

FIGURA 77: CONFRONTO TRA SERIE STAGIONALI DI “NUOVO BACOLOGICO (ECO)” E “PRIMA SERIE DEI FRATI FRANCESCANI” - SOVRAPPOSIZIONE E DIFFERENZA TRA SERIE

6. “ZAMG (varia)” - “ZAMG (varia) Media da Estremi”

Il presente confronto è stato effettuato per capire quanto sia attendibile la serie del Seminario Vescovile del 1883, essendo essa composta da medie mensili dei massimi e minimi giornalieri. Sono stati quindi considerati tutti gli anni in cui questa serie è presente negli annali dello ZAMG. La successione ricavata è stata confrontata con quella delle medie mensili degli stessi anni. Le serie confrontate sono quindi composte di osservazioni effettuate da osservatori differenti ed in luoghi differenti, a seconda del periodo considerato. Le due serie appaiono abbastanza concordanti, anche se la serie derivante dalle medie tra massimi e minimi medi mensili risulta più elevata di circa 0.5 - 1 °C. I dati del Seminario Vescovile si possono quindi considerare attendibili.

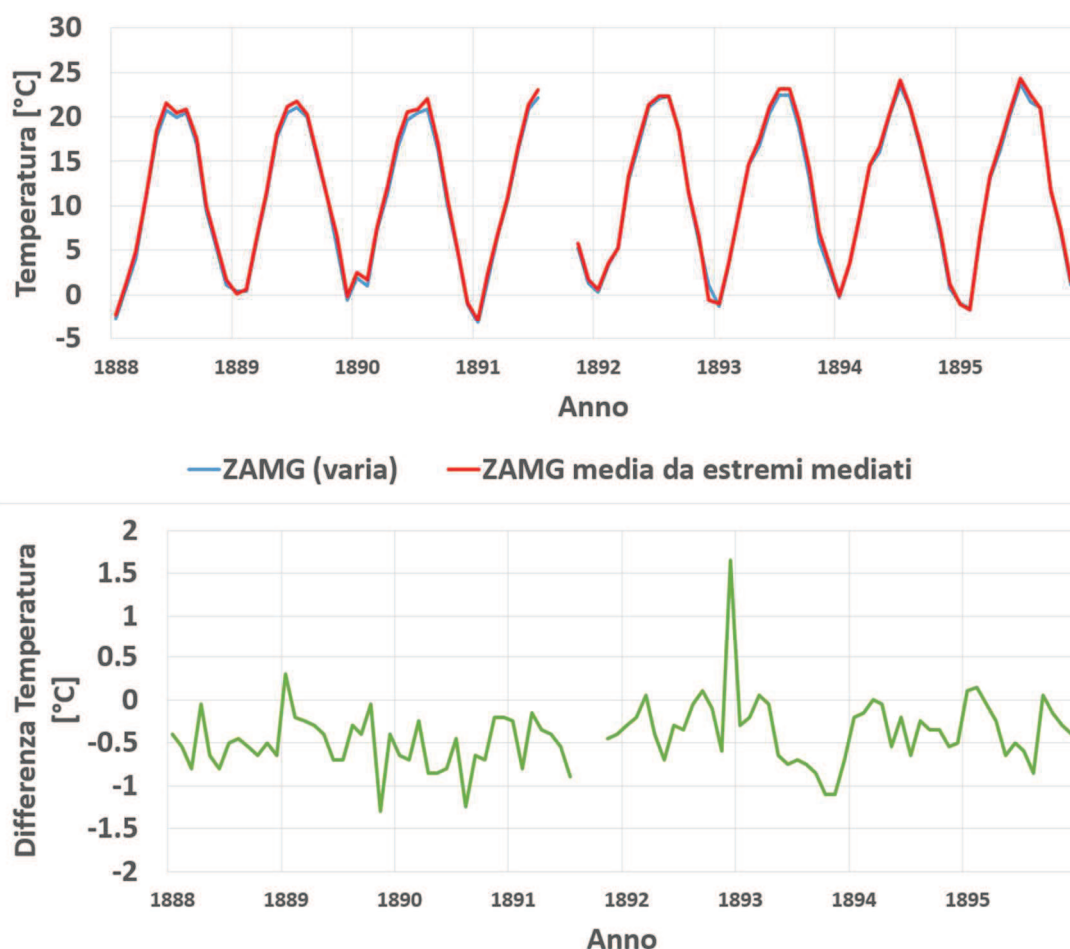


FIGURA 78: CONFRONTO TRA SERIE MENSILI DI “ZAMG (VARIA)” E “ZAMG (VARIA) MEDIA DA ESTREMI” - SOVRAPPOSIZIONE E DIFFERENZA TRA SERIE

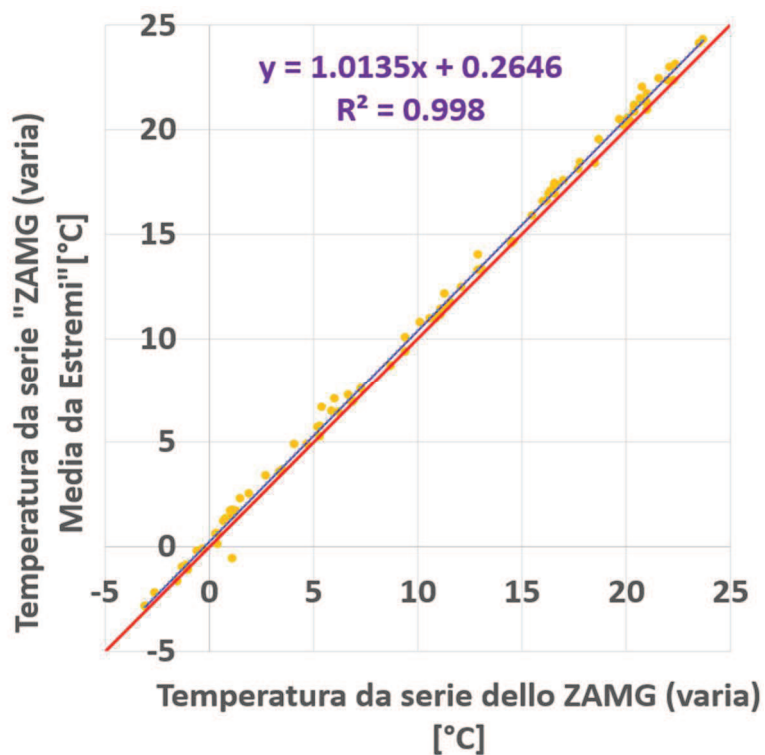


FIGURA 79: CONFRONTO TRA SERIE MENSILI DI "ZAMG (VARIA)" E "ZAMG (VARIA) MEDIA DA ESTREMI" - DIAGRAMMA A DISPERSIONE

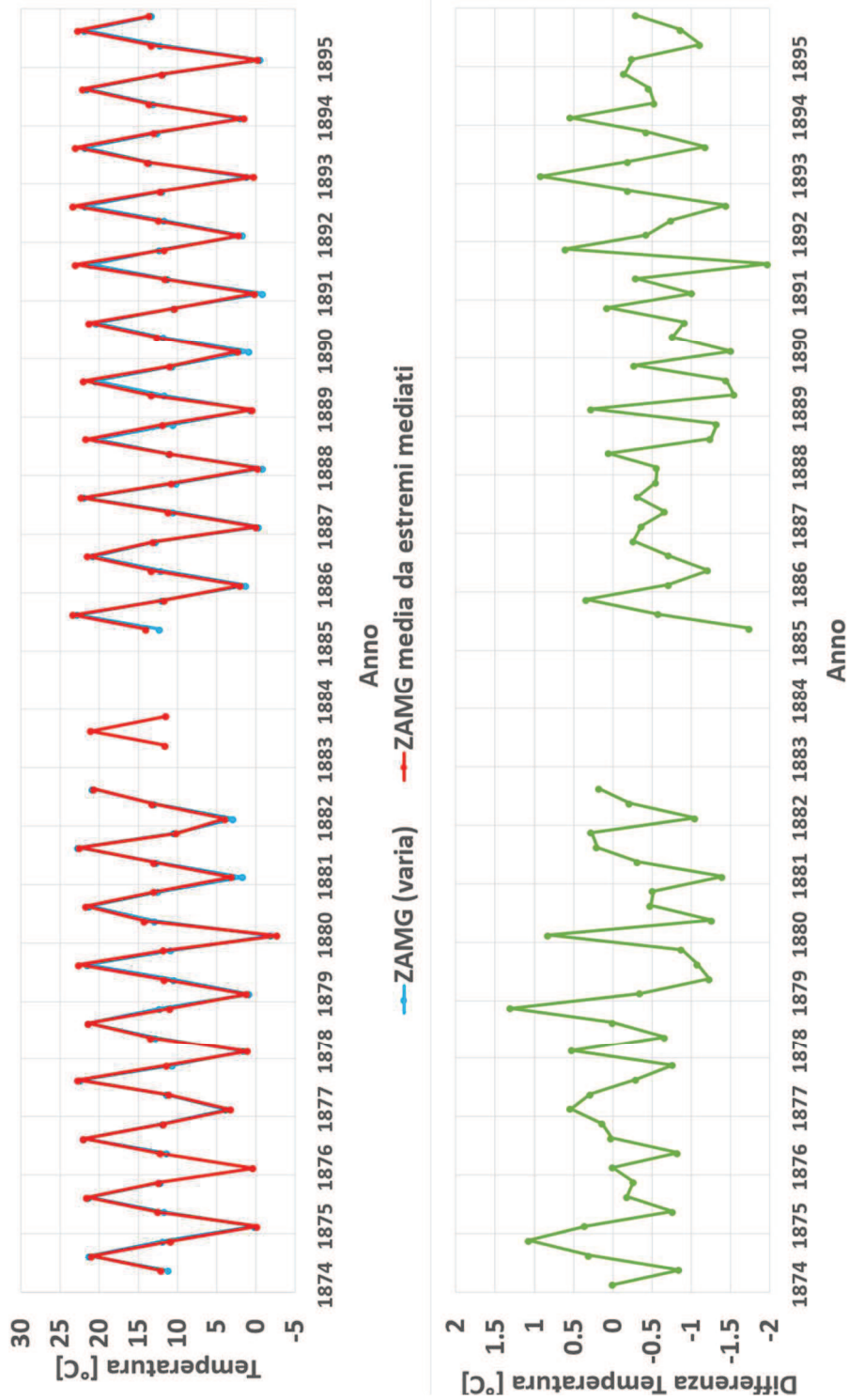


FIGURA 80: CONFRONTO TRA SERIE STAGIONALI DI “ZAMG (VARIA)” E “ZAMG (VARIA) MEDIA DA ESTREMI” - SOVRAPPOSIZIONE E DIFFERENZA TRA SERIE

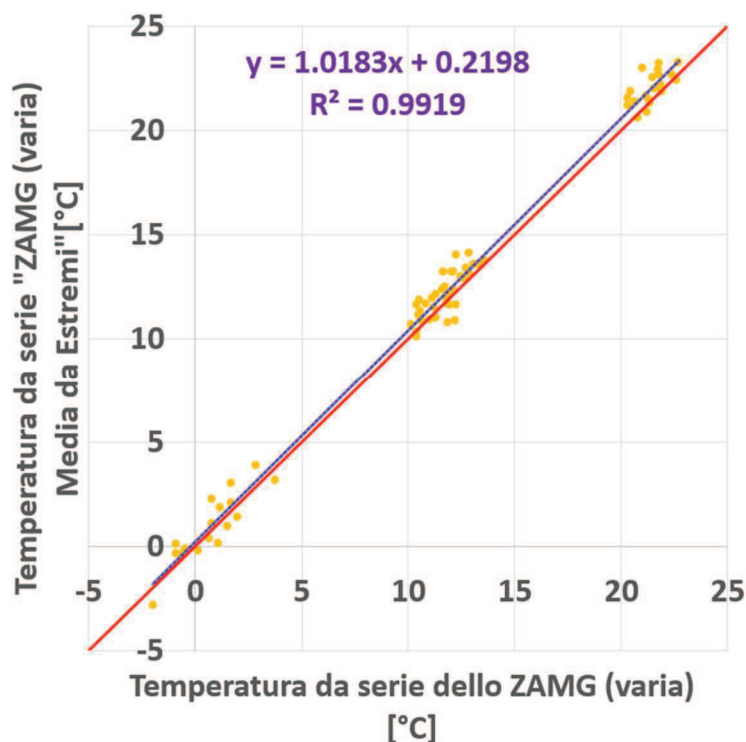


FIGURA 81: CONFRONTO TRA SERIE STAGIONALI DI “ZAMG (VARIA)” E “ZAMG (VARIA) MEDIA DA ESTREMI” - DIAGRAMMA A DISPERSIONE

7. “San Bernardino” - “Padre Scartezzini”

La serie di Padre Scartezzini presenta, ovviamente, valori più bassi (2-4 °C) rispetto a quella di San Bernardino. Questo perché, come già spiegato in precedenza, Scartezzini effettuava una sola misura al giorno, probabilmente al mattino.

I mesi di sovrapposizione sono comunque solo due, non sufficienti per effettuare un confronto tramite diagramma a dispersione od un confronto delle medie stagionali.

Per questi motivi (un solo dato al giorno e poche possibilità di raffrontare i dati con quelli di altre successioni), i dati di Padre Scartezzini non possono essere utilizzati per la creazione di un'unica serie cittadina di 200 anni da omogeneizzare.

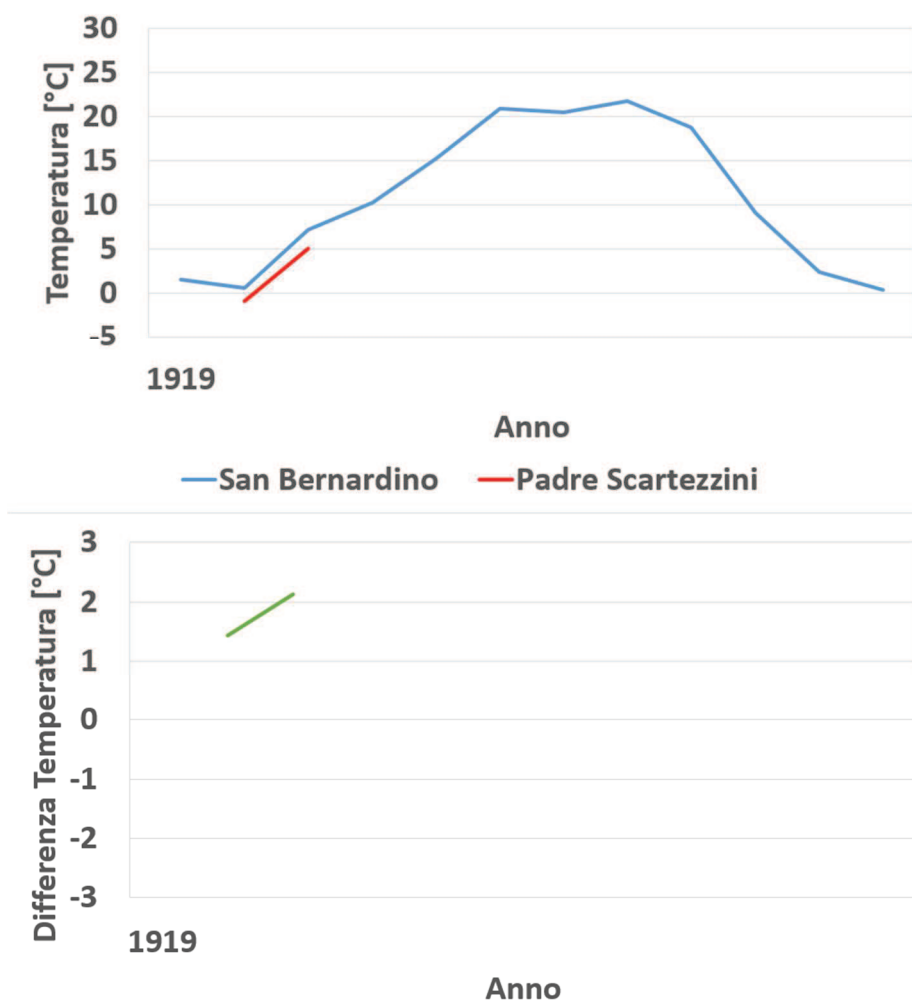


FIGURA 82: CONFRONTO TRA SERIE MENSILI DI “SAN BERNARDINO” E “PADRE SCARTEZZINI” - SOVRAPPOSIZIONE E DIFFERENZA TRA SERIE

8. “San Bernardino” - “Laste Media da Estremi”

Le due serie appaiono generalmente vicine e concordanti. Le temperature misurate a San Bernardino appaiono di circa 0.5 °C più basse rispetto a quelle della sequenza delle Laste. Ciò può essere dovuto sia alla differente posizione (e quota) delle due stazioni, ma anche al metodo meno accurato con cui è necessario calcolare le medie con la serie delle Laste, ove sono presenti soltanto i massimi ed i minimi giornalieri.

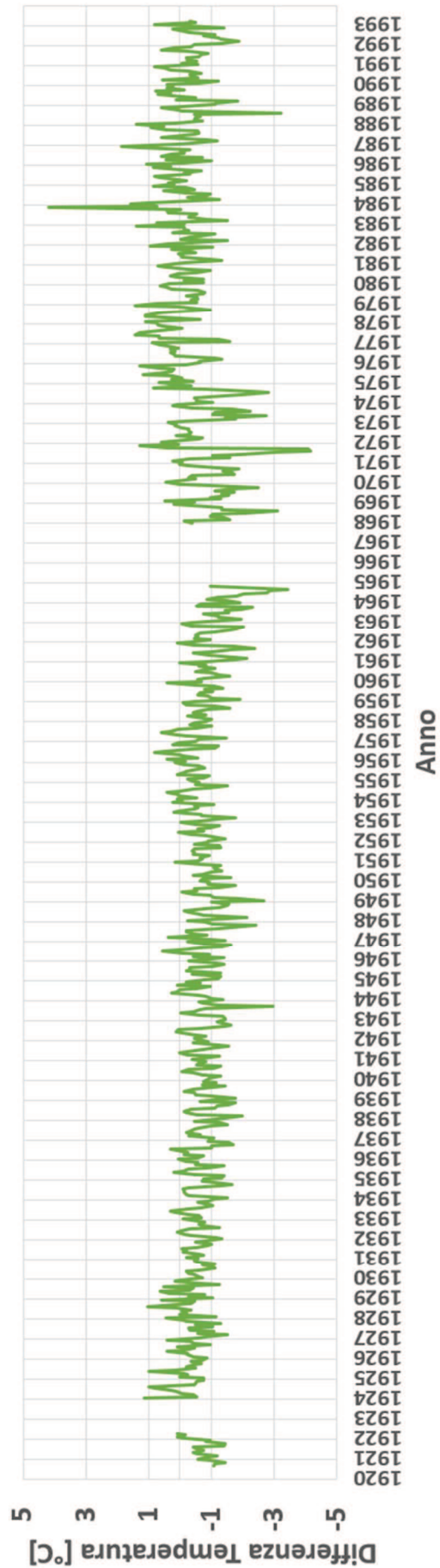
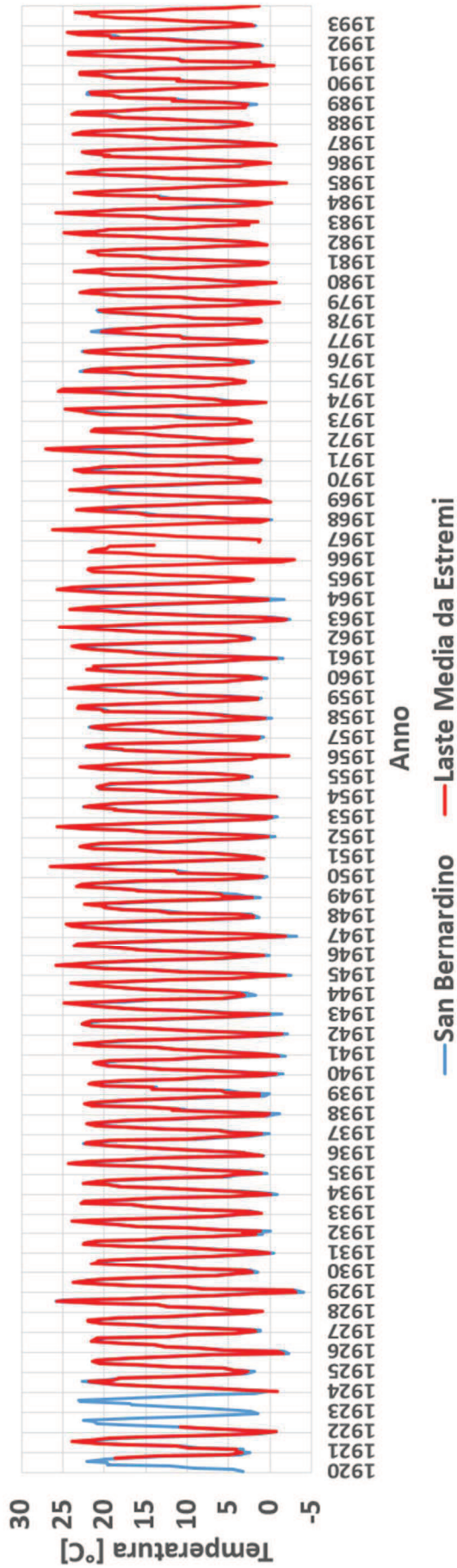


FIGURA 83: CONFRONTO TRA SERIE MENSILI DI "SAN BERNARDINO" E "LASTE MEDIA DA ESTREMI" - SOVRAPPOSIZIONE E DIFFERENZA TRA SERIE

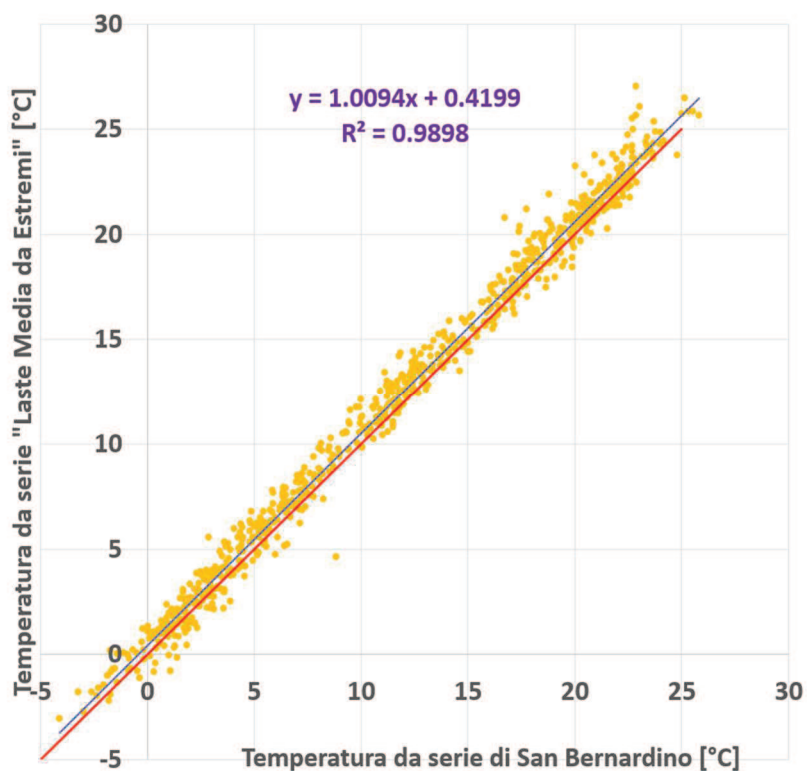


FIGURA 84: CONFRONTO TRA SERIE MENSILI DI "SAN BERNARDINO" E "LASTE MEDIA DA ESTREMI" - DIAGRAMMA A DISPERSIONE

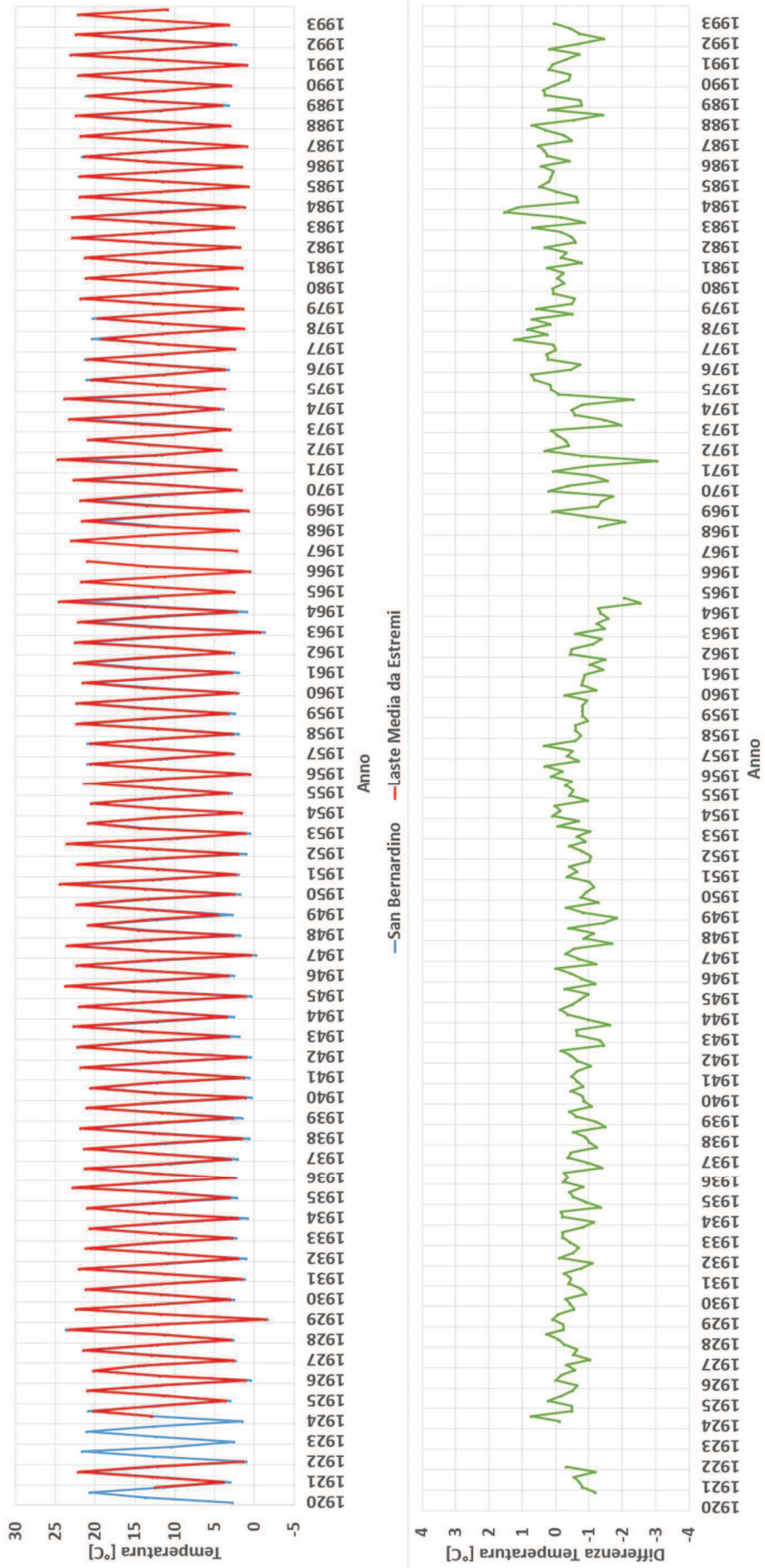


FIGURA 85: CONFRONTO TRA SERIE STAGIONALI DI “SAN BERNARDINO” E “LASTE MEDIA DA ESTREMI” - SOVRAPPOSIZIONE E DIFFERENZA TRA SERIE

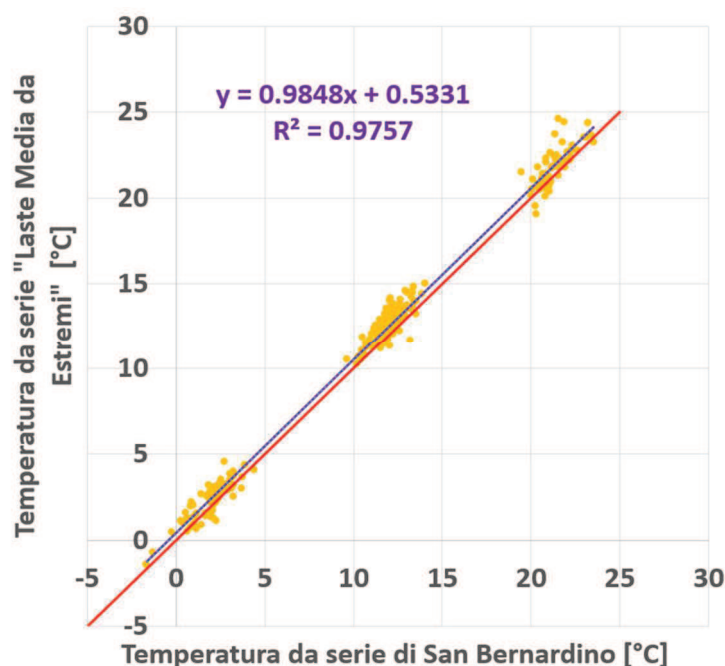


FIGURA 86: CONFRONTO TRA SERIE STAGIONALI DI “SAN BERNARDINO” E “LASTE MEDIA DA ESTREMI” - DIAGRAMMA A DISPERSIONE

9. “Laste Media da Dati Orari (o ogni 15 minuti)” - “San Bernardino”

Fatta eccezione per l’agosto del 1988, le due serie presentano un andamento abbastanza simile. In generale le temperature misurate a San Bernardino risultano di circa 1 °C più elevate rispetto a quella delle Laste. Questo può essere dovuto sia alla differente ubicazione (e quota) delle due stazioni che al metodo differente di calcolare le medie. Per capire quale delle due ragioni sia la più incisiva, il confronto è stato fatto anche calcolando la media delle Laste con la stessa metodologia utilizzata per calcolarla a San Bernardino, ossia tramite la seguente formula:

$$T_{media} = \frac{T_8 + T_{19} + T_{max} + T_{min}}{4}$$

Dai risultati, riportati nei grafici a seguire, si può notare che la differenza tra le due serie cala sensibilmente, con le temperature misurate a San Bernardino che appaiono ora più calde di circa 0.5 °C. Il diagramma a dispersione riporta comunque un’intercetta di circa 1 °C, ma ciò è dovuto probabilmente anche alla presenza del valore anomalo ad agosto 1988, che inclina la retta di regressione rispetto alla bisettrice del quadrante. In generale, comunque, la differenza tra i valori delle due serie appare più accentuata durante la stagione invernale.

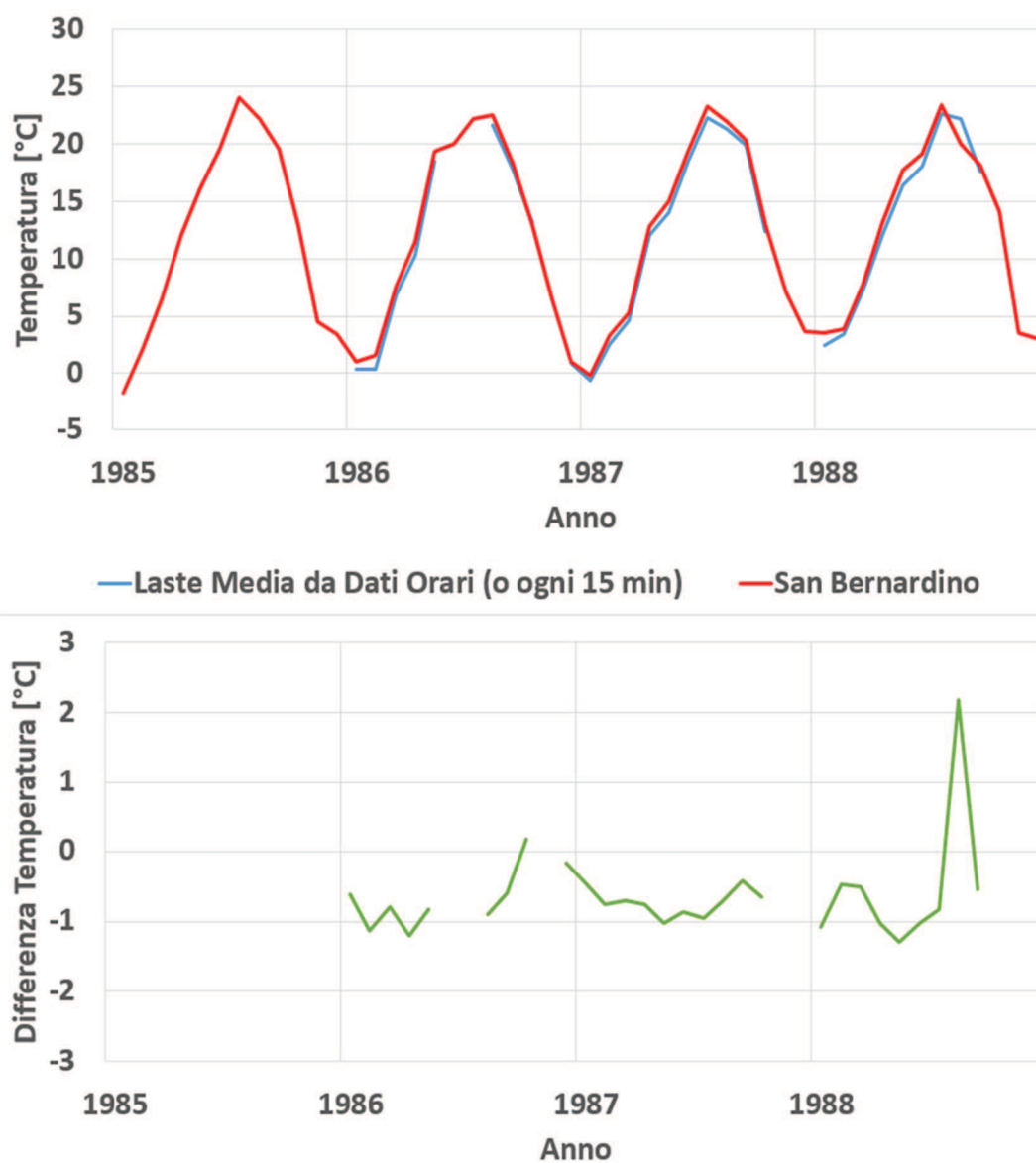


FIGURA 87: CONFRONTO TRA SERIE MENSILI DI “LASTE MEDIA DA DATI ORARI (O OGNI 15 MINUTI)” E “SAN BERNARDINO” - SOVRAPPOSIZIONE E DIFFERENZA TRA SERIE

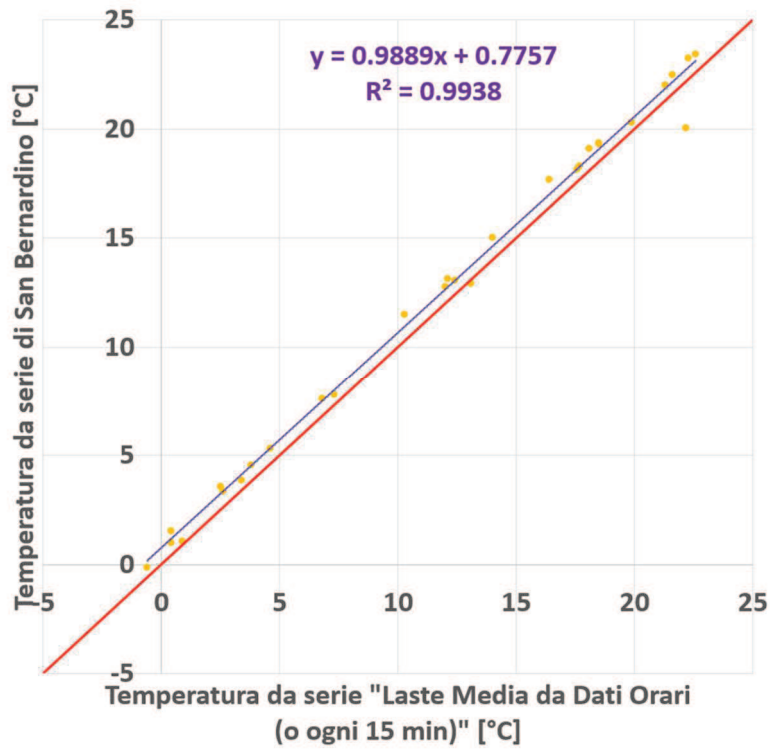


FIGURA 88: CONFRONTO TRA SERIE MENSILI DI “LASTE MEDIA DA DATI ORARI (O OGNI 15 MINUTI)” E “SAN BERNARDINO” - DIAGRAMMA A DISPERSIONE

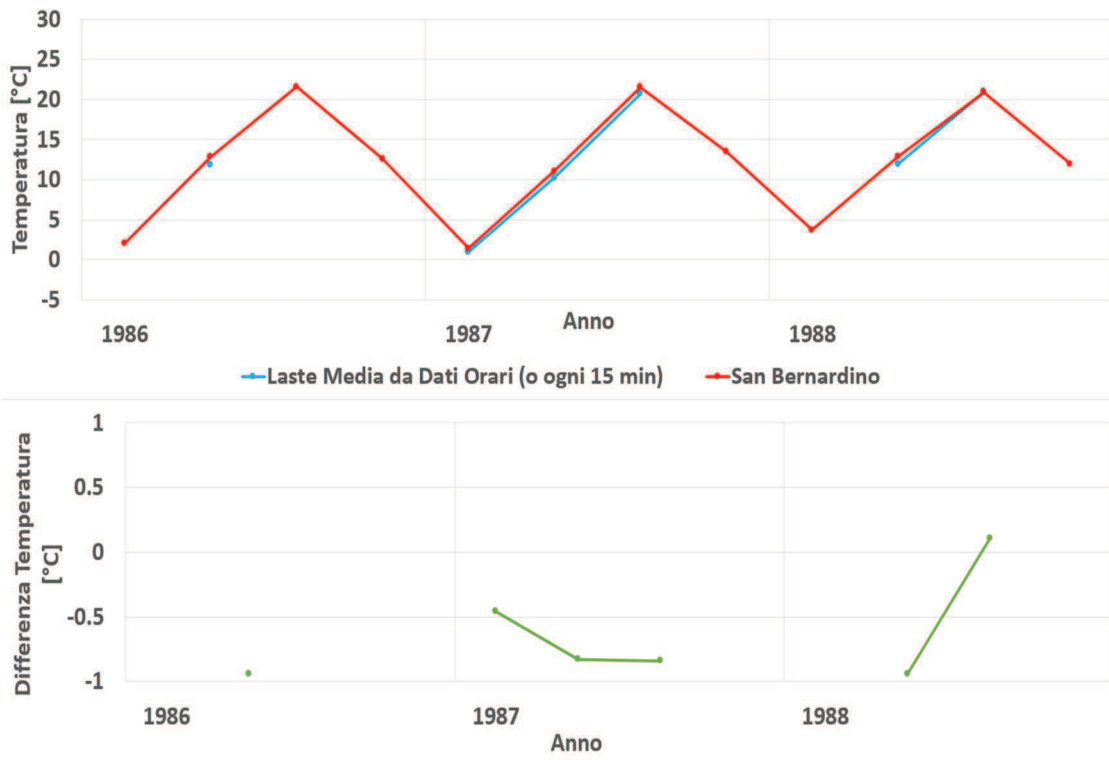


FIGURA 89: CONFRONTO TRA SERIE STAGIONALI DI “LASTE MEDIA DA DATI ORARI (O OGNI 15 MINUTI)” E “SAN BERNARDINO” - SOVRAPPOSIZIONE E DIFFERENZA TRA SERIE

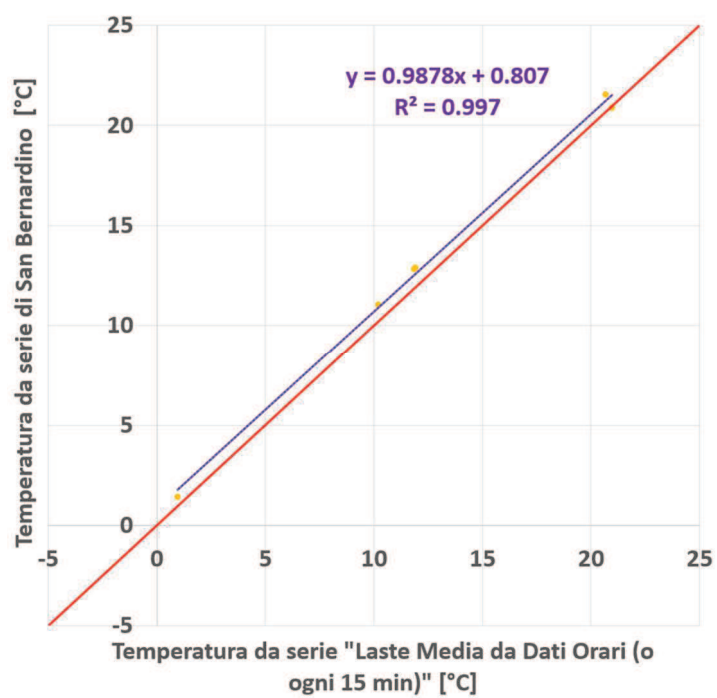


FIGURA 90: CONFRONTO TRA SERIE STAGIONALI DI "LASTE MEDIA DA DATI ORARI (O OGNI 15 MINUTI)" E "SAN BERNARDINO" - DIAGRAMMA A DISPERSIONE

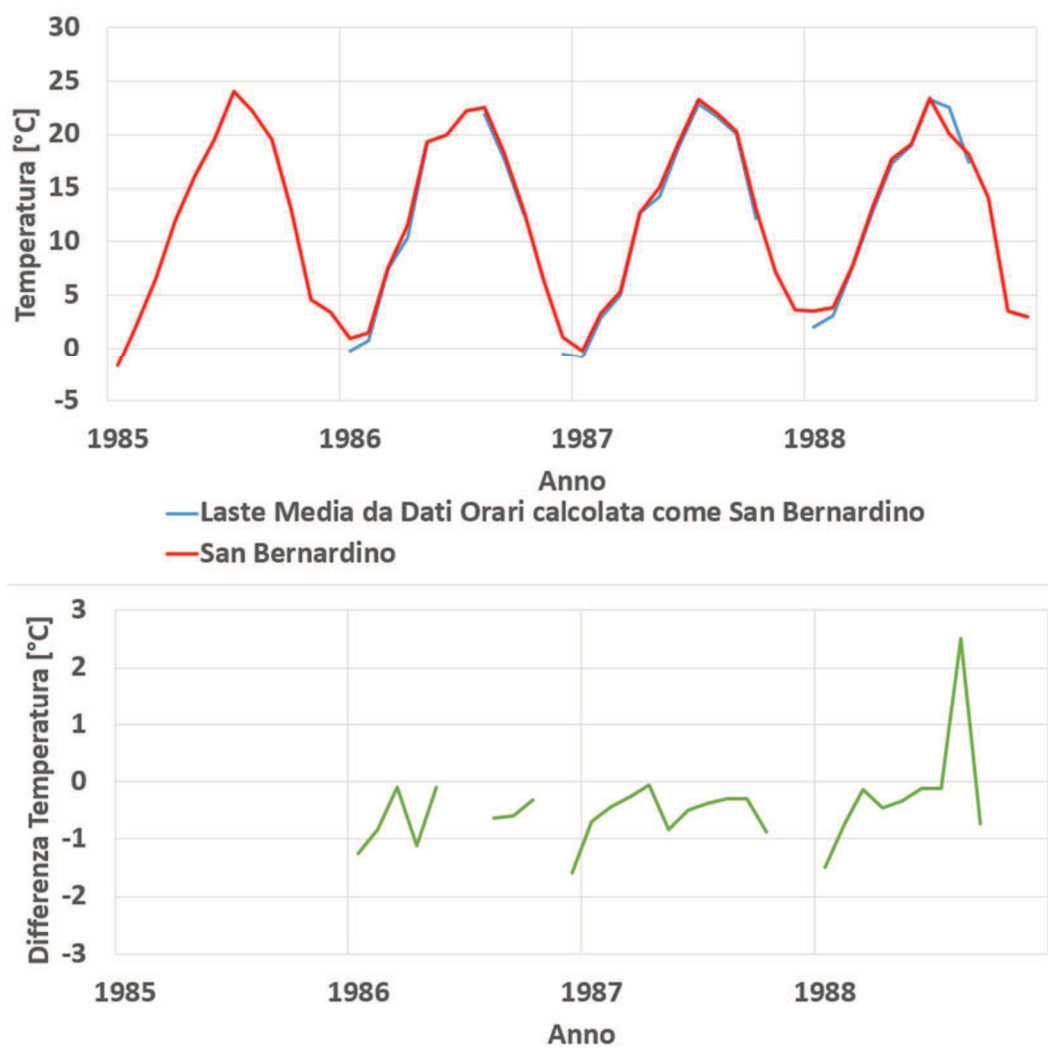


FIGURA 91: CONFRONTO TRA SERIE MENSILI DI “LASTE MEDIA CALCOLATA COME SAN BERNARDINO” E “SAN BERNARDINO” - SOVRAPPOSIZIONE E DIFFERENZA TRA SERIE

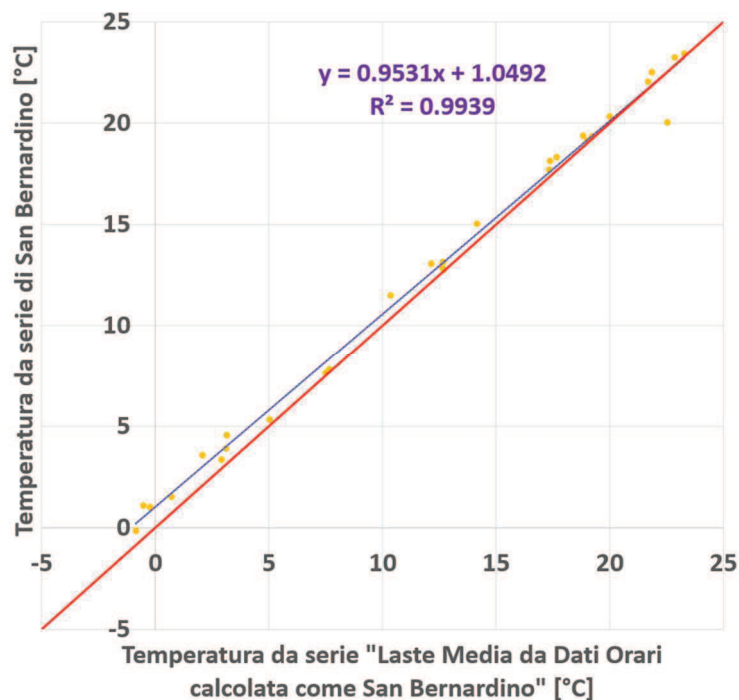


FIGURA 92: CONFRONTO TRA SERIE MENSILI DI “LASTE MEDIA CALCOLATA COME SAN BERNARDINO” E “SAN BERNARDINO” - DIAGRAMMA A DISPERSIONE

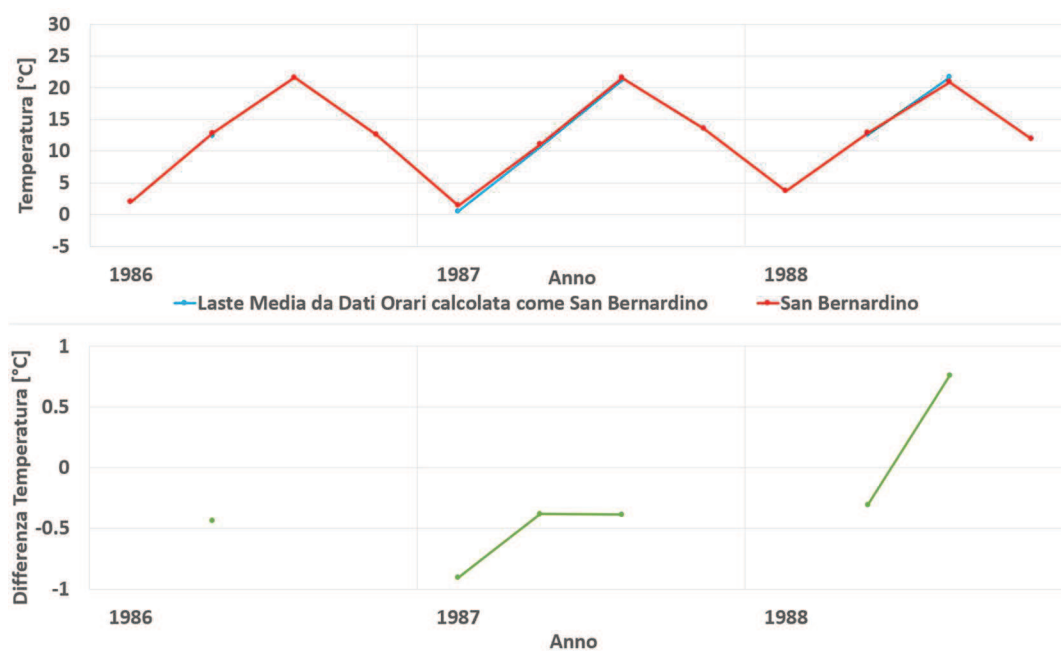


FIGURA 93: CONFRONTO TRA SERIE STAGIONALI DI “LASTE MEDIA CALCOLATA COME SAN BERNARDINO” E “SAN BERNARDINO” - SOVRAPPOSIZIONE E DIFFERENZA TRA SERIE

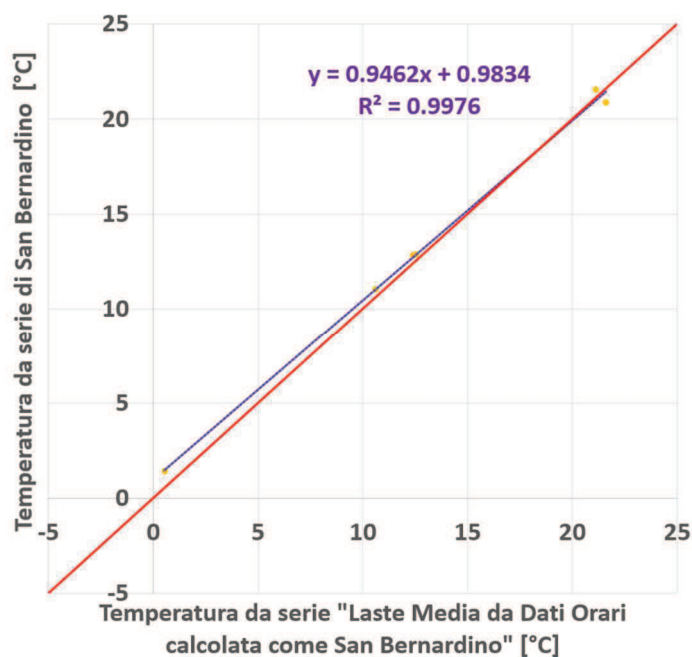


FIGURA 94: CONFRONTO TRA SERIE STAGIONALI DI “LASTE MEDIA CALCOLATA COME SAN BERNARDINO” E “SAN BERNARDINO” - DIAGRAMMA A DISPERSIONE

10. “Laste Media da Dati Orari (o ogni 15 minuti)” - “Laste Media da Estremi”

Fatta eccezione per alcuni valori, è facile notare come la temperatura calcolata come media mensile da estremi giornalieri mediati sia sovrastimata di circa 0.5 - 1 °C. E' molto interessante notare come questo risultato sia simile a quello ottenuto tramite il confronto tra “ZAMG (varia)” e “ZAMG (varia) Media da Estremi” effettuato in precedenza, indicando come, nonostante il modernizzarsi degli strumenti, la differenza tra i due metodi di stima sia pressoché la stessa. Inoltre si può vedere come surante i primi anni del confronto (1986-1988) vi siano fluttiazioni molto accentuate.

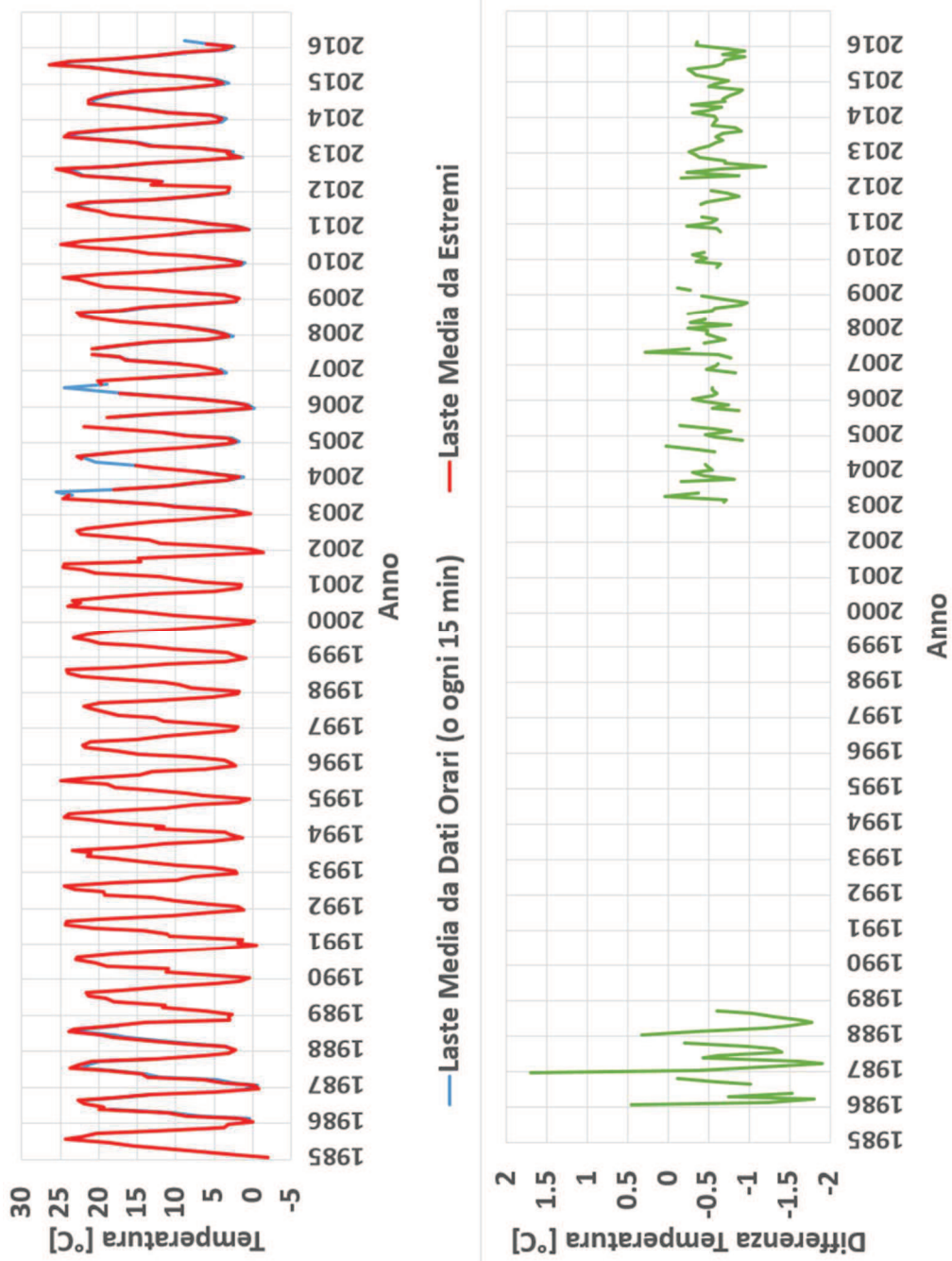


FIGURA 95: CONFRONTO TRA SERIE MENSILI DI “LASTE MEDIA DA DATI ORARI (O OGNI 15 MINUTI)” E “LASTE MEDIA DA ESTREMI” - SOVRAPPOSIZIONE E DIFFERENZA TRA SERIE

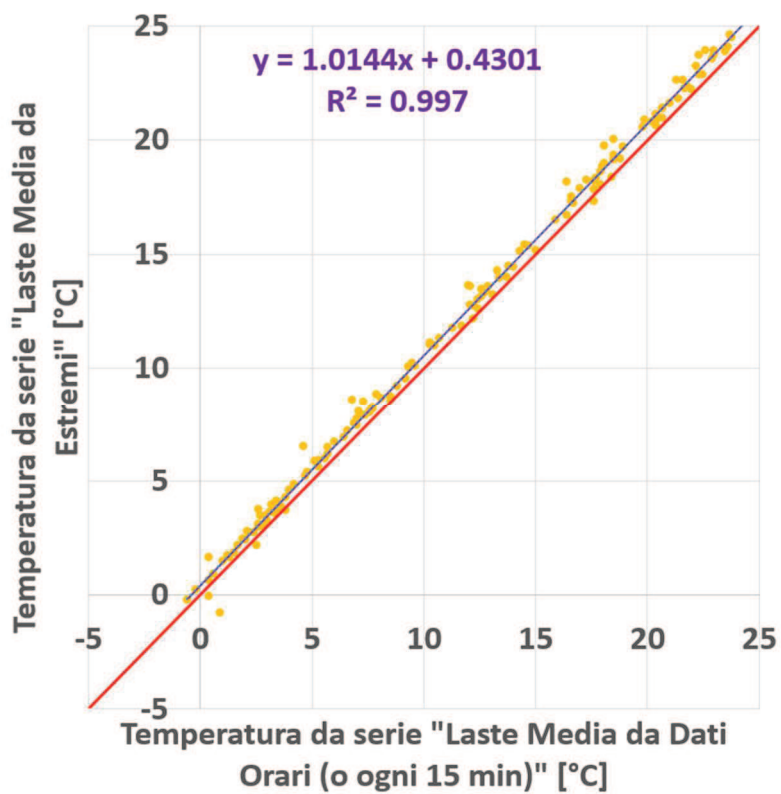


FIGURA 96: CONFRONTO TRA SERIE MENSILI DI "LASTE MEDIA DA DATI ORARI (O OGNI 15 MINUTI)" E "LASTE MEDIA DA ESTREMI" - DIAGRAMMA A DISPERSIONE

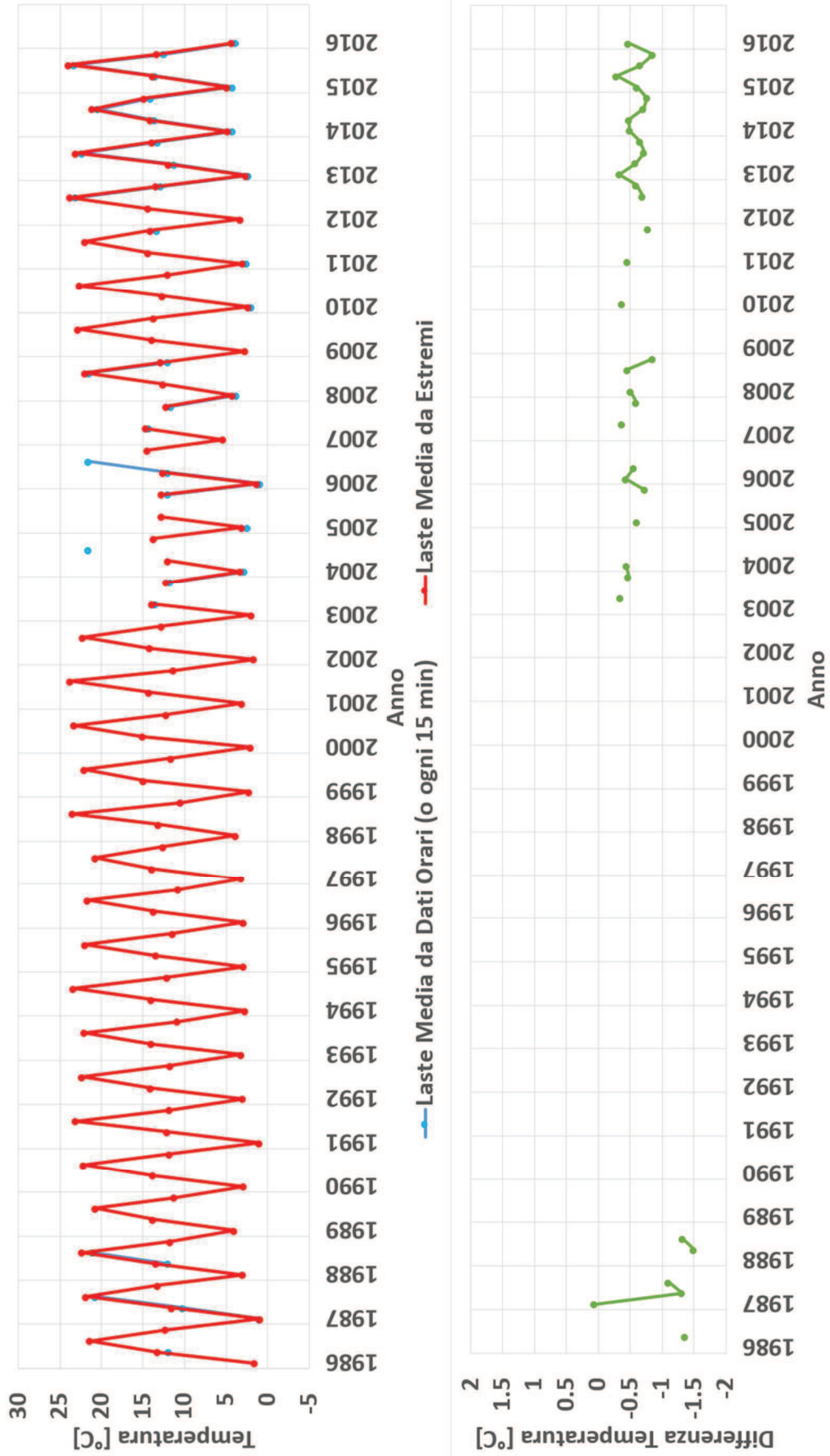


FIGURA 97: CONFRONTO TRA SERIE STAGIONALI DI “LASTE MEDIA DA DATI ORARI (O OGNI 15 MINUTI)” E “LASTE MEDIA DA ESTREMI” - SOVRAPPOSIZIONE E DIFFERENZA TRA SERIE

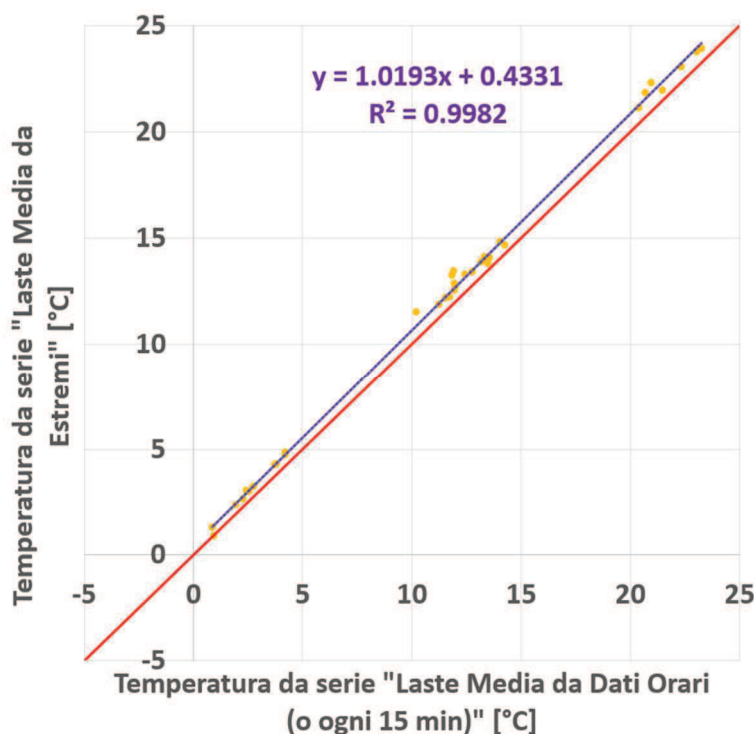


FIGURA 98: CONFRONTO TRA SERIE STAGIONALI DI “LASTE MEDIA DA DATI ORARI (O OGNI 15 MINUTI)” E “LASTE MEDIA DA ESTREMI” - DIAGRAMMA A DISPERSIONE

11. “Laste Media da Dati Orari (o ogni 15 minuti)” - “Laste Media da Dati Orari calcolata come San Bernardino”

Per capire quanto buono sia il metodo di stima della media giornaliera effettuata a San Bernardino, è stato svolto anche un confronto tra le due serie di temperature medie mensili derivanti dalle misure delle Laste:

- derivanti da dati orari (o ogni 15 minuti)
- calcolate tramite la formula utilizzata nelle serie di San Bernardino, ossia quella che utilizza le temperature misurate alle ore 9:00, alle 21:00, le massime e le minime:

$$T_{media} = \frac{T_9 + T_{21} + T_{max} + T_{min}}{4}$$

E' interessante notare come le due serie ottenute siano parecchio concordanti, avendo per lo più valori di differenza assoluta di circa 0.5 °C. La stima della media giornaliera effettuata a San Bernardino è quindi da considerarsi attendibile.



FIGURA 99: CONFRONTO TRA SERIE MENSILI DI “LASTE MEDIA DA DATI ORARI (O OGNI 15 MINUTI)” E “LASTE MEDIA DA DATI ORARI CALCOLATA COME SAN BERNARDINO” - SOVRAPPOSIZIONE E DIFFERENZA TRA SERIE

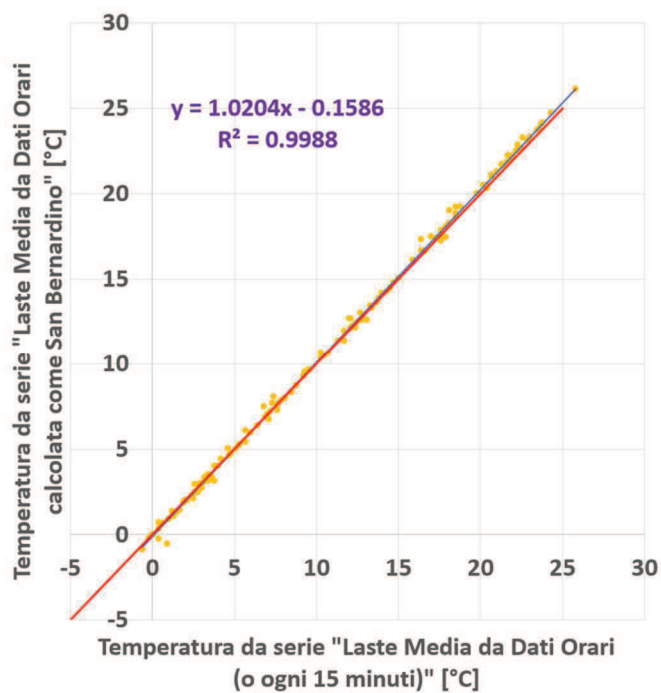


FIGURA 100: CONFRONTO TRA SERIE MENSILI DI “LASTE MEDIA DA DATI ORARI (O OGNI 15 MINUTI)” E “LASTE MEDIA DA DATI ORARI CALCOLATA COME SAN BERNARDINO” - DIAGRAMMA A DISPERSIONE

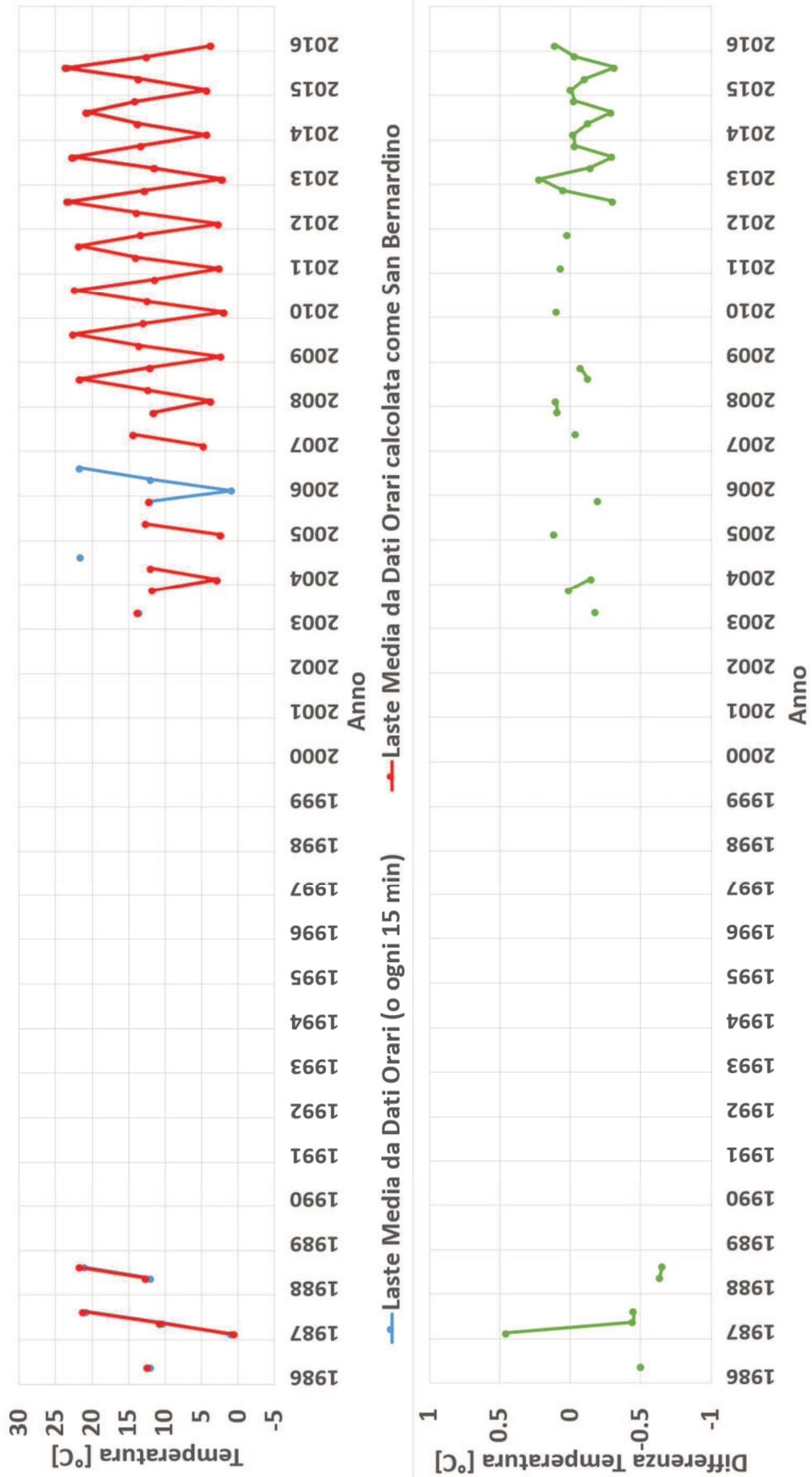


FIGURA 101: CONFRONTO TRA SERIE STAGIONALI DI “LASTE MEDIA DA DATI ORARI (O OGNI 15 MINUTI)” E “LASTE MEDIA DA DATI ORARI CALCOLATA COME SAN BERNARDINO” - SOVRAPPOSIZIONE E DIFFERENZA TRA SERIE

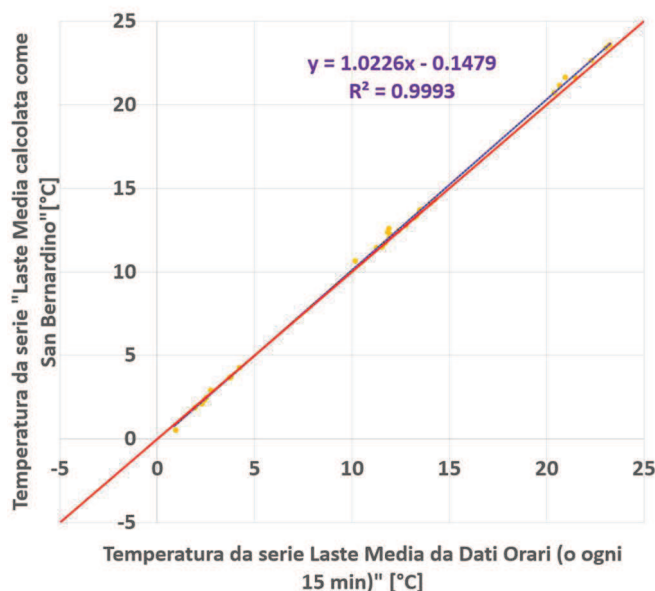


FIGURA 102: CONFRONTO TRA SERIE STAGIONALI DI “LASTE MEDIA DA DATI ORARI (O OGNI 15 MINUTI)” E “LASTE MEDIA DA DATI ORARI CALCOLATA COME SAN BERNARDINO” - DIAGRAMMA A DISPERSIONE

12. “Laste Media da Dati Orari (o ogni 15 minuti)” - “Laste Media da Dati Orari calcolata con la Regola di Kreil”

Per capire quanto buono sia il metodo di stima della media giornaliera usato negli annali dello ZAMG (Regola di Kreil, descritta in precedenza), è stato svolto anche un confronto tra le due serie di temperature medie mensili derivanti dalle misure delle Laste:

- derivanti da dati orari (o ogni 15 minuti)
- calcolate tramite la Regola di Kreil, ossia quella che utilizza le temperature misurate alle ore 7:00, 14:00 e 21:00:

$$T_{media} = \frac{T_7 + T_{14} + 2T_{21}}{4}$$

E' interessante notare come le due serie ottenute presentino valori molto simili, mostrando per lo più differenze assolute di circa 0.5 °C. La stima della media giornaliera effettuata tramite la Regola di Kreil si può quindi considerare attendibile.

