



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

DIPARTIMENTO DI SCIENZE CHIMICHE

DIPARTIMENTO DI GEOSCIENZE

Corso di laurea in Scienze e Tecnologie per l'Ambiente

**Cambiamenti climatici nelle serie pluviometriche delle stazioni
di Fortogna (BL), Nervesa della Battaglia (TV) e Thiene (VI)**

RELATORE: Prof. Paolo Fabbri

LAUREANDA: Vittoria Spiller

Matricola: 1237404

Anno Accademico: 2021/2022

INDICE

- 1: INTRODUZIONE

- 2: PROCEDIMENTO E SCOPO DELLA TESI
 - 2.1: Software utilizzato: R ed RStudio

- 3: ANALISI DEI DATI PLUVIOMETRICI E TERMOMETRICI
 - 3.1: Analisi pluviometrica annuale
 - 3.2: Analisi pluviometrica stagionale
 - 3.3: Analisi pluviometrica mensile
 - 3.4: Analisi pluviometrica giornaliera
 - 3.5: Analisi pluvio-termometrica

- 4: CONFRONTO PLUVIO-TERMOMETRICO TRA DUE PERIODI
 - 4.1: Fortogna, 1924-1949 / 1990-2015
 - 4.2: Nervesa della Battaglia, 1924-1949 / 1990-2015
 - 4.3: Thiene, 1924-1949 / 1994-2019

- 5: ANALISI SULL'INCREMENTO DELL'INTENSITÀ DI PRECIPITAZIONE NEGLI ANNI

- 6: CONCLUSIONI

- 7: BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA

1: INTRODUZIONE

Sono state necessarie centinaia di milioni d'anni perché la vita sulla Terra assumesse la forma che oggi conosciamo - un enorme lasso di tempo in cui lo sviluppo, l'evoluzione e la differenziazione delle specie ha raggiunto uno stadio di adeguamento e di equilibrio con il mondo circostante. L'ambiente, che plasmava e regolava la vita, conteneva elementi utili per certi aspetti, ma pur ostili allo svolgersi di essa [...]. Ma, con il passare del tempo - un tempo che non va misurato in anni, ma in millenni - la vita vi si è assuefatta e ha raggiunto l'attuale equilibrio.

Giacché il tempo è un fattore fondamentale; ed è proprio il tempo che manca nel mondo moderno. La rapidità dei mutamenti in atto e la velocità con cui si producono situazioni sempre nuove derivano non già dal susseguirsi degli eventi naturali, ma dalla smania violenta ed avventata dell'uomo.

'Primavera Silenziosa' di Rachel Carson 1962 [1].

Quando si parla di clima, ci si riferisce ad un sistema interattivo complesso, costituito da atmosfera, idrosfera, biosfera, criosfera, e litosfera. L'illusione di un possibile "controllo della natura", ovvero di un sistema così vasto e intricato, ha origine antica, quando ancora si riteneva che la natura esistesse per l'esclusivo vantaggio dell'uomo. Proprio da questa convinzione sono scaturite le problematiche ambientali che caratterizzano la nostra epoca. L'uomo ha creduto a lungo di poter operare sulla Terra senza conseguenze. Alcuni dei fenomeni che hanno causato disequilibri e cambiamenti devastanti negli ecosistemi sono l'uso sfrenato delle risorse (energetiche fossili, idriche, minerarie); il sovrasfruttamento del suolo e del mare; la deforestazione incontrollata; il completo stravolgimento di habitat per molteplici specie animali per la costruzione di infrastrutture e per l'introduzione di specie invasive, e l'immissione smisurata di inquinanti in atmosfera, nelle acque, nei suoli.

