

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA
Dipartimento del Territorio e Sistemi Agro-Forestali

Corso di laurea in Tecnologie Forestali e Ambientali

**Valutazione critica sulla ricostruzione di dati mancanti in una
stazione meteorologica a San Vito di Cadore (BL)**

Relatore

Prof. Tommaso Anfodillo

Laureando Stefano Rizzato

Matricola n. 1223058

ANNO ACCADEMICO 2021/2022

INDICE

RIASSUNTO	4
ABSTRACT.....	4
1. INTRODUZIONE.....	5
2. MATERIALI E METODI.....	7
3.1. I DATI.....	7
3.2. LA STAZIONE METEOROLOGICA.....	7
3.3. LE ALTRE STAZIONI.....	10
3.4. LA RIELABORAZIONE DEI DATI.....	11
3.4.1. RIELABORAZIONI PRELIMINARI	11
3.4.2. CORRELAZIONE	13
3.5. RICOSTRUZIONE DELLA SERIE	13
3.6. ANDAMENTO TEMPERATURE	16
4. RISULTATI E DISCUSSIONE.....	17
4.1. RICOSTRUZIONE DELLA SERIE STORICA	17
4.2. ANDAMENTO DELLE TEMPERATURE	29
5. CONCLUSIONE	38
6. BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA	39
RINGRAZIAMENTI.....	40

RIASSUNTO

Per il monitoraggio del cambiamento dei parametri climatici nel corso degli anni è necessario avere serie storiche di temperatura dell'aria ed altri parametri complete e affidabili. In questo lavoro si è analizzata la serie storica delle temperature della stazione meteorologica di Col de la Roa, a San Vito di Cadore (Alpi Orientali) a 1100 m di quota, per individuare e ricostruire i dati mancanti (dovuti a malfunzionamenti o danneggiamenti) relativi alle temperature medie giornaliere. Per fare ciò, si sono comparati gli analoghi valori registrati da alcune stazioni vicine e si sono testate le correlazioni per poter ricostruire i dati mancanti. I risultati così ottenuti hanno permesso di avere una serie storica completa e più affidabile. È stato così possibile analizzare l'andamento delle temperature medie annuali e mensili nel periodo 1996-2022 e aggiornare i risultati di un precedente lavoro eseguito con i dati fino al 2016. Da questo studio è emerso che le temperature medie annuali sono significativamente in aumento. Si osserva un generale aumento delle temperature medie in quasi tutti i mesi, ma tale andamento è significativo solo per le temperature del mese di luglio.

Il periodo analizzato potrebbe essere ancora troppo breve per osservare un più significativo aumento delle temperature medie mensili.

ABSTRACT

To monitoring the climatic parameters changing over the years, it is necessary to have complete and reliable historical series about air temperature and other parameters. This work analyzes the historical series of temperatures of the meteorological station of Col de la Roa, in San Vito di Cadore (Eastern Alps) at 1100 m above sea level, to identify and reconstruct the missing data (due to malfunctions or damage) relating to average daily temperatures. To do this, it has been compared the analogous values recorded by some nearby stations and the correlations were tested to reconstruct the missing data. The results thus obtained made it possible to have a complete and more reliable historical series. It was possible to analyze the trend of annual and monthly average temperatures in the period 1996-2022 and update the results of a previous work carried out with data up to 2016. From this study it emerged that the average annual temperatures were significantly increasing. A general increase in average temperatures is observed in almost every month, but this trend is significant only for July's mean temperatures.

The period analyzed may still be too short to observe a significant increase in average monthly temperatures.

1. INTRODUZIONE

Per avere indicazioni precise sui cambiamenti climatici in atto è necessario disporre di una rete di monitoraggio dei principali parametri climatici fittamente distribuita a livello spaziale ed affidabile.

Da decenni, infatti, si osservano cambiamenti nel sistema climatico terrestre, che hanno effetti sempre più gravi ed estesi. Le evidenze scientifiche sulla inequivocabile colpevolezza delle attività umane su questi cambiamenti arrivano, come se non fosse già ampiamente chiaro, dall' IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*), l'organismo delle Nazioni Unite per la valutazione dei cambiamenti climatici. Tra i messaggi principali del primo volume del VI Rapporto di Valutazioni, si può leggere testualmente che “è inequivocabile che l'influenza umana ha riscaldato l'atmosfera, l'oceano e le terre emerse. Si sono verificati cambiamenti diffusi e rapidi nell'atmosfera, nell'oceano, nella criosfera e nella biosfera” (IPCC,2021). Il parametro climatico che evidenzia una grande variazione è indubbiamente la temperatura. Sempre l'IPCC ci dice che “la temperatura superficiale globale nel periodo 2001-2020 è stata di 0,99°C superiore a quella del periodo 1850-1900, ed è stata più alta di 1,09°C nel periodo 2011-2020 rispetto al periodo 1850-1900, con aumenti maggiori sulla terraferma (1,59°C) rispetto all'oceano (0,88°)” (IPCC, 2021).

Il cambiamento significativo del clima è dovuto “prima di tutto al cambiamento della concentrazione dei gas serra (GHG) nell'atmosfera” (Mikhaylov *et al*, 2020).

Dagli studi dell'IPCC si evince che “gli aumenti osservati nelle concentrazioni di gas serra (GHG) dal 1750 circa sono inequivocabilmente causati da attività umane” (IPCC, 2021). I principali GHG di cui si parla in questi studi sono l'anidride carbonica (CO₂), il metano (CH₄) e il protossido di azoto (N₂O).

Dal 2011 le concentrazioni in atmosfera hanno continuato ad aumentare, raggiungendo nel 2019 medie annuali di 410 ppm per l'anidride carbonica (CO₂), 1.866 ppb per il metano (CH₄), e 332 ppb per il protossido di azoto (N₂O)”. Concentrazioni davvero preoccupanti dal momento che si stima che siano le più alte degli ultimi due milioni di anni per la CO₂ e degli ultimi ottocentomila anni per metano e protossido di azoto (IPCC WG1, AR6).

Con queste premesse, l'importanza delle serie storiche di dati, della loro affidabilità e completezza è evidente se si vogliono analizzare con precisione gli andamenti termici di una determinata zona.

In questo lavoro abbiamo cercato di ricostruire i dati mancanti di una serie storica di dati di temperatura dell'aria, misurati dalla stazione meteorologica di “Col de la Roa” a 1100 m s.l.m., nel Comune di San Vito di Cadore. Questa procedura di ricostruzione è stata possibile perché ci si poteva avvalere dei dati misurati da stazioni relativamente vicine

Tale operazione di ricostruzione è una parte del più ampio processo che ha come scopo “l'attribuzione di un certo livello di qualità ai dati misurati, che passa attraverso il processo di validazione dei dati

stessi, consistente nell'analizzare tutti i dati raccolti in termini di completezza, ragionevolezza e nell'eliminare i valori erronei". La validazione dei dati è solo una "delle procedure operative del *Quality Control* (QC) che consiste in un insieme di procedure e regole atte a far sì che un sistema di misura raggiunga e mantenga uno specifico livello o requisito di qualità inizialmente stabilito" (Barbero *et al.* 2017)

I dati possono mancare per svariate ragioni: guasti meccanici, disguidi tecnici, eventi meteorologici estremi, come per esempio la tempesta Vaia nel 2018, che, assieme ad alcuni danneggiamenti precedenti, ha interrotto i dati per molto tempo in quell'anno.

La ricostruzione permette di aumentare le possibilità di utilizzo dei dati per il monitoraggio delle variazioni dell'andamento delle temperature nel corso degli anni. In particolare, la serie ricostruita, in questo lavoro, è stata utilizzata per la valutazione dell'andamento delle temperature medie annue e mensili nel periodo 1996-2022 e verificare se anche nel sito di Col de la Roa si sono registrati cambiamenti significativi nella temperatura, aggiornando così un lavoro svolto nella medesima stazione qualche anno fa (Giagio, 2017). Si potranno così confrontare i dati dei due lavori e, alla luce di ciò, si presenteranno alcune considerazioni sulle differenze riscontrate.

L'obiettivo del lavoro è stato quindi duplice: da una parte si è cercato di migliorare la qualità della serie storica delle temperature registrate dalla stazione di Col de la Roa, cercando di integrare i dati mancanti; dall'altra si è aggiornata l'analisi degli andamenti delle temperature medie annuali e mensili, per verificare se si potessero evidenziare eventuali cambiamenti.

2. MATERIALI E METODI

3.1. I DATI

I dati di temperatura presi in esame si riferiscono al periodo compreso tra il 01/01/1996 e il 06/10/2022. Sono stati forniti dal personale che gestisce la stazione meteorologica di Col de la Roa presso San Vito di Cadore (BL), il Dott. Vinicio Carraro e il Dott. Samuele Pellizzari, in due fogli di lavoro entro lo stesso file di calcolo elettronico, utilizzando il programma Microsoft Excel. Il primo foglio di lavoro conteneva le misurazioni con intervalli di 15 minuti dal 1996 al 2017; il secondo conteneva le misurazioni con intervalli di 5 minuti dal 2018 al 6 ottobre 2022. Oltre alla colonna relativa alla temperatura misurata erano presenti le colonne relative alla data e all'ora (e.g. 12/07/1998 06:45), una colonna per segnalare il solo anno, una per il solo mese, una per il numero del giorno dell'anno e uno per la sola ora; questa formattazione può risultare utile per molte rielaborazioni.

3.2. LA STAZIONE METEOROLOGICA

La stazione meteorologica di Col de la Roa (Fig.3) è ubicata nei pressi di San Vito di Cadore (BL) nella sommità dell'omonimo monte, alle pendici sudorientali del monte Antelao, dove nel 1814 una frana originò un cumulo di rocce carbonatiche stratificate (Ugo Sauro, 2000), a una quota di 1100 m s.l.m. (coord. 46°26'52"N; 12°12'59"E) (Fig. 1, Fig. 2). La stazione è gestita dal Centro Studi per l'Ambiente Alpino "Lucio Susmel" del Dipartimento Territorio e Sistemi Agro-Forestali (Tesaf) dell'Università degli Studi di Padova.

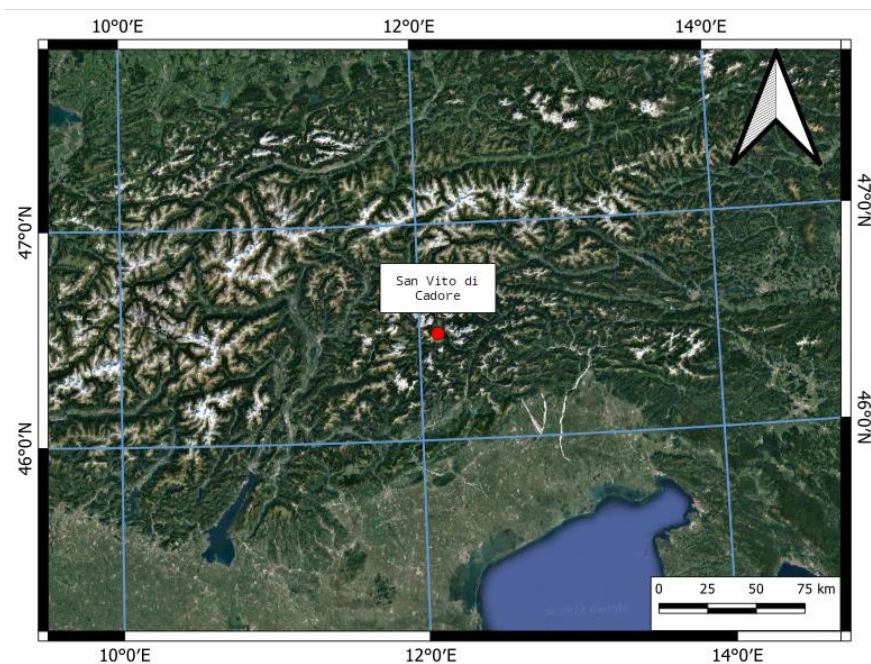


Figura 1: inquadramento geografico a media scala del luogo di misurazione delle temperature.

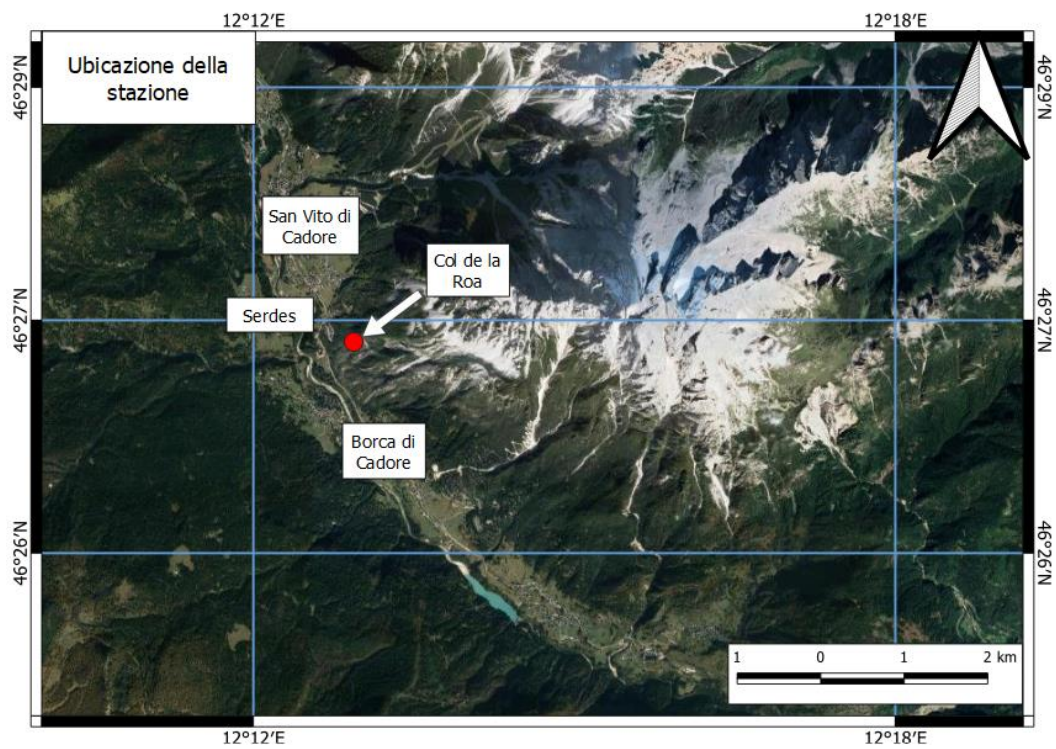


Figura 2: ubicazione della stazione di Col de la Roa, nella sommità dell'omonimo colle.



Figura 3: stazione meteorologica di Col de la Roa

La stazione è collegata via cavo direttamente al computer del Centro, che in linea d'aria dista circa 500 m, ed è formata da diversi elementi modulari (Carraro *et al.*,2001):

- Cabina di ricovero, recintata da una rete metallica alta 1,80 m e costituita da un box metallico bianco coibentato, fornito di un ulteriore rivestimento interno; dentro sono ricoverati gli strumenti analizzatori;
- centralina meteorologica, costituita dai vari sensori e strumenti meteorologici;
- linea di misura dell'acidità delle precipitazioni, costituita da un pluviometro riscaldato e collegato in linea con il pH-metro;
- linea di analisi qualità aria, con l'analizzatore di ozono;
- sistema di acquisizione e trasmissione dati;
- sistema di ricezione, memorizzazione ed elaborazione dati.

La stazione, come si evince da sopra, si presta a diverse misurazioni, oltre alla temperatura dell'aria in °C (Fig.4). Infatti, sono misurati o calcolati anche valori riferiti a (Carraro *et al.*,2001) (<https://intra.tesaf.unipd.it/sanvito/meteo.asp>, 18/10/2022):

- Velocità [m/s] e direzione del vento [gradi sessagesimali],
- Precipitazioni [mm],
- Umidità relativa [%],
- Concentrazione di ozono nell'aria [ppm]
- pH delle precipitazioni (pH-metro)
- Pressione atmosferica [hPa],
- Pressione di vapore, deficit di pressione di vapore, pressione di vapore saturo [hPa],
- Punto di rugiada [°C]
- Radiazione globale [W/m²]
- Radiazione fotosinteticamente attiva (PAR, photosynthetically active radiation) [μmol/m²/s]
- Angolo di elevazione solare (angolo zenitale solare) [gradi sessagesimali]

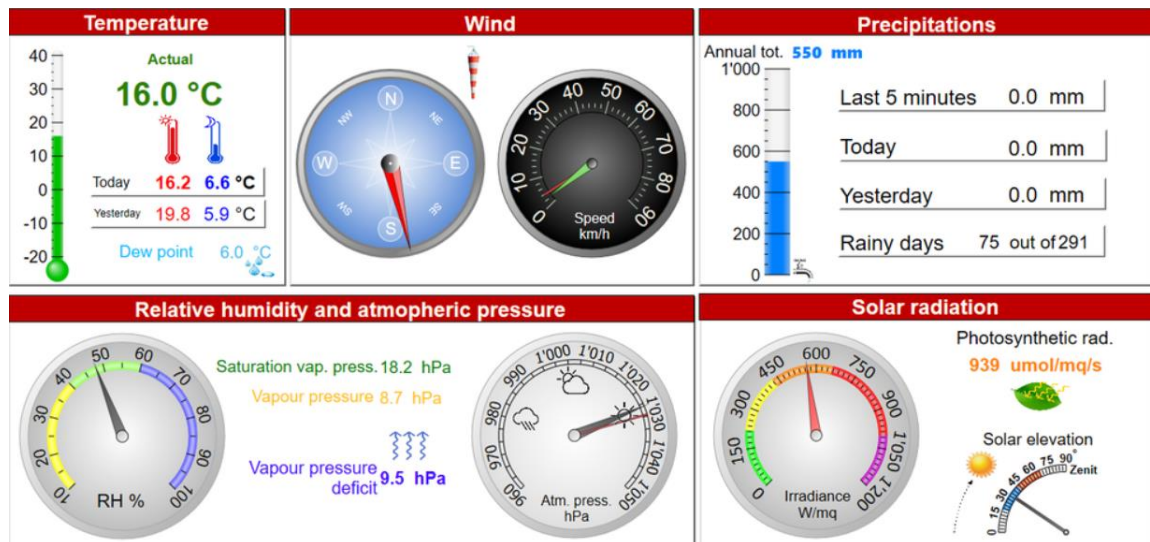


Figura 4: prospetto informativo delle misurazioni della stazione, consultabile nel sito della stazione.

3.3.LE ALTRE STAZIONI

Per la ricostruzione della serie storica si è fatto riferimento ad altre stazioni vicine.

- La stazione 5 Torri: formata in realtà da due stazioni (stazioni 1 e 2), operative dal 1995 e dal 2001, che si trovano nei pressi del complesso dolomitico delle Cinque Torri, a sud-est e a nord dello stesso. Sono poste ad una quota rispettivamente di 2080 e 2130 m s.l.m (Carraro *et al*, 2001).

I dati di questa stazione presentano le medie giornaliere.

- La stazione n. 50 dell'ARPAV (Agenzia Regionale per la Prevenzione e Protezione Ambientale del Veneto). Questa si trova a Borca di Cadore, paese situato a poco più di un km in linea d'aria dalla stazione di Col della Roa. (Fig. 2, Fig. 5)

I dati di temperatura di questa stazione sono disponibili con risoluzione giornaliera (medie giornaliere), e sono stati scaricati dal sito dell'ARPAV al seguente indirizzo https://www.arpa.veneto.it/bollettini/storico/Mappa_2022_TEMP.htm,

- La stazione Paluetta (Fig.6), posizionata davanti al Centro Studi per l'Ambiente Alpino "Lucio Susmel".

I dati di questa stazione presentano le medie giornaliere.

- Una stazione intermedia tra la stazione di Col de la Roa e il Centro Studi, utilizzata all'interno di un'area in cui, nel momento di redazione di questo lavoro di tesi, si stanno svolgendo rilievi dendrometrici.



Stazioni con il sensore di precipitazione
Elaborazione a cura del
Servizio Meteorologico di Teolo

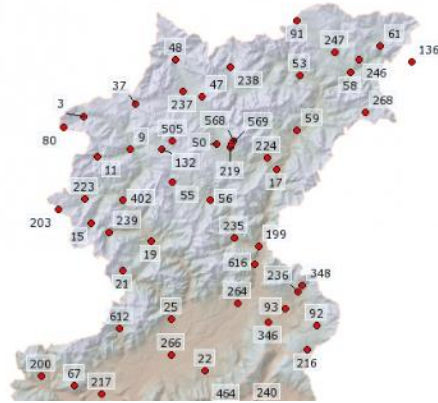


Figura 5: le stazioni ARPAV del bellunese. È possibile individuare la stazione numero 50 nel primo terzo superiore della figura.



Figura 6: Stazione Palueta

3.4.LA RIELABORAZIONE DEI DATI

3.4.1. RIELABORAZIONI PRELIMINARI

Per prima cosa, utilizzando le tabelle pivot di Excel, si è fatta una prima rielaborazione dei dati, calcolando le medie giornaliere. Le tabelle pivot, inoltre, permettono, con i dati a disposizione, di raggruppare le medie con la risoluzione che più è congeniale; per esempio, medie mensili, giornaliere fino a medie orarie, nel caso di questi dati. Per questo lavoro si è fatto riferimento alle medie giornaliere.

Per quanto riguarda le stazioni di supporto, se necessario, in modo analogo, sono state calcolate le medie giornaliere.

Dopodiché, con l'utilizzo del comando pivot "Conteggio", è stato possibile ottenere una nuova colonna che indicasse il numero di dati giornalieri su cui sono state calcolate le medie di ogni giorno. Sapendo che, se si suddivide il giorno in periodi di 15 minuti, si avranno 96 dati e, se si suddivide il giorno in periodi di 5 minuti, si avranno 288 dati, è stato possibile calcolare la percentuale di dati giornalieri disponibili, semplicemente rapportando il valore di dati disponibili con il valore di dati attesi. Avendo questi valori di medie giornaliere e percentuali di dati disponibili, si sono potute unire le due tabelle dei dati dal '96 al 2017 e dal 2018 al 2022.

Raggruppando adeguatamente i dati mensilmente (con le tabelle pivot), è stato possibile creare una nuova tabella con tre colonne relative ad anno, mese e percentuale di dati disponibile per ogni mese. Poi, attraverso l'uso del comando "Filtri" di Excel si sono individuati solo quei mesi in cui la percentuale di dati è inferiore al 100% (Tab.1), per valutare la quantità di giorni che sono da ricostruire e ricercare più facilmente sulla serie storica i dati mancanti.

Anno	Mese	% media dati
1996	8	99,56
1997	5	98,29
2004	10	81,65
2005	11	99,20
2005	12	98,68
2007	1	98,52
2007	11	99,31
2018	7	46,38
2018	8	0,00
2018	9	28,34
2018	10	29,96
2018	11	31,57
2021	8	94,69

Tabella 1: Mesi con carenza di dati. Da notare il grande vuoto del 2018. Non è incluso il mese di ottobre 2022 (i dati arrivano fino al 6 ottobre)

Si sono quindi isolati quei giorni in cui le medie di temperatura si riferissero a valori inferiori al 100% dei dati.

3.4.2. CORRELAZIONE

Per ricostruire la serie storica, si sono prese in considerazione le temperature misurate nello stesso periodo da altre stazioni meteorologiche vicine e si è proceduto con l'analisi della correlazione. Empiricamente, in questo lavoro, si sono confrontate con un grafico a dispersione (scatter plot) le temperature medie giornaliere della stazione di supporto (con ruolo di predictor, nell'asse delle ascisse) con gli analoghi valori presenti nella stazione di riferimento (nell'asse delle ordinate, outcome) in un periodo di almeno un mese prima e un mese dopo i giorni con mancanza totale o parziale di dati giornalieri. Allo scatter plot ottenuto, è stata aggiunta la linea di tendenza lineare (del tipo $y=ax+b$) e il coefficiente di correlazione lineare r di Bravais-Pearson, indice che permetta di esprimere la congiunta variazione fra le variabili X e Y , nel nostro caso le temperature della stazione di supporto e le temperature della stazione di Col de la Roa. Per calcolarlo si è eseguita la radice quadrata dell'indice di determinazione lineare R^2 . Quest'ultimo viene calcolato con l'omonimo comando dal programma Excel.

Si è considerato buono un valore di $r \geq 0,9$ dato che con coefficiente di Bravais-Pearson “ $\geq 0,90$ si ha a che fare con correlazioni molto alte” (Taylor, 1980).

Nei casi in cui l' R sia $< 0,9$, il criterio utilizzato consiste nel ricercare una miglior correlazione in un periodo minore, con dei limiti. Il periodo considerato deve almeno contenere, prima e dopo il periodo con carenza di dati (e.g. 3 giorni consecutivi di dati mancanti), un numero di giorni pari a quelli da ricostruire (e.g. almeno 3 giorni prima e 3 giorni dopo).

Usando il programma Excel, per avere un primo riscontro visivo, sugli andamenti delle temperature medie, si sono creati anche dei grafici a dispersione che mostrano contemporaneamente gli andamenti delle temperature medie giornaliere delle due stazioni.

3.5. RICOSTRUZIONE DELLA SERIE

Dalla correlazione dei vari periodi di interesse, nei quali sono presenti i giorni da ricostruire, si è dunque ottenuta un'equazione (la linea di tendenza). Tale equazione lineare è stata utilizzata per la ricostruzione delle medie giornaliere mancanti: la variabile indipendente x è la temperatura della stazione di supporto, la variabile dipendente y è la temperatura di Col de la Roa da ricostruire.

Nello specifico, si prendono ora in esame i singoli casi, dove sono stati ritrovati dati mancanti nei modi sopra considerati, suddividendoli nei vari anni: 1996, 1997, 2004, 2005, 2007, 2018, 2021, 2022 (fino al 6 di ottobre). Verranno qui descritti i dati mancanti (constatando quando c'è carenza di dati e se si tratta di mancanza giornaliera totale o parziale) e verrà specificata la stazione meteorologica di supporto utilizzata per la ricostruzione.

Per la rappresentazione dei giorni con dati mancanti della stazione di Col de la Roa con la percentuale di dati mancanti, si faccia riferimento al capitolo “Risultati e discussione”.

- 1996. Per questo anno, nelle stazioni vicine considerate, non sono stati rinvenuti i dati di temperatura necessari per svolgere le operazioni di ricostruzione della serie storica. Pertanto, quest’anno non verrà considerato nei risultati, ma è utile per trarre delle conclusioni sulle difficoltà che si possono riscontrare in un lavoro di ricostruzione.
- 1997. Sono stati ritrovati dei dati parziali in due giorni consecutivi, 27 e 28 maggio. La stazione di supporto più vicina, con i dati disponibili, è la stazione 5 Torri, la quale però ha essa stessa dati mancanti proprio in questi giorni e nei giorni precedenti. Si è effettuata lo stesso la ricostruzione giornaliera con i dati a disposizione, tenendo però a mente che non è stato possibile isolare i dati da circa un mese prima a un mese dopo i giorni di interesse.
- 2004. In questo anno, nei dati della stazione di Col de la Roa c’è un periodo di interruzione dal 26 al 31 ottobre: dati parziali il 26 ottobre e assenza totale i giorni seguenti. Per la ricostruzione giornaliera dei dati si è fatto affidamento alla stazione 5 Torri. Nella serie storica dei dati di quest’ultima si sono isolati i dati da un mese prima e un mese dopo i giorni di interesse, constatando che la stazione ha registrato in questo periodo tutti i dati senza lacune.
- 2005. In questo anno ci sono tre giorni non consecutivi con carenza parziale di dati: 24 novembre, 6 dicembre e 22 dicembre. La stazione di supporto utilizzata è la stazione meteorologica di 5 Torri.
- 2007. In questo anno si ha una situazione analoga al 2005. Si tratta di due giorni con dati parziali: il primo giorno dell’anno e il 331°, il 27 novembre. La stazione di supporto utilizzata è una stazione intermedia provvisoria, tra Col de la Roa e il Centro Studi per l’Ambiente Alpino.
Per la ricostruzione della media giornaliera del primo giorno in assenza dei dati di dicembre 2006, si sono usati i dati relativi al solo mese di gennaio.
- 2018. Si tratta dell’anno con più dati mancanti in assoluto, e perciò merita maggiori attenzioni. Guasti ed eventi meteorologici estremi (Tempesta Vaia), hanno provocato una mancanza

importante di dati per più di quattro mesi, dal 16 luglio al 30 novembre. Il periodo può essere suddiviso, grosso modo, in “periodo 1”, caratterizzato dall’assenza totale di dati (dal 197° al 248° giorno dell’anno), e in “periodo 2” (dal 249° al 334°), dove c’è una carenza parziale di dati e le temperature tornano a essere registrate ogni 15 minuti (si ricorda che proprio dal 2018 le temperature vengono registrate ogni 5 minuti). Più specificatamente, nel “periodo 1”, è presente un giorno con dati parziali, il 197° dell’anno, e nel “periodo 2” sono presenti giorni con assenza totale di dati (dal 303° al 306° e nel 310° giorno dell’anno).

Una precisazione sul “periodo 2”: i giorni che presentano la totalità delle registrazioni delle temperature ogni quindici minuti, non vengono considerati giorni con dati parziali (la loro percentuale di dati sul totale è del 33%, poiché il valore 100% si riferisce alle registrazioni ogni cinque minuti).

Per giorni con percentuale di dati giornalieri disponibili sul totale superiore a 33%, in questo caso, non è stata eseguita la ricostruzione giornaliera.

La stazione di supporto, utilizzata per il confronto, è la stazione 50 dell’ARPAV. Vista la grande carenza di dati della stazione di Col de la Roa, dalla stazione ARPAV si sono isolati i valori di temperatura media giornaliera da giugno a dicembre compresi.

- 2021. Questo anno presenta dati mancanti dal 5 al 7 agosto ovvero dal 217° al 219° giorno dell’anno. In particolare, il 6 agosto è completamente privo di dati e gli altri due giorni hanno dati parziali. Il lavoro di ricostruzione si basa sulla correlazione con i dati della stazione Paluetta. Si precisa che i dati disponibili della stazione Paluetta non sono stati isolati, come prescriverebbe la metodologia usata in questo lavoro, per la quale in una ricostruzione giornaliera sono necessari i dati di almeno un mese prima e un mese dopo i giorni d’interesse. Ciò è dovuto a una mancanza di dati della stessa stazione Paluetta, che presenta dati solo da quindici giorni prima i giorni considerati.

3.6.ANDAMENTO TEMPERATURE

Ottenuta la serie completa di dati dal 1996 al 2022 (con dati mensili completi fino a settembre), si sono effettuate delle semplici analisi degli andamenti delle temperature.

Sono state calcolate dapprima, con lo strumento “Tabelle pivot” del programma Excel le medie annuali e mensili del periodo. Ottenuti i valori si sono costruiti i relativi grafici, per rappresentare l’andamento delle medie annuali e delle medie di ogni mese, con relativa linea di tendenza e coefficiente R^2 .

Per quanto concerne la valutazione di eventuali variazioni significative nelle medie annuali e mensili, è stata analizzata la pendenza delle linee di tendenza, calcolandone l’intervallo di confidenza (CI 95%), grazie al software di statistica InfoStat.

Le medie annuali coprono il periodo 1996-2021, in quanto il 2022 manca dei valori di buona parte di ottobre, novembre e dicembre.

Le medie mensili da gennaio a settembre sono relative agli anni 1996-2022, mentre i restanti mesi sono relativi agli anni 1996-2021.

Si sono quindi confrontati e aggiornati i risultati ottenuti dall’analogo lavoro di Giagio (2017), che presentava l’analisi degli andamenti dei principali parametri termici fino al 2016, per valutare eventuali cambiamenti.

4. RISULTATI E DISCUSSIONE

4.1. RICOSTRUZIONE DELLA SERIE STORICA

Per quanto riguarda la ricostruzione i risultati verranno suddivisi per anni.

Si può dire che è stato possibile ricostruire con buona affidabilità la serie storica di temperature della stazione di Col de la Roa. Vi sono state, tuttavia, delle criticità dovute soprattutto a carenze di dati anche nelle stazioni usate come supporto e a qualche caso in cui è necessitato ridurre, seppur di poco il periodo di confronto tra i valori di temperatura delle due stazioni, per trovare una correlazione più alta.

Per riassumere:

- per l'anno 1996, è stato totalmente impossibile la ricostruzione, giacché nessuna stazione disponeva di dati confrontabili;
- l'anno successivo, la stazione 5 Torri di supporto aveva dati disponibili che si sono rivelati solo parzialmente utili alla ricostruzione (Fig. 7);
- nel 2004 il periodo di confronto è stato ridotto da venti giorni prima a venti giorni dopo i giorni da ricostruire per la ricerca di un coefficiente R^2 superiore a 0,8 (Fig. 10, Fig. 11);
- nel 2007 la ricostruzione del primo giorno dell'anno è basata solo sui dati fino al 21 gennaio della stazione 5 Torri per avere una correlazione più alta (Fig.15 e Fig. 16).

Sono presentati nei risultati solo i giorni in cui i dati di Col de la Roa sono stati ricostruiti.

- 1997

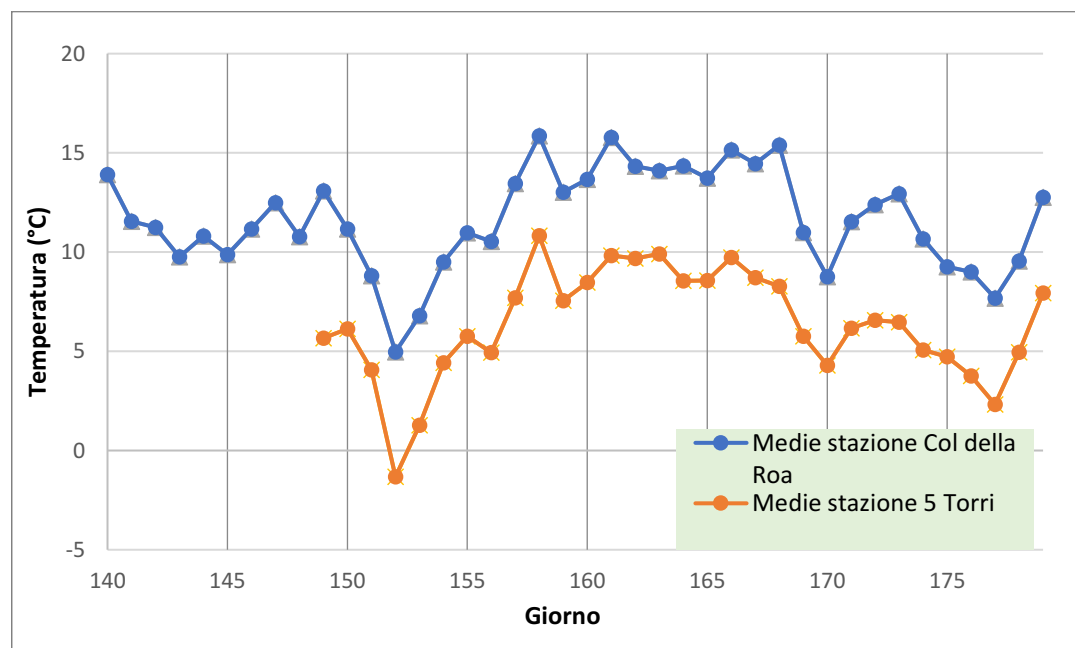


Figura 7: Andamento temperature medie giornaliere delle stazioni di Col de la Roa e 5 Torri dal 20-5 al 28-6-1997. Si noti il periodo con mancanza di dati e la simmetria degli andamenti.

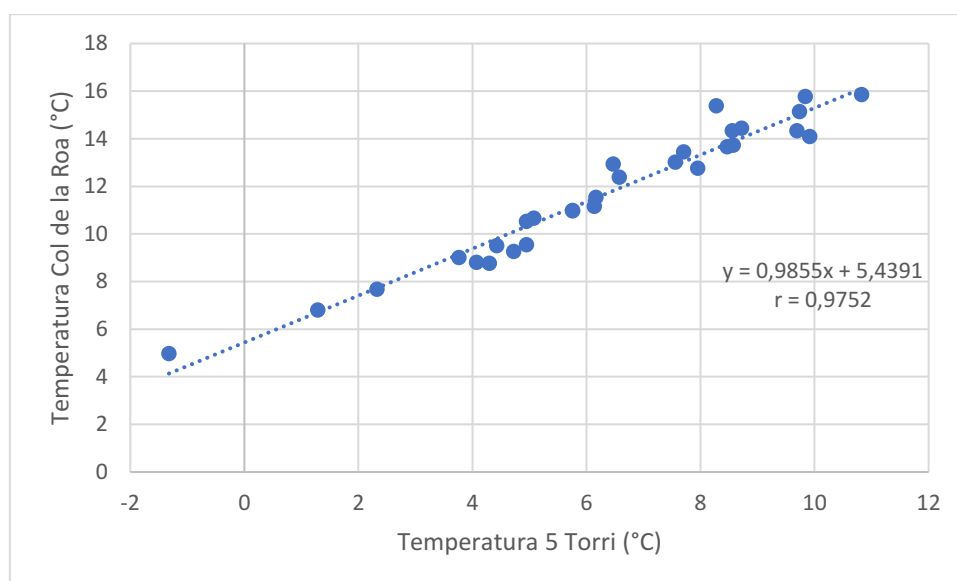


Figura 8: Correlazione tra le temperature medie giornaliere misurate dalle stazioni di Col de la Roa e 5 Torri dal 20-5 al 28-6-1997

La carenza di dati, anche nella stazione di supporto di 5 Torri, non può garantire la ricostruzione completa dei valori mancanti. Analizzando però il coefficiente di correlazione $R^2 > 0,95$ si può concludere che c'è un'alta correlazione che fa aumentare l'attendibilità dei risultati ottenuti, seppur parziali.

Anno	Mese	Giorno	T media Col de la Roa (°C)	% Dati	T media 5 Torri (°C)	Ricostruzione (°C)
1997	5	148	10,78	86,46		-
1997	5	149	13,09	60,42	5,66	11,018

Tabella 2: Presentazioni dei risultati della ricostruzione delle temperature medie giornaliere del 27 e 28 maggio 1997

- 2004

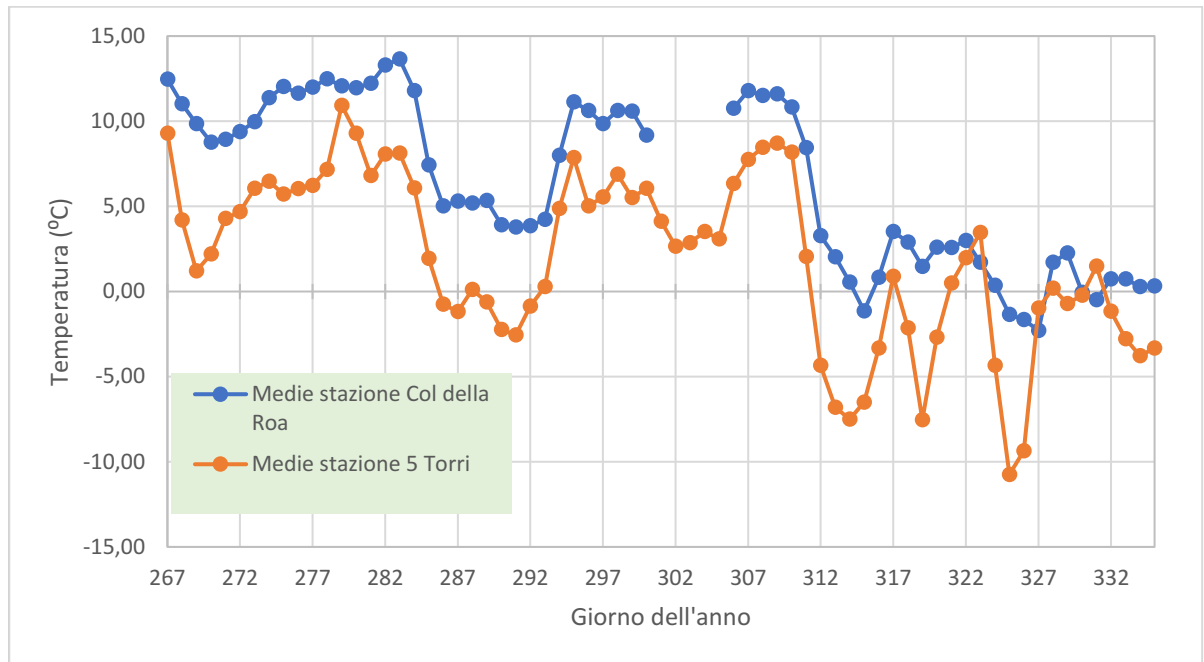


Figura 9: Andamento delle temperature medie giornaliere nelle stazioni di Col de la Roa e 5 Torri dal 23-9 al 30-11-2004

Nel periodo di interesse considerato integralmente, il coefficiente $R^2 < 0,8$ (Fig. 10)

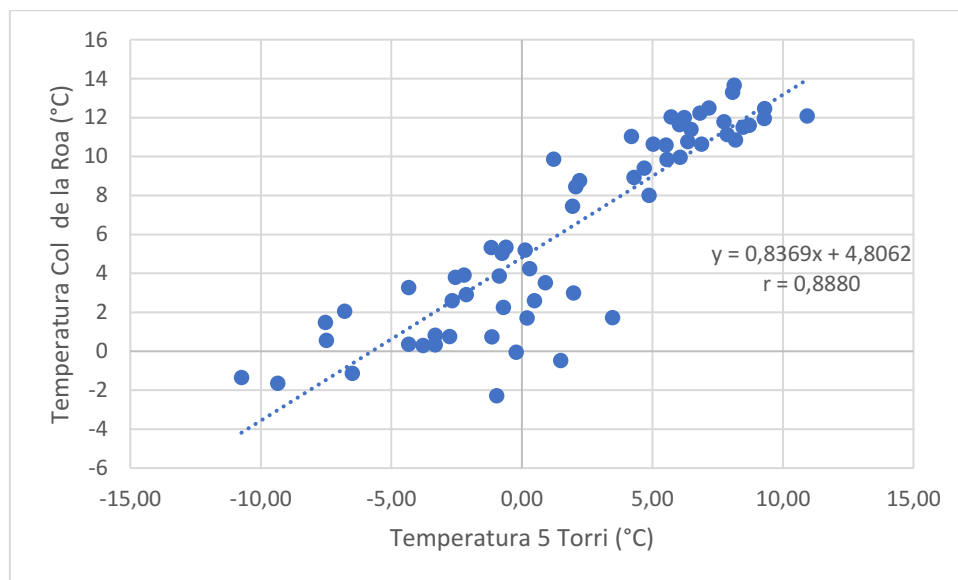


Figura 10: Correlazione tra le temperature medie giornaliere misurate dalle stazioni di Col de la Roa e 5 Torri dal 23-9 al 30-11-2004

Per ricercare una minore correlazione, si è ristretto l'intervallo a venti giorni prima e dopo la mancanza (Fig.11), periodo più che sufficiente, considerando il criterio adottato.