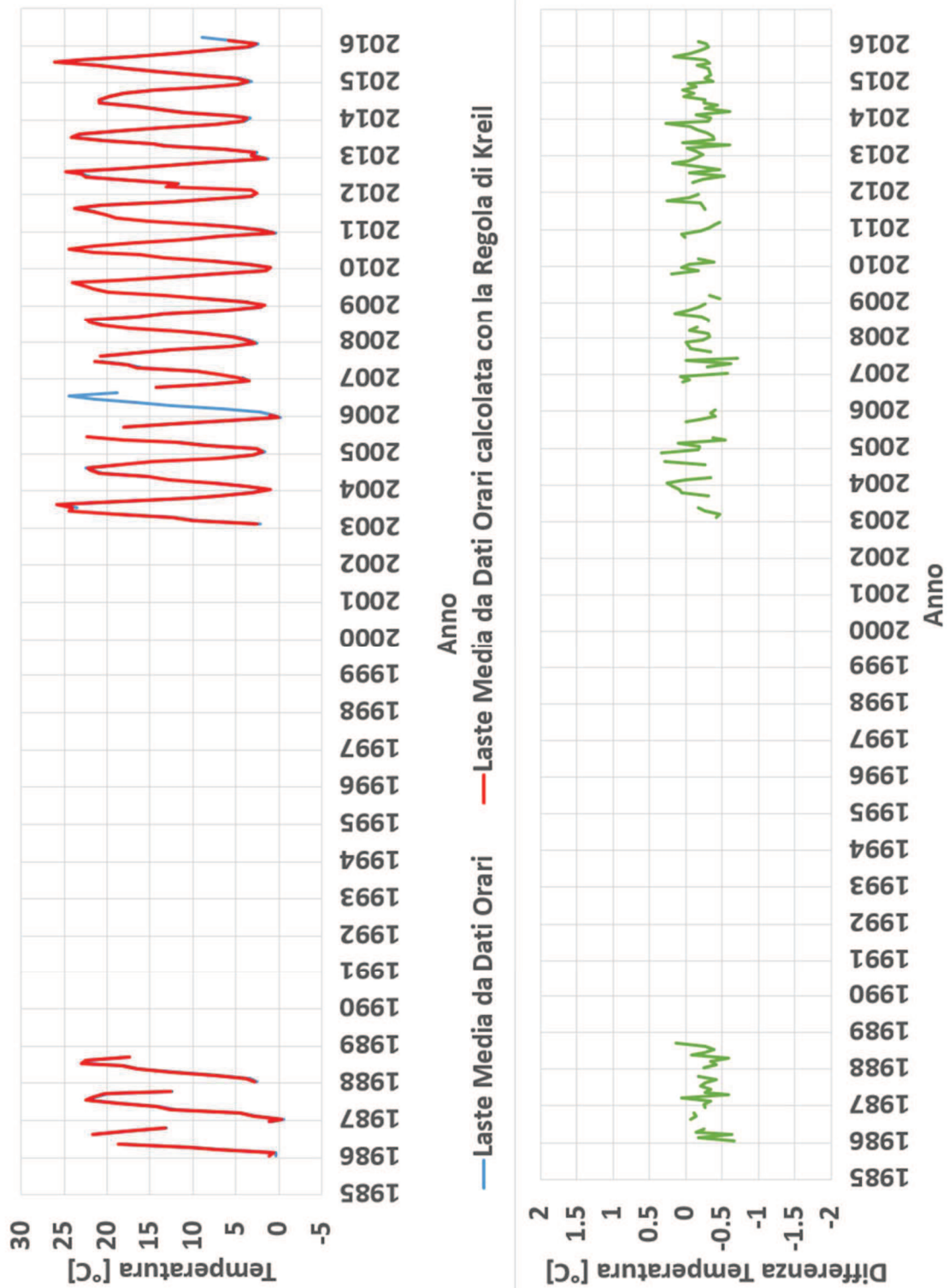


FIGURA 103: CONFRONTO TRA SERIE MENSILI DI “LASTE MEDIA DA DATI ORARI (O OGNI 15 MINUTI)” E “LASTE MEDIA DA DATI ORARI CALCOLATA CON LA REGOLA DI KREIL” - SOVRAPPOSIZIONE E DIFFERENZA TRA SERIE

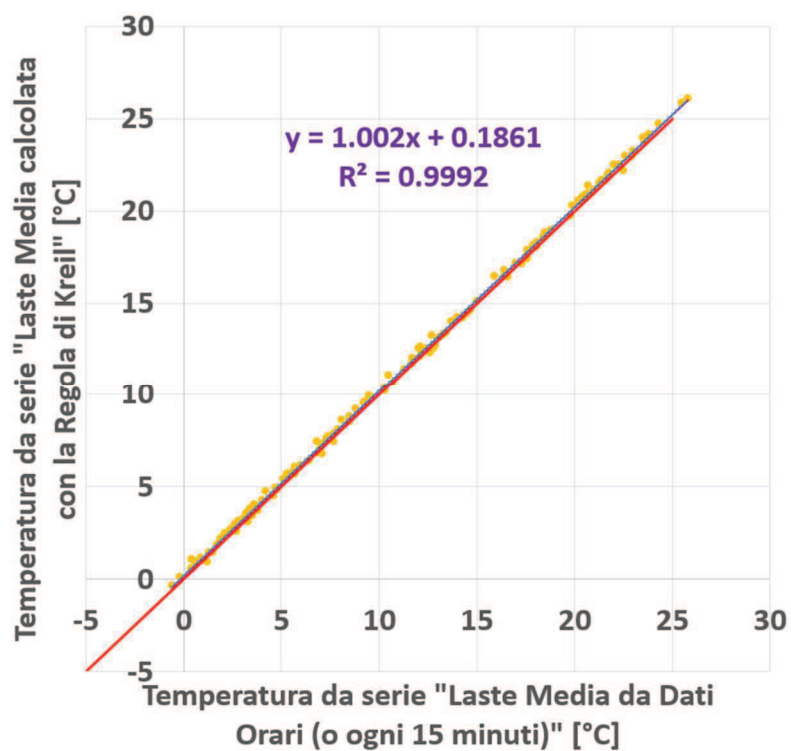


FIGURA 104: CONFRONTO TRA SERIE MENSILI DI "LASTE MEDIA DA DATI ORARI (O OGNI 15 MINUTI)" E "LASTE MEDIA DA DATI ORARI CALCOLATA CON LA REGOLA DI KREIL" - DIAGRAMMA A DISPERSIONE

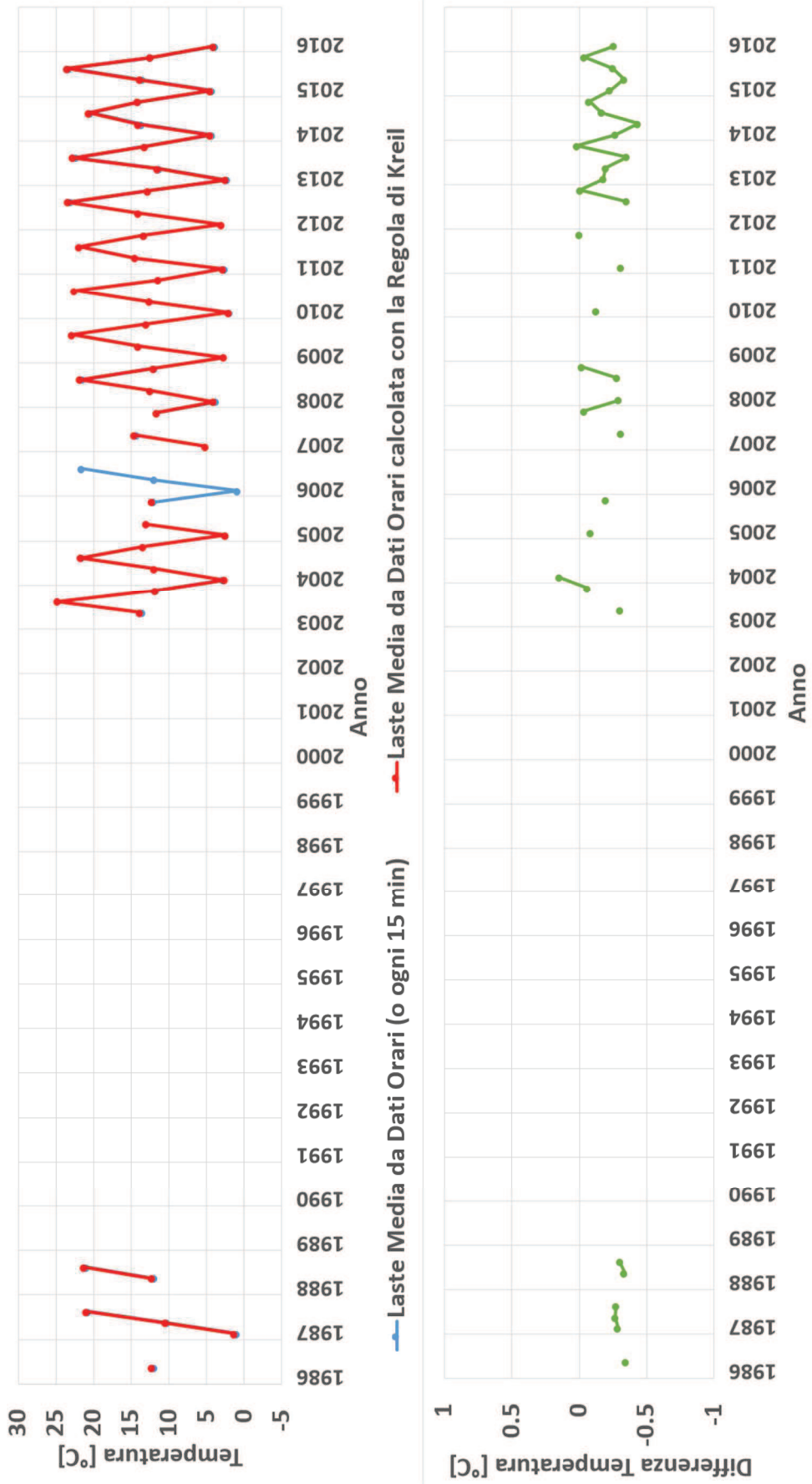


FIGURA 105: CONFRONTO TRA SERIE STAGIONALI DI “LASTE MEDIA DA DATI ORARI (O OGNI 15 MINUTI)” E “LASTE MEDIA DA DATI ORARI CALCOLATA CON LA REGOLA DI KREIL” - SOVRAPPOSIZIONE E DIFFERENZA TRA SERIE

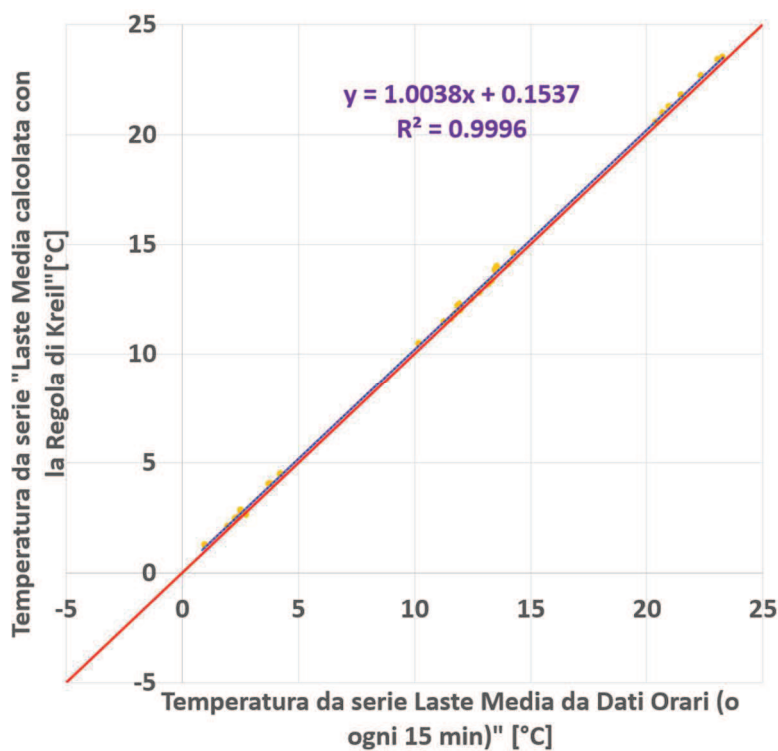


FIGURA 106: CONFRONTO TRA SERIE STAGIONALI DI “LASTE MEDIA DA DATI ORARI (O OGNI 15 MINUTI)” E “LASTE MEDIA DA DATI ORARI CALCOLATA CON LA REGOLA DI KREIL” - DIAGRAMMA A DISPERSIONE

13. Riepilogo dei confronti tra le serie

Nelle seguenti tabelle è riportato un riepilogo di tutti i confronti effettuati, considerando sia le serie delle medie mensili che stagionali. Sono presentati, oltre ad i parametri di confronto e gli anni di sovrapposizione tra le due, anche il numero di punti di sovrapposizione, la deviazione standard della differenza (sostituendo, nel calcolo, il valore di 0 °C alla media) ed il coefficiente R^2 calcolato con la regressione lineare.

Nel confronto mensile sono stati considerati:

- Buoni (colore verde) i valori di R^2 superiori a 0.99, di deviazione standard inferiori ad 1 °C e di numero di sovrapposizioni superiore a 50
- non buoni (colore rosso) i valori di R^2 inferiori a 0.95, di deviazione standard superiori a 1.5 °C e di numero di sovrapposizioni inferiore a 20
- sufficientemente buoni (colore giallo) i valori intermedi.

Nel confronto stagionale sono stati considerati:

- buoni (colore verde) i valori di R^2 superiori a 0.99, di deviazione standard inferiori ad 1 °C e di numero di sovrapposizioni superiore a 30
- non buoni (colore rosso) i valori di R^2 inferiori a 0.95, di deviazione standard superiori a 1.5 °C e di numero di sovrapposizioni inferiore a 10
- sufficientemente buoni (colore giallo) i valori intermedi.

Anche qui, si può notare che le serie sono abbastanza concordanti.

Le discordanze, come ovvio, diminuiscono nel caso di confronto su scala stagionale, in quanto vengono livellate dall'ulteriore media che si effettua tra tre medie mensili. D'altro canto, i punti di sovrapposizione tramite cui è possibile effettuare il confronto sono, in questo caso, minori di numero.

E' inoltre interessante notare come i dati di San Bernardino si accordino meglio con i dati delle Laste calcolati come media da dati orari (o ogni 15 minuti) che con quelli delle Laste stesse, ma calcolati come media da estremi.

Prima Serie	Seconda Serie	Anni di Sovrapposizione	Numero Mesi di Sovrapposizione	R ²	Deviazione da "0"
Wessely	Lunelli	1820-1832	147	0.9864	1.14
Lunelli	Garbari	1851-1858 1864-1867	96	0.9773	1.16
Casa Wolkenstein	Nuovo Bacologico (ECO)	1898 1902-1903 1908 1910-1911	60	0.9937	0.58
Casa Wolkenstein	Prima Serie Frati Francescani	1900-1913 1902-1903	39	0.767	0.81
Nuovo Bacologico (ECO)	Prima Serie Frati Francescani	1908 1910-1911	15	0.918	0.56
ZAMG (varie)	ZAMG (varie): Media da Estremi.Medi	1888-1895	93	0.998	0.56
San Bernardino	Padre Scartezzini	1919	2	(1)	1.81
San Bernardino	Laste: Media da Estremi	1920-1922 1924-1964 1958-1993	128	0.9898	0.68
Laste: Media da Dati Orari (o ogni 15 min)	San Bernardino	1985-1988	29	0.9938	0.89
Laste: Media da Dati Orari (o ogni 15 min)	Laste: Media da Estremi	1985-1988 2003-2016	29	0.997	1.15
Laste: Media calcolata come San Bernardino	San Bernardino	1985-1988 2003-2016	29	0.9939	0.86
Laste: Media da Dati Orari (o ogni 15 min)	Laste: Media calcolata come San Bernardino	1985-1988 2003-2016	148	0.9988	0.31
Laste: Media da Dati Orari (o ogni 15 min)	Laste: Media calcolata con la Regola di Kreil	1985-1988 2003-2016	151	0.9992	0.29

TABELLA 2: CONFRONTO SERIE MENSILI - TABELLA DI RIEPILOGO

Prima Serie	Seconda Serie	Anni di Sovrapposizione	Numero Mesi di Sovrapposizione	R ²	Deviazione da "0"
Wesely	Lunelli	1820-1832	48	0.9922	1.0
Lunelli	Garbari	1851-1858 1864-1867	46	0.9844	0.8
Casa Wolkenstein	Nuovo Bacologico (ECO)	1898 1902-1903 1908 1910-1911	20	0.9931	0.5
Casa Wolkenstein	Prima Serie Frati Francescani	1900-1913	14	0.7847	0.5
Nuovo Bacologico (ECO)	Prima Serie Frati Francescani	1902-1903 1908 1910-1911	2	(1)	0.5
ZAMG (varie) San Bernardino	ZAMG (varie): Media da Estremi Medi Padre Scartezzini	1888-1895 1919	76 /	0.9919 /	0.8 /
San Bernardino	Laste: Media da Estremi	1920-1922 1924-1964 1958-1993	148	0.9757	0.8
Laste: Media da Dati Orari (o ogni 15 min)	San Bernardino	1985-1988	6	0.997	0.8
Laste: Media da Dati Orari (o ogni 15 min)	Laste: Media da Estremi	1985-1988 2003-2016	36	0.9982	0.7
Laste: Media da Dati Orari calcolata come San Bernardino	San Bernardino	1985-1988	6	0.9976	0.6
Laste: Media da Dati Orari (o ogni 15 min)	Laste: Media da Dati Orari calcolata come San Bernardino	1985-1988 2003-2016	34	0.9993	0.3
Laste: Media da Dati Orari (o ogni 15 min)	Laste: Media da Dati Orari calcolata con la Regola di Kreil	1985-1988 2003-2016	35	0.9996	0.2

TABELLA 3: CONFRONTO SERIE STAGIONALI - TABELLA DI RIEPILOGO

2. RICOSTRUZIONE DELLA SERIE

2.1 Selezione delle serie di partenza

Al fine di procedere con l'omogeneizzazione della serie storica di temperatura, occorre innanzitutto scegliere, anno per anno, quale serie utilizzare tra le varie disponibili.

In linea generale si è scelto di considerare più attendibili le serie riportate sugli annali dello ZAMG (o dell'I.R. Istituto Idrografico Centrale) e la serie delle Laste derivante da medie di dati orari o giornalieri, le prime perché riportate all'interno di registri ufficiali dell'Impero Austroungarico, e la seconda perché misurata tramite sistema automatizzato e a cadenza temporale molto frequente. Queste serie, quando presenti, sono sempre state utilizzate per ottenere la serie da omogeneizzare.

Purtroppo, per quanto riguarda gli anni precedenti all'automatizzazione della stazione delle Laste (1985), sono disponibili soltanto i dati di massimo e minimo giornaliero per tale stazione. Verificata quindi l'attendibilità dei dati provenienti da San Bernardino (si riveda la differenza di lieve entità che si ha tra le due successioni se si calcola la temperatura media mensile delle Laste con la stessa formula utilizzata a San Bernardino), si è scelto di utilizzare tale serie dove non sono disponibili misure di dati orari (o ogni 15 minuti) per la stazione delle Laste.

Il periodo aprile 1915 - gennaio 1919 presenta una lunga lacuna, che potrebbe essere coperta dalla serie di Padre Scartezzini. Tale serie è stata però reputata inutilizzabile, in quanto composta da una sola misura giornaliera (mattutina). Allo stesso modo non è stata utilizzata la serie dei frati francescani degli 1900-1913, in quanto la serie è incompleta e non se ne conosce l'esatta provenienza. Tali anni sono comunque coperti dai dati ricavabili dagli annali austriaci.

Nel periodo gennaio 1885 – marzo 1915 è disponibile con continuità la serie di Casa Wolkenstein (Trient I), reperibile negli annali dello ZAMG. In alcuni periodi, negli annali, è riportata anche la serie del Nuovo Bacologico (Trient II), con sede presso l'attuale Dipartimento di Economia. Tra le due, si è scelta la serie di Casa Wolkenstein perché più continua. Tale serie presenta però due valori indicati come incerti nei cataloghi degli annali: settembre 1908 e settembre 1914. Il valore di settembre 1908 è stato quindi sostituito da quello della serie del Nuovo Bacologico (17.5 °C anziché 15.8 °C). Purtroppo non è stato possibile sostituire anche il valore di settembre 1914 (19.1 °C), perché in tale data è presente solo la prima serie. Essendo in linea con i cicli annuali degli anni limitrofi, tale dato è stato considerato buono.

Per quanto riguarda le serie da utilizzare prima che i dati comparissero negli annali dello ZAMG, ossia prima del 1874 (fatta eccezione per gli anni 1856 e 1864-1867, in cui sono riportati sugli annali i dati di Padre Francesco Lunelli).

In tale periodo sono disponibili tre serie: Wessely (1816-1832), Lunelli (1820-1858 e 1864-1867) e Garbari (1851-1871). Tra di esse, la sequenza di Lunelli è quella che si estende per il periodo maggiore. Inoltre Don Lunelli fu scelto come osservatore ufficiale dello ZAMG negli anni 1856 e 1864-1867. Per tali ragioni, oltre all'importanza scientifica della figura di Lunelli ed alle certezze riguardanti luogo e motivi delle osservazioni, questa serie è sempre stata utilizzata ove presente. Fanno quindi eccezione gli anni 1816-1819, ove è disponibile la sola serie di Wessely, ed i due intervalli 1859-1863 e 1868-1871, ove la serie del Lunelli non è disponibile e va quindi utilizzata quella di Giuseppe Garbari. A partire dal confronto con i valori misurati da Lunelli e dalle informazioni trovate presso l'Archivio Storico Diocesano di Trento, tale serie è stata comunque considerata piuttosto attendibile. Si è inoltre visto che nel maggio del 1854, le due serie di Lunelli e Garbari presentano una discrepanza piuttosto evidente (6 °C). La serie di Lunelli riporta un valore di 19.8 °C per tale mese, mentre quella di Garbari riporta un valore di 13.8 °C. Osservando i cicli annuali adiacenti di entrambe le serie, il valore riportato da Garbari sembra essere più attendibile per il mese di maggio, pertanto, nella serie da omogeneizzare, tale valore della serie di Lunelli è stato sostituito da quello di Garbari, relativo allo stesso mese.

Successivamente è riportato lo stesso diagramma di Gantt presente nel capitolo precedente, con riportata un'ulteriore notazione rappresentante la scelta delle serie anno per anno. Il colore azzurro è stato utilizzato per le serie già complete.

In alcuni anni, come visto, all'interno delle serie scelte non sono presenti tutti i valori mensili, e vanno quindi integrate. Come si vede dal diagramma, talvolta il colore azzurro occupa due serie adiacenti. Questo quando è necessario completare le lacune della serie scelta con un'altra: si veda ad esempio l'anno 1854, dove è stato necessario sostituire il valore di temperatura della serie di Lunelli per il mese di maggio, con quello di Garbari. Il colore viola indica, invece, gli anni in cui non è possibile completare la serie per l'anno in questione con un'altra delle serie disponibili. Si veda ad esempio l'anno 1915, dove sono disponibili i dati soltanto fino al mese di marzo. In questi casi sarà necessario sfruttare serie di città limitrofe per completare le lacune della successione di Trento. Lo stesso procedimento andrà effettuato per completare le lacune della durata di interi anni, in particolare 1872, 1873, e 1884, dove non ci sono serie disponibili, e gli anni 1916-1918, dove è sì presente la serie di Padre Scartezzini, ma essa è inutilizzabile perché recante le sole temperature mattutine.

Nelle tabelle e nelle Figure riportate a seguito del diagramma di Gantt è invece riportato il dettaglio delle serie scelte, mese per mese.

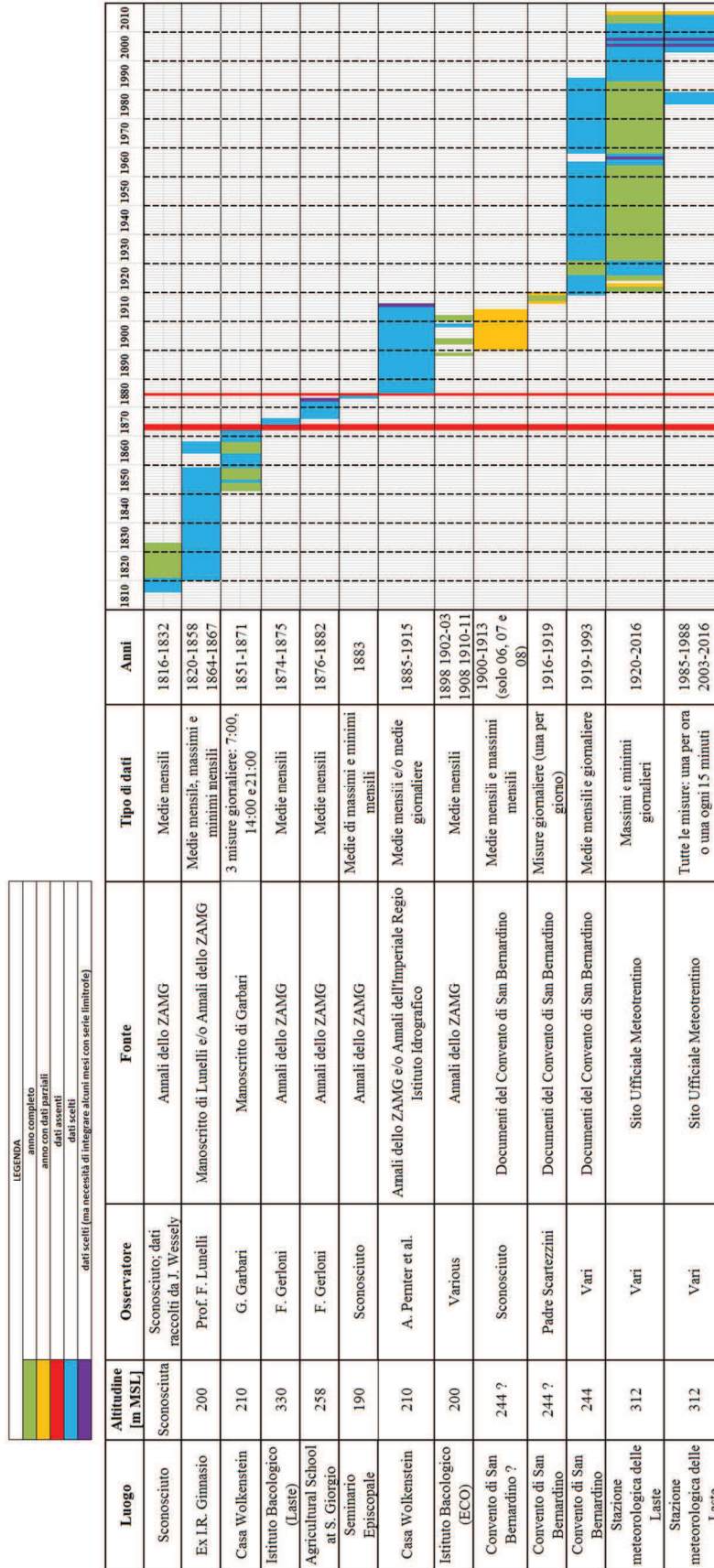


FIGURA 107: DIAGRAMMA DI GANTT - DISPONIBILITÀ E SCELTA DELLE SERIE PER L'OMOGENEIZZAZIONE DELLA SERIE STORICA IN SCALA MENSILE

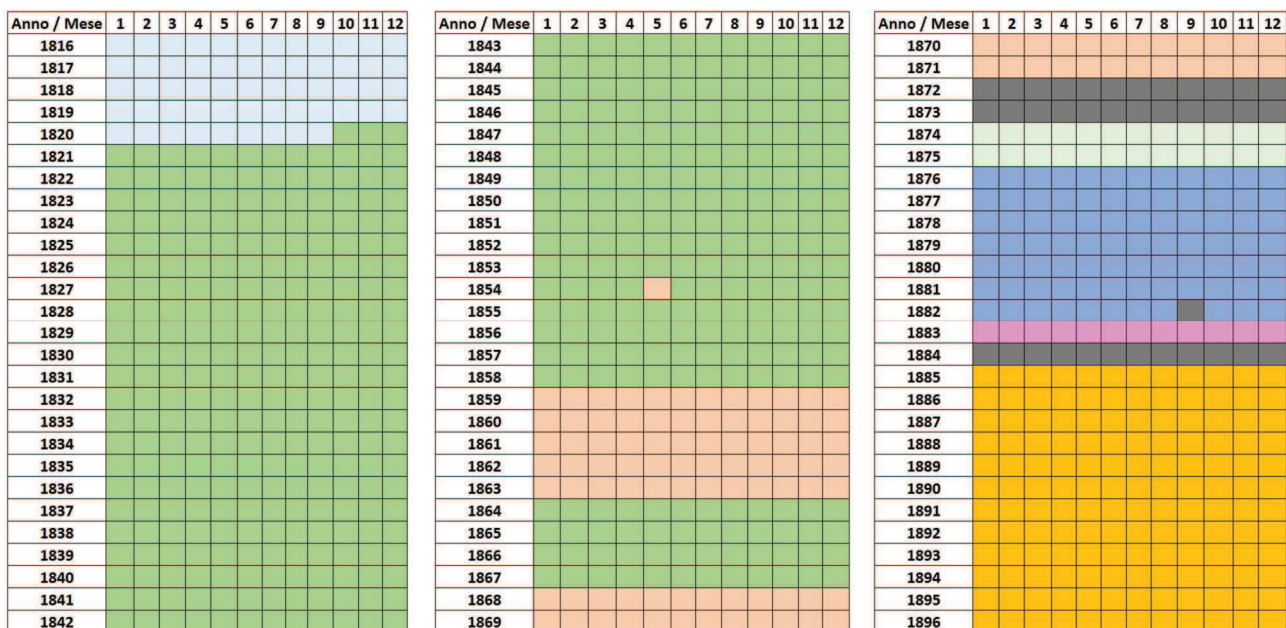


FIGURA 108: SERIE SCELTE MESE PER MESE, DAL 1816 AL 1896

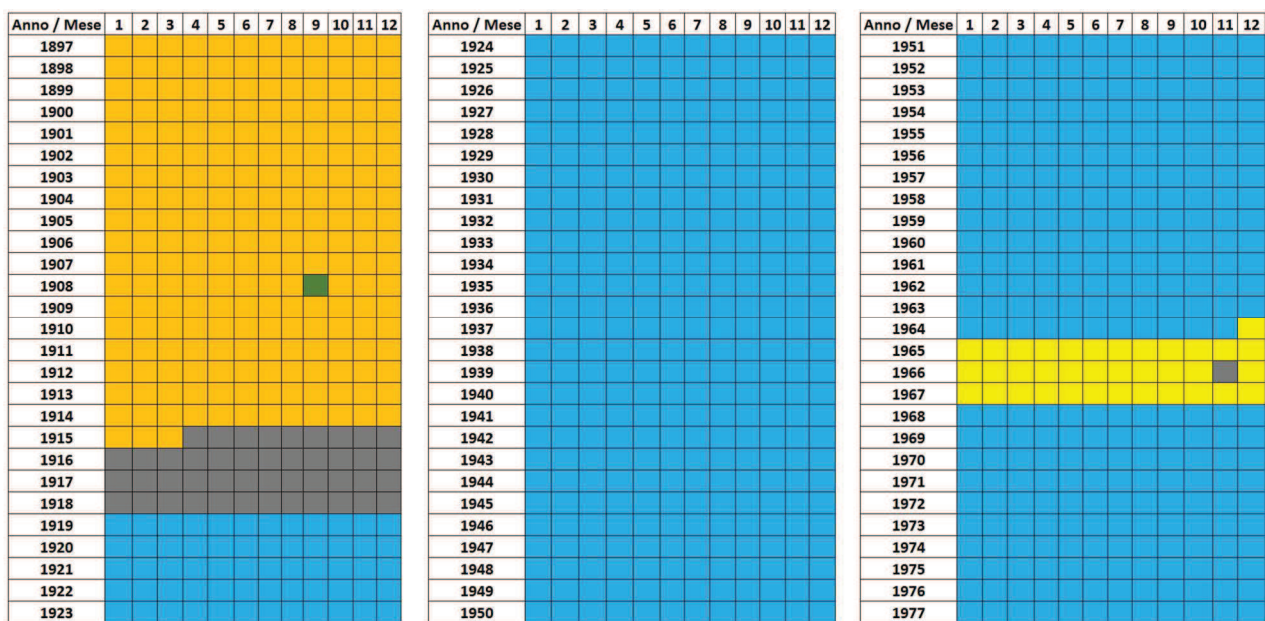


FIGURA 109: SERIE SCELTE MESE PER MESE, DAL 1897 AL 1977

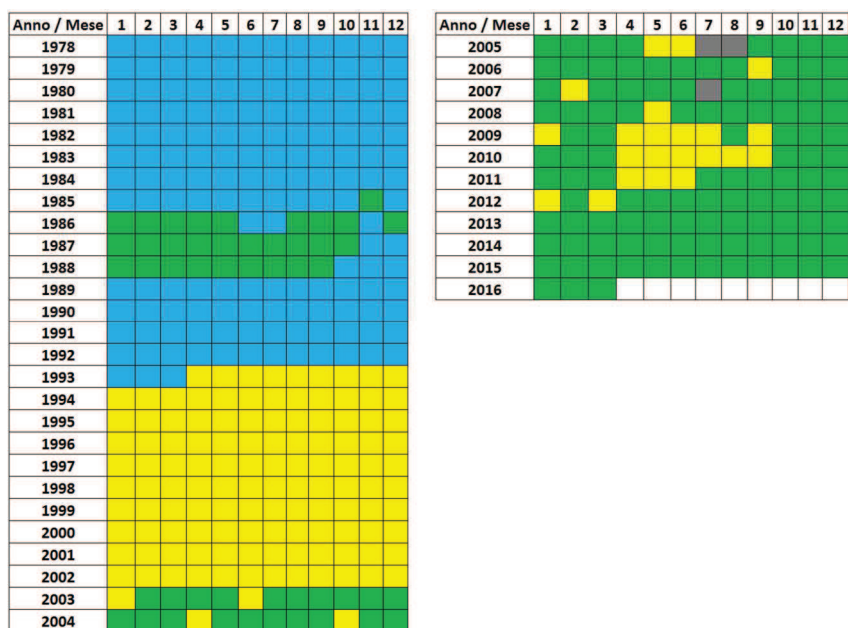


FIGURA 110: SERIE SCELTE MESE PER MESE, DAL 1978 AL 2016

LEGENDA SERIE IN SCALA MENSILE:	
	Wessely
	Lunelli
	Garbari
	Bacologico (Laste)
	Scuola Agricoltura (San Giorgio)
	Seminario Episcopale
	Casa Wolkenstein
	Nuovo Bacologico (ECO)
	San Bernardino
	Laste Media da Estremi
	Laste Media da Dati Orari (o ogni 15 min)
	NO dati

FIGURA 111: SERIE SCELTE MESE PER MESE – LEGENDA

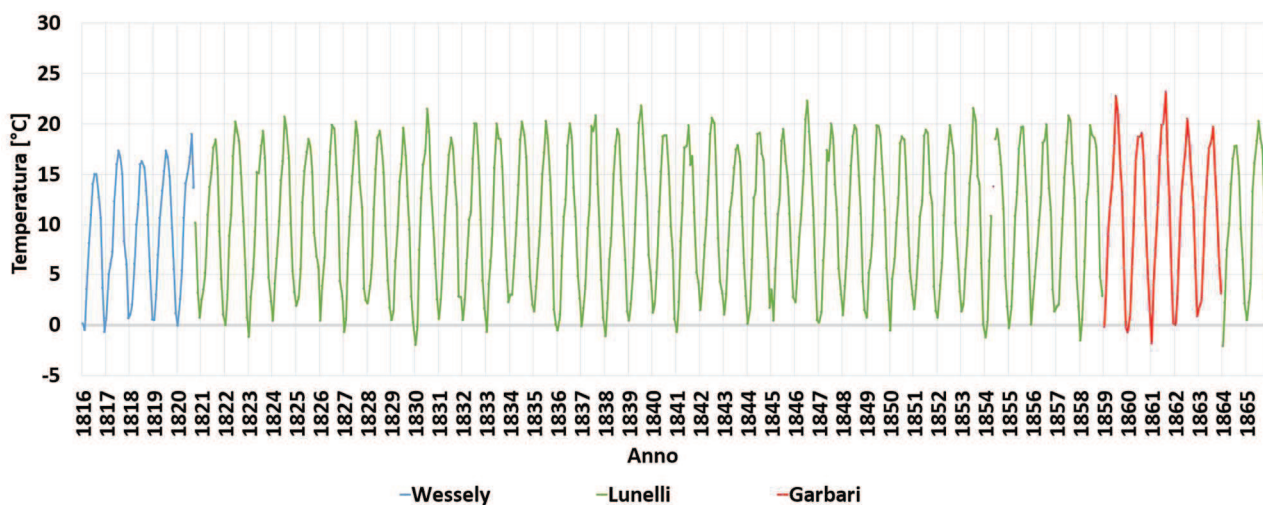


FIGURA 112: SERIE SCELTE MESE PER MESE: 1816-1865

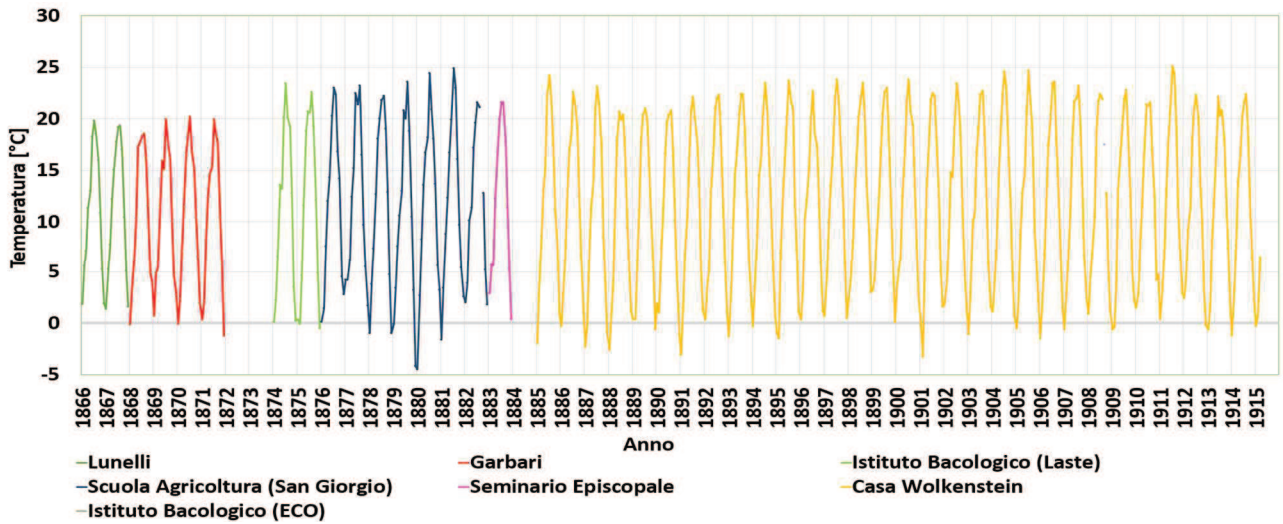


FIGURA 113: SERIE SCELTE MESE PER MESE: 1866-1915

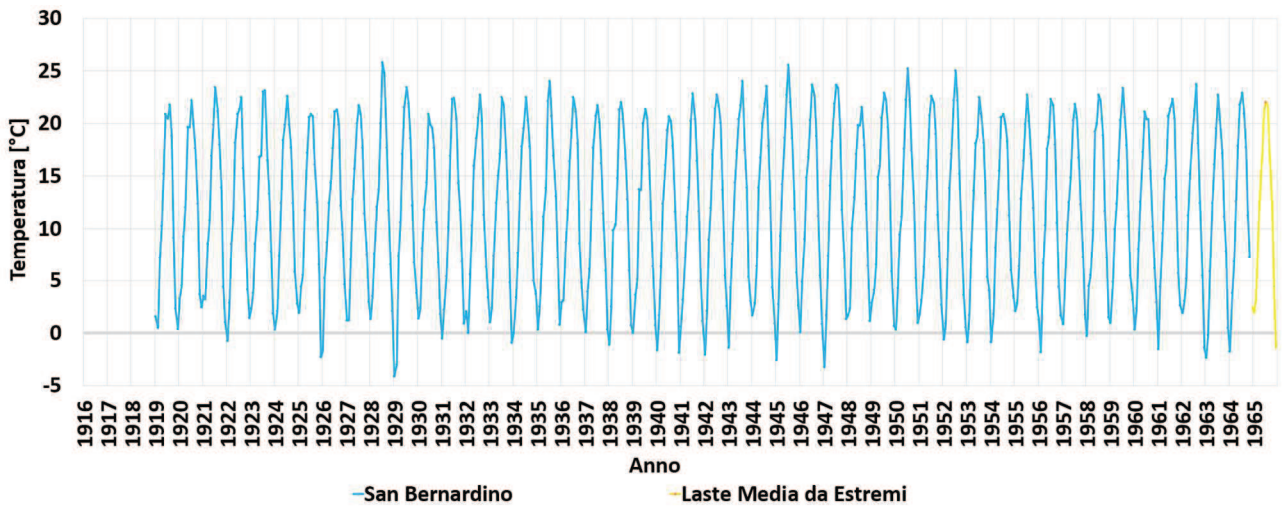


FIGURA 114: SERIE SCELTE MESE PER MESE: 1916-1965

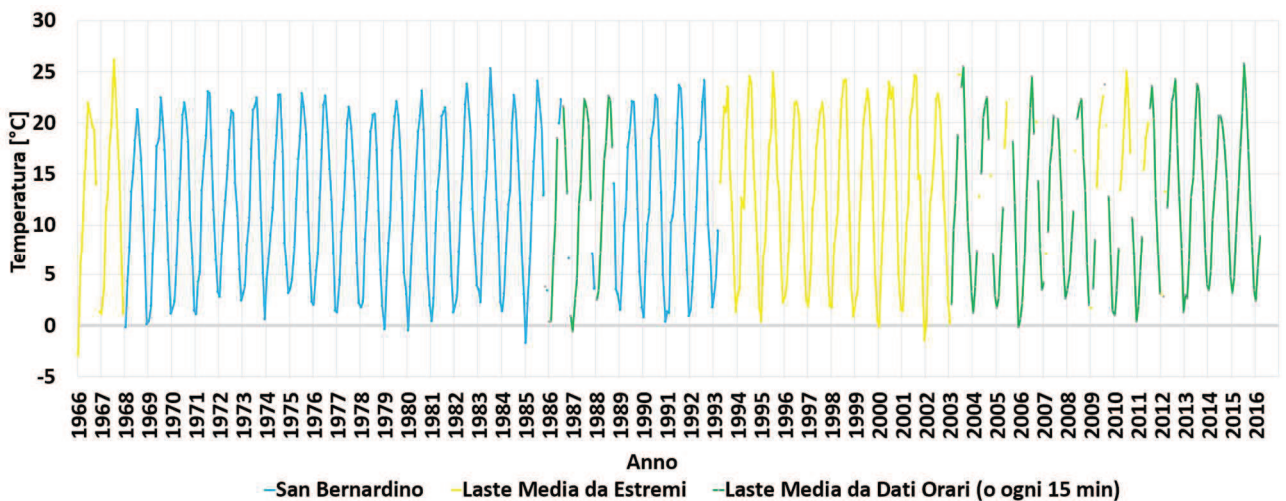


FIGURA 115: SERIE SCELTE MESE PER MESE: 1966-2016

2.2 Serie stagionali

Per ottenere la serie delle medie stagionali da omogeneizzare, è stata semplicemente utilizzata la serie delle medie mensili, mediando i valori di tale successione stagione per stagione, considerando ovviamente le stagioni meteorologiche, con ogni anno avente inizio a dicembre e termine a novembre

Nelle tabelle successive sono riportate le serie scelte, per ogni stagione meteorologica. Essendo i valori della serie delle medie mensili provenienti da successioni differenti, è possibile che un valore di media stagionale provenga dalla media tra valori provenienti da serie differenti (ad esempio, Wessely e Lunelli per l'inverno dell'anno 1821).

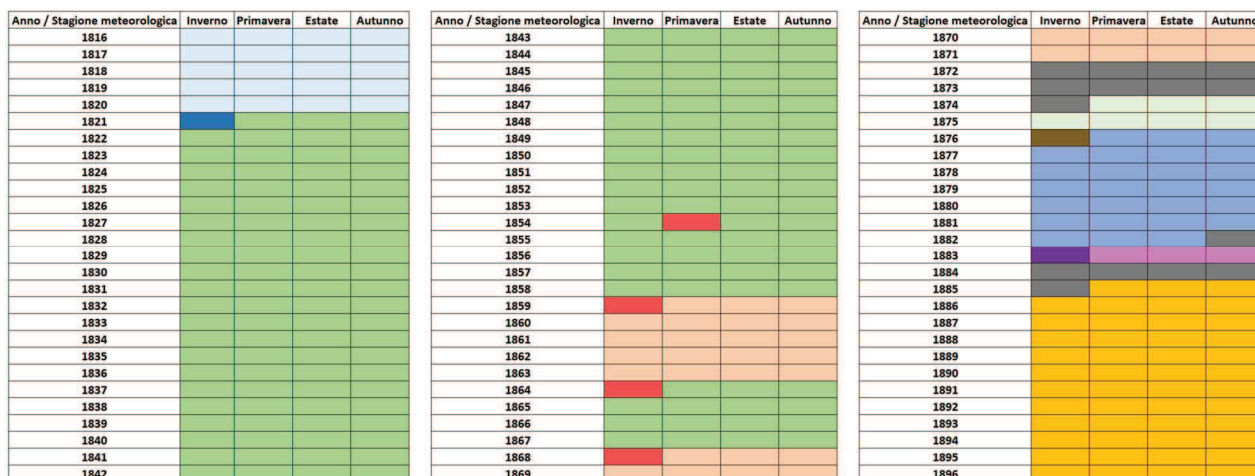


FIGURA 116: SERIE SCELTE IN OGNI STAGIONE METEOROLOGICA, DAL 1816 AL 1896

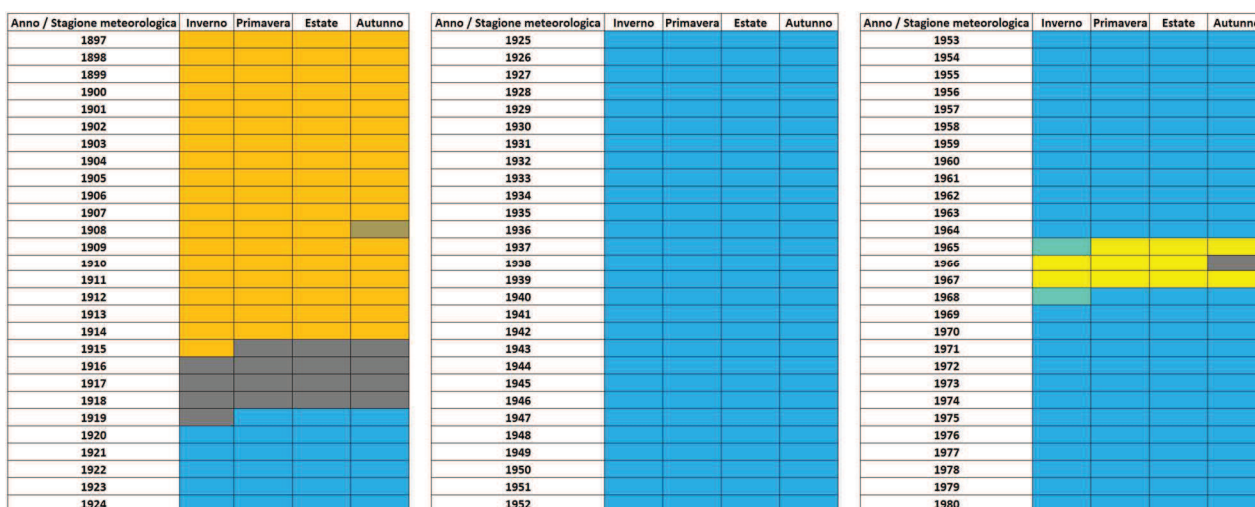


FIGURA 117: SERIE SCELTE IN OGNI STAGIONE METEOROLOGICA, DAL 1897 AL 1980

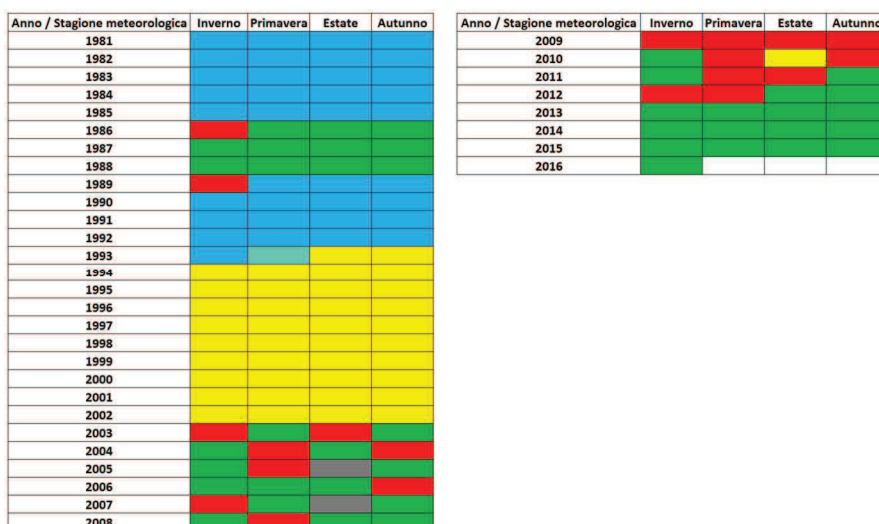


FIGURA 118: SERIE SCELTE IN OGNI STAGIONE METEOROLOGICA, DAL 1981 AL 2016

LEGENDA SERIE IN SCALA STAGIONALE:	
Light Blue	Wessely
Light Green	Lunelli
Light Orange	Garbari
Light Green	Bacologico (Laste)
Light Blue	Scuola Agricoltura (San Giorgio)
Light Purple	Seminario Episcopale
Light Orange	Casa Wolkenstein
Dark Green	Nuovo Bacologico (ECO)
Light Blue	San Bernardino
Yellow	Laste Media da Estremi
Green	Laste Media da Dati Orari (o ogni 15 min)
Grey	NO dati
Blue	Wessely + Lunelli
Red	Lunelli + Garbari
Brown	Bacologico (Laste)+Scuola Agricoltura (San Giorgio)
Purple	Scuola Agricoltura (San Giorgio)+Seminario Episcopale
Olive	Casa Wolkenstein+Nuevo Bacologico (ECO)
Teal	San Bernardino+Laste Media da Estremi
Red	Laste Media da dati orari (o ogni 15 min) + Laste Media da Estremi

FIGURA 119: SERIE SCELTE IN OGNI STAGIONE METEOROLOGICA - LEGENDA

2.3 Ricostruzione delle serie

Scala mensile

Nei seguenti grafici è riportata la serie ottenuta unendo i vari segmenti delle successioni storiche di medie mensili scelte tra le disponibili. Questa sequenza andrà poi integrata tramite i valori, adattati con regressione lineare, delle serie di luoghi limitrofi, per coprire le lacune, ed omogeneizzata.

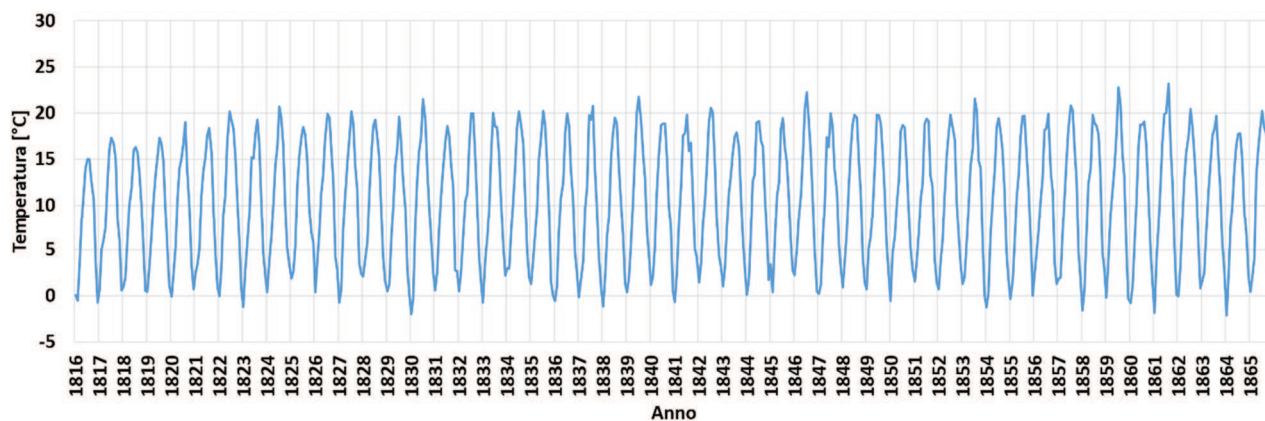


FIGURA 120: SERIE STORICA DELLE MEDIE MENSILI DI TEMPERATURA DELLA CITTÀ DI TRENTO, DA OMOGENEIZZARE: 1816-1865

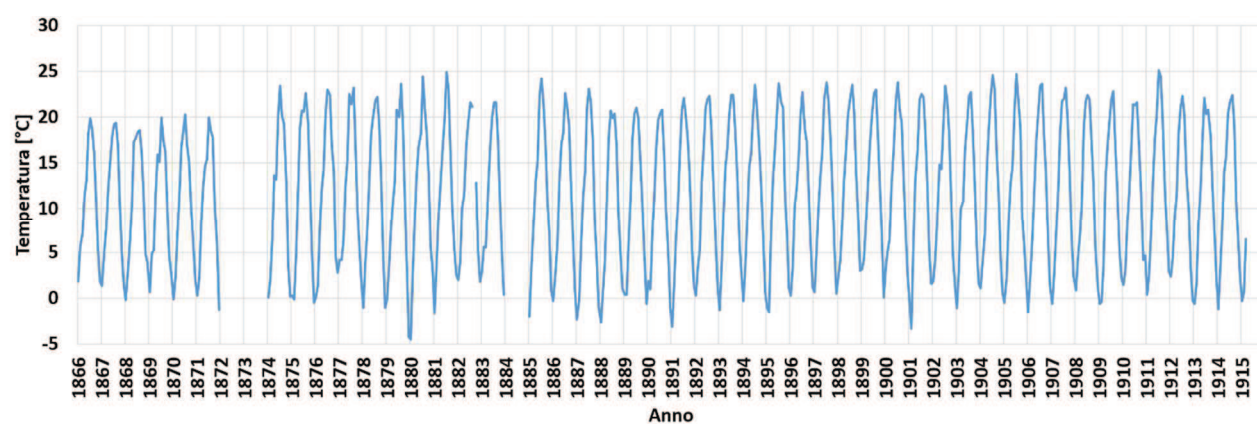


FIGURA 121: SERIE STORICA DELLE MEDIE MENSILI DI TEMPERATURA DELLA CITTÀ DI TRENTO, DA OMOGENEIZZARE: 1866-1915

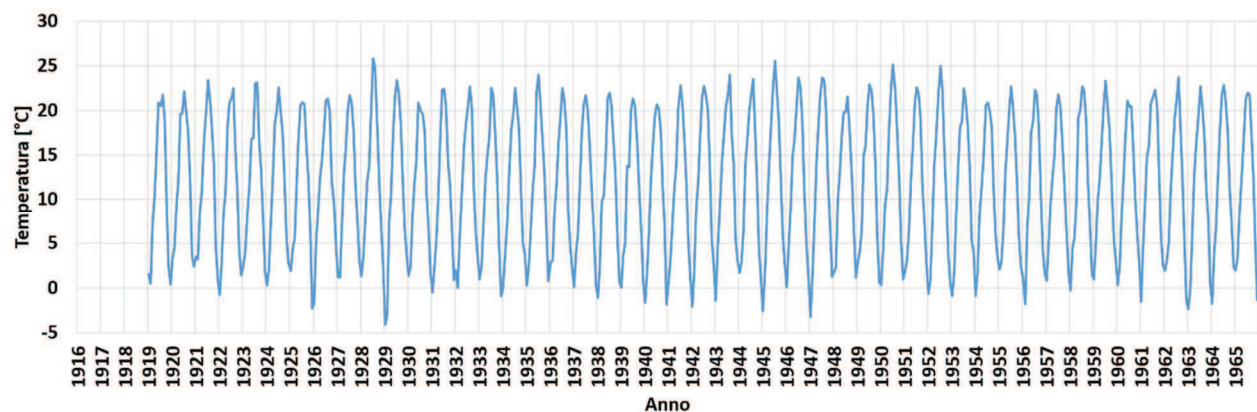


FIGURA 122: SERIE STORICA DELLE MEDIE MENSILI DI TEMPERATURA DELLA CITTÀ DI TRENTO, DA OMOGENEIZZARE: 1916-1965

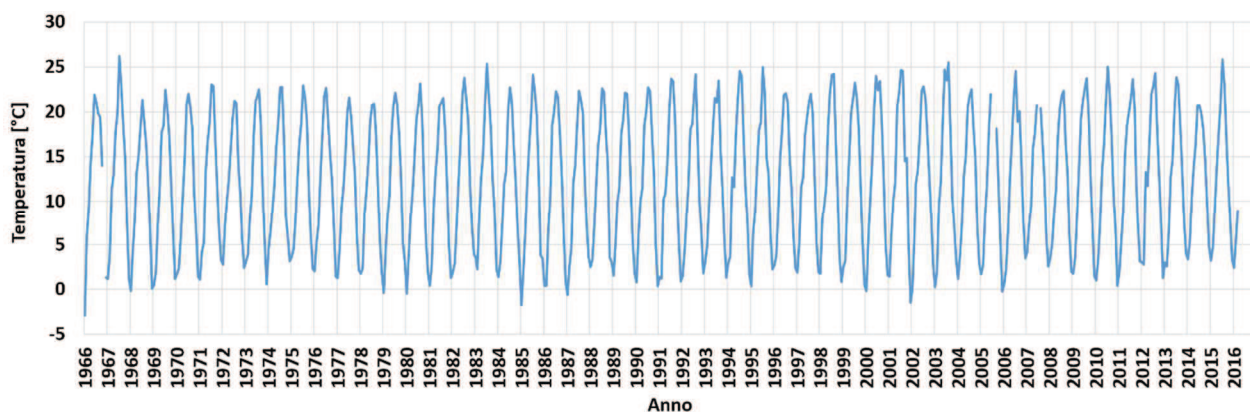


FIGURA 123: SERIE STORICA DELLE MEDIE MENSILI DI TEMPERATURA DELLA CITTÀ DI TRENTO, DA OMOGENEIZZARE: 1966-2016

Scala stagionale

Nei seguenti grafici è riportata la serie ottenuta unendo i vari segmenti di delle successioni storiche di temperatura media stagionale, scelti tra quelli disponibili.

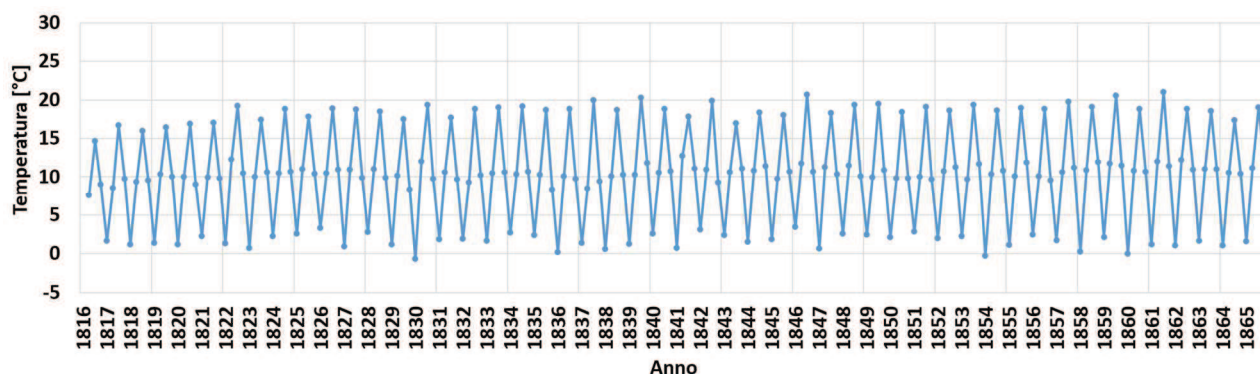


FIGURA 124: SERIE STORICA DELLE MEDIE STAGIONALI DI TEMPERATURA DELLA CITTÀ DI TRENTO, DA OMOGENEIZZARE: 1816-1865

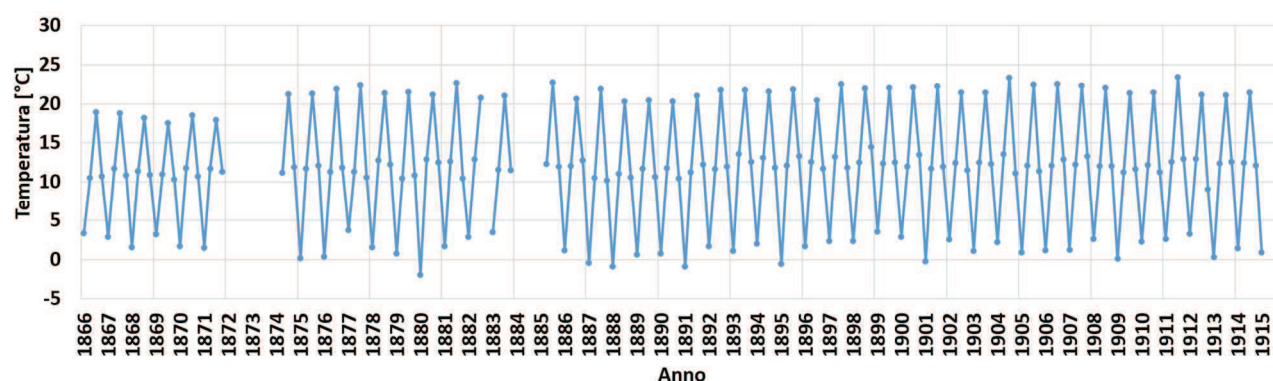


FIGURA 125: SERIE STORICA DELLE MEDIE STAGIONALI DI TEMPERATURA DELLA CITTÀ DI TRENTO, DA OMOGENEIZZARE: 1866-1915

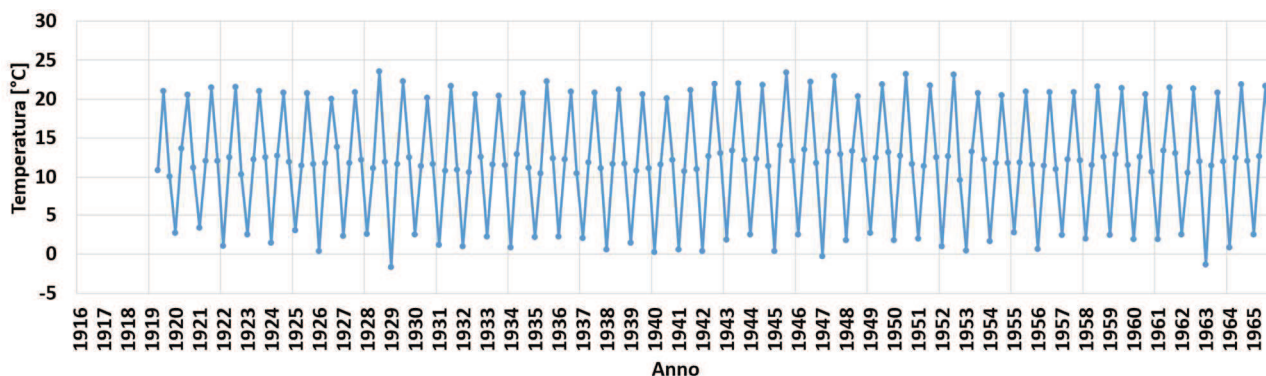
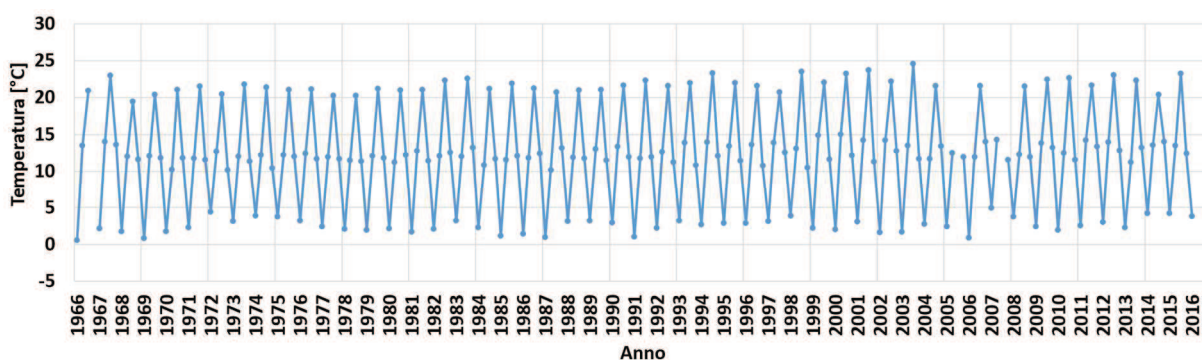


FIGURA 126: SERIE STORICA DELLE MEDIE STAGIONALI DI TEMPERATURA DELLA CITTÀ DI TRENTO, DA OMOGENEIZZARE: 1916-1965



Scala annuale

È qui riportata la serie ottenuta unendo i vari segmenti delle serie storiche delle medie annuali di temperatura scelte tra le disponibili. Sono anche riportati gli andamenti delle medie stagionali prese separatamente e confrontate tra di loro.

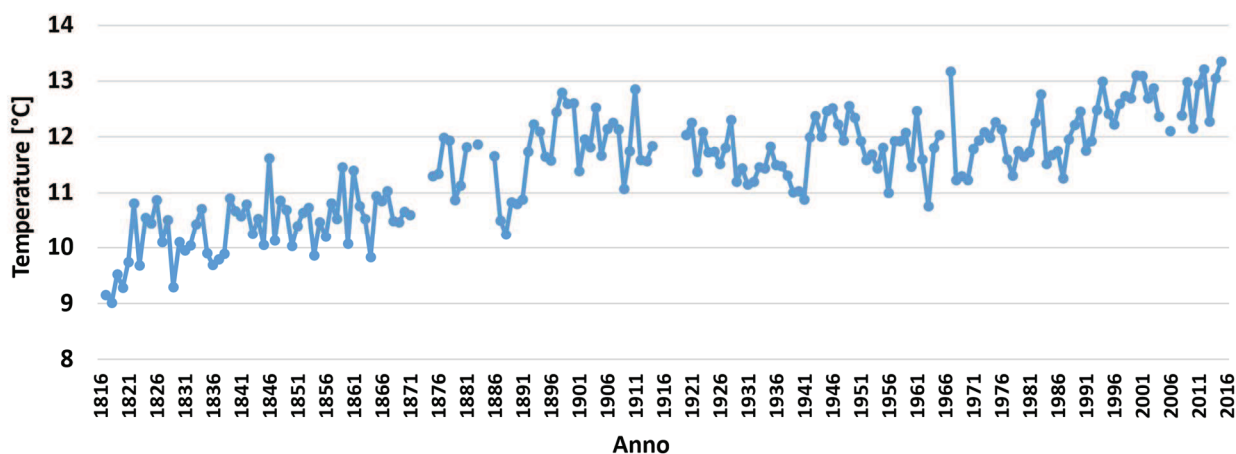


FIGURA 127: SERIE STORICA DELLE MEDIE ANNUALI DI TEMPERATURA DELLA CITTÀ DI TRENTO, DA OMOGENEIZZARE

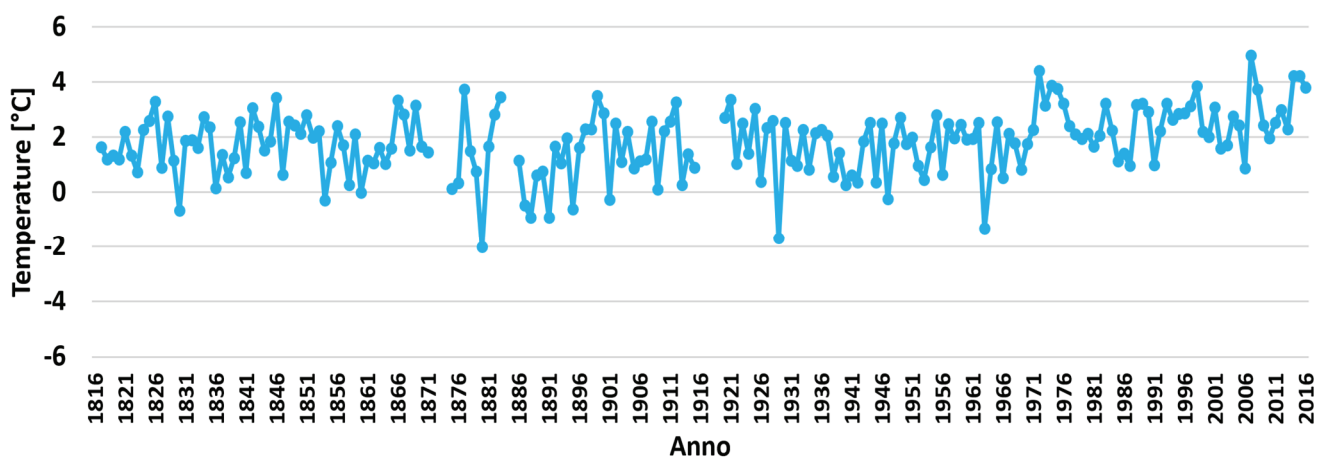


FIGURA 128: SERIE STORICA DELLE MEDIE STAGIONALI DI TEMPERATURA DELLA CITTÀ DI TRENTO: INVERNI

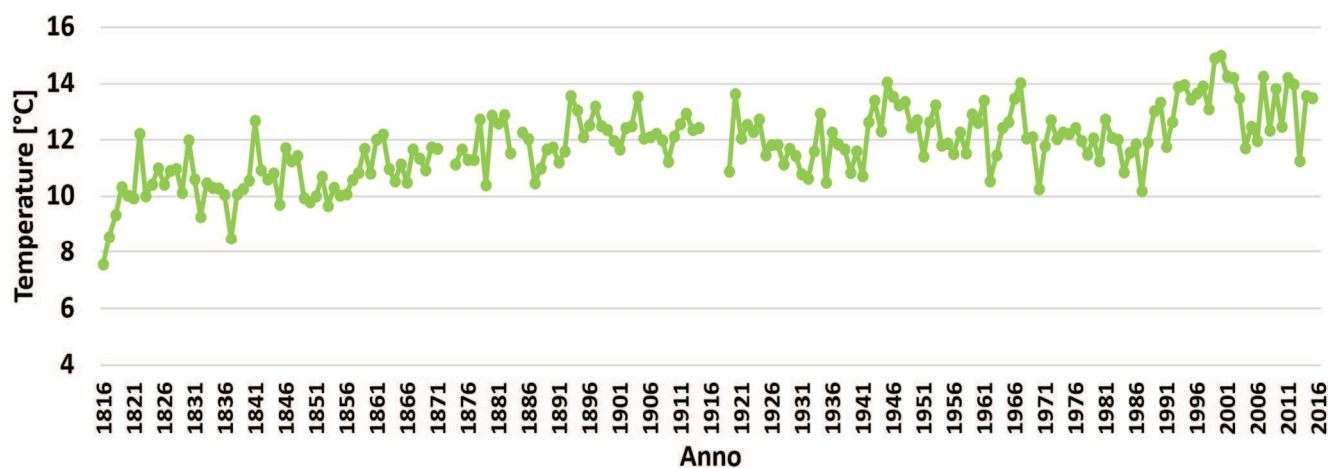


FIGURA 129: SERIE STORICA DELLE MEDIE STAGIONALI DI TEMPERATURA DELLA CITTÀ DI TRENTO: PRIMAVERE

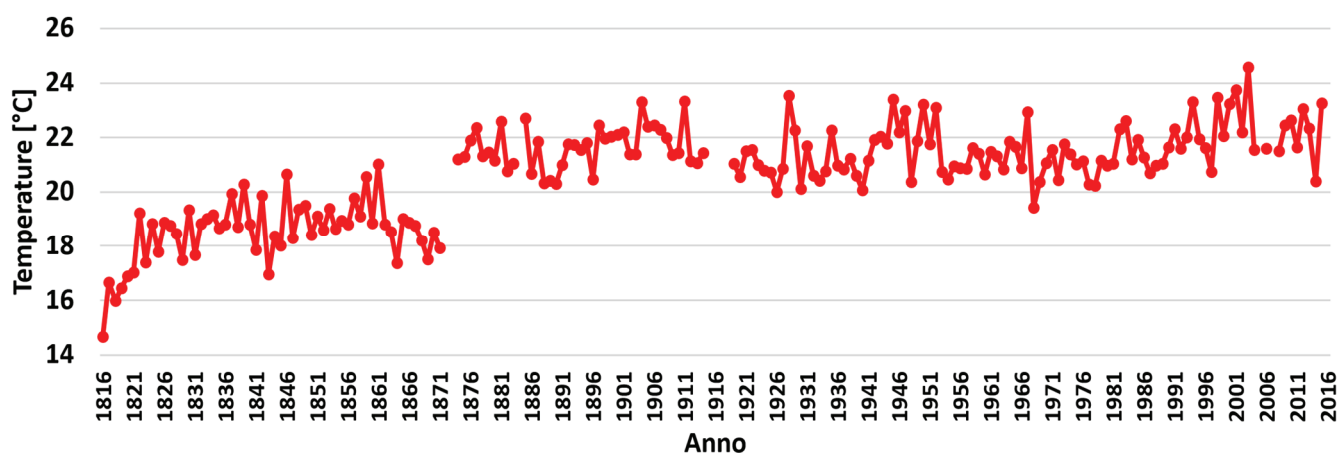


FIGURA 130: SERIE STORICA DELLE MEDIE STAGIONALI DI TEMPERATURA DELLA CITTÀ DI TRENTO: ESTATI

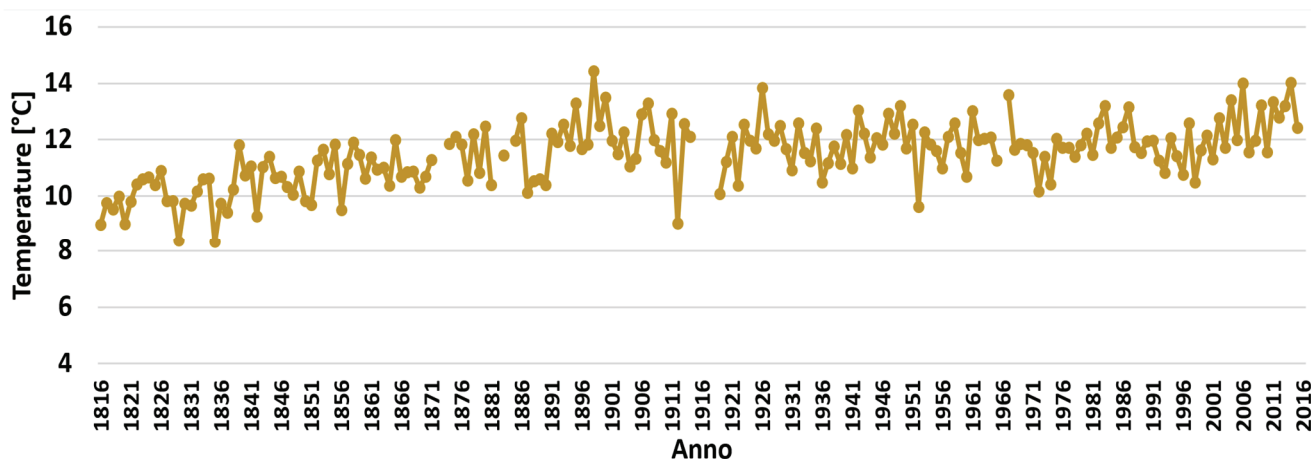


FIGURA 131: SERIE STORICHE DELLE MEDIE STAGIONALI DI TEMPERATURA DELLA CITTÀ DI TRENTO: AUTUNNI

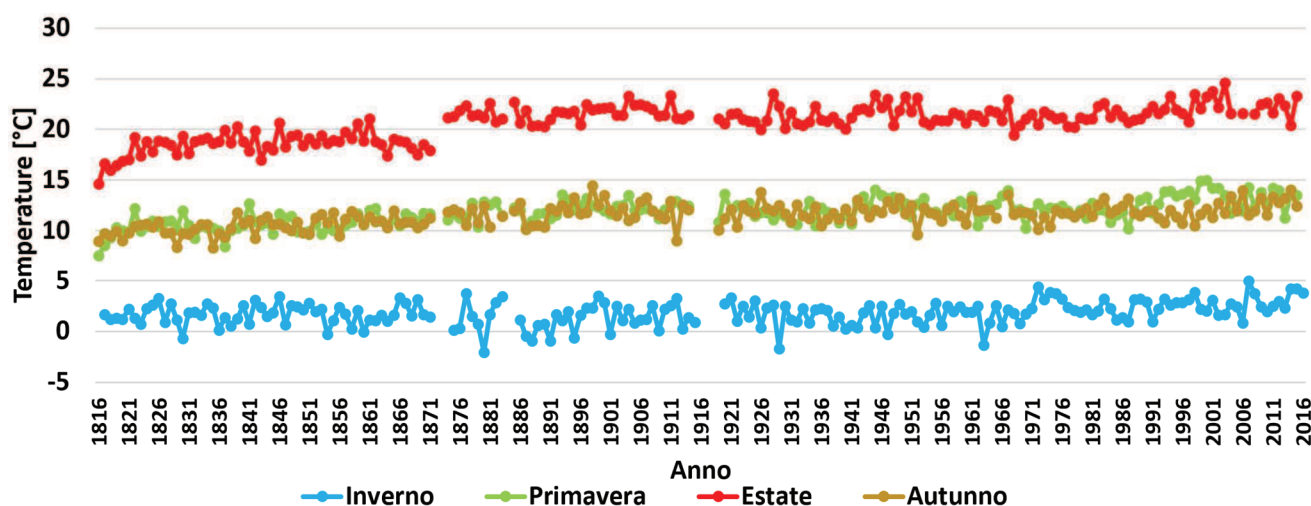


FIGURA 132: SERIE STORICHE DELLE MEDIE STAGIONALI DI TEMPERATURA DELLA CITTÀ DI TRENTO: STAGIONI A CONFRONTO

2.4 Riempimento delle lacune

Fortunatamente l'estensione temporale delle lacune, nella maggior parte dei casi non è particolarmente ampia. Infatti esse sono prevalentemente costituite da valori mensili (settembre 1882, novembre 1966, luglio e agosto 2005 e luglio 2007).

Sono assenti le intere annate del biennio 1872-1873, del 1884 e del quadriennio che va da aprile 1915 dicembre 1918.

Si è scelto di sostituire i dati mancanti degli anni 2005 e 2007 con i valori della stazione del Molino Vittoria, situata nei pressi del sottopassaggio di Via Verdi, nei paraggi dell'attuale sede del Dipartimento di Economia. Nell'ambito del restauro eseguito dall'Università degli Studi di Trento e terminato nel 2002, si è infatti deciso di destinare la torre all'installazione

di un osservatorio meteorologico che consenta, grazie alla sua particolare collocazione, di raccogliere informazioni sulla meteorologia e climatologia dell'area urbana [2,3]. Tale stazione raccoglie dati ogni 10 minuti. Nei particolari mesi necessari per il completamento delle serie sono disponibili i seguenti dati:

- 07/2005: sono presenti il 59 % dei dati, ossia fino alle ore 10:20 del 19/07/2005, aventi media mensile di 22.4 °C
- 08/2005: sono presenti il 73 % dei dati, ossia dalle ore 11:00 del 09/08/2005, aventi media mensile di 21.3 °C
- 08/2007: sono presenti tutti i dati, aventi media mensile di 23.9 °C.

Nonostante a luglio ed agosto del 2005 non tutti i dati siano disponibili e quindi le medie mensili risultino probabilmente diverse da quelle reali, si è deciso di utilizzare ugualmente le medie dei valori presenti, ritenendole comunque più rappresentative di dati provenienti da serie diverse da quella di Trento.



FIGURA 133: LA TORRE DEL MOLINO VITTORIA, DOVE È INSTALLATO L'OSSERVATORIO METEOROLOGICO DELL'UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRENTO [2]

Le lacune degli anni precedenti, non essendo possibile reperire dati da altre stazioni della città di Trento, sono state colmate sfruttando una serie di riferimento. E' necessario che le due serie, da completare e di riferimento, abbiano una buona correlazione (maggiore o uguale a 0.7 secondo Auer, 1992) [4].

La serie di riferimento è stata ottenuta mediando alcune serie mensili di luoghi limitrofi, già omogeneizzate nell'ambito del progetto HISTALP (Historical Instrumental Climatological Surface Time Series Of The Greater Alpine Region), che ha costruito un database con serie mensili omogeneizzate di temperatura, pressione, precipitazione, orari di alba e nuvolosità della zona dell'Arco Alpino [5].

Considerando la similarità tra i climi, la posizione geografica e la disponibilità dei dati, sono state identificate sette serie potenzialmente utili per creare la serie di riferimento: Innsbruck, Bolzano, Marienberg, Milano, Padova e Verona. Nel seguente diagramma di Gantt si possono vedere, nel dettaglio, le serie selezionate e la loro disponibilità nel periodo 1816-2016. Come si può notare, solo il periodo 1865-2007 è coperto da tutte sette le serie. Nella procedura di media per ottenere la serie di riferimento sono state considerate solamente quelle disponibili nel periodo dal 1816 al 2007 nella sua totalità, in modo da poter ottenere una correlazione lineare dipendente da tutto il periodo. Quindi, come vedremo, la serie di riferimento sarà ottenuta dalla media delle quattro serie di Innsbruck, Milano, Padova e Verona.

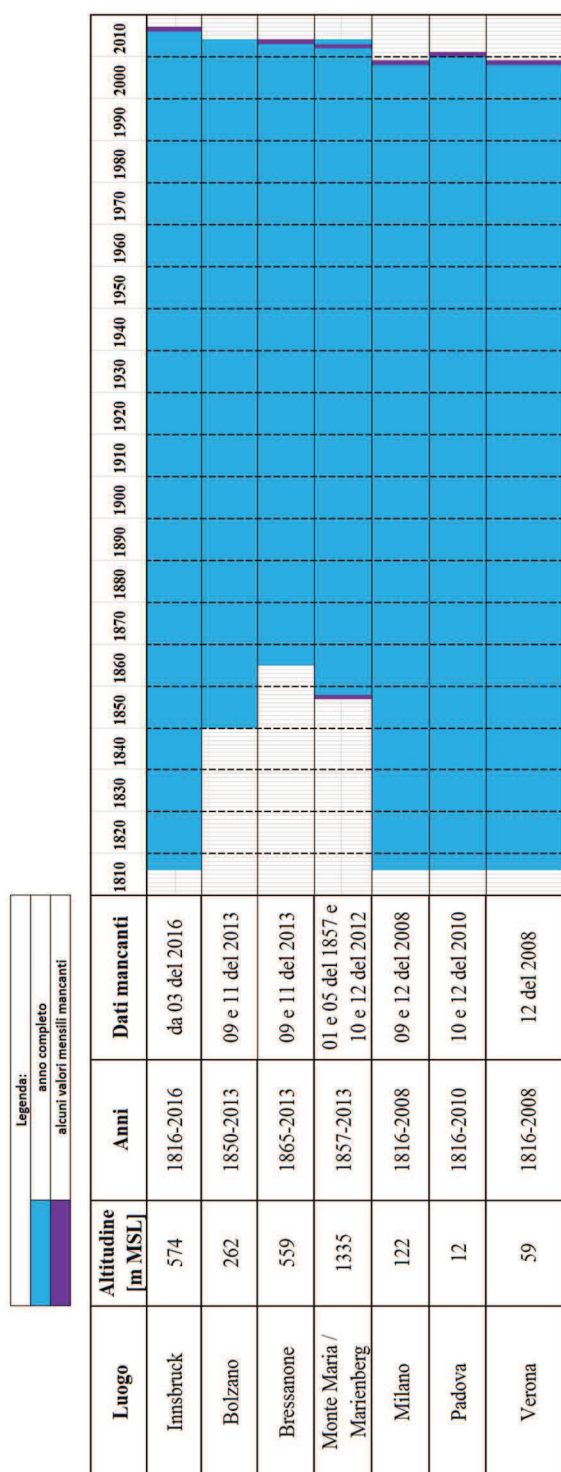


FIGURA 134: DIAGRAMMA DI GANTT CON LE SERIE DI RIFERIMENTO SELEZIONATE E LORO DISPONIBILITÀ NEL PERIODO CONSIDERATO

Esaminiamo ora nel dettaglio il calcolo per ottenere la serie di riferimento. Tutte le sette serie selezionate sono state poste a confronto con la serie dei dati selezionata per la città di Trento, ed è stato calcolato il coefficiente di correlazione come:

$$\rho = \frac{\sigma_{XY}}{\sigma_X \sigma_Y}$$

Dove σ_X e σ_Y sono le deviazioni standard della serie di Trento e la serie omogeneizzata considerata e σ_{XY} la covarianza tra le due serie.

Calcolando i coefficienti di correlazione utilizzando le serie di medie mensili, i coefficienti di correlazione appaiono molto elevati, per via della presenza dei cicli annuali. I coefficienti sono quindi stati ricalcolati utilizzando le medie annuali delle temperature.

Nella seguente tabella sono raccolti i coefficienti di correlazione risultanti, sia utilizzando le serie di medie mensili che quelle di medie annuali.

	Coeff. di correlazione
Innsbruck	0.9784
Bolzano	0.9919
Bressanone	0.9921
Marienberg	0.9781
Milano	0.9872
Padova	0.9850
Verona	0.9850

TABLE 4: I COEFFICIENTI DI CORRELAZIONE CALCOLATI PER LE SETTE SERIE SELEZIONATE, UTILIZZANDO LE MEDIE MENSILI DI TEMPERATURA

	Coeff. di correlazione
Innsbruck	0.6542
Bolzano	0.7033
Bressanone	0.7182
Marienberg	0.7057
Milano	0.6450
Padova	0.6343
Verona	0.5870

TABLE 5: I COEFFICIENTI DI CORRELAZIONE CALCOLATI PER LE SETTE SERIE SELEZIONATE, UTILIZZANDO LE MEDIE ANNUALI DI TEMPERATURA

Come si vede, i coefficienti di correlazione sono inferiori se calcolati tramite le serie di medie annuali. Questi valori sono stati considerati più rappresentativi, poiché eliminano la ciclicità annuale, e sono stati quindi utilizzati nel calcolo, nonostante alcuni, nello specifico quelli delle quattro serie utilizzate, siano inferiori al valore di 0.7 suggerito da Auer.

Come detto, nel calcolo della serie di riferimento sono state considerate soltanto le quattro serie risalenti ai primi anni considerati per la ricostruzione della serie di Trento, ossia quelle partenti dal 1816 (Innsbruck, Milano, Padova e Verona).

Le due serie di Milano e Verona terminano nell'anno 2007, pertanto la serie di riferimento avrà periodo 1816-2007.

A questo punto è stata calcolata la media tra le varie serie a disposizione, pesata sui coefficienti di correlazione ottenuti dal confronto delle serie delle medie annuali, in modo che le serie meglio correlate con quella di Trento, abbiano un'influenza maggiore.

Nelle seguenti figure sono riportate la sovrapposizione tra la serie di Trento e quella di riferimento, e la differenza tra le due serie. Si può notare che nei primi anni le temperature di Trento, in particolar modo quelle estive, risultano più basse rispetto a quelle della serie di riferimento, di quantità che possono arrivare anche a 4-5 °C. Tra il 1871 e il 1874 (i dati del 1872 e 1873 non sono disponibili) si nota un salto netto nelle temperature di Trento, che aumentano di circa 1 °C e presentano differenze meno marcate con la serie di riferimento. Ciò può essere spiegato dal fatto che nel 1874 i dati iniziano ad essere presenti con costanza negli annali dello ZAMG, e ciò coincide probabilmente con una maggiore accuratezza nelle misurazioni, passando da misure provenienti da manoscritti a documenti ufficiali dell'Impero Austro-Ungarico. Si noti che è sufficiente il fatto che un osservatore raccolga la misura all'esterno anziché in una stanza (anche con la finestra aperta) per rilevare valori differenti. Dopo il 1920 i valori delle due sequenze risultano essere abbastanza simili, con delle fluttuazioni di 1-2 °C che mostrano come gli inverni e le estati di Trento siano rispettivamente un po' più freddi ed un po' più caldi rispetto alla serie di riferimento. È importante precisare nuovamente che la serie di riferimento proviene dalla media pesata delle serie di quattro città situate in un'area geografico-climatica simile a quella di Trento. Questa scelta è stata svolta appositamente per ottenere una serie che non presenti differenze eccessive con quella di Trento, in modo da poter essere sfruttata, tramite regressione lineare, per colmare le lacune presenti nella sequenza delle temperature di Trento.

