22.0	24.8	30.2	28.5	24.8	21.5	13.5	11.0	19.3
1784	7.7	9.0	14.3	19.5	24.5	26.8	30.0	28.1	26.5	17.5	12.4	8.7	18.5
1785	10.5	10.4	11.6	16.0	22.5	25.9	27.5	27.7	27.9	20.2	14.7	11.6	18.9
1786	9.9	11.4	13.5	19.3	23.2	26.4	28.5	27.5	23.6	17.7	13.6	9.7	18.7
1787	8.4	12.2	14.9	17.6	19.3	25.6	29.0	30.9	25.8	20.4	14.5	12.8	19.3
1788	10.1	12.6	15.9	19.3	23.4	27.2	30.6	29.1	25.7	20.0	13.1	7.5	19.5
1789	9.8	12.4	12.4	20.5	25.1	24.1	27.7	28.5	24.8	18.5	11.6	9.5	18.7
1790	8.6	12.7	15.4	16.1	22.0	26.5	27.3	29.4	25.5	22.3	14.8	10.7	19.3
1791	11.5	11.4	15.4	19.2	20.8	25.0	28.0	31.3	25.9	18.0	13.5	11.1	19.3
1792	10.4	11.4	15.5	19.6	21.7	25.7	29.1	29.3	23.1	19.8	14.1	9.3	19.1
1793	7.3	12.3	14.2	16.0	21.2	24.6	30.6	30.8	25.8	21.8	15.2	12.0	19.3
1794	11.3	13.3	16.8	20.5	22.2	25.3							

Tab. 7 – *Dati termometrici mensili rilevati da Conti a Lucca (1744-1794): temperature massime*

La correlazione tra i valori orari della serie settecentesca e quelli di minima e massima giornalieri rilevati attualmente nell'Orto Botanico, non distante del palazzo dove Giovan Stefano Conti realizzò il suo osservatorio meteorologico, è stata svolta nell'assunzione che questi due osservatori, rilevando dati campionari appartenenti a uno stesso universo di riferimento, osservato però in periodi temporali diversi, risultano per nesso logico in rapporto di composizione. Il risultato di questa correlazione ha evidenziato che le prime e seconde letture di Conti per buona parte rientrano negli orari delle minime e massime attuali dell'Orto Botanico, ma per una percentuale significativa risultano in ritardo o in anticipo rispetto all'orario di lettura attuale delle minime e massime giornaliere. Tale ritardo porta a una lettura per difetto dei valori termometrici che, dal confronto effettuato, conduce a stimare le medie settecentesche più basse, rispetto a quelle attuali dell'Orto Botanico, nell'ordine di 0,8 °C per le minime e 0,9 °C per le massime.