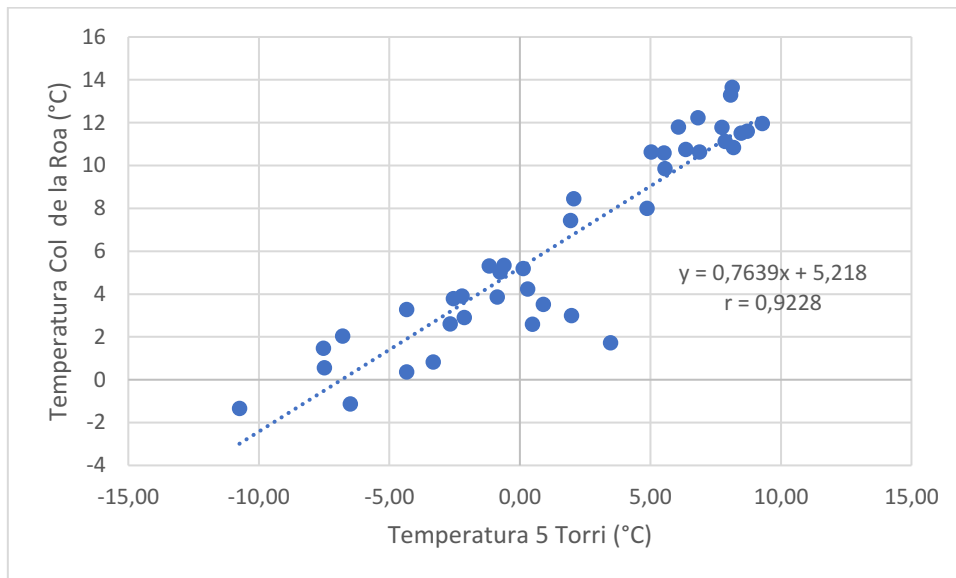


Figura 11: Correlazione tra le temperature medie giornaliere misurate dalle stazioni di Col de la Roa e 5 Torri dal 6-10 al 20-11-2004

Ricostruzione						
Anno	Mese	Giorno	T media Col de la Roa (°C)	% dati	T media stazione 5 Torri (°C)	Ricostruzione (°C)
2004	10	300	9,18	31,25	6,05	9,84
2004	10	301		0	4,12	8,36
2004	10	302		0	2,65	7,24
2004	10	303		0	2,87	7,41
2004	10	304		0	3,51	7,90
2004	10	305		0	3,08	7,57

Tabella 3: Presentazioni dei risultati della ricostruzione delle temperature medie giornaliere dal 26 al 31 ottobre 2004

- 2005

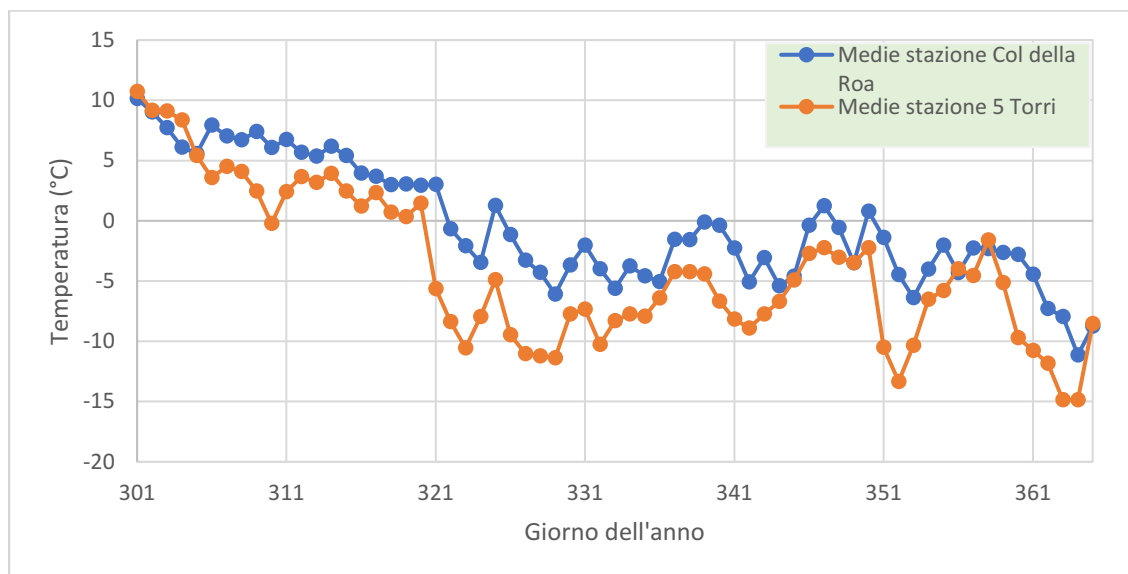


Figura 12: Andamento temperature medie giornaliere novembre-dicembre 2005

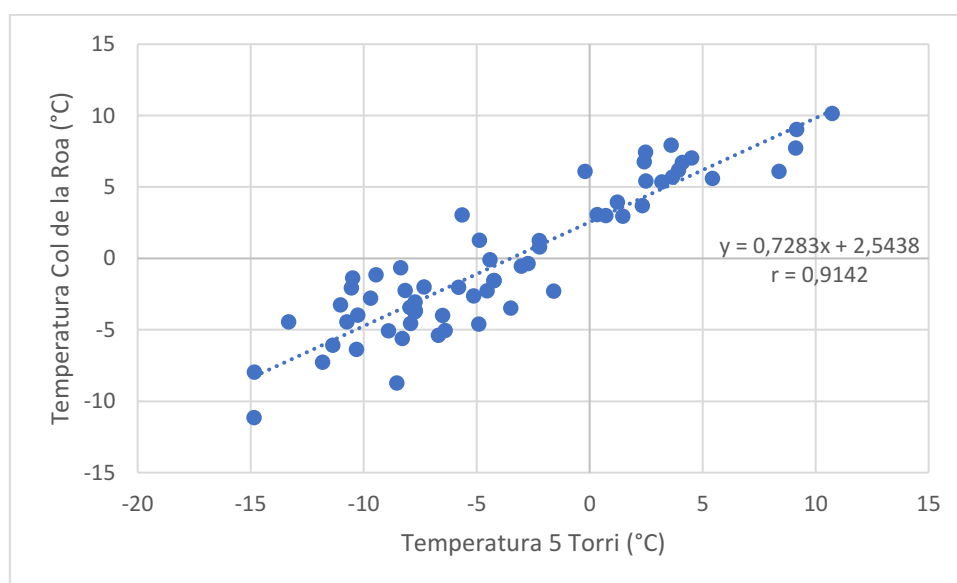


Figura 13: Correlazione tra le temperature medie giornaliere registrate dalle stazioni di 5 Torri e Col de la Roa medie di temperatura nei mesi di novembre e dicembre 2005

Anno	Mese	Giorno	T media Col del la Roa (°C)	% dati	T media stazione 5 Torri (°C)	Ricostruzione (°C)
2005	11	328	-4,27	76,04	-11,22	-5,63
2005	12	340	-0,38	82,29	-6,66	-2,31
2005	12	356	-4,31	78,13	-3,98	-0,35

Tabella 4: Presentazioni dei risultati della ricostruzione delle temperature medie giornaliere del 24 novembre, 6 dicembre e 22 dicembre 2005

- 2007

Per quest'anno, a causa della distanza temporale che intercorre tra i due giorni da ricostruire si presentano prima i dati relativi alla ricostruzione del 1° gennaio e poi i dati relativi alla ricostruzione dei giorni di novembre.

Mentre i risultati sono condensati in Tab. 5.

Per la ricostruzione di quest'anno sono sorti alcune problematiche: la ricostruzione giornaliera del 1° gennaio si è basata sull'analisi nel solo mese di gennaio e non nel periodo precedente (Fig.14). In Fig.15 si vede che considerando l'intero mese il coefficiente $R^2 < 0,8$, in questo caso si è ristretto l'intervallo fino al 21 gennaio (Fig.16), per ricercare un coefficiente maggiore. Il periodo risulta comunque sufficientemente ampio.

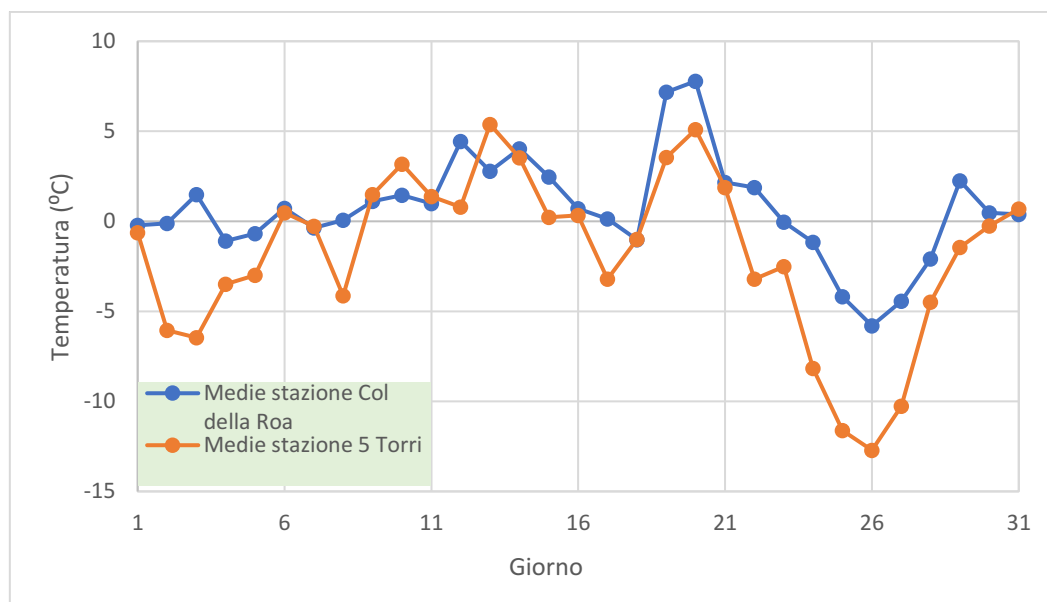


Figura 14: Andamento temperature medie giornaliere nelle stazioni di Col de la Roa e 5 Torri di gennaio 2007.

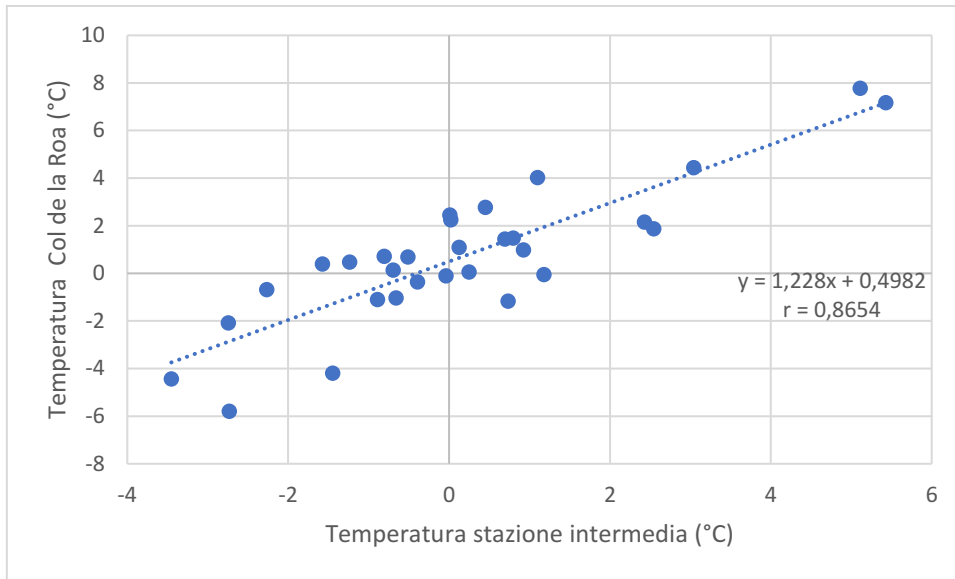


Figura 15: Correlazione tra le temperature medie giornaliere registrate dalla stazione intermedia e Col de la Roa nel mese di gennaio 2007

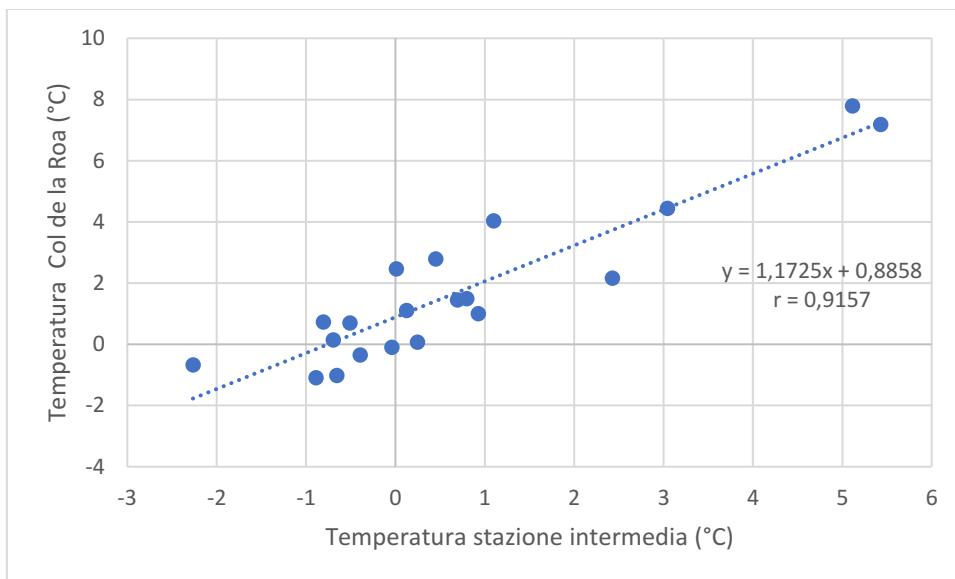


Figura 16: Correlazione tra le temperature medie giornaliere registrate dalla stazione intermedia e Col de la Roa dal 1-1 al 21-1-2007

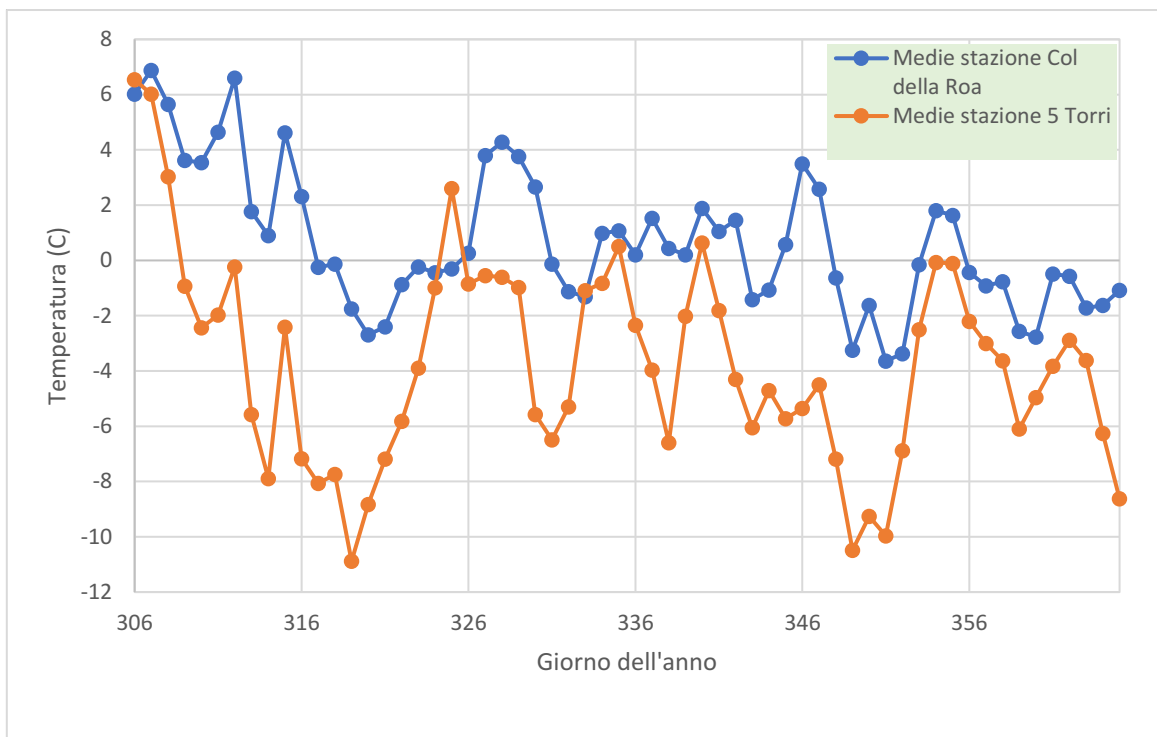


Figura 17: Andamento temperature medie giornaliere nelle stazioni di Col de la Roa e 5 Torri di novembre e dicembre 2007. Si noti una certa discrepanza tra gli andamenti soprattutto nella parte centrale del periodo ma che non compromettono la bontà della correlazione (Fig.18)

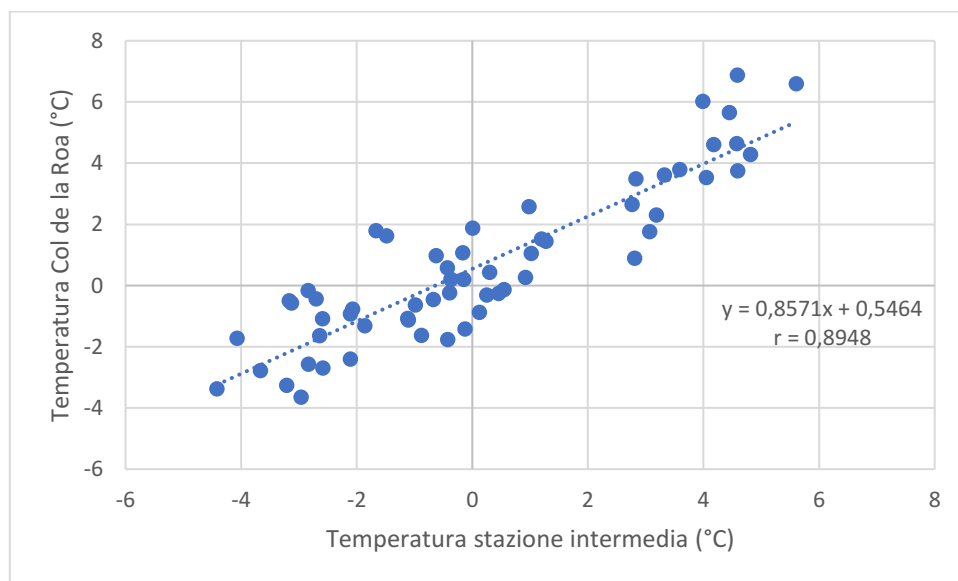


Figura 18: Correlazione tra le temperature medie giornaliere registrate dalla stazione intermedia e Col de la Roa nei mesi di novembre e dicembre 2007

Anno	Mese	Giorno	T media Col de la Roa	%dati	T media staz. intermedia (°C)	Ricostruzione (°C)
2007	1	1	-0,23	54,17	-0,63	-0,40
2007	11	331	-0,13	79,17	-6,49	0,39

Tabella 5: Presentazioni dei risultati della ricostruzione delle temperature medie giornaliere del primo gennaio e del 27 novembre 2007

- 2018

Delle particolarità del 2018 già si è parlato nel capitolo “Materiali e Metodi”. Qui si presentano i dati elaborati dei due periodi insieme.

Le operazioni di ricostruzione, nonostante il grande periodo ricoperto, si possono considerare molto attendibili, sia per gli elevati coefficienti di correlazione (Fig.19, Fig.20) sia per la vicinanza della stazione ARPAV di Borca di Cadore con la stazione di Col de la Roa.

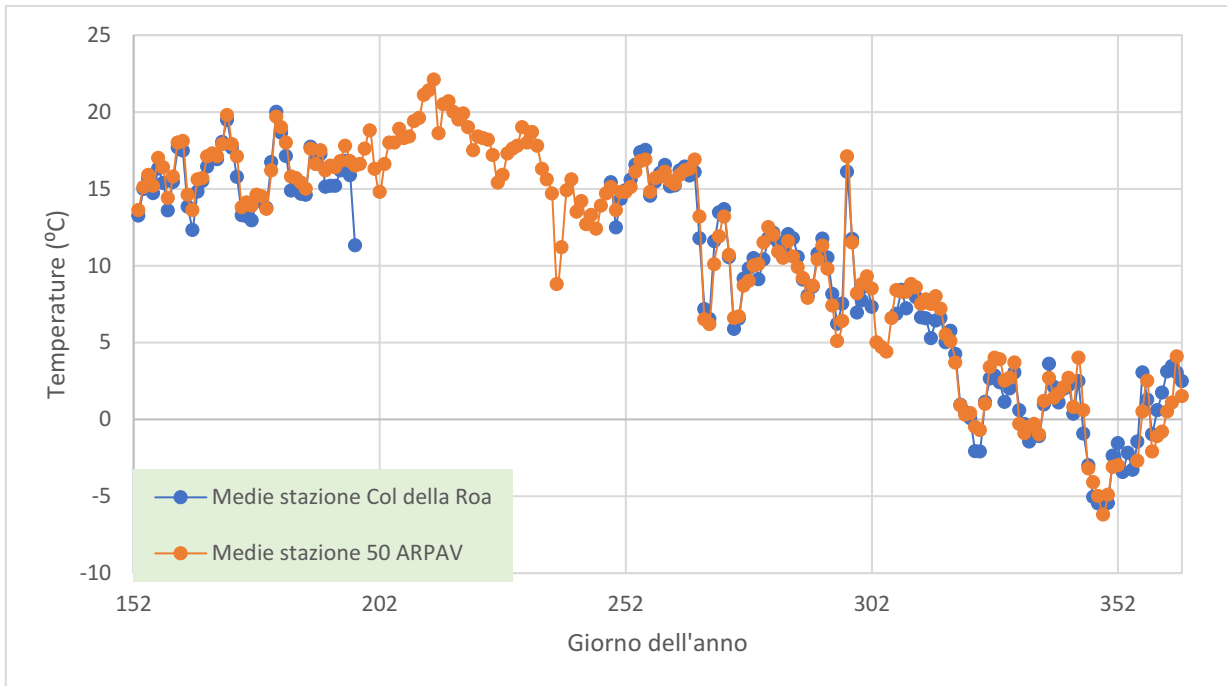


Figura 19: Andamento temperature medie giornaliere nelle stazioni di Col de la Roa e la n.50 di ARPAV dal 2-6 al 31-12-2018

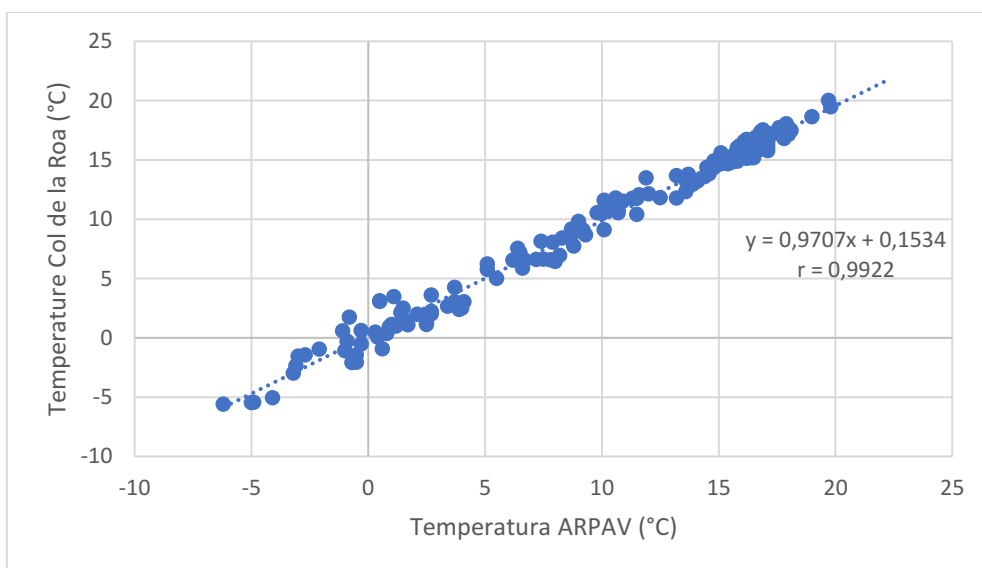


Figura 20: Correlazione tra le temperature medie giornaliere registrate dalla stazione 50 di ARPAV e Col de la Roa dal 2-6 al 31-12-2018

Anno	Mese	Giorno	T media Col de la Roa (°C)	%dati	T media Arpav (°C)	Ricostruzione (°C)
2018	7	197	11,33	37,85	16,5	16,17
2018	7	198		0	16,6	16,27
2018	7	199		0	17,6	17,24
2018	7	200		0	18,8	18,40
2018	7	201		0	16,3	15,98
2018	7	202		0	14,8	14,52
2018	7	203		0	16,6	16,27
2018	7	204		0	18	17,63
2018	7	205		0	18	17,63
2018	7	206		0	18,9	18,50
2018	7	207		0	18,3	17,92
2018	7	208		0	18,4	18,01
2018	7	209		0	19,4	18,98
2018	7	210		0	19,6	19,18
2018	7	211		0	21,1	20,64
2018	7	212		0	21,4	20,93
2018	7	213		0	22,1	21,61
2018	8	214		0	18,6	18,21
2018	8	215		0	20,5	20,05
2018	8	216		0	20,7	20,25
2018	8	217		0	20	19,57
2018	8	218		0	19,5	19,08
2018	8	219		0	19,9	19,47
2018	8	220		0	19	18,60
2018	8	221		0	17,5	17,14
2018	8	222		0	18,4	18,01
2018	8	223		0	18,3	17,92
2018	8	224		0	18,2	17,82
2018	8	225		0	17,2	16,85
2018	8	226		0	15,4	15,10
2018	8	227		0	15,9	15,59
2018	8	228		0	17,3	16,95
2018	8	229		0	17,6	17,24
2018	8	230		0	17,8	17,43
2018	8	231		0	19	18,60
2018	8	232		0	18	17,63
2018	8	233		0	18,7	18,31
2018	8	234		0	17,8	17,43
2018	8	235		0	16,3	15,98
2018	8	236		0	15,6	15,30
2018	8	237		0	14,7	14,42
2018	8	238		0	8,8	8,70
2018	8	239		0	11,2	11,03
2018	8	240		0	14,9	14,62
2018	8	241		0	15,6	15,30
2018	8	242		0	13,5	13,26
2018	8	243		0	14,2	13,94
2018	8	244		0	12,7	12,48
2018	9	245		0	13,3	13,06
2018	9	246		0	12,4	12,19

2018	9	247		0	13,9	13,65
2018	9	248		0	14,7	14,42
2018	9	249	15,42	17,36	15,1	14,81
2018	9	250	12,48	32,99	13,6	13,35
2018	10	302	7,32	28,82	8,5	8,40
2018	10	303		0	5	5,01
2018	10	304		0	4,7	4,72
2018	10	305		0	4,4	4,42
2018	11	306		0	6,6	6,56
2018	11	307	6,86	6,94	8,4	8,31
2018	11	309	7,21	15,97	8,3	8,21
2018	11	310		0	8,8	8,70
2018	11	311	7,94	15,97	8,6	8,50
2018	11	314	5,27	21,53	7,5	7,43

Tabella 6: Presentazioni dei risultati della ricostruzione delle temperature medie giornaliere dal 16 luglio al 7 settembre, dal 29 ottobre al 3 novembre, dal 5 al 7 novembre e del 10 novembre 2018.

- 2021

I dati della stazione Paluetta, nonostante si abbiano a disposizione le temperature medie giornaliere da 15 giorni prima i giorni da ricostruire, sono più che sufficienti per trovare una correlazione molto alta, in quanto la stazione è fisicamente vicina a Col de la Roa e le temperature sono quindi molto simili: si veda l'indice R^2 in Fig.22 e l'andamento quasi sovrapposto in Fig. 21

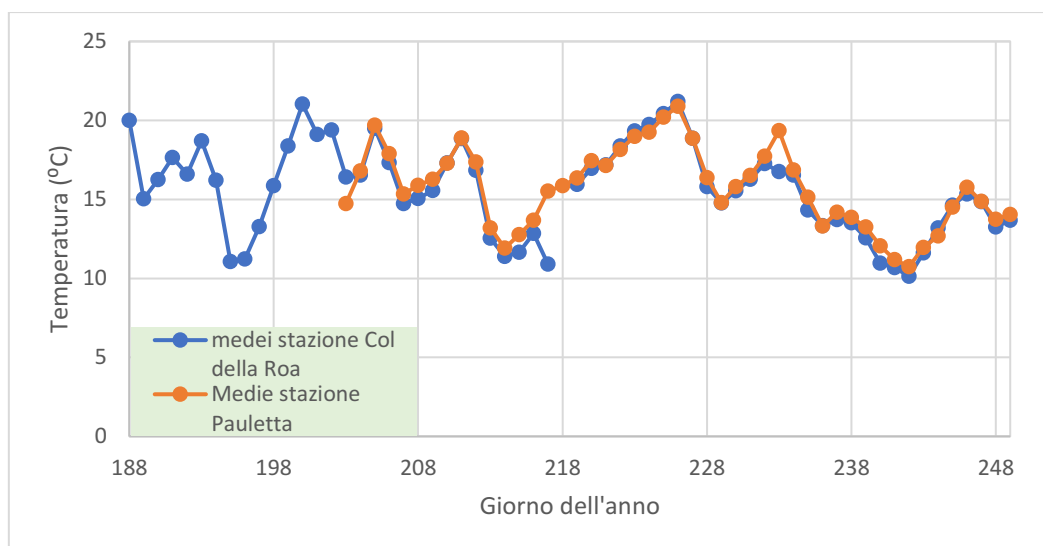


Figura 21: Andamento delle temperature medie giornaliere nella stazione di Col de la Roa e nella stazione Pauletta dal 7-7 al 6-9-2021. Ben visibili le carenze nei dati di entrambe le stazioni e la quasi sovrapposibilità dei valori.

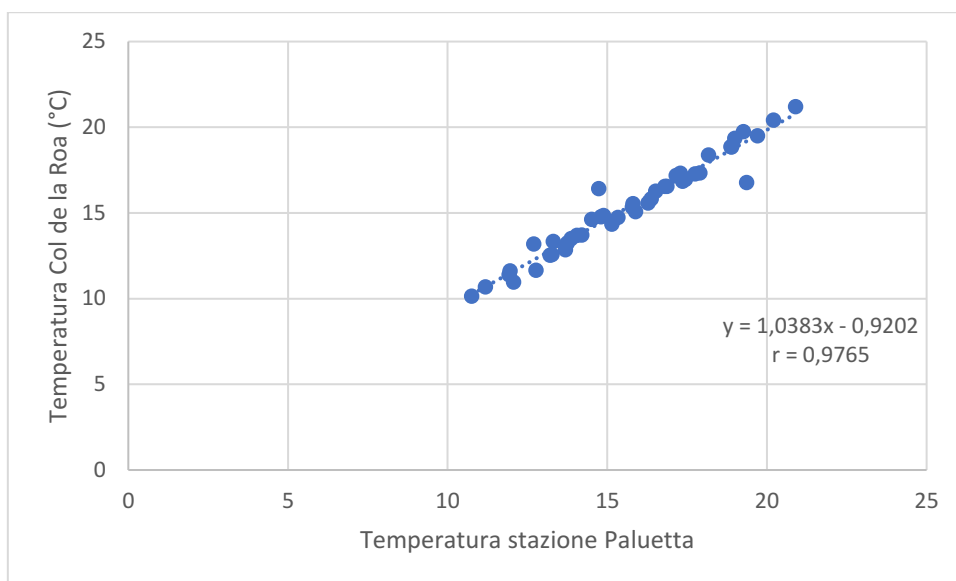


Figura 22: Correlazione tra le temperature medie giornaliere registrate dalla stazione Paluetta e Col de la Roa dal 7-7 al 6-9-2021

Anno	Mese	Day	T media Col de la Roa (°C)	%dati disponibili	T media stazione Paluetta (°C)	Ricostruzione
2021	8	217	10,9071	37,85	15,5214	15,20
2021	8	218		0	15,8755	15,56
2021	8	219	15,9574	97,57	16,3470	16,05

Tabella 7: Presentazioni dei risultati della ricostruzione delle temperature medie giornaliere dal 5 al 7 agosto 2021

4.2.ANDAMENTO DELLE TEMPERATURE

Si presentano ora i risultati relativi all'analisi dell'andamento delle temperature medie annuali e mensili, per verificare se sono presenti variazioni significative.

Dai risultati si evince che c'è un significativo aumento nelle temperature medie annuali tra il 1996 e il 2021 (Fig.23). Confrontando sia l'intervallo di confidenza (CI 95%) della pendenza della retta (Tab.8) e sia la pendenza stessa della retta (il coefficiente angolare "a" nell'equazione del tipo $y = ax + b$), calcolati in questo lavoro (Fig.23) con gli analoghi risultati, calcolati in un lavoro precedente nel periodo 1996-2016 (Giagio, 2017) (Tab. 9), si può dire che il trend è in peggioramento: le temperature medie annue nel periodo 1996-2021, aumentano in media di 0,0311°C all'anno rispetto a 0,0248°C nel periodo 1996-2016 (Giagio,2017).

Risultati compatibili con gli studi condotti dall'Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente del Friuli Venezia Giulia che nel periodo 1961-2016 ha evidenziato (considerando tutto il territorio regionale) un aumento medio della temperatura media pari a 0.3 °C ogni 10 anni, con una chiara tendenza all'accelerazione nei decenni più recenti (ARPA FVG, 2018).

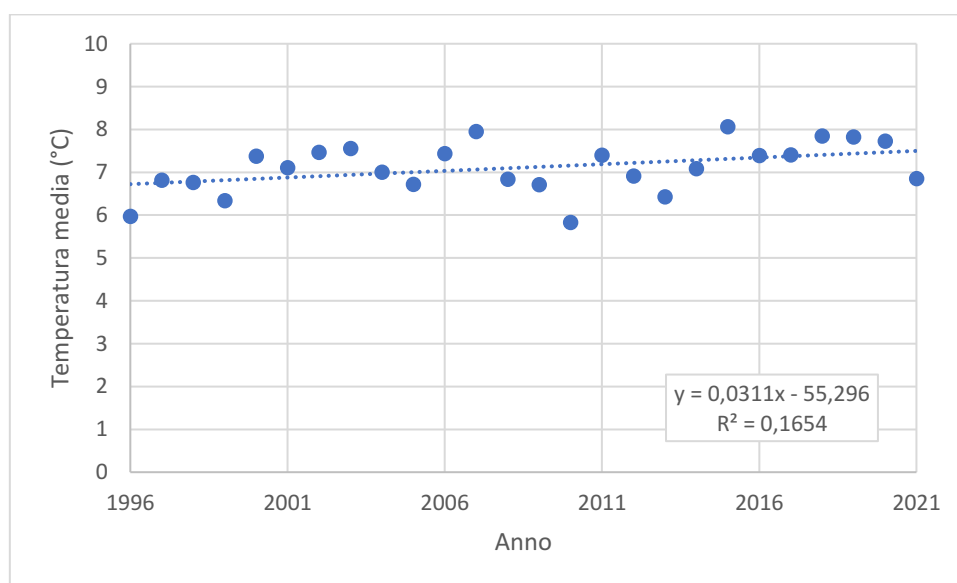


Figura 23: Andamento delle temperature medie annuali nel periodo 1996-2021. Intervallo di confidenza IC 95%, relativo alla pendenza della retta compreso tra 0,0017 (LL) e 0,06(UL)

Considerando i singoli mesi si può notare come il mese di gennaio non presenti particolari né significativi cambiamenti nel periodo considerato, vi è un molto leggero calo delle temperature, testimoniato dal coefficiente angolare della retta di tendenza, ma non significativo (Fig.24). Si può dedurre che le medie mensili di gennaio dal 1996 al 2021 siano stabili.

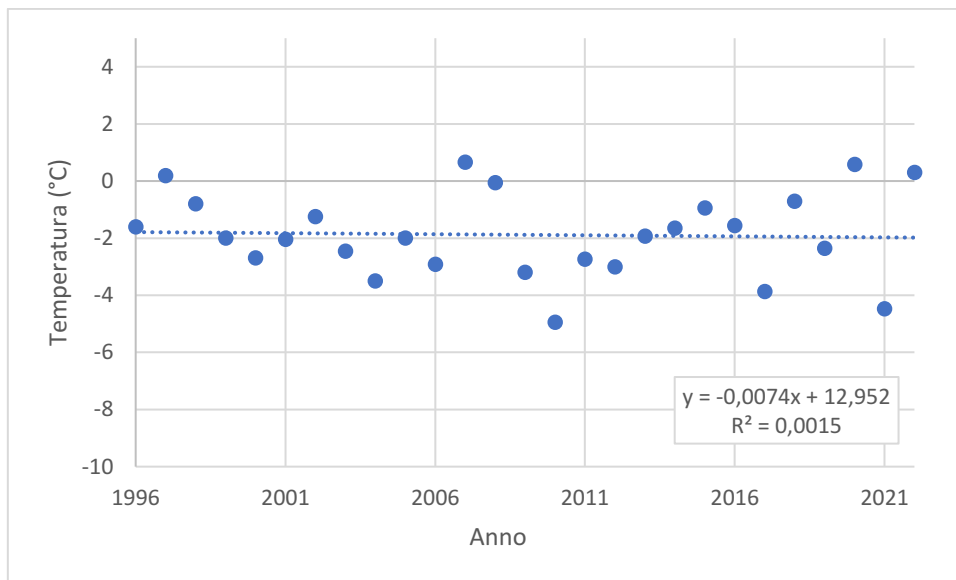


Figura 24: Andamento delle temperature medie del mese di gennaio negli anni 1996-2022. Intervallo di confidenza IC 95%, relativo alla pendenza della retta compreso tra -0,08 (LL) e 0,07(UL)

Le temperature medie del mese di febbraio presentano un andamento in crescita ma non significativo. Ciò che colpisce è il cambio di tendenza rispetto al periodo 1996-2016, dove si notava un andamento decrescente, seppur non significativo (Tab.9) (Giaggio, 2017). Ciò induce a ipotizzare che gli ultimi sei anni abbiano dato un contributo molto importante nell'andamento termico del mese di febbraio. Questo si può riscontrare osservando le medie mensili negli anni successivi al 2016 (Fig.25), dove i valori sono tutti sopra la linea di tendenza, eccetto nel 2018.

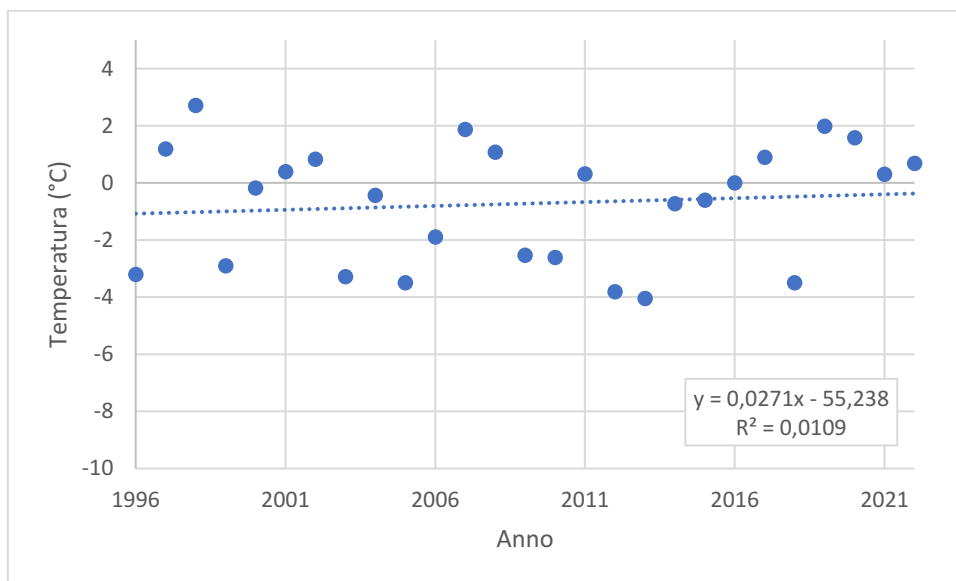


Figura 25: Andamento delle temperature medie del mese di febbraio negli anni 1996-2022. Intervallo di confidenza IC 95%, relativo alla pendenza della retta compreso tra -0,08 (LL) e 0,13(UL)

Il mese di marzo non presenta significativi aumenti di temperatura. Tuttavia, la tendenza è in leggero aumento, contrariamente al periodo 1996-2016, dove la tendenza era leggermente negativa (Tab.9) (Giagio, 2017).

La variabilità termica di questo mese è notevole. Per esempio, nel 1996 la temperatura media mensile è stata al di sotto di 0°C mentre l'anno successivo è stata superiore a 5,5°C; analogamente nel 2012 si vede una media mensile di poco superiore a 6°C e l'anno successivo <0 (Fig.26). Anche questo è un aspetto da considerare nello studio dei cambiamenti climatici: essi causano “cambiamenti in frequenza, intensità, estensione spaziale e durata degli eventi estremi” (Castellari, 2012).