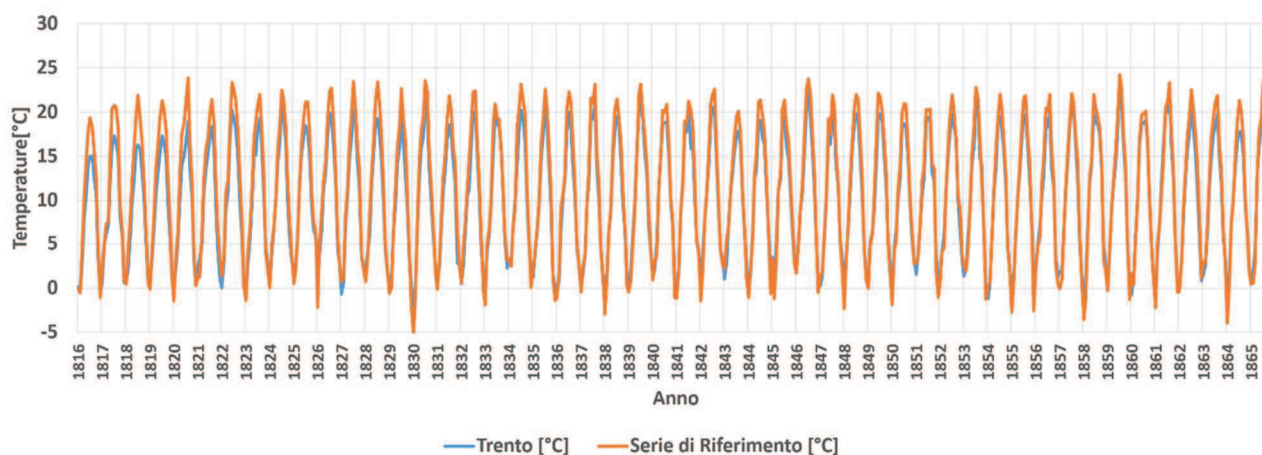


FIGURA 135: CONFRONTO TRA LA SERIE DI TRENTO E LA SERIE DI RIFERIMENTO: 1816-1865

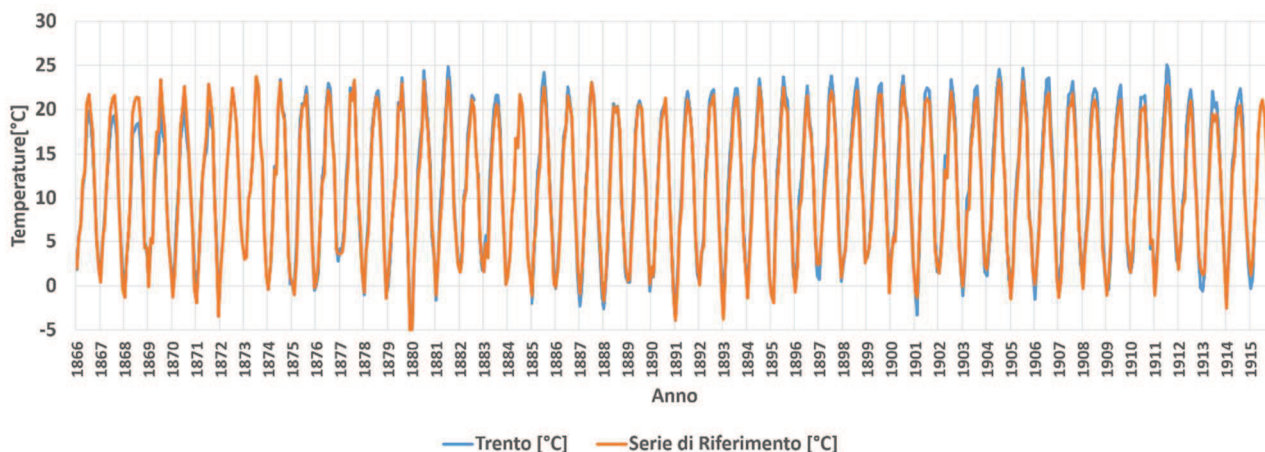


FIGURA 136: CONFRONTO TRA LA SERIE DI TRENTO E LA SERIE DI RIFERIMENTO: 1866-1915

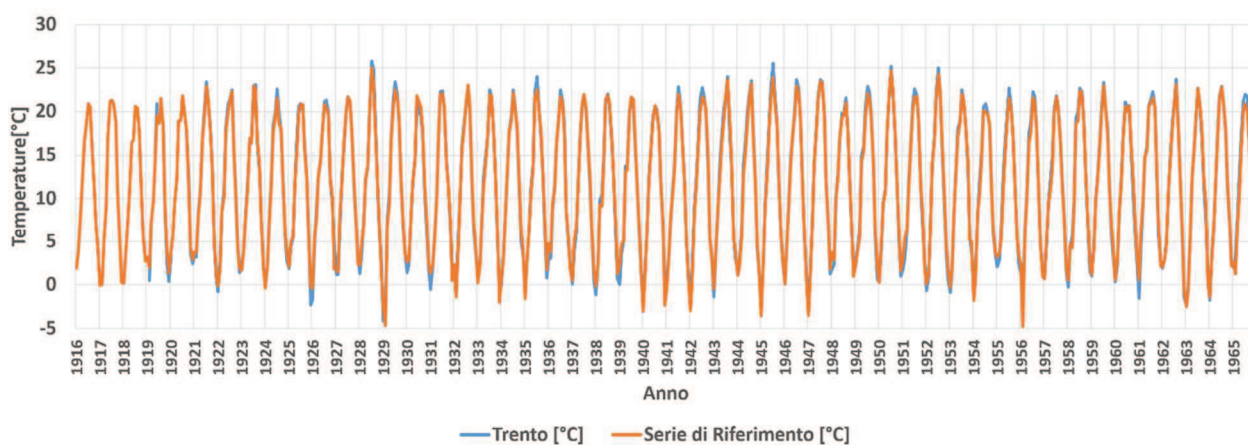


FIGURA 137: CONFRONTO TRA LA SERIE DI TRENTO E LA SERIE DI RIFERIMENTO: 1916-1965

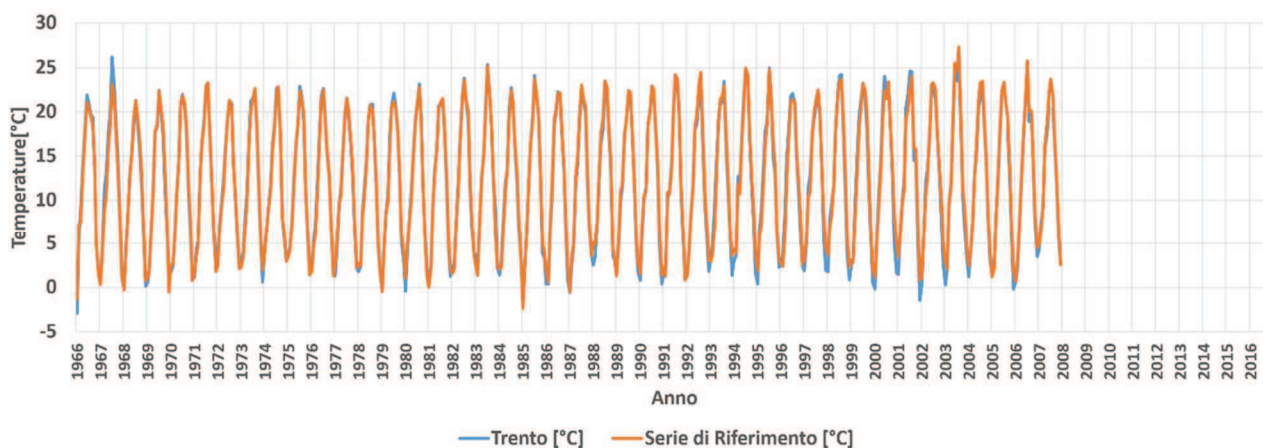


FIGURA 138: CONFRONTO TRA LA SERIE DI TRENTO E LA SERIE DI RIFERIMENTO: 1966-2016

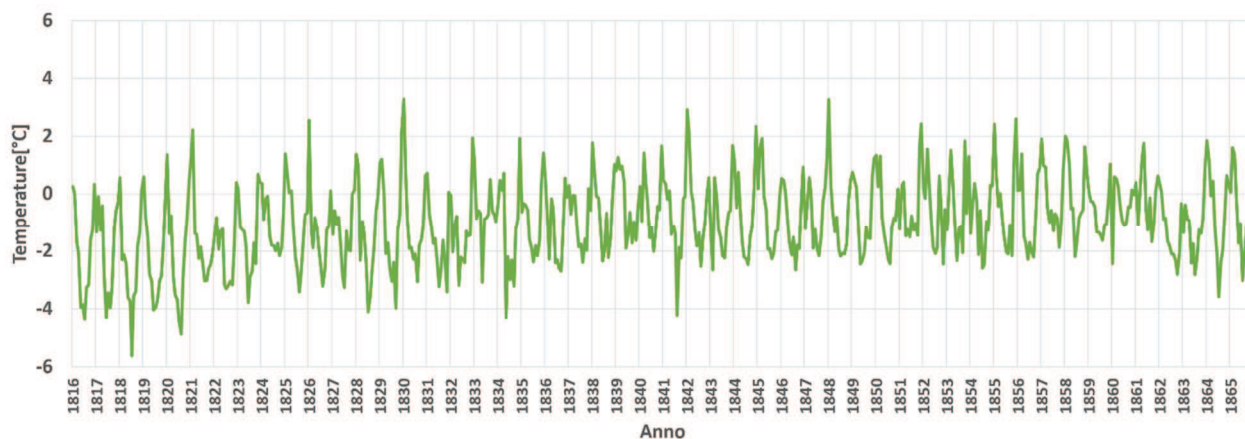


FIGURA 139: DIFFERENZA TRA LA SERIE DI TRENTO E LA SERIE DI RIFERIMENTO: 1816-1865

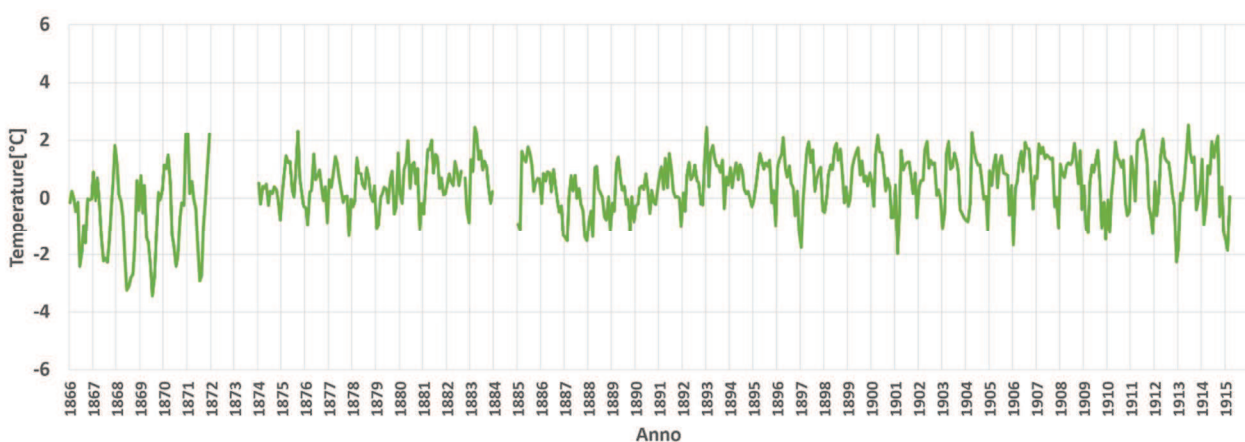


FIGURA 140: DIFFERENZA TRA LA SERIE DI TRENTO E LA SERIE DI RIFERIMENTO: 1866-1915

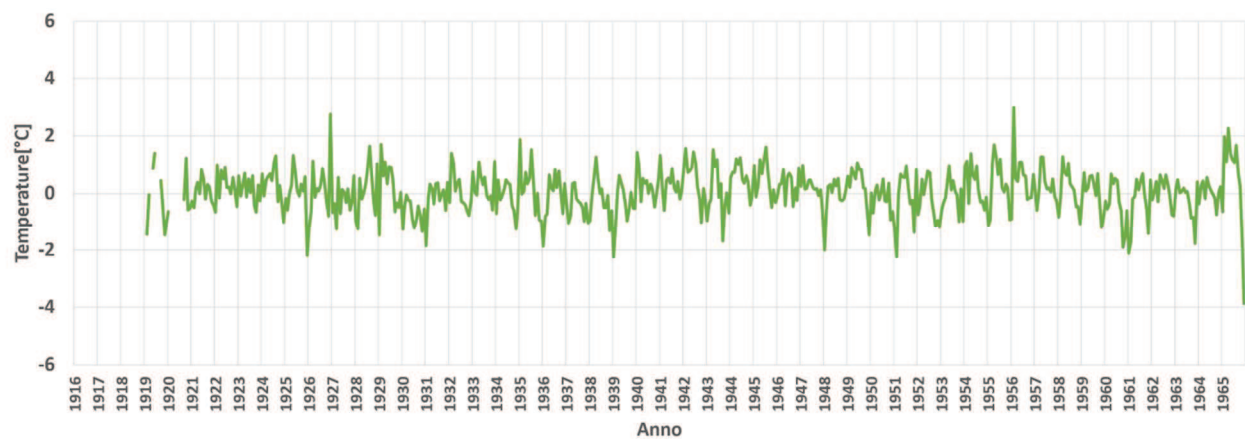


FIGURA 141: DIFFERENZA TRA LA SERIE DI TRENTO E LA SERIE DI RIFERIMENTO: 1916-1965

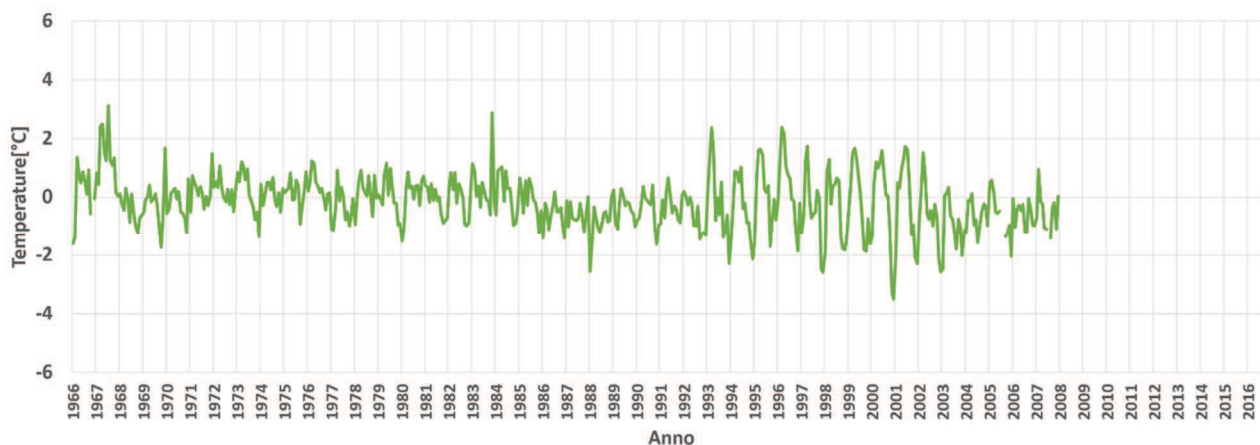


FIGURA 142: DIFFERENZA TRA LA SERIE DI TRENTO E LA SERIE DI RIFERIMENTO: 1966-2016

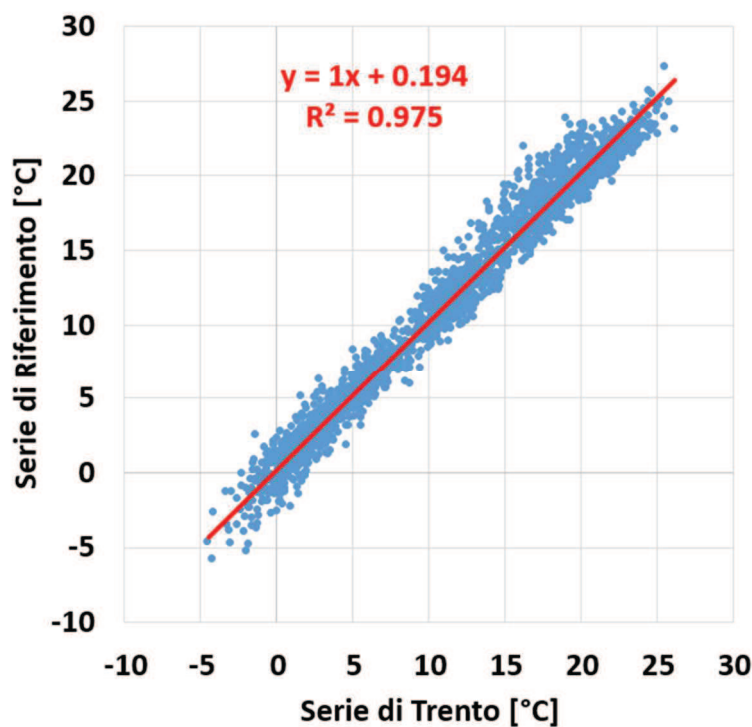


FIGURA 143: SERIE DI TRENTO - SERIE DI RIFERIMENTO: DIAGRAMMA A DISPERSIONE

Analizziamo ora due tecniche sfruttate per colmare le lacune presenti negli anni precedenti al 2002.

Il primo metodo consiste nel calcolo del rapporto tra la serie di Trento e la serie di riferimento nei mesi precedenti e successivi alla lacuna, mediando i due rapporti e moltiplicandoli per i valori della serie di riferimento. In tale procedura, per ridurre i possibili errori

dovuti alle singole misure, i rapporti prima e dopo la lacuna sono stati calcolati, ove possibile, come media tra i 24 mesi rispettivamente precedenti e successivi alla lacuna. Ove non erano disponibili 24 dati, per via di ulteriori lacune, i rapporti sono stati calcolati utilizzando più dati possibile tra quelli presenti tra la lacuna da riempire e quella precedente/successiva.

Il secondo metodo consiste invece nell'utilizzo della regressione lineare. A partire dalla figura precedente, le lacune della serie di Trento possono essere colmate tramite la seguente formula:

$$T_{Trento} = T_{riferimento} - 0.194$$

2.5 Serie Completate

Nei grafici seguenti sono riportate le serie di temperatura completate, tramite entrambi i metodi considerati. La regressione lineare appare dare un'approssimazione migliore. Osservando i grafici, si notano infatti meno salti di temperatura di entità inferiore. Si noti che tali salti verranno comunque in parte corretti tramite il procedimento di omogeneizzazione.

Tramite media dei rapporti

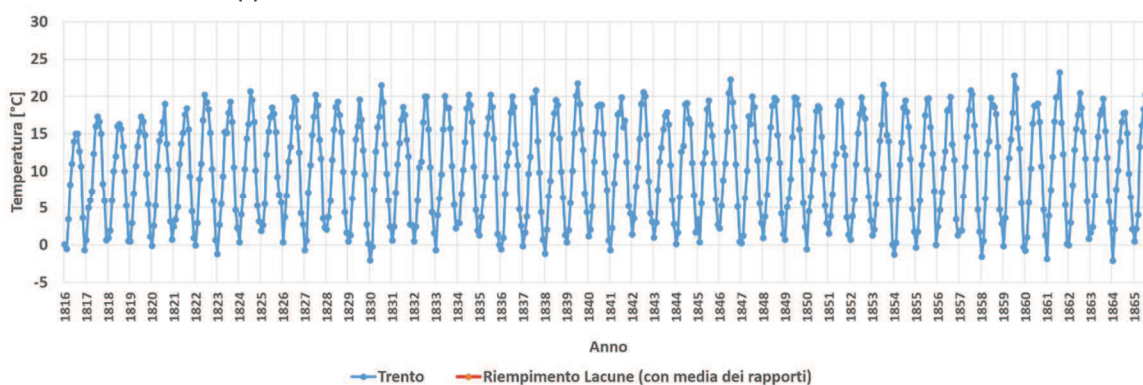


FIGURA 144: SERIE COMPLETATA TRAMITE LA MEDIA DEI RAPPORTI: 1816-1865

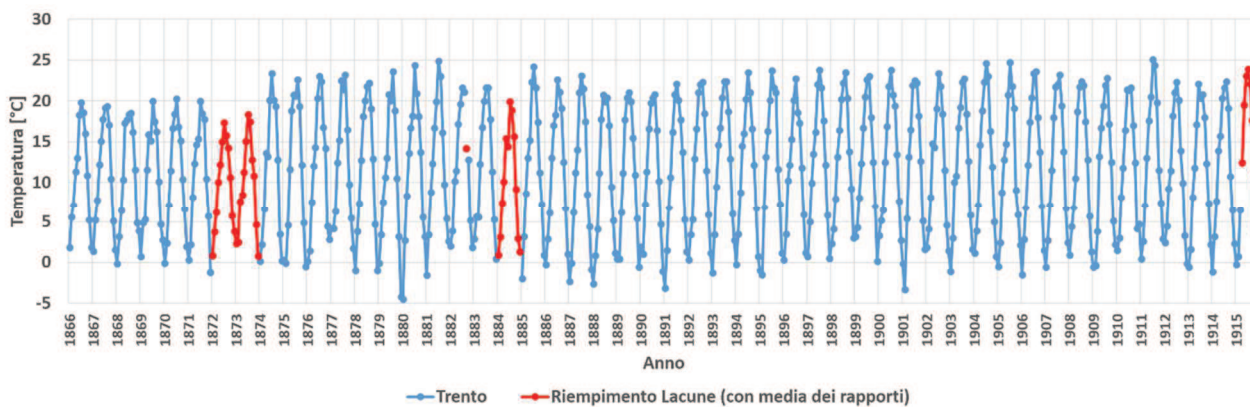


FIGURA 145: SERIE COMPLETATA TRAMITE LA MEDIA DEI RAPPORTI: 1866-1915

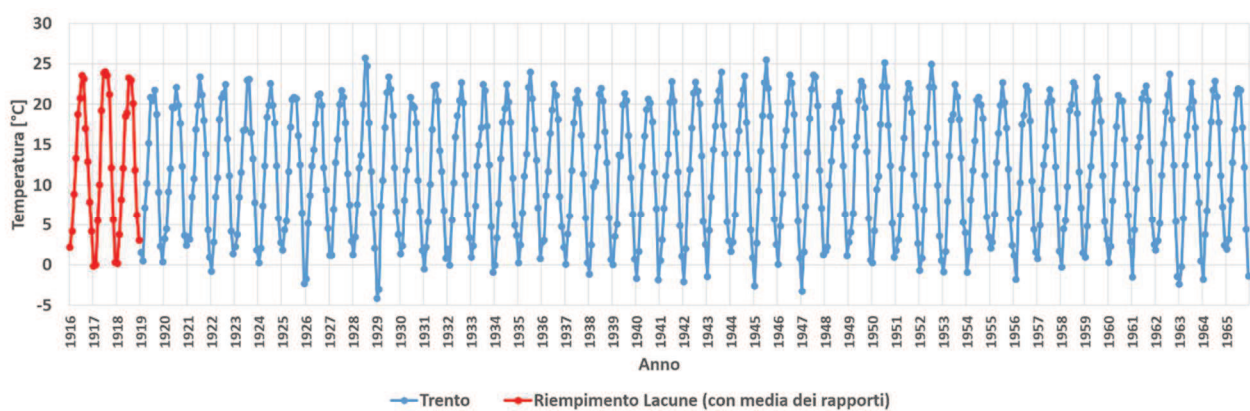


FIGURA 146: SERIE COMPLETATA TRAMITE LA MEDIA DEI RAPPORTI: 1916-1965

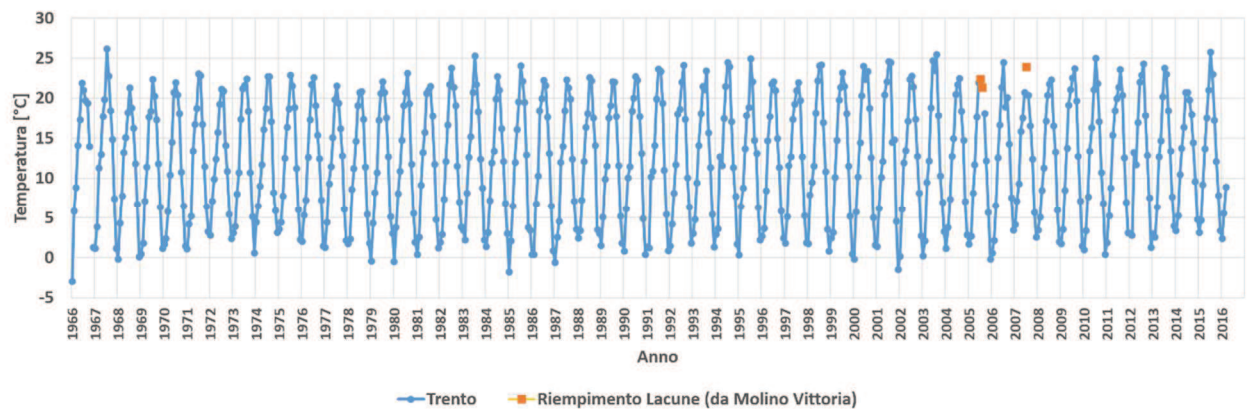


FIGURA 147: SERIE COMPLETATA TRAMITE LA MEDIA DEI RAPPORTI: 1966-2016

Tramite regressione lineare

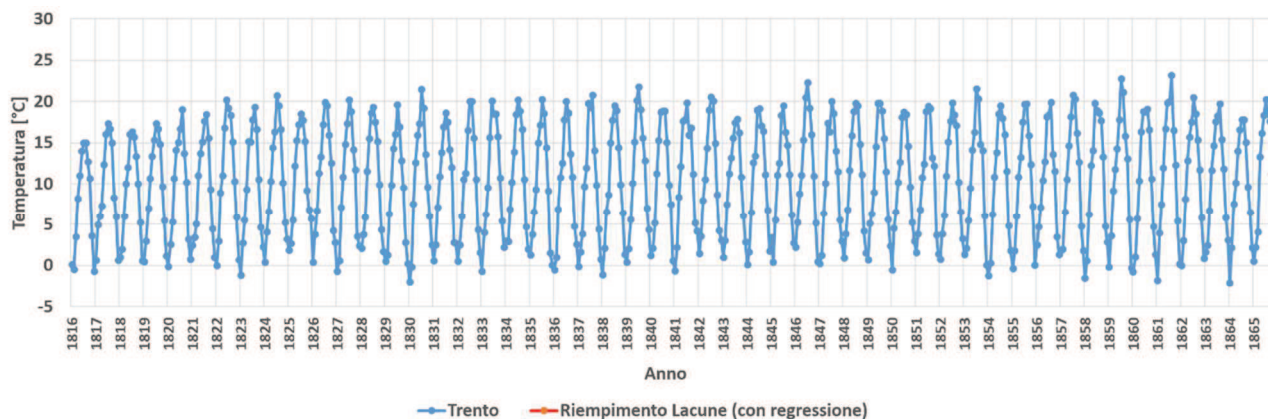


FIGURA 148: SERIE COMPLETATA TRAMITE LA REGRESSIONE LINEARE: 1816-1865

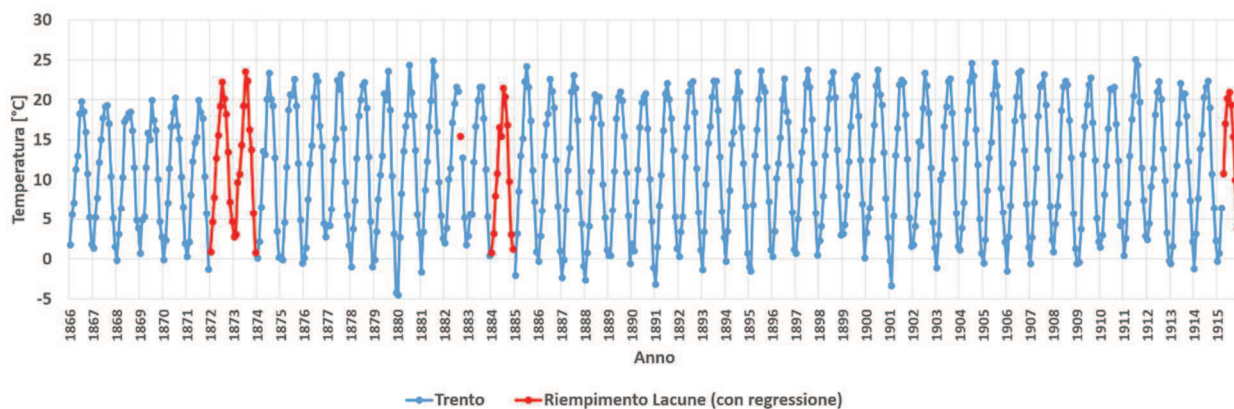


FIGURA 149: SERIE COMPLETATA TRAMITE LA REGRESSIONE LINEARE: 1866-1915

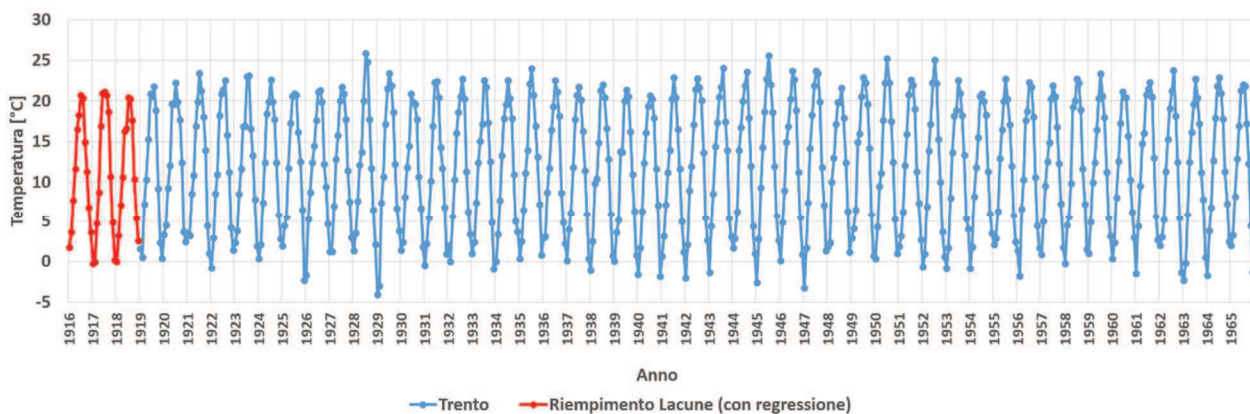


FIGURA 150: SERIE COMPLETATA TRAMITE LA REGRESSIONE LINEARE: 1916-1965

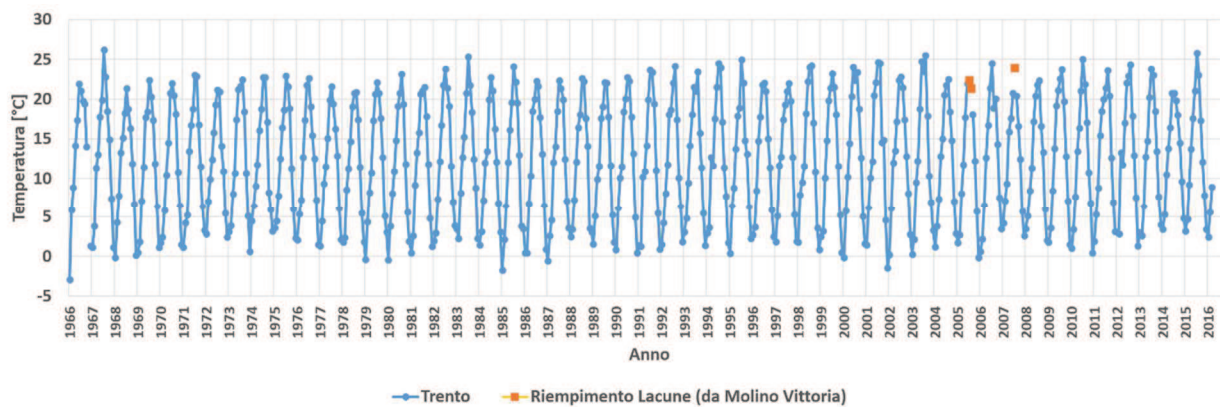


FIGURA 151: SERIE COMPLETATA TRAMITE LA REGRESSIONE LINEARE: 1966-2016