STAZIONE: Lucca PERIODO: Annuale													
INTERVALLO TEMPORALE: 1744-1794 DATI IN ANALISI: Tmed													
Anno	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Media
1744										15.9	13.0	5.1	
1745	2.9	7.9	10.2	18.4	20.6	24.2	27.4	24.0	20.8	15.6	13.5	5.8	15.9
1746	3.1	4.4	6.8	11.8	20.0	21.4	28.1	24.6	20.8	12.7	6.4	4.8	13.7
1747	3.1	8.9	5.5	15.4	19.1	25.0	26.4	27.0	24.3	15.9	10.6	9.4	15.9
1748	3.0	7.5	7.5	13.7	20.9	25.8	26.6	25.8	20.3	14.8	9.5	7.4	15.2
1749	7.6	6.5	10.8	13.2	18.9	19.4	26.2	22.6	19.0	14.0	7.6	4.0	14.2
1750	5.0	7.8	11.2	13.8	17.9	23.2	25.3	24.2	23.1	16.1	9.2	4.9	15.1
1751	5.7	7.3	11.9	11.9	17.4	23.1	25.8	25.3	21.9	15.5	9.0	5.1	15.0
1752	7.4	8.1	9.4	13.0	18.3	26.2	25.6	23.8	23.0	15.8	9.7	6.1	15.5
1753	5.1	9.0	12.1	14.2	19.0	25.0	26.0	24.4	21.6	15.6	10.1	7.4	15.8
1754	5.7	6.2	6.9	14.1	19.6	23.4	25.8	25.6	20.4	16.6	12.6	7.4	15.4
1755	2.2	6.7	11.0	18.0	18.3	24.4	25.1	24.0	20.6	16.0	10.4	7.7	15.4
1756	5.6	8.8	10.7	14.8	19.0	25.0	25.5	24.7	21.1	15.6	9.3	8.4	15.7
1757	6.2	8.2	9.4	16.6	20.3	22.6	27.4	25.0	19.4	12.6	11.1	6.8	15.5
1758	3.8	7.7	11.1	15.5	19.6	23.9	22.7	24.0	20.2	15.0	11.2	8.7	15.3
1759	5.8	9.0	11.2	15.7	19.2	23.5	27.4	24.9	22.4	17.6	8.0	9.5	16.2
1760	7.6	8.0	9.9	16.1	19.6	24.0	25.8	24.0	20.4	16.8	10.4	6.8	15.8
1761	4.6	8.4	11.2	14.6	19.5	22.0	27.1	25.8	22.5	15.6	10.8	6.5	15.7
1762	6.8	6.3	8.9	16.6	20.4	21.9	28.0	25.2	21.8	15.8	10.8	4.9	15.6
1763	6.2	10.5	10.7	15.6	17.6	23.0	25.6	26.7	20.7	15.4	10.5	8.6	15.9
1764	8.2	9.6	10.3	13.8	20.5	24.4	26.5	24.0	20.1	14.0	10.9	8.8	15.9
1765	9.8	7.9	12.9	14.9	19.9	24.7	24.3	24.8	23.4	17.9	12.0	5.8	16.5
1766	2.4	7.6	12.9	16.4	19.7	24.4	25.7	26.0	21.8	17.3	14.6	7.2	16.3
1767	3.8	11.8	12.2	14.3	19.4	23.3	27.2	25.0	21.2	17.0	12.9	6.2	16.2
1768	6.1	8.1	8.8	15.7	20.8	23.4	27.2	27.4	21.1	16.8	12.2	7.0	16.2
1769	8.3	7.0	10.0	16.4	19.3	24.4	25.7	25.6	22.6	14.0	12.7	6.0	16.0
1770	3.8	9.0	10.2	13.9	18.0	23.2	24.4	24.3	22.9	16.6	11.6	8.4	15.5
1771	7.6	8.4	11.1	13.4	20.9	22.3	25.7	24.2	21.6	16.6	8.4	8.9	15.8
1772	7.4	11.6	13.9	15.8	18.7	25.2	26.8	25.3	23.0	18.6	13.8	9.0	17.4
1773	8.0	6.6	10.3	14.8	19.1	22.8	25.1	23.8	22.3	18.0	11.8	9.4	16.0
1774	7.6	9.4	12.6	16.5	19.5	23.4	27.0	28.0	21.6	16.6	10.2	7.0	16.6
1775	6.8	10.6	12.8	15.1	18.1	23.6	26.2	25.2	22.0	16.4	11.4	6.2	16.2
1776	5.6	8.6	13.2	15.7	18.1	22.2	25.9	24.6	19.8	16.4	11.1	5.6	15.6
1777	4.4	9.0	13.6	14.7	18.4	23.1	24.4	25.8	21.5	17.4	11.5	5.5	15.8
1778	9.4	7.1	10.6	16.2	19.8	23.0	26.7	26.1	20.6	17.8	11.4	8.6	16.4
1779	3.6	9.4	11.4	16.2	20.5	21.9	24.5	24.3	22.0	17.7	12.2	10.2	16.2
1780	4.4	6.2	13.7	14.0	21.4	25.2	26.9	25.4	20.3	18.0	10.7	5.0	15.9
1781	6.9	8.8	12.2	17.0	21.5	22.7	27.4	26.3	22.2	15.0	11.6	10.6	16.8
1782	7.7	5.4	10.6	13.9	18.9	26.0	28.8	25.6	21.4	14.4	8.8	7.1	15.7
1783	8.8	10.0	11.3	15.7	20.0	23.5	27.9	25.7	22.1	18.2	11.2	9.4	17.0
1784	5.8	6.5	12.2	13.6	22.3	25.3	28.0	25.2	23.3	15.0	9.9	7.3	16.2
1785	8.6	7.6	8.9	13.6	20.1	24.5	25.8	25.0	24.2	16.8	12.2	10.0	16.4
1786	8.0	8.9	11.6	16.9	20.9	24.9	26.8	24.6	20.7	13.8	11.8	7.8	16.4
1787	5.2	8.8	11.8	15.3	17.7	24.2	27.0	27.8	22.2	17.5	12.3	11.2	16.8
1788	7.9	10.2	13.4	16.4	21.1	25.8	28.5	25.8	22.3	16.4	10.8	5.6	17.0
1789	7.7	9.4	9.9	17.6	22.5	22.8	25.9	25.1	21.1	15.7	9.5	6.9	16.2
1790	6.0	9.2	11.6	13.7	20.5	25.2	25.3	25.8	21.6	19.1	12.8	8.4	16.6
1791	9.0	8.0	11.6	17.0	19.1	23.4	26.2	27.7	22.0	15.4	11.7	9.1	16.7
1792	9.0	8.5	12.7	16.9	20.0	24.4	27.1	25.6	20.1	17.2	10.9	6.4	16.6
1793	4.7	8.7	11.8	14.1	19.3	23.2	28.7	27.2	22.9	18.0	12.8	10.2	16.8
1794	9.0	10.1	13.2	18.4	20.6	24.0							

Tab. 8 – Dati termometrici mensili rilevati da Conti a Lucca (1744-1794): temperature medie

La serie termometrica settecentesca e la serie attuale di Lucca, pur appartenendo a uno stesso universo di riferimento, sono però state osservate in fasi climatiche diverse: la prima appartiene al periodo noto come «piccola era glaciale» (Pinna, 1996, p. 135), che si sviluppa in Europa dalla seconda metà del Cinquecento alla metà dell'Ottocento, mentre la seconda, rilevata dal 2004 al 2011, appartiene al cosiddetto «periodo caldo dell'ultimo secolo» (*ibidem*, p. 157), iniziatosi con il 1850 e proseguito con intensità crescente sino ai giorni nostri.

Ne risulta pertanto che la correlazione svolta tra la serie settecentesca, priva di eterogeneità e distorsioni, e quella attuale dell'Orto Botanico, in base al nesso logico del rapporto di composizione, ha messo in evidenza, come sottostima delle temperature minime e massime giornaliere, una differenza termica legata alla diversità termica dei due diversi periodi climatici di appartenenza, per cui la componente di sottostima in difetto dovuta allo scarto di lettura rispetto all'orario reale di ac-

cadimento del valore termico massimo e minimo, pur sempre presente nei valori argomentali, non può che considerarsi minoritaria, quindi ridursi, rispetto al valore stimato di 0,8-0,9 °C sulle medie, nell'ordine tutt'al più di qualche decimo di grado.

Tale entità, ancorché apportata ai valori argomentali della serie settecentesca, non inficia i risultati ottenuti dall'analisi climatica, in quanto la sua applicazione interviene modestamente sul valore delle medie, ma non sulle caratteristiche del *trend* e sulle proprietà termiche descrittive della serie. Risulta pertanto accettabile non apportare alle temperature medie settecentesche la correzione, sia di qualche decimo di grado, sia addirittura dell'intera stima media di 0,85 °C, poiché, sotto il profilo climatologico, possono considerarsi affidabili i risultati ottenuti con l'analisi climatica.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- ARRIGHI G., *Scienziati lucchesi del Settecento: Giovan Stefano Conti*, in «Giornale Lucchese. Provincia di Lucca», 1962, 436, 3, pp. 31-44.
- ARRIGHI G., *Lettere a Giovan Stefano Conti di Ruggiero Giuseppe Boscovich*, in «Accademia Toscana di Scienze e Lettere "La Colombaria"», 1980, LV, pp. 5-17.
- BROOK C.E.P. e N. CARRUTHERS, *Handbook of Statistical Methods in Meteorology*, Londra, H.M. Stationary Off., 1953.
- BUTORI P., *Risultati meteorologici di anni quaranta offerti e dedicati all'Accademia Lucchese delle Scienze e delle Belle Lettere ed Arti dal Collega Pietrantonio Butori*, Lucca, Bertini, 1817.
- CONTI G. S., *Osservazioni Meteorologiche*, Biblioteca Statale di Lucca, sec. XVIII ex., Mss. 2912-2915.
- CORTEMIGLIA G.C., *Messa a punto di una procedura per l'analisi climatica delle serie termopluviometriche storiche italiane con relativa applicazione esemplificativa alla serie storica di Genova (1833-2001)*, Genova, Università di Genova-Dipartimento per lo Studio del Territorio e delle sue Risorse, 2002 (collana «Quaderno», 3).
- CORTEMIGLIA G.C., *Approccio di analisi climatica alle serie termopluviometriche storiche italiane*, Bologna, Pàtron, 2006 (collana «Geografia e organizzazione dello sviluppo territoriale. Studi regionali e monografici», 37).
- CORTEMIGLIA G.C., F. RAPETTI F. e F. VITI, *Analisi climatica della serie termopluviometrica storica (1813-2008) rilevata nell'Osservatorio Meteorologico Ximeniano di Firenze*, in «Rivista Geografica Italiana», 2011, CXVIII, pp. 83-114.
- FARNOCCHIA L., *Elogio di Gio. Stefano Conti Patrizio Lucchese Recitato per l'apertura degli Studi del dì 12 novembre 1792 dall'Abate Don Andrea Luigi Farnocchia pubblico Professore di Filosofia*, Biblioteca Statale di Lucca, sec. XVIII ex., Ms. 154.
- GIAMBASTIANI M., *Un illustre abitatore del palazzo. Giovanni Stefano Conti*, in M. GIAMBASTIANI e J. LAZZARESCHI CERVELLI, *Palazzo Sani già Micheli sede della Confindustria di Lucca*, Lucca, Pegaso Edizioni, 2005, pp. 67-74.
- GIRONE G. e T. SALVEMINI, *Lezioni di statistica*, Bari, Cacucci, 1983, I.
- PETTTT A.N., *A Non-Parametric Approach to the Change-Point Problem*, in «Applied Statistics», 1979, 28, 2, pp. 126-135.

- PINNA M., *Le variazioni del clima*, Milano, FrancoAngeli, 1996 (collana «Geografia e Società»).
- RAPETTI F., *Le osservazioni e gli studi meteorologici di Giovan Stefano Conti studioso lucchese del XVIII secolo*, in «Atti della Società Toscana di Scienze Naturali», 1997, Serie A, CIV, pp. 59-66.
- RAPETTI F. e M. RUSCHI, *Osservazioni botanico-meteorologiche condotte da Giovanni Lorenzo Tilli presso il Giardino dei Semplici di Pisa (1775-1780)*, in «Atti della Società Toscana di Scienze Naturali», 2010, Serie A, CXIV, pp. 45-59.
- SNEYERS R., *Sur l'analyse statistique des séries d'observations*, Ginevra, OMM, 1975 (collana «Note Technique», 415).
- TODARO C. ed E. MIGLIARDI, *Opinioni sullo studio delle tendenze climatiche*, in «Bollettino Geofisico», 2000, XXIII, 3-4, pp. 115-121.
- www.usno.navy.mil/USNO/astronomical-applications/data-services/data-services

GIOVAN STEFANO CONTI'S THERMOMETRIC SERIES, RECORDED IN HIS MANSION IN LUCCA FROM SEPTEMBER 23RD 1744 TO AUGUST 2ND 1794. – This paper presents statistical and climatic analysis of the thermometric series recorded between 9.23.1744 and 3.18.1791 by Giovan Stefano Conti in his mansion, in the town of Lucca. The first and second time of the day at which data were usually collected, having been selected according to the old «Italian clock», had to be converted into the corresponding synoptical daily hours; as for thermometric data, they were converted from Réaumur degrees into Celsius degrees. The conversion of Conti's recording times into synoptical hours shows a cyclic trend, similar to the one referred to Lucca Botanical Garden from 9.23.2004 to 11.11.2010. Assimilating Conti's records to a series of daily minimum and maximum values, on the ground of a «relationship of composition» with the present ones of Lucca Botanical Garden, leads to the conclusion that we should consider Conti's temperatures as rounded down to 0,8 °C for the minimum ones and 0,9 °C for the maximum ones. As for meteorological and statistical reliability, Conti's thermometric catalogue shows no «non climatic heterogeneity», moreover, non parametric as well as parametric independence tests show that his data are a statistic sample which is well representative of the origin context, being random, independent, homogeneous and having a sample distribution similar to the normal one. Such tests allow the application of «efficient estimators» (sample estimators) in use to assess statistical values and phenomena of time-varying dependence. The application of Mann-Kendall test, developed according to Sneyers' indications and integrated with Pettitt's graphic, proves the presence, in Conti's thermometric catalogue, of an increasing trend, starting in 1764 and assessable at about 0,9 °C in 30 years.

Università di Genova, Dipartimento per lo Studio del Territorio e delle sue Risorse
giancamillo@studiocortemiglia.it

Pisa, Servizio Idrologico Regionale, Centro Funzionale di Monitoraggio Meteo-Idrologico della Regione Toscana
rapetti47@gmail.com

Università di Pisa, Dipartimento di Scienze della Terra
rapetti@dst.unipi.it