

RICOSTRUZIONE STATISTICA DEI DATI MANCANTI DI PRECIPITAZIONE GIORNALIERA NELLA SERIE STORICA D'UDINE-CITTÀ NEL PERIODO DAL 27 OTTOBRE 1917 AL 31 DICEMBRE 1918, A SEGUITO DELLA "ROTTA DI CAPORETTO" DELLA I GUERRA MONDIALE

MARIO CESCHIA E VALENTINO PIETROBON

CINFAI-DIPARTIMENTO DI FISICA DELL'UNIVERSITÀ DI UDINE, VIA DELLE SCIENZE, 208

Riassunto – Al fine di approfondire lo studio dell'evoluzione del clima della Città d'Udine, nel contesto dei cambiamenti climatici globali, durante gli ultimi due secoli e fino ai nostri giorni, attraverso l'analisi della sua serie storica delle precipitazioni e delle temperature (disponibile dal 1803, tuttavia non sempre a scala giornaliera e con qualche buco talora anche molto importante), si è cercato di aumentarne il più possibile la sua risoluzione temporale, inserendovi gli ulteriori dati osservazionali (possibilmente alla scala giornaliera) ancora disponibili su documenti storici e non ancora usati per l'analisi dei precedenti lavori. Tuttavia, permangono ancora due buchi molto importanti (almeno a scala giornaliera) nella serie dei dati interessati e sono relativi essenzialmente ai periodi (1843-1866) e (27 ottobre 1917-31 dicembre 1918), questo ultimo, chiamato per ragioni storiche anche "Buco di Caporetto". Per cercare di risolvere il problema generale, si è iniziato dal caso molto delicato del "Buco di Caporetto", sviluppando una procedura statistica per la stima delle precipitazioni giornaliere, fondandosi sulla conoscenza dei dati relativi ad alcune stazioni circostanti (anche se piuttosto lontane, in quanto le uniche in operazione durante quel periodo), quelle di Trieste, Venezia e Padova, e anche, ma limitate al solo dato mensile, quelle più vicine di S. Leonardo nel Cividalese e Basaldella (Pordenone).

La tecnica usata è quella del confronto con una stazione ipotetica di riferimento, definita ponderando in due modi i dati delle tre stazioni di Trieste, Venezia e Padova, nel primo col quadrato della loro distanza (da quella d'Udine) e nel secondo con la correlazione tra le rispettive precipitazioni. I dati mensili di Basaldella (PN) e S. Leonardo (UD) sono stati usati solo alla fine del calcolo e con qualche cautela solo per rimodulare le distribuzioni dell'intensità di precipitazione, già ottenute attraverso le sole tre stazioni di base. I risultati ottenuti sono piuttosto soddisfacenti, nonostante la distanza tra le stazioni interessate, e hanno permesso di ottenere le piogge giornaliere per l'intero periodo del "Buco di Caporetto" con un ragionevole margine d'incertezza, che dipende ovviamente dal mese considerato, a causa della sua specificità riguardo ai fenomeni coinvolti nell'evento. Di più, al fine di poter dimostrare più direttamente la bontà dei risultati, riportiamo qui di seguito alcuni dati concernenti il valore centrale e la deviazione standard delle curve Gaussiani (calcolate per ogni mese), che meglio si adattano alla distribuzione in frequenza degli scarti tra le precipitazioni giornaliere osservate e quelle stimate. Per quasi tutti i mesi, emerge una buona centratura della distribuzione attorno allo zero, ad una distanza ≤ 1 mm (fanno eccezione il mese di Febbraio con 2,5 mm, e quello di Settembre con -1.1 mm), mentre l'errore standard varia col mese, oscillando da meno di 4 mm (per i mesi d'Aprile e Dicembre) a circa 5 mm per gli altri mesi.

Abstract – In previous works, the evolution of the climate of the City of Udine in the time period from 1803 to 2003 has been analysed, in the context of the global climate-changes, only by introducing the monthly historical-series data of the precipitations and temperatures, coming from the three Observatories of "Udine-Venerio", "Udine-Technical Institute" and "Udine-Malignani" (this last, still in operation today). For a deeper understanding of the involved phenomena, we tried to increase as much as possible the time resolution of the time series, by putting inside it the ulterior observational data (possibly on a daily scale) still available in historical papers and up to now not yet used for the previous analysis. However, two very important holes still remained in the data series (at least on the daily scale), chiefly referring to the two time periods of (1843-1866) and (27 October 1917-31 December 1918), this last for historical reasons (retreat of Caporetto during the I World War) called in the following, "Hole of Caporetto". To start to solve this trouble, we have begun from the very delicate case of the "Hole of Caporetto", by developing a statistical procedure to estimate the daily precipitations in that period. To do this, it was based on the knowledge of the pertaining data of the more neighbouring stations (although quite far from each other, but the only ones in operation during that period of the I World War), i.e. those of Trieste, Venice and Padua, as well as those nearer, of "San Leonardo" in the surroundings of Cividale del Friuli and "Basaldella" (Pordenone), which unfortunately have available only the monthly datum. The adopted technique was based on the ratios of the data of Udine with those of a hypothetical reference station, defined by weighing in two different modes the data of the three stations of Trieste, Venice and Padua, firstly by the inverse square of their distance from Udine, secondly by the correlation between their respective precipitations. The monthly data of "San Leonardo" and of Basaldella have been used with a certain caution only to remodulate the intensity distributions of precipitation, already determined by using only the main reference stations. The obtained results are rather satisfactory, notwithstanding the distance between the involved stations, allowing determine daily-precipitations estimates for the whole period. Their uncertainty boundary appears reasonably small for all the months, although it was changed for each month, owing to its relative peculiarity for the involved phenomena in the event. Moreover, to may demonstrate more directly the goodness of the results, in what follows some statistical data, concerning both the centre and the standard deviation of the Gaussian fittings (calculated for each month) of the frequency distribution of the deviations, between each of the observed and estimated daily-precipitations, are also reported. For almost all months, it emerges a good centring around zero, at distance ≤ 1 mm (note the exception of February with 2.5 mm and September with -1.1 mm), whereas the standard errors varies with the month, oscillating from less than 4 mm, for the months of April and December, to 5 mm for the other ones.

1. Introduzione

In precedenti lavori (CESCHIA&PIETROBON, 2006; CESCHIA *ET AL.*, 2006; CESCHIA, 1999; CESCHIA&PIETROBON, 2004), al fine di effettuare uno studio complessivo dell'evoluzione del clima di Udine-Città negli ultimi due secoli (1803-2003), sono stati rappresentati in un'unica serie storica i dati mensili, relativi alle temperature e alle precipitazioni, appartenenti a tre Osservatori limitrofi che hanno operato a partire dall'inizio del secolo XIX, in siti collocati all'interno del Centro storico d'Udine. Questi

comprendono l'Osservatorio Venerio (1803-1842), quello dell'Istituto Tecnico d'Udine (1867-1914) e principalmente l'Osservatorio Malignani in funzione dal 1891, situato sul lato di Sud-Ovest della collina del Castello (138 m s.l.m.). I dettagli di tutti i dati disponibili per Udine e per le altre serie storiche limitrofe, coinvolte nel processo di validazione ed omogeneizzazione, ed in particolare della procedura seguita per la ricostruzione dei periodi mancanti, sono illustrati in CESCHIA&PIETROBON (2006). Al fine, non solo di aggiornare l'analisi, ma soprattutto di poterla approfondire con maggiori dettagli, si è aumentata la risoluzione temporale della serie storica di base, dalla scala mensile a quella giornaliera. Tuttavia, notevoli sono le difficoltà in cui s'incorre, a causa soprattutto di due buchi temporali principali, relativi essenzialmente ai periodi (1843-1866) e (27 ottobre 1917-31 dicembre 1918). Particolarmente delicata, ma fattivamente possibile, è stata, soprattutto, la ricostruzione dei dati mancanti di pioggia giornaliera del secondo periodo, pertanto in questo lavoro si è voluto illustrare con qualche dettaglio il metodo adottato per la sua ricostruzione per il periodo (27 ottobre 1917-31 dicembre 1918), denominato appunto "Buco di Caporetto", in quanto collegato all'evento storico della "Rotta di Caporetto" della Prima guerra mondiale, con la conseguente invasione del Friuli e la distruzione delle stazioni stesse da parte delle truppe austro-tedesche. Pertanto, durante quel periodo, non potendo funzionare quasi tutte le altre stazioni regionali, al fine di ricostruire i dati mancanti d'Udine-Città è stato necessario considerare soltanto le stazioni di Trieste, Venezia e Padova, e solo parzialmente le stazioni più vicine di Basaldella (PN) e S. Leonardo nel Cividalese (UD), in quanto per queste esistono solo i dati mensili.

Seguendo una prassi già consolidata in letteratura per ricostruire dati mancanti in serie temporali di precipitazioni giornaliere, ci si avvale solitamente del confronto tra stazioni vicine. Con tale contesto, un algoritmo "automatico ed obiettivo" è stato recentemente applicato con ottimi risultati da MAUGERI ET AL. (2006), per ricostruire serie temporali con buchi che non superino i 30 giorni, fondandosi su una procedura a regressione lineare multipla, ove i coefficienti della regressione e i parametri della distribuzione gamma delle precipitazioni giornaliere (necessari per rappresentare in termini di categorie di precipitazione i valori delle serie temporali) sono determinati per ogni giorno dell'anno e per tutti gli anni della serie attraverso un approccio "a finestra mobile" di 31 giorni, centrata sul giorno in esame. Tale metodo si basa essenzialmente su tre fasi. Nella prima, si valuta quali giorni sono piovosi e quali no, avendo ridotto, in particolare, le serie di precipitazioni in serie di categorie in base ai seguenti percentili della loro distribuzione cumulata di frequenza, cioè 50°, 75°, 90°, 95° e 99°. Nella seconda, i dati mancanti vengono determinati attraverso una regressione lineare multipla con i dati delle stazioni di riferimento. Infine, nella terza, i valori di precipitazione così ottenuti vengono "riscalati" in modo da mantenere la stessa distribuzione cumulata della serie originaria.

Per la ricostruzione del "Buco di Caporetto" (che abbraccia un periodo di 14 mesi e 4 giorni), l'approccio usato è quello del confronto con "una stazione ipotetica di riferimento". Questa ultima, nel nostro caso, è stata definita combinando i dati delle tre stazioni di Trieste, Venezia e Padova, ponderati in base o al quadrato della loro distanza (da quella d'Udine), o alla correlazione tra le rispettive precipitazioni. Le serie mensili di Basaldella (PN) e S. Leonardo (UD), (non avendo perdite) sono state usate per determinare con maggiore accuratezza i dati mensili mancanti e per rimodulare le distribuzioni di frequenza cumulata delle precipitazioni giornaliere.

Più in dettaglio, la procedura seguita comprende tre fasi fondamentali. Nella prima si valutano i valori mancanti di precipitazione **mensile** per Udine-Città nel periodo interessato (ottobre 1917-dicembre 1918). Dopo, si procede alla stima dei giorni piovosi e alla determinazione dei relativi valori di precipitazione, avvalendosi delle tre stazioni di riferimento di Padova, Trieste e Venezia non *in toto*, ma considerando, in particolare i 2 casi, ottenuti combinando le stazioni di riferimento, per le quali la perdita di giorni piovosi per Udine-Città è minore. Alla fine, per poter conservare anche l'andamento della distribuzione statistica delle piogge giornaliere, si procede al suo adeguamento (tipicamente distorto a favore degli eventi con precipitazioni meno intense), avvalendosi delle stazioni di Basaldella e S. Leonardo.

In conclusione, con tale metodo, nonostante la lunghezza del periodo di tempo coinvolto nella ricostruzione e la distanza dalle stazioni "vicine" utilizzabili, grazie anche alla disponibilità del dato mensile completo di Basaldella e S. Leonardo, è stato possibile ottenere le precipitazioni giornaliere per l'intero periodo con un soddisfacente margine d'incertezza (considerando sia il limitato numero di giorni perduti che l'andamento delle quantità di precipitazioni stimate), come illustrato in dettaglio nel capitolo conclusivo, nonché attraverso il confronto con i dati ottenuti applicando anche nel nostro caso l'approccio di MAUGERI ET AL.(2006).

2. Dati

I dati usati in questo lavoro per ricostruire le precipitazioni giornaliere d'Udine-Città, nel periodo del "Buco di Caporetto" (27 ottobre 1917-31 dicembre 1918), comprendono principalmente i dati giornalieri rilevati nel periodo 1912-1930 dai tre Osservatori di Padova, Trieste e Venezia. Notiamo che per queste tre città, pur essendo relativamente lontane da Udine, il fenomeno della precipitazione ha un andamento molto simile, anche se talora, e soprattutto durante certi periodi dell'anno, si possono verificare alcune anomalie importanti. Ciononostante, avvalendosi dei dati di tali Osservatori e anche del contributo delle due stazioni relativamente molto più vicine a Udine (le uniche peraltro rimaste in operazione durante quel periodo) di San Leonardo (UD) e Basaldella (PN), di cui purtroppo sono disponibili soltanto i dati di precipitazione mensile, si sono ottenuti dei risultati piuttosto soddisfacenti per le stime dei dati giornalieri mancanti del "Buco di Caporetto".

Un elenco dei dati usati a tal fine è mostrato nel seguito:

- a) Precipitazioni giornaliere registrate
 - (i) All'Osservatorio Malignani d'Udine-Castello, dal 1 gennaio 1912 al 26 ottobre 1917 e dal 1 gennaio 1919 al 31 dicembre 1930
 - (ii) All'Osservatorio di Trieste, dal 1 gennaio 1912 al 31 dicembre 1924
 - (iii) All'Osservatorio Astronomico di Padova, dal 1 gennaio 1912 al 31 dicembre 1924
 - (iv) All'Osservatorio del Magistrato alle Acque di Venezia, dal 1 gennaio 1912 al 31 dicembre 1924.
- b) Precipitazioni mensili registrate (a cura del Magistrato alle Acque di Venezia)
 - (i) A Basaldella, PN (Bacino del Meduna), disponibili dal gennaio 1912 al dicembre 1924 e dal febbraio 1926 al dicembre 1930
 - (ii) A San Leonardo nel Cividalese (Bacino principale Isonzo), dal gennaio 1912 al settembre 1917 e dal gennaio 1918 al dicembre 1930.

3. Metodo

Il procedimento adottato è in generale fondato sulla tecnica del confronto con il dato di un'appropriata stazione di riferimento (i cui dati sono stati calcolati con un'operazione di media ponderata dai dati giornalieri delle stazioni di base di Padova, Trieste e Venezia, o col criterio della distanza delle stazioni, o con quello della correlazione tra i dati) e l'introduzione d'opportuni controlli per valutare l'effettiva presenza, o no, di precipitazione a Udine. Operativamente, al fine della migliore stima possibile del dato mancante, si è cercato dapprima di combinare dette stazioni di base in modo da poter evidenziare la loro influenza potenziale non solo sulla quantità, ma soprattutto sulla presenza o meno per un dato giorno dell'evento stesso di precipitazione. In questo modo è stato possibile distinguere tra le differenti sequenze di valori possibili (forniti automaticamente dal calcolo) quelle che rappresentano meglio sia la distribuzione della quantità osservata che quella dei giorni effettivi con precipitazione. Le stazioni di base, invero, anche se relativamente lontane da Udine (Padova dista in linea d'aria circa 128 km da Udine, Trieste circa 62 km e Venezia circa 99 km), hanno caratteristiche meteoroclimatologiche generalmente abbastanza simili per eventi a scala regionale, ad eccezione di qualche caso speciale, come tipicamente avviene, soprattutto, quando ci sono fenomeni temporaleschi, ecc. Pertanto, sebbene queste stazioni non possano sempre garantire una perfetta similarità di comportamento, sicuramente, sono in grado di fornire, per la maggior parte degli eventi, non solo una stima sufficientemente buona della sua effettiva presenza, ma anche della grandezza dell'evento. Ciò è stato reso possibile anche grazie alla disponibilità delle precipitazioni mensili di Basaldella e San Leonardo (stazioni molto più vicine a Udine di quelle di Padova, Trieste e Venezia, distanti in linea d'aria da Udine, rispettivamente 34 km e 24 km circa), che hanno giocato un ruolo importante non solo per migliorare la stima del dato mensile, ma soprattutto ai fini di poter perfezionare anche quello giornaliero. In particolare, per ciascun mese dell'anno, si è cercato, con l'ausilio di questi dati, di migliorare la distribuzione in frequenza cumulata dell'intensità delle precipitazioni calcolate, applicando opportune correzioni in modo da rendere la distribuzione stimata più vicina possibile a quella dei dati osservazionali, come sarà illustrato nella "*Fase 3*" di questo capitolo.

Fase 1: Determinazione dei valori mancanti di precipitazione mensile a Udine-Città nel periodo ottobre 1917-dicembre 1918

I valori mensili di precipitazione osservati nelle stazioni di Basaldella e San Leonardo nel periodo 1912-1930 sono stati confrontati con i corrispondenti valori mensili (ovviamente, nel periodo in cui essi erano noti) per Udine-Città, al fine di determinarne i rapporti di correlazione per ciascuna delle due stazioni. Questi, poi, sono stati utilizzati per la stima dei valori delle precipitazioni mensili per un'ipotetica stazione di riferimento, combinando i valori mensili delle due stazioni, pesati con il quadrato delle rispettive correlazioni (vedi **Tabella 1**). Questa operazione è stata ripetuta considerando di seguito i valori di precipitazione distinti anche per bimestre, per stagione, per semestre, ed infine mettendoli tutti assieme. Per la maggior parte dei mesi, la stima migliore (vale a dire caratterizzata da scarti minimi dai valori osservati) è stata ottenuta con la suddivisione per mese, tuttavia, per quelli di febbraio, giugno, settembre e dicembre, le altre scelte

considerate, escluso il caso per semestre, hanno fornito stime migliori. I valori così ottenuti per detta stazione di riferimento sono stati poi normalizzati a quelli d'Udine-Città utilizzando il rapporto tra la quantità di pioggia osservata per Udine-Città e quella della stazione di riferimento, nell'ipotesi che le loro distribuzioni in frequenza, anche nell'arco del periodo preso in considerazione, si fossero mantenute "perfettamente simili", data la loro vicinanza e l'elevata correlazione esistente (Vedi **Tabella 1**).

Tabella 1 – Correlazione mensile tra la stazione di riferimento e quella d'Udine-Città, e tra questa e le stazioni di Basaldella e San Leonardo, rispettivamente.

Mese	Correlazione Udine-Città – Stazione di riferimento	Correlazione Udine-Città - Basaldella	Correlazione Udine-Città – San Leonardo	Media delle Precipitazioni mensili di Udine-Città	Media delle precipitazioni della Stazione di riferimento	Media delle precipitazioni della Stazione di Basaldella	Media delle precipitazioni della Stazione di S. Leonardo
Gennaio	0.864	0.747	0.874	82.2	104.7	104.7	108.2
Febbraio	0.928	0.910	0.888	74.3	84.0	59.4	104.8
Marzo	0.932	0.838	0.945	133.6	181.4	173.6	189.6
Aprile	0.876	0.821	0.877	138.1	211.4	202.4	213.5
Maggio	0.910	0.730	0.890	132.8	161.1	173.2	153.5
Giugno	0.920	0.773	0.844	139.6	177.3	182.4	174.9
Luglio	0.761	0.625	0.763	108.7	139.5	124.8	145.3
Agosto	0.888	0.595	0.871	123.9	153.7	122.4	163.0
Settembre	0.891	0.896	0.660	141.5	164.8	156.5	168.2
Ottobre	0.842	0.805	0.723	115.4	158.0	145.8	171.4
Novembre	0.911	0.806	0.909	149.9	192.5	159.5	225.5
Dicembre	0.912	0.792	0.942	98.3	118.2	94.7	138.6

Fase 2: Scelta della migliore combinazione delle stazioni di Padova, Trieste e Venezia per la determinazione della presenza di precipitazioni giornaliere più probabili per Udine-Città nel periodo del "Buco di Caporetto"

Al fine di poter valutare il contributo di ciascuna delle tre stazioni di base alla stima della presenza effettiva di precipitazione a Udine-Città, si è proceduto combinando in vario modo il dato di presenza di precipitazione nelle tre stazioni di base, utilizzando i seguenti sette casi alternativi, e cioè presenza di precipitazione:

- I. In almeno una stazione
- II. In almeno due stazioni
- III. In tutte e tre le stazioni
- IV. Nelle stazioni di Padova e Trieste
- V. Nelle stazioni di Trieste e Venezia
- VI. Nelle stazioni di Padova e Venezia
- VII. Nelle stazioni di Trieste e, o di Padova o di Venezia (assumendo che le precipitazioni a Padova e Venezia avessero lo stesso andamento).

Considerando i giorni, in cui la precipitazione a Udine-Città era nota, si è potuto distinguere due casi in cui la stima coincideva con l'effettiva presenza (o assenza di precipitazione) e due in cui non c'era questa corrispondenza. Per i mesi da maggio ad agosto, si è potuto constatare che una perdita minore di giorni di pioggia accadeva nel caso in cui la precipitazione era presente in almeno una stazione (I° caso), mentre per i mesi

da settembre ad aprile in almeno due (II° caso). Il loro numero è stato ottenuto sottraendo ai giorni con precipitazione, per i quali essa non era stata prevista, quelli privi di precipitazione, per i quali lo era stata. Fortunatamente, ciò ha determinato una perdita di solo l'1,7% dei giorni con effettiva precipitazione (vedi **Tabella 2**). Qualche incertezza, tuttavia, permaneva ancora per il mese di Febbraio, per il quale la migliore soluzione (in pratica senza alcuna perdita di giorni di precipitazione) è stata ottenuta adottando il caso, in cui si richiedeva la presenza di precipitazione a Trieste e alternativamente o contemporaneamente a Padova e a Venezia. Tuttavia, per ragioni di semplicità, si è deciso di adottare anche per Febbraio il II° caso.

In conclusione, considerando i risultati alternativi per i differenti casi mostrati in **Tabella 2**, ed, in particolare, per il caso misto ottenuto mediando il I° e II° caso, è immediato osservare che questo ultimo assicura una percentuale di perdita trascurabile (valutata tenendo conto del periodo di tempo in cui ci sono le osservazioni) in quanto tiene conto della diversa natura dei fenomeni di precipitazione durante i vari mesi dell'anno. La perdita relativa quasi nulla di giorni con precipitazione, ottenuta applicando tale scelta alternativa, nonostante lo sfasamento del giorno verificatosi per qualche stima, ci rassicura sulla bontà della procedura seguita.

Vogliamo osservare ancora che, data la loro peculiarità meteorologica, per i mesi d'Agosto e Settembre, si sono incontrate le maggiori difficoltà di stima. Infatti, lo scarto tra le stime per i giorni di precipitazione ottenute applicando alternativamente il I° ed il II° caso è di circa 40 giorni (158 giorni ottenuti nel I° caso a fronte di 101 ottenuti nel II° per il mese di Agosto, e 152 giorni ottenuti nel I° caso a fronte di 106 ottenuti nel II° per il mese di Settembre), su un totale di circa 130 giorni di precipitazione (138 giorni per Agosto e 127 per Settembre) come illustrato in **Figura 1**, mentre per tutti gli altri mesi non si sono riscontrate mai differenze tanto rilevanti.

Si è quindi proceduto alla determinazione dei valori di precipitazione giornalieri per la stazione d'Udine-Città per ciascun caso, sulla base sia della distanza geografica sia delle correlazioni calcolate a scala mensile.

Tabella 2 – Numero dei giorni in cui la stima coincide con l'effettiva presenza o assenza di precipitazione e quelli in cui non c'è questa corrispondenza per i sette casi considerati ed il caso misto ottenuto dai primi due, applicando, ai fini della determinazione della stazione di riferimento, alternativamente, il criterio della distanza o quello della correlazione tra i dati osservati.

*

a) Criterio della distanza	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4	Caso 5	Caso 6	Caso 7	Mix 1e 2
No Prev. No	2153	2474	2638	2603	2605	2540	2570	2386
No Prev. Sì	562	241	77	112	110	175	145	329
Sì Prev. No	235	486	800	702	733	651	635	357
Sì Prev. Sì	1368	1117	803	901	870	952	968	1246
Totale giorni considerati	4318	4318	4318	4318	4318	4318	4318	4318
% Corretti	81.5%	83.2%	79.7%	81.1%	80.5%	80.9%	81.9%	84.1%
% Errati	18.5%	16.8%	20.3%	18.9%	19.5%	19.1%	18.1%	15.9%
% Giorni con Prec. perduti	20.4%	15.3%	45.1%	36.8%	38.9%	29.7%	30.6%	1.7%

b) Criterio delle correlazioni	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4	Caso 5	Caso 6	Caso 7	Mix 1 e 2
No Prev. No	2152	2473	2638	2603	2605	2540	2570	2383
No Prev. Sì	563	242	77	112	110	175	145	332
Sì Prev. No	239	486	80 0	70 2	733	651	635	360
Sì Prev. Sì	1364	1117	803	901	870	952	968	1243
Totale giorni considerati	4318	4318	4318	4318	4318	4318	4318	4318
% Corretti	81.4 %	83.1%	79.7 %	81.1 %	80.5%	80.9 %	81.9 %	84.0 %
% Errati	18.6 %	16.9%	20.3 %	18.9 %	19.5%	19.1 %	18.1 %	16.0 %
% Giorni con Prec. perduti	20.2 %	15.2%	45.1 %	36.8 %	38.9%	29.7 %	30.6 %	1.7%

- Le abbreviazioni "Prev." e "Prec." stanno, rispettivamente, per previsione e precipitazione.

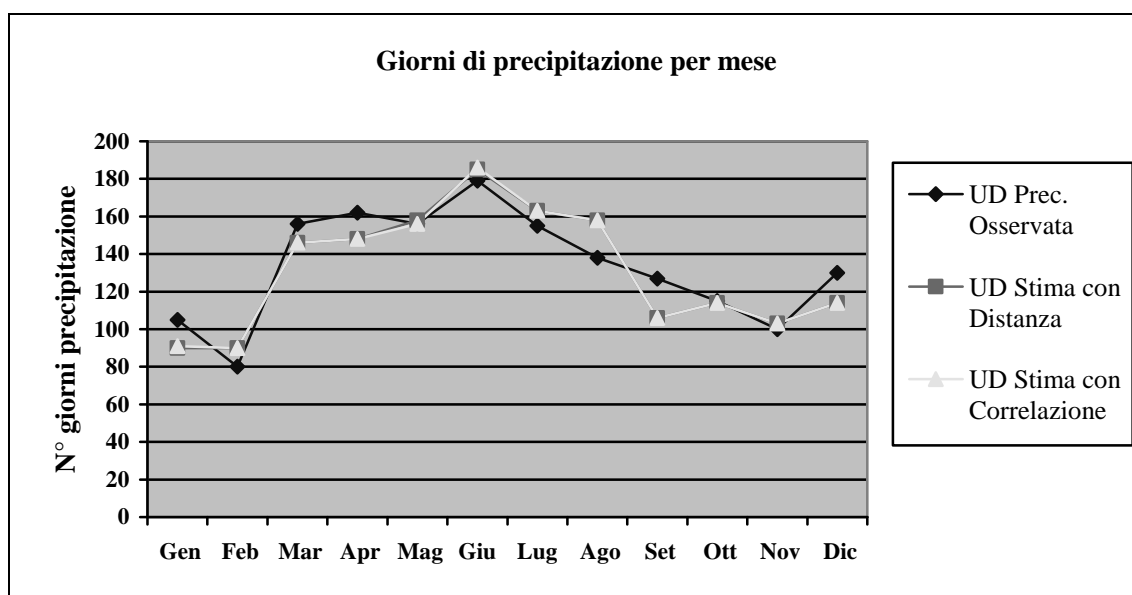


Figura 1 – Distribuzione in frequenza del numero dei giorni di precipitazione osservati e di quelli stimati per Udine –Città (per il periodo da maggio ad agosto adottando il I° caso e da settembre ad aprile il II° caso).

Fase 3: Determinazione dei dati giornalieri di precipitazione per Udine-Città, combinando opportunamente quelli osservati a Padova, Trieste e Venezia

Utilizzando i casi della presenza di precipitazione in almeno una e in almeno due tra le stazioni di Padova, Trieste e Venezia (I° e II° caso), si è proceduto alla determinazione della precipitazione giornaliera per la stazione di riferimento sia con il criterio della distanza, sia con quello della correlazione.

D'altra parte, purtroppo, le distribuzioni in frequenza, per i singoli mesi, delle precipitazioni giornaliere per la stazione di riferimento e quelle d'Udine-Città sono risultate solitamente difformi, caratterizzate complessivamente da un maggiore addensamento d'eventi in corrispondenza di precipitazioni di minore intensità. Pertanto, vista la sottostima delle quantità di precipitazione ottenute con la stazione di riferimento, si è dovuto ricorrere ad un adeguamento dei valori calcolati in modo da ottenere quantità analoghe a quelle normalmente registrate dalla stazione d'Udine-Città, e conseguentemente anche delle distribuzioni di frequenza, in modo da ottenere una forma più vicina possibile a quella reale (vedi **Figura 2**). A tale scopo, fondandosi sull'andamento tipico per Udine della distribuzione in frequenza della precipitazione giornaliera nei vari mesi dell'anno (ai fini di una rappresentazione sufficientemente smussata) è stata adottata la scelta di suddividere l'intervallo della grandezza della precipitazione nei 7 sottointervalli mostrati in **Tabella 3**, in modo da poter confrontare le percentuali degli eventi calcolati d'ogni singolo intervallo con quelle degli eventi effettivamente osservati. Qualche dettaglio della procedura è illustrato qui di seguito. Operando sui singoli intervalli, partendo da quello contenente le precipitazioni di minore entità (da 0 a 5 mm) solitamente caratterizzato da una maggiore percentuale d'eventi, si è proceduto all'applicazione di un fattore moltiplicativo a tutte le precipitazioni maggiori del valore minimo dell'intervallo preso in esame (in questo caso a tutte essendo il valore minimo pari a 0 mm). Applicando un fattore moltiplicativo maggiore di 1 si ottiene un aumento complessivo dei valori di precipitazione ed uno spostamento degli eventi di precipitazione verso gli intervalli successivi ed una diminuzione della percentuale d'eventi nell'intervallo presso in considerazione. D'altra parte, con un fattore moltiplicativo minore di uno si ottiene l'effetto opposto, tuttavia, in questo caso si possono avere perturbazioni indesiderate della percentuale d'eventi dell'intervallo precedente con la necessità di rivedere il fattore moltiplicativo eventualmente già applicato. Questa operazione d'adeguamento è stata ripetuta per ciascun mese, con il vincolo generale che i dati mensili per il periodo mancante fossero il più possibile vicini a quelli stimati avvalendosi dei dati osservazionali di Basaldella e San Leonardo.

Tabella 3 – Raggruppamento delle precipitazioni in sette sottointervalli ai fini dell'adeguamento della distribuzione dei dati stimati a quella dei dati osservati.

Sottointervalli di precipitazione in mm						
0 - 5	5 - 15	15 - 25	25 - 40	40 - 60	60 - 80	> 80

L'avvicinamento era garantito dall'applicazione dei migliori fattori moltiplicativi, scelti in un intervallo di valori possibili, in modo da ottenere la stessa percentuale d'eventi in ciascun sottointervallo. Questo compito è stato raggiunto, in pratica, scegliendo il parametro più grande che assicurava il migliore avvicinamento del dato mensile di precipitazione a quello stimato con le Stazioni di Basaldella e San Leonardo. Si osserva, in particolare, che tale operazione è efficace per i primi 3-4 sottointervalli (quelli più popolati), per gli altri, invece, la ricerca di un determinato fattore moltiplicativo era poco efficace per la scarsità d'eventi presenti, lasciando ampio spazio a valutazioni arbitrarie. In pratica, per risolvere il problema anche per tali sottointervalli, si è cercato di garantire che gli eventi stimati con precipitazioni >40 mm conservassero in

media la stessa densità di frequenza di quelli reali. Alla fine, inoltre, si è scoperta un'altra fonte d'incertezza determinata dalla presenza di qualche errore di registrazione nei dati delle due stazioni considerate. Ciò è stato suffragato, invero, dall'applicazione alla sequenza dei valori mensili d'Udine-Città a fronte di quelli della stazione di riferimento (ottenuta dalle due stazioni di Basaldella e S. Leonardo) del test d'Alexandersson (vedi **Figura 3**), da cui, in particolare per il periodo tra il 1914 e il 1916, emergono alcune evidenti incongruenze.

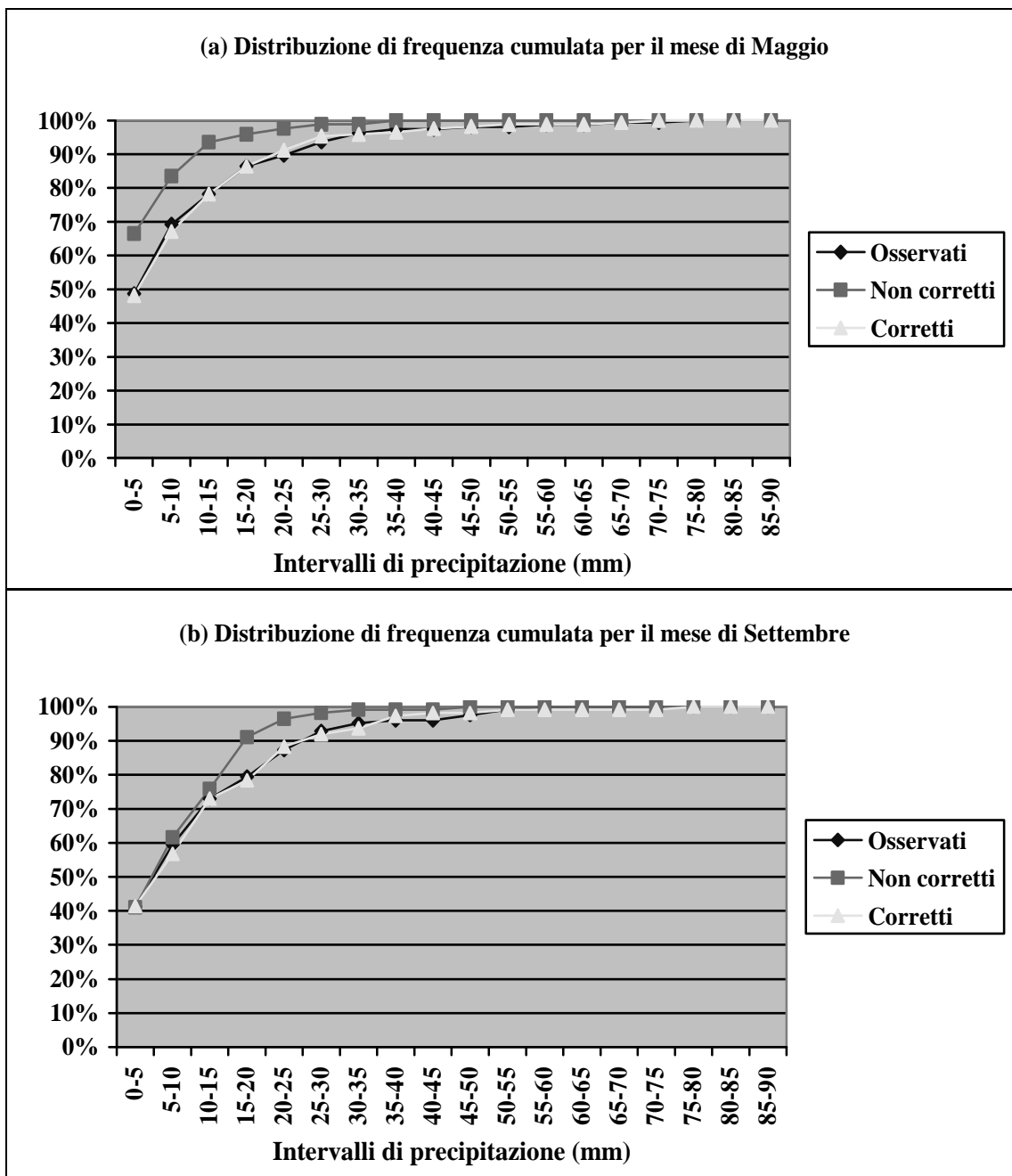


Figura 2 – Esempio di distribuzione di frequenza cumulata degli eventi di precipitazione del mese di maggio (a) e del mese di settembre (b) nel periodo 1912-1924 per intervalli di precipitazione, considerando i dati osservati e quelli calcolati, corretti e non corretti.

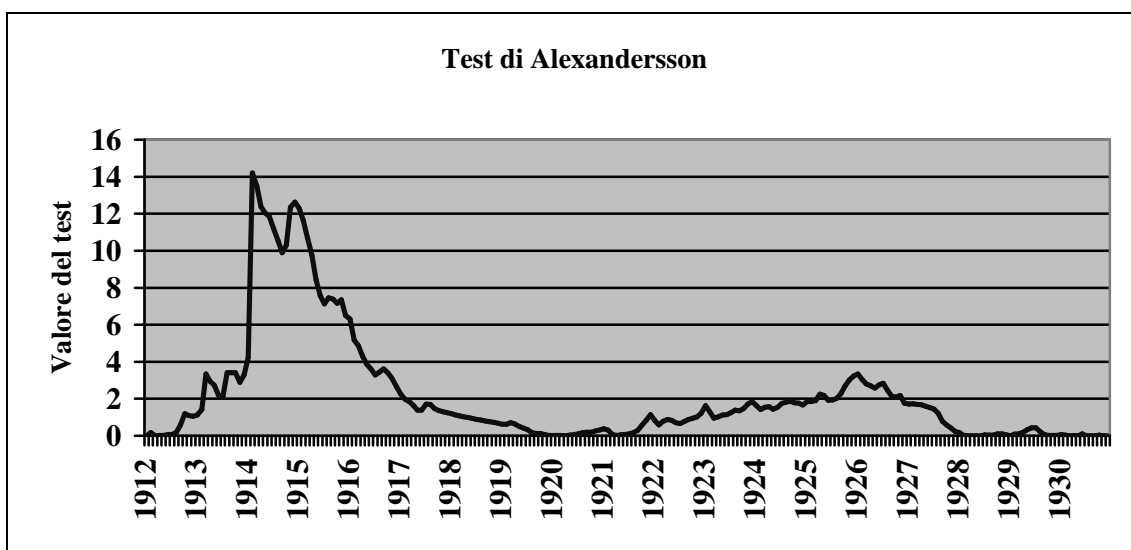


Figura 3 – Risultato dell'applicazione del test di Alexandersson tra i valori mensili delle precipitazioni di Udine-Città e quelli della stazione di riferimento, ottenuta combinando i dati di Baisaldella e San Leonardo.

4. Risultati e conclusione

In **Tabella 4** sono riportati i valori di precipitazione giornaliera d'Udine-Città stimati per il periodo ottobre 1917 – dicembre 1918. I dati ottenuti riproducono piuttosto fedelmente le quantità di precipitazione ed il numero complessivo dei giorni con precipitazione, ma permane ancora qualche incertezza sulla data effettiva a cui tali eventi si riferiscono, a causa dello sfasamento temporale, che in qualche caso può verificarsi, tra le stazioni di riferimento e quella d'Udine-Città. Tale effetto è tanto più importante secondo la natura delle perturbazioni che determinano l'evento, se questo è d'origine sinottica o di tipo convettivo locale. L'accuratezza statistica dei risultati ottenuti è confermata anche dai grafici della **Figura 4**, ove sono mostrati gli istogrammi della distribuzione degli scarti tra le precipitazioni giornaliere osservate e quelle stimate per ciascun mese, ove la curva in rosso corrisponde alla distribuzione normale che meglio si adatta al loro andamento. Per maggiori dettagli, in **Tabella 5** sono riportati, alcuni parametri caratteristici della migliore distribuzione normale per mese, dove R è il coefficiente di determinazione corretto, y_0 è l'*offset* (traslazione) della linea di base, x_c il centro del picco, w è la larghezza del picco a metà altezza (approssimativamente il doppio dell'errore standard), A è l'area totale sotto la curva dalla linea di base.

Per quanto concerne i dati usati per la stima, si ricorda ancora una volta, che si è necessariamente dovuto scegliere quelli degli Osservatori più "vicini" (che hanno potuto operare senza soluzioni di continuità, nonostante l'emergenza della I Guerra Mondiale in corso) e cioè quello di Trieste (dietro il fronte di guerra), e quelli di Venezia e Padova (oltre il Piave, il fiume attorno al quale è avvenuto lo scontro cruciale dopo la "Rotta di

Caporetto"). Inoltre, è stato importante poter disporre anche dei dati mensili senza lacune delle stazioni di S. Leonardo (nel Cividalese) e Basaldella (PN). Il periodo di tempo considerato è centrato attorno a quello interessato dalla stima e va dal 1912 al 1924. Solo per tale periodo, invero, erano disponibili dati registrati completi e validati, pur con qualche dato incerto che si è dovuto ulteriormente verificare. D'altra parte, tale periodo è sufficientemente lungo e statisticamente significativo per il numero dei dati coinvolti. Inoltre, essendo centrato attorno al periodo interessato dalla ricostruzione, è ragionevole assumere che esso abbia, anche al suo interno, un andamento abbastanza simile per quanto attiene la distribuzione delle precipitazioni stesse. La **Figura 5**, ove è mostrato l'andamento a scala stagionale del confronto tra la distribuzione in frequenza delle precipitazioni giornaliere osservate e di quelle stimate, conferma con ragionevole approssimazione la bontà delle ipotesi fatte.

Vogliamo ora fornire qualche dato sul confronto tra i risultati ottenuti per il caso del "Buco di Caporetto" con il metodo del presente lavoro (fondato sostanzialmente sulla ricerca della combinazione più efficace delle stazioni di riferimento), e quelli ottenibili applicando quello adottato da MAUGERI ET AL. (2006), già illustrato con qualche dettaglio nel capitolo introduttivo. Detti risultati appaiono sostanzialmente molto simili, nonostante la diversità dell'approccio, e presentano problematiche analoghe con certe perdite o eccessi di numero di giorni piovosi nei vari mesi dell'anno. Quantificando l'effetto delle differenze tra i risultati ottenuti con i due metodi, si osserva che, usando il nostro, si ottiene una percentuale corretta di stime, leggermente più bassa (per pochi decimi: 84.0 % contro 84.2 % di giorni corretti a fronte di una percentuale massima possibile di stime corrette del 94.5%), ma con una percentuale di perdita di giorni piovosi minore (1-2 % in meno). Questi dati confermano che il metodo di MAUGERI ET AL. (2006) mantiene la sua efficacia, nonostante l'ampiezza dell'intervallo temporale interessato dalle lacune.

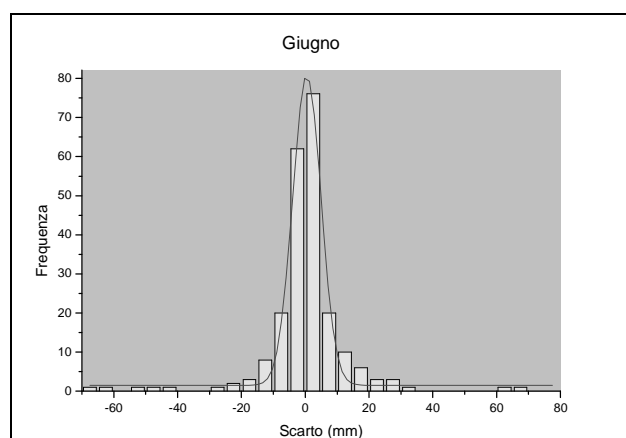
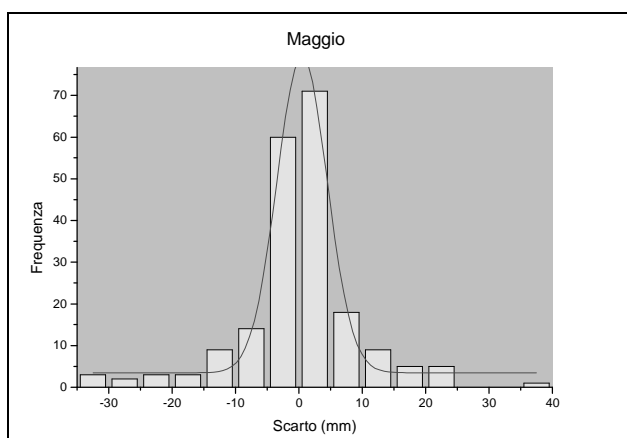
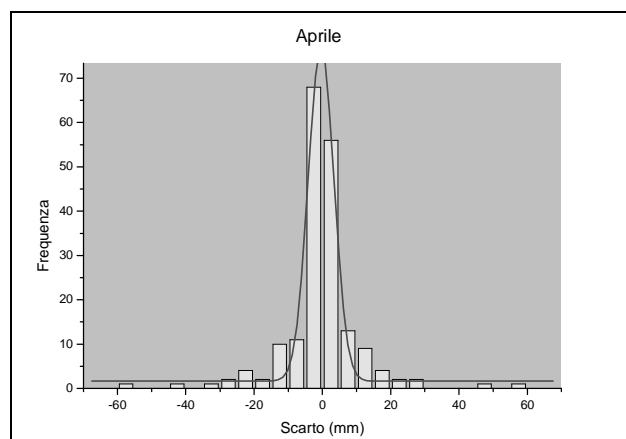
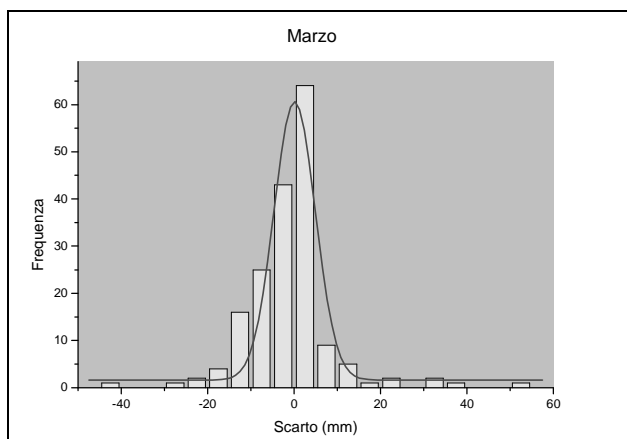
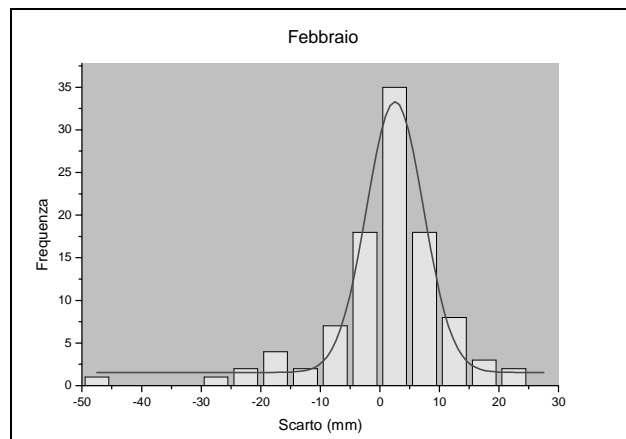
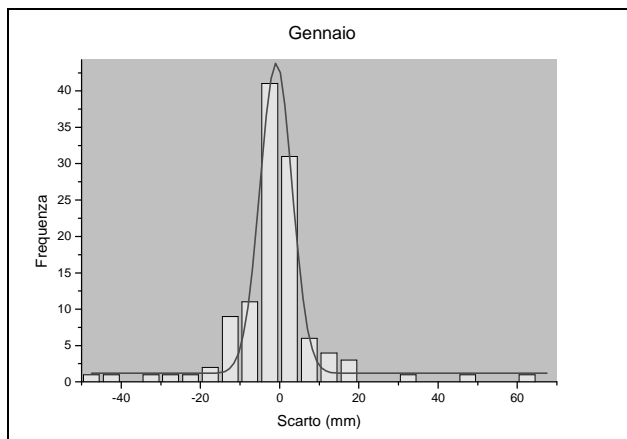
Con l'intento di poterne aumentare ulteriormente l'efficienza, si è cercato di analizzare ed eventualmente risolvere qualche criticità ancora presente nella procedura. La più appariscente consiste nell'impossibilità di distinguere i giorni, con precipitazioni di pochi mm, da quelli senza precipitazioni, in quanto per parecchi casi può succedere che questi assumano lo stesso valore di categoria determinato per la soglia. Con tale contesto, a margine del presente lavoro, abbiamo trovato che anche detti casi si potevano classificare correttamente, avvalendosi dell'approccio del presente lavoro. Pertanto, aggiungendo un complemento alla procedura, è stato possibile non solo ridurre ulteriormente la percentuale di precipitazioni perse (per cui per il nostro caso questa si riduce allo 0.5 %), ma anche conservare anche quella già ottimale delle previsioni corrette.

Alla fine, ci sia consentito di rimarcare l'importanza generale del risultato di questo lavoro, non solo per avere raggiunto le finalità contingenti di cancellare un grosso buco nella serie storica bicentenaria d'Udine-Città (mantenendo la sua omogeneità), ma soprattutto perché questo costituisce un esempio d'applicazione utile per affrontare situazioni analoghe, ove si presenti la necessità di colmare estese perdite di precipitazioni giornaliere in serie temporali, od anche per affrontare i problemi legati alla costruzione di grigliati (*gridding*) storici di dati meteo-climatici per una data regione, fondamentali per le più svariate applicazioni da parte d'utenti ordinari e di pianificatori. Cogliamo anche l'occasione per ricordare che la disponibilità di dati in forma di grigliati consente un legame più diretto tra l'informazione proveniente dal dato storico e dalle reti di mo-

onitoraggio moderne. Tale legame, invero, è di particolare rilevanza al fine di porre il dato presente in una prospettiva a più lungo termine, consentendo in tal modo un monitoraggio più efficace anche dei cambiamenti climatici in atto.

Tabella 4 – Stima delle precipitazioni giornaliere per Udine-Città nel periodo del buco di Caporetto (27 Ottobre 1917-31 Dicembre 1918)

Giorno	Ott 1917	Nov 1917	Dic 1917	Gen 1918	Feb 1918	Mar 1918	Apr 1918	Mag 1918	Giu 1918	Lug 1918	Ago 1918	Set 1918	Ott 1918	Nov 1918	Dic 1918
1						0,3	26,4	2,8		2,3			27,6		
2			0,8			6,7	3,3			2,1		12,4	6,8	1,2	
3						25,7		1,2	18,2	0,5	25,5			1,5	
4						17,5			14,3	1,5	13,9			0,3	
5							0,5		10,5	1,5				0,3	
6	9,9					20,6			1,1	7,3	22,5				
7				34,8		1,1		28,6	0,2		30,4				
8		32,1		19,0		0,5		0,5				6,3		1,1	
9		3,2		2,1			2,9	1,6		0,6	55,1		15,2		
10	1,0	36,0					18,7	2,3		8,8	13,0		2,4		
11	15,7	11,5	12,4				0,6		42,1	13,7			3,8		
12		3,9	11,3					0,2	35,2	5,6					5,1
13		5,3		4,6			5,1		2,5		2,1		4,6		
14	8,9	0,8					4,6	16,5					55,5		
15							14,3	19,9	2,1				55,2		
16			5,3	1,0				21,0					8,6		
17	26,2		6,7						2,5				10,5	1,5	27,8
18	7,7						26,9		15,8				16,7		0,7
19	23,2			0,2			29,3		0,5				14,3		10,1
20	38,0								32,8						
21	1,1		8,4				10,4			0,6					
22			1,2				1,7			4,2					
23									7,6			20,0			
24	45,1						2,6	0,5				23,1	8,5	8,0	24,8
25		20,5					1,4		6,8		12,9			0,9	4,1
26		20,1			0,2	14,0	9,3	11,3	4,2	0,5	8,9				
27	3,4						13,7	9,5	14,9	18,1	32,1	3,3	3,3		
28	31,5		0,2		4,1		5,0					15,2			
29	4,0		1,2				9,1	0,5	0,7	0,3	35,6		0,6		
30	14,7						0,7		0,2		4,8				
31						1,8				0,5					9,2



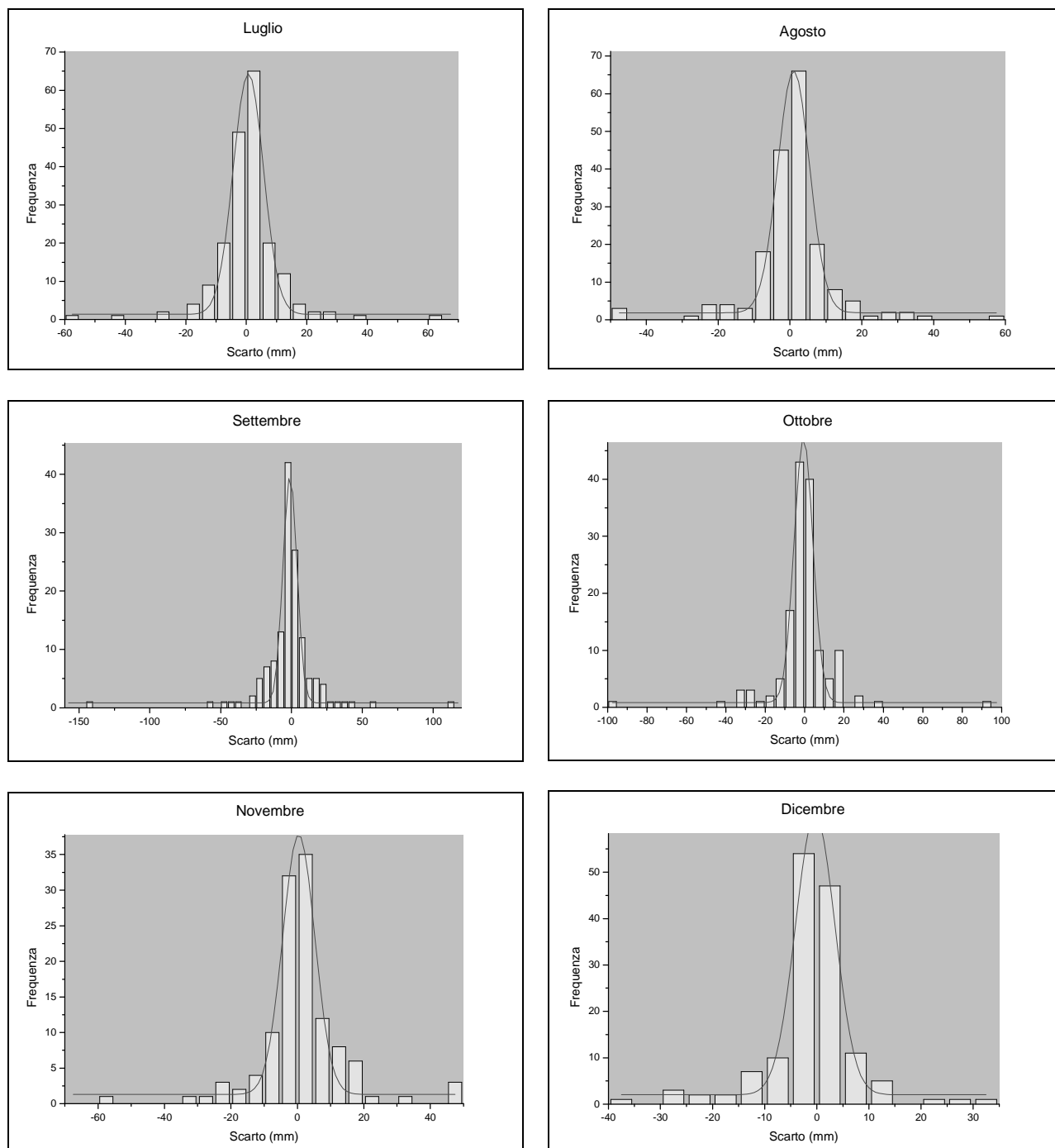
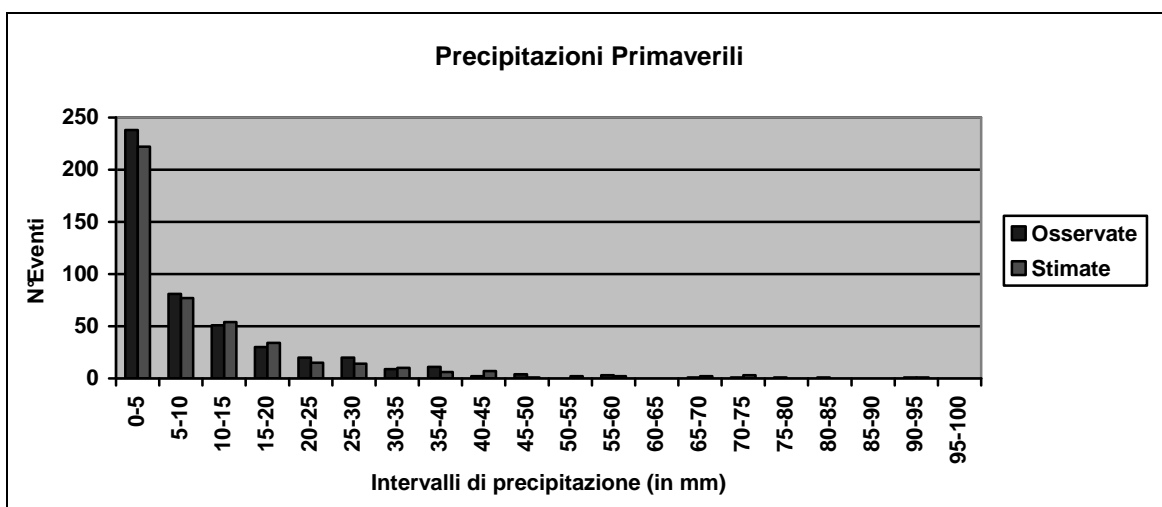
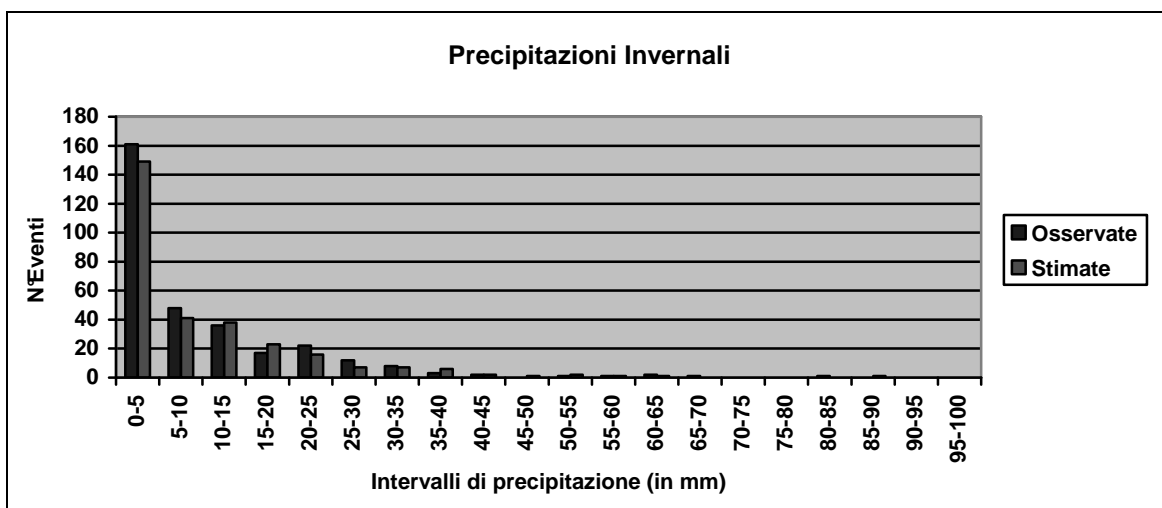


Figura 4 – Distribuzione in frequenza del numero degli scarti tra le precipitazioni giornaliere osservate per ciascun mese e quelle calcolate col metodo di stima illustrato nel presente lavoro. La curva in rosso corrisponde alla distribuzione normale che meglio si adatta all'andamento degli scarti.

Tabella 5 – Parametri della migliore distribuzione normale per mese, dove R_2 è il coefficiente di determinazione corretto, y_0 è l'offset della linea di base, x_c il centro del picco, w è la larghezza del picco a metà altezza (approssimativamente il doppio dell'errore standard), A è l'area totale sotto la curva dalla linea di base.

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
R_2 corretto	0,96	0,96	0,89	0,97	0,98	0,98	0,97	0,97	0,92	0,96	0,96	0,99
y_0	1,19	1,55	1,61	1,64	3,47	1,51	1,35	1,84	0,81	0,83	1,30	1,50
x_c	-0,89	2,55	0,12	0,41	-	0,50	0,48	0,67	1,11	-	0,55	0,63
w	8,08	9,57	9,56	7,48	7,93	8,91	9,99	8,91	9,79	9,59	9,70	7,48
A	432	381	708	710	755	884	789	718	479	559	443	590



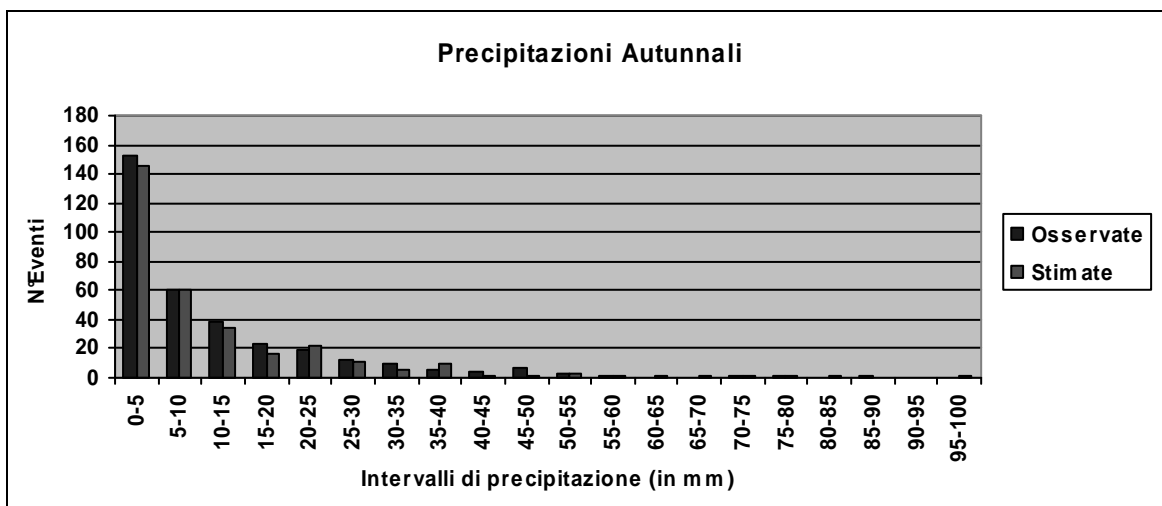
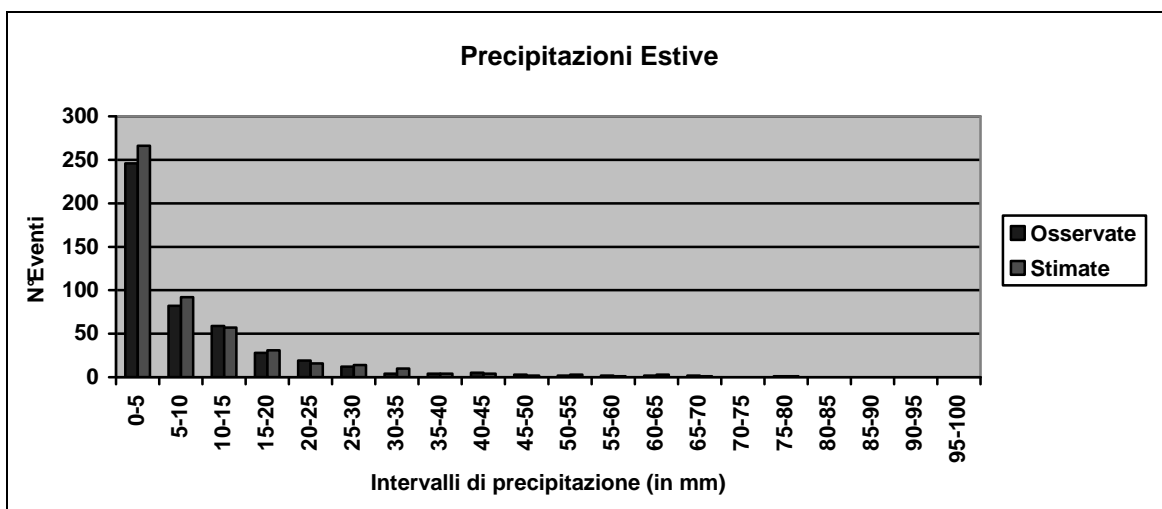


Figura 5 – Distribuzione in frequenza per stagione delle precipitazioni giornaliere osservate e di quelle stimate

Bibliografia

- CESCHIA M., PIETROBON V. (2006) Analisi dell'evoluzione del clima regionale nel contesto globale basandosi sulla serie osservazionale bicentennale di Udine, nel volume: *La variabilità del clima locale relazionata ai fenomeni di cambiamento climatico globale*, Collana di Geografia ed Organizzazione dello Sviluppo Territoriale – Sezione di Studi, Pàtron ed., Bologna.
- CESCHIA M., CESCHIA E., PIETROBON V. (2006) Una scala bicentennale (1803-2003) per studiare l'evoluzione climatica di Udine, *Rassegna Tecnica del Friuli Venezia Giulia*, 1, 18-21.
- CESCHIA M. (1999) La serie storica d'Udine: analisi dell'evoluzione delle temperature e delle precipitazioni negli ultimi cento anni, pp. 77-97 in *Atti del Convegno "Due secoli d'osservazioni meteorologiche a Mantova"*, (Mantova, 22 Ottobre 1998).
- CESCHIA M., PIETROBON V. (2004) *Analisi dell'evoluzione a scala bicentennale della temperatura dell'aria e delle precipitazioni per la Città di Udine nel contesto del Riscaldamento Globale e dell'Effetto serra*, Primo Congresso seriale "Qualità dell'aria nelle Aree Industriali ed Urbane", Università d'Udine, 16 Dicembre 2004.
- MAUGERI M., BRUNETTI M., BUFFONI L., LENTINI G., MANGIANTI F., MONTI F., NANNI T., PASTORELLI R. (2006) Esame critico e omogeneizzazione delle serie storiche secolari italiane di dati meteorologici e analisi delle tendenze nei dati barometrici, nel volume: *La variabilità del clima locale relazionata ai fenomeni di cambiamento climatico globale*, Collana di Geografia ed Organizzazione dello Sviluppo Territoriale – Sezione di Studi, Pàtron ed., Bologna.