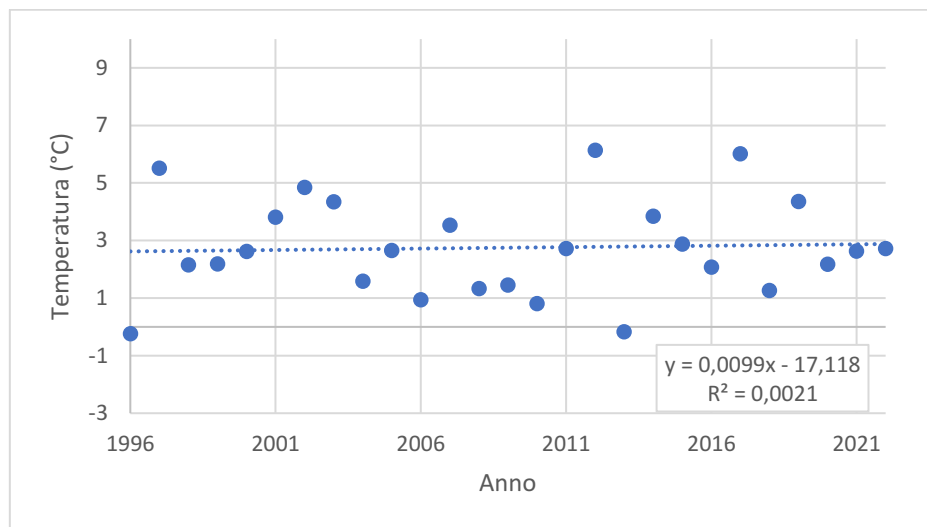


Figura 26: Andamento delle temperature medie del mese di marzo negli anni 1996-2022. Intervallo di confidenza IC 95%, relativo alla pendenza della retta compreso tra -0,08 (LL) e 0,10(UL)

Aprile presenta un andamento positivo ma non significativo, in accordo con il lavoro precedente (Giagio, 2017). È interessante notare il picco positivo di temperatura media di aprile 2007 (10,7°C), molto distante dalla linea di tendenza, paragonato agli altri valori (Fig.27)

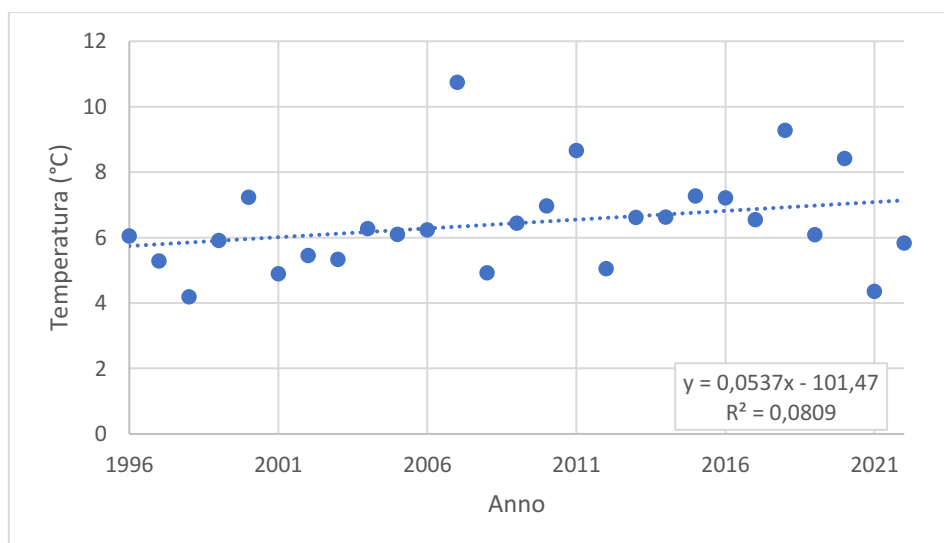


Figura 27: Andamento delle temperature medie del mese di aprile negli anni 1996-2022. Intervallo di confidenza IC 95%, relativo alla pendenza della retta compreso tra -0,02 (LL) e 0,13(UL)

Maggio negli ultimi venti anni presenta una notevole variabilità nelle temperature medie mensili (Fig.28).

L'andamento è negativo ma non significativo, in accordo con il precedente lavoro (Giagio, 2017).

Un fatto interessante riguarda l'anno 2019, quando si ha avuto il secondo maggio più freddo del periodo con una media mensile di 7,82°C (temperatura superiore di 0,04°C rispetto al maggio più freddo, nel 2013) e il giugno più caldo con una temperatura media mensile di 18,47°C (Fig. 28 e Fig.29).

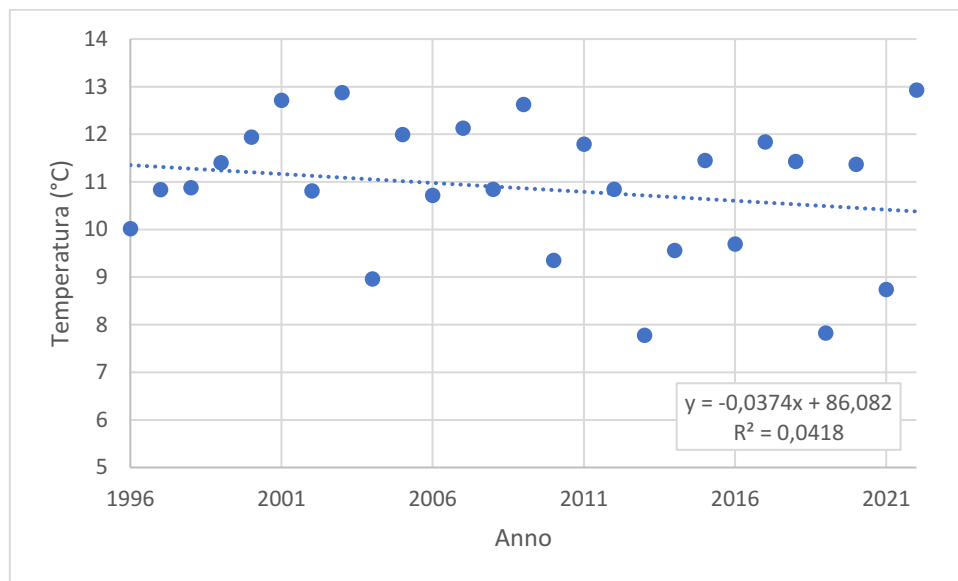


Figura 28: Andamento delle temperature medie del mese di maggio negli anni 1996-2022. Intervallo di confidenza IC 95%, relativo alla pendenza della retta compreso tra -0,11 (LL) e 0,04(UL)

Un cambio di tendenza rispetto ai risultati del precedente lavoro si ha anche per il mese di giugno (Tab. 9). Questo mese presenta un andamento delle temperature in crescita ma non significativo. Ma il cambio di pendenza della linea di tendenza testimonia ancora una volta che gli anni 2017-2022 abbiano fatto la differenza.

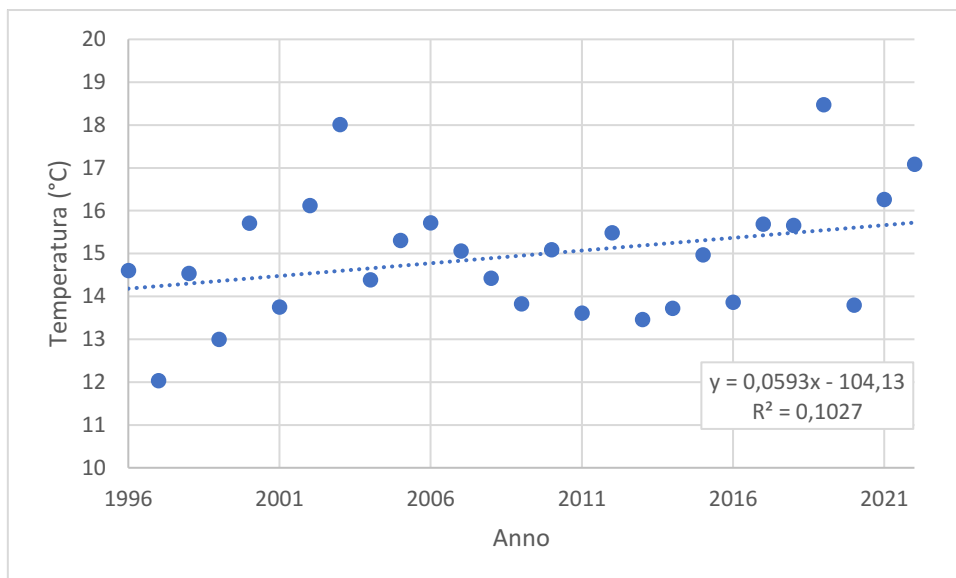


Figura 29: Andamento delle temperature medie del mese di giugno negli anni 1996-2022. Intervallo di confidenza IC 95%, relativo alla pendenza della retta compreso tra -0,01 (LL) e 0,13(UL)

Le temperature medie di luglio presentano un significativo aumento dal 1996 al 2022. Nel precedente studio, si era già visto che l'andamento delle temperature medie di luglio mostrava un aumento dei valori ma non era risultato significativo (Giagio, 2017).

Si noti in Fig.30, che negli anni aggiuntivi analizzati, escluso il 2022, le temperature medie sono simili (dai 17,08°C del 2017 fino, in decrescita, ai 16,50°C del 2021) e che il mese di luglio di quest'anno è stato il secondo più caldo del periodo con una temperatura media di 18,85°C.

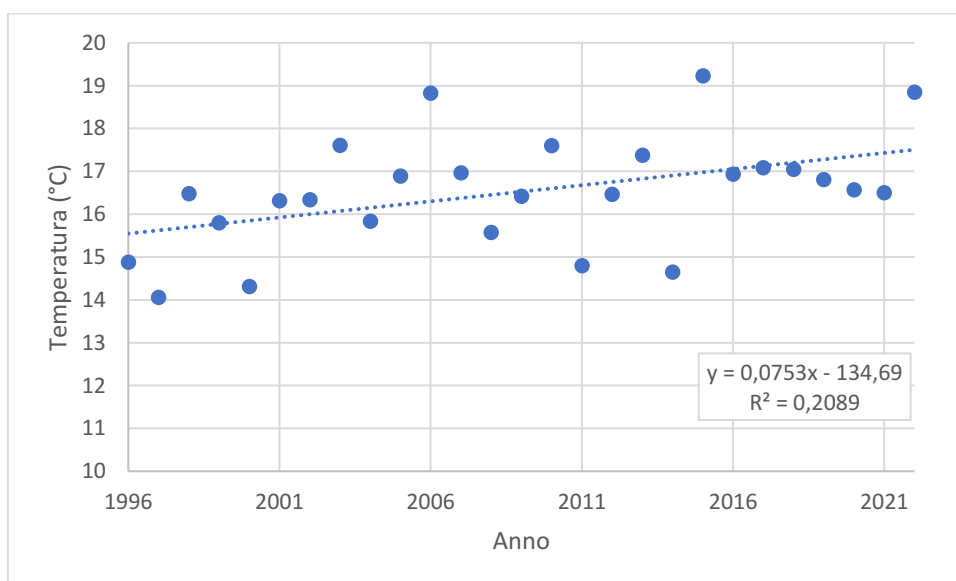


Figura 30: Andamento delle temperature medie del mese di luglio negli anni 1996-2022. Intervallo di confidenza IC 95%, relativo alla pendenza della retta compreso tra 0,01 (LL) e 0,14(UL)

L'andamento delle temperature di agosto e settembre (Fig. 31, Fig.32) presentano un progressivo aumento dei valori, ma non significativo, in accordo con lo studio precedente.

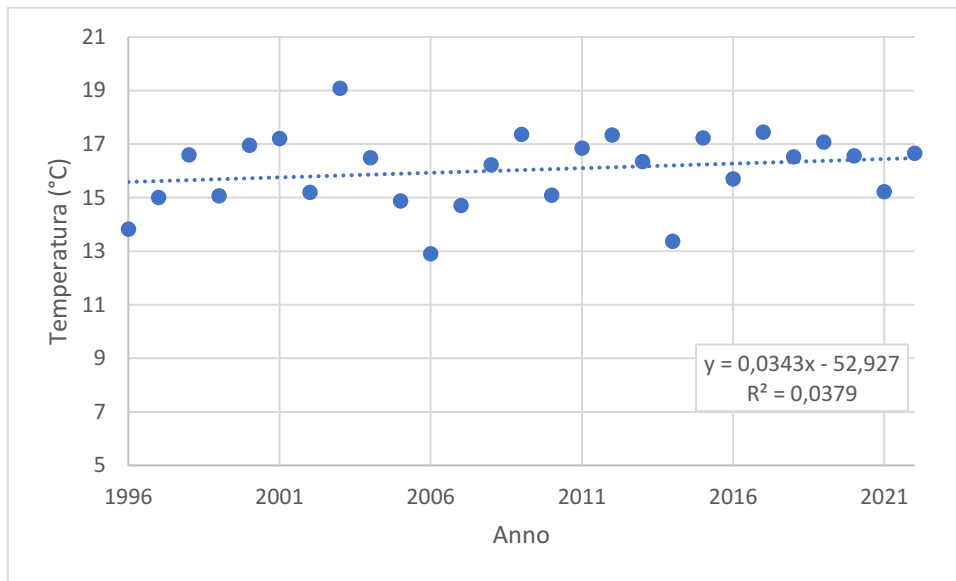


Figura 31: Andamento delle temperature medie del mese di agosto negli anni 1996-2022. Intervallo di confidenza IC 95%, relativo alla pendenza della retta compreso tra -0,04 (LL) e 0,11(UL)

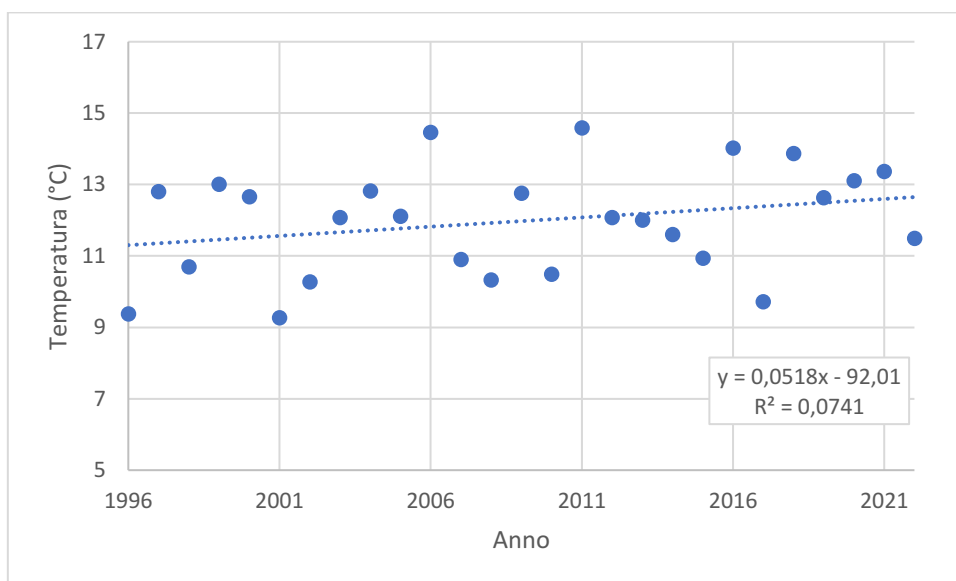


Figura 32: Andamento delle temperature medie del mese di settembre negli anni 1996-2022. Intervallo di confidenza IC 95%, relativo alla pendenza della retta compreso tra -0,02 (LL) e 0,13(UL)

Anche per i mesi di ottobre, novembre e dicembre si nota una tendenza delle temperature medie alla crescita, tuttavia non significativa (Fig. 33, Fig. 34 e Fig. 35). Si tenga conto però che mancano i dati del 2022, che potrebbero cambiare i risultati. Si noti in particolare il CI 95% della pendenza della retta di novembre: la pendenza della retta di regressione non è diversa da zero per pochissimo (Fig. 34, Tab.8)

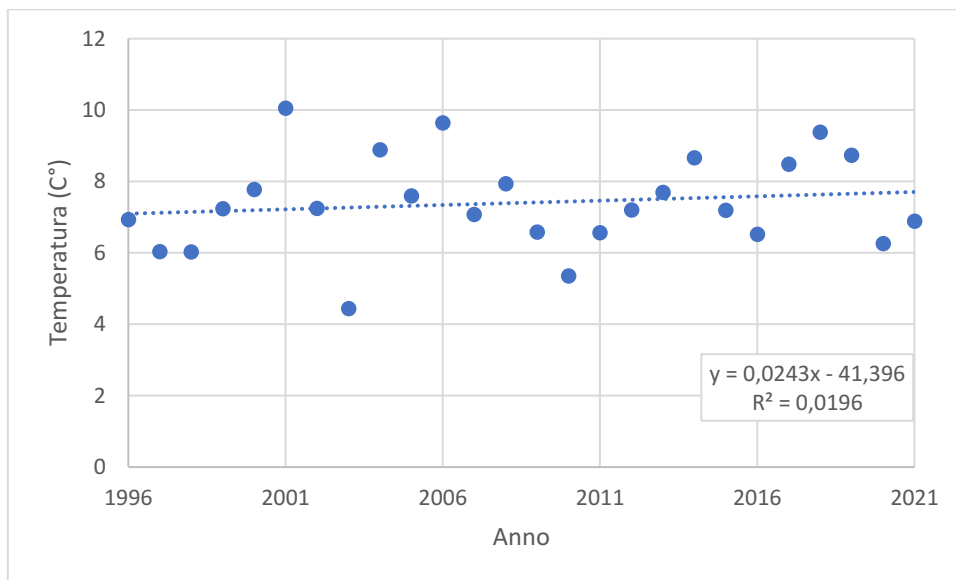


Figura 33: Andamento delle temperature medie del mese di ottobre negli anni 1996-2021. Intervallo di confidenza IC 95%, relativo alla pendenza della retta compreso tra $-0,05$ (LL) e $0,1$ (UL)

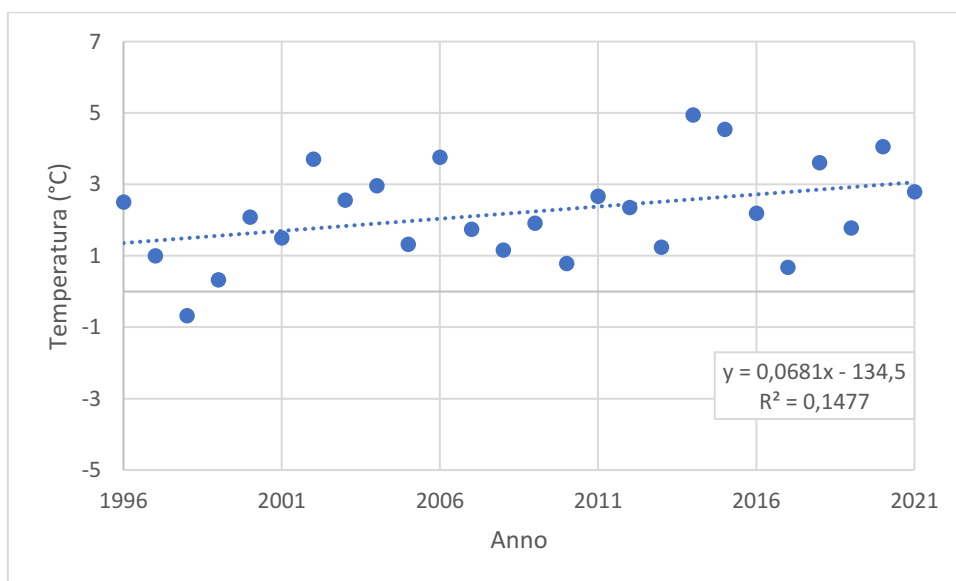


Figura 34: Andamento delle temperature medie del mese di novembre negli anni 1996-2021. Intervallo di confidenza IC 95%, relativo alla pendenza della retta compreso tra $-8,1 \cdot 10^{-4}$ (LL) e $0,14$ (UL)

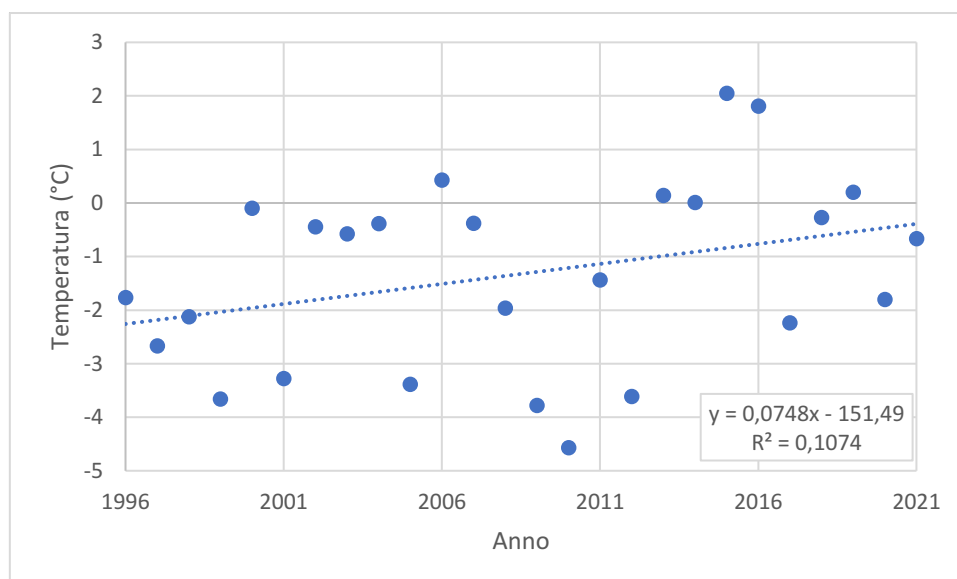


Figura 35: Andamento delle temperature medie del mese di dicembre negli anni 1996-2022. Intervallo di confidenza IC 95%, relativo alla pendenza della retta compreso tra -0,02 (LL) e 0,17(UL)

Dal confronto dei valori dell'intervallo di confidenza al 95% della pendenza delle rette di tendenza delle medie delle temperature annuali e mensili nel periodo 1996-2016 (Giagio, 2017) e nel periodo 1996-2022 (Tab. 8), si è notato un generale aumento dei limiti inferiori e avvicinamento allo zero, tranne che per il limite inferiore relativo al CI (95%) della pendenza della retta di regressione relativa alle temperature medie di aprile. Si noti il valore relativo al mese di novembre, ancora più vicino a zero di quanto riscontrato dal precedente studio.

In aggiunta, oltre alle inversioni di tendenza, già viste precedentemente, dal confronto della pendenza delle rette di tendenza si può notare che (Tab.9), per i mesi in cui si è confermata la tendenza delle temperature medie a diminuire, la pendenza si è ridotta (gennaio e maggio).

	LL (95%)		UL (95%)	
	Prima	Dopo	Prima	Dopo
T medie annuali	-0,02	0,0017	0,07	0,06
T medie gennaio	-0,14	-0,08	0,06	0,07
T medie febbraio	-0,21	-0,08	0,1	0,13
T medie marzo	-0,15	-0,08	0,12	0,1
T medie aprile	-0,01	-0,02	0,19	0,13
T medie maggio	-0,16	-0,11	0,04	0,04
T medie giugno	-0,10	-0,01	0,09	0,13
T medie luglio	-0,01	0,01	0,19	0,14
T medie agosto	-0,10	-0,04	0,14	0,11
T medie settembre	-0,05	-0,02	0,18	0,13
T medie ottobre	-0,10	-0,05	0,11	0,10
T medie novembre	-4,40E-03	-8,10E-04	0,19	0,14
T medie dicembre	-0,03	-0,02	0,25	0,17

Tabella 8: Confronto tra intervalli di confidenza delle rette di regressione degli andamenti delle temperature medie annuali e mensili ottenute nel lavoro precedente (Giagio, 2017) (prima) e nel presente lavoro (dopo)

	Pendenza delle rette di tendenza	
	Prima	Dopo
T medie annuali	0,0248	0,0311
T medie gennaio	-0,0377	-0,0074
T medie febbraio	-0,0585	0,0271
T medie marzo	-0,0162	0,0099
T medie aprile	0,0923	0,0537
T medie maggio	-0,0622	-0,0374
T medie giugno	-0,0039	0,0593
T medie luglio	0,0907	0,0753
T medie agosto	0,021	0,0343
T medie settembre	0,0645	0,0518
T medie ottobre	0,0073	0,0243
T medie novembre	0,0917	0,0681
T medie dicembre	0,1089	0,0748

Tabella 9: Confronto tra le pendenze delle rette di regressione delle temperature medie annuali e mensili ottenute lavoro precedente (Giagio, 2017) (prima) e nel presente lavoro (dopo)

5. CONCLUSIONE

In questo lavoro di tesi, si sono ricostruiti i dati mancanti della serie storica relativa alle temperature medie giornaliere della stazione meteorologica di Col de la Roa, partendo dalle temperature registrate da altre stazioni vicine: la stazione 5 Torri, la stazione 50 di ARPAV a Borca di Cadore, la stazione Paluetta e una stazione intermedia usata in un sito di rilievo dendrometrico. Il lavoro di ricostruzione ha permesso di compiere analisi più precise sull'andamento delle temperature medie annuali e mensili dal 1996 al 2022 e di aggiornare i risultati ottenuti analizzando le temperature medie dal 1996 al 2016, dove non si erano trovati cambiamenti significativi né nelle temperature medie annuali, né nelle temperature medie di alcun mese (Giagio, 2017).

In particolare, si è riscontrato un significativo aumento delle temperature medie annuali e delle temperature medie mensili di luglio. È emerso un andamento positivo delle temperature medie mensili, seppur non significativo, dei mesi di febbraio, marzo, aprile, giugno, agosto, settembre, ottobre, novembre e dicembre. I mesi che hanno un andamento delle temperature medie in decrescita ma non significativa sono solo gennaio e maggio.

Le temperature degli ultimi sei anni hanno fatto emergere un cambiamento nelle pendenze delle linee di regressione delle temperature medie dei mesi di febbraio, marzo e giugno, che nel precedente lavoro risultavano negative.

Tuttavia, il periodo considerato è molto breve se comparato con altri studi simili, come quelli redatti dall'IPCC, dove si considerano le temperature di oltre un secolo (IPCC, 2021), dalla Provincia autonoma di Trento, che ha analizzato le temperature dal 1958 al 2010 (Di Piazza *et al*, 2012), o da ARPA FVG, che ha preso in considerazione i parametri termici registrati dal 1961 al 2019 (ARPA FVG, 2018); è possibile che, proprio per questo, in alcuni mesi non si siano ancora visti aumenti significativi delle temperature medie.

Alla luce di ciò, visti i risultati del confronto tra questo studio e il precedente, soprattutto vedendo i cambiamenti nelle pendenze delle rette di regressione delle temperature medie mensili e nei loro intervalli di confidenza CI 95%, ci si può aspettare che, aggiornando i dati con i valori dei prossimi anni, anche l'aumento di temperature per altri mesi oltre a luglio possa diventare significativo e che per i mesi con andamento delle temperature medie negativo (gennaio e dicembre) si possa assistere a un cambio di tendenza o a un rallentamento nel trend. È perciò importante continuare il lavoro di monitoraggio anche nei prossimi anni per vedere se queste previsioni si avvereranno e se l'aumento delle temperature medie annue continuerà a essere così marcato.

6. BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA

- Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente del Friuli Venezia Giulia (ARPA FVG) (2018). Studio conoscitivo dei cambiamenti climatici FVG – Primo report, marzo 2018
- Agenzia Regionale per la Prevenzione e Protezione Ambientale del Veneto (ARPAV) (2022) Dati meteorologici ultimi anni:
https://www.arpa.veneto.it/bollettini/storico/Mappa_2022_TEMP.htm Cited 14 ott 2022.
- Barbero S. *et al.* (2017): Linee guida per il controllo di validità dei dati idro-meteorologici. ISPRA – Manuali e Linee Guida 156/2017. Roma, 2017.
- Carraro V (2022) Stazione meteorologica di Col de la Roa:
<https://intra.tesaf.unipd.it/sanvito/meteo.asp> Cited 17 ott 2022
- Carraro V., Anfodillo T., Rossi S. (2001). Visita ai siti sperimentali di Col de la Roa a Cinque Torri. Atti del XXXVIII Corso di Cultura in Ecologia: 197-230
- Castellari S (2012) Eventi climatici estremi, Il Mulino - Rivisteweb Fascicolo 3, dicembre 2012: 406-413
- Di Piazza A, Eccel E. (2012) Analisi di serie giornaliere di temperatura e precipitazione in Trentino nel periodo 1958-2010. Trento: Dipartimento Agro-ecosistemi Sostenibili e Biorisorse, Centro Ricerca ed Innovazione IASMA, Fondazione Edmund Mach
- Giagio I, (2017) Analisi delle variazioni di temperatura dell'aria nel periodo 1996-2016 in una stazione montana (San Vito di Cadore, BL), Corso di laurea in Tecnologie Forestali ed Ambientali A.A 2017-2018, Relatore Anfodillo T, Dipartimento del Territorio e Sistemi Agro-Forestali (TESAF)
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2021) – Le basi fisico-scientifiche: i messaggi principali del rapporto: <https://ipccitalia.cmcc.it/messaggi-chiave-ar6-wg1/>. Cited 18 ott 2022
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2021) Messaggi chiave del Quinto rapporto di valutazione dell'IPCC (AR5): <https://ipccitalia.cmcc.it/messaggi-chiave-ar6-wg1/>. Cited 18 ott 2022
- Mikhaylov A, Moiseev N, Aleshin K, Burkhardt T, (2020) Global climate change and greenhouse effect. *Entrep. Sustain. Iss.* 7 (4) 2345-0282 (online)
- Sauro U, (2000) Un modello dinamico della frana del monte Antelao del 1814, *Riv. Geogr. Ital.* 107: 17-31
- Taylor R. Interpretation of the Correlation Coefficient: A Basic Review. *Journal of Diagnostic Medical Sonography.* 1990;6(1):35-39. doi:10.1177/875647939000600106

RINGRAZIAMENTI

Ringrazio i gestori della stazione meteorologica di Col de la Roa, il Dott. Vinicio Carraro e il Dott. Samuele Pellizzari, che gentilmente mi hanno fornito i dati e mi hanno guidato nella loro elaborazione. E ringrazio tutti coloro che mi hanno supportato in questo percorso, a partire dai miei genitori.