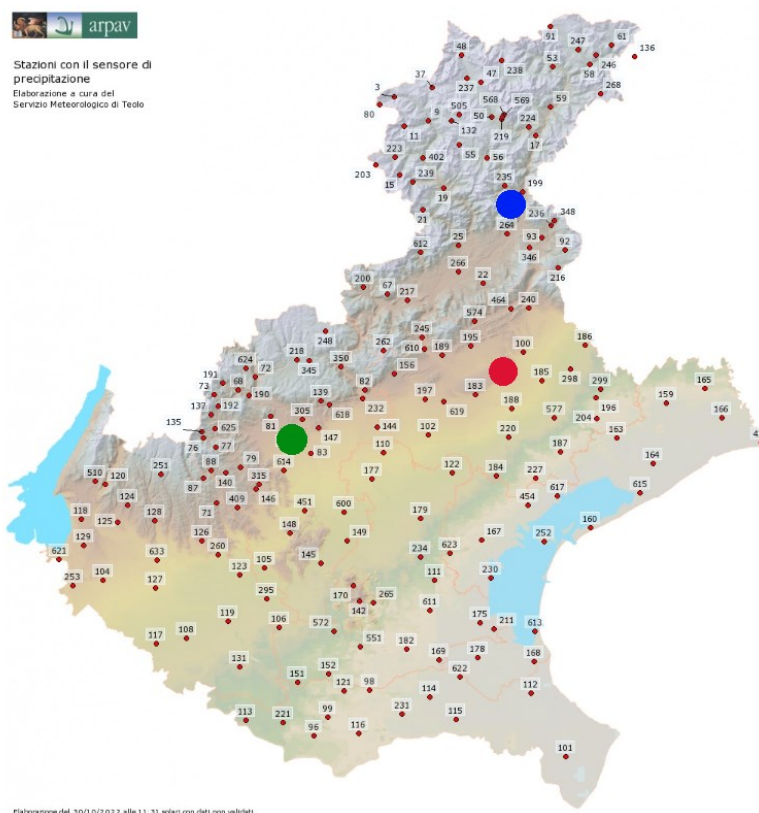
La mancanza di efficienza, a favore di spreco e inquinamento dei sistemi produttivi antropici, è la causa numero uno dei cambiamenti climatici in atto. *'È infatti un tratto caratteristico della natura umana quello di sottovalutare tutto ciò che costituisce una minaccia per il lontano futuro'* [1]. L'unicità del momento storico è un fattore che causa forti rallentamenti verso la risoluzione del problema, in quanto non vi sono situazioni precedenti simili alle quali far riferimento e questo ha provocato una diffidenza, talvolta una vera condanna della teoria che sia l'uomo l'artefice dei cambiamenti climatici e condanna delle catastrofiche previsioni future di alcuni scienziati sui medesimi cambiamenti. Per cui trovare l'appoggio della politica

e dei cittadini per la soluzione delle problematiche climatiche non è facile quando ancora in molti non sono convinti che l'uomo sia davvero la causa numero uno di tali circostanze. Infatti, fino a non molto tempo fa persino all'interno della comunità scientifica era presente una frattura tra coloro che imputavano i cambiamenti climatici alle attività antropiche e coloro che li imputavano a quei processi naturali di raffreddamento (ere glaciali) e di surriscaldamento (ere interglaciali) da sempre avvenuti nella storia del nostro pianeta come ci insegna la paleoclimatologia. *'Viviamo in un'epoca che non vuole vedere, avvolta da una fiducia borghese che crede nella regolarità del mondo, che verrà ricordata, nonostante questa parvenza di consapevolezza, come l'epoca della "grande cecità"'* [2]. La chiave che ha permesso oggi l'unanimità fra gli scienziati riguardo alla teoria di un surriscaldamento globale imputabile all'uomo [3] è stata l'evidenza dalla rapidità anomala del fenomeno della correlazione vigente tra l'incremento delle concentrazioni dei gas serra in atmosfera e l'aumento delle temperature medie sulla Terra (effetto serra).

L'organizzazione meteorologica mondiale (WMO) [4] si occupa di redigere annualmente un report che descrive lo stato attuale dei principali indicatori dei cambiamenti climatici: concentrazioni dei gas serra in atmosfera (tra i quali l'anidride carbonica, il metano e il protossido di azoto), temperatura media sulla Terra, riscaldamento degli oceani, acidità degli oceani, scioglimento dei ghiacci, livello del mare, eventi meteorologici estremi. Ed è proprio di quest'ultimi, ovvero degli eventi meteorologici estremi quali piogge anomale, che questo elaborato di tesi si prefigge di prendere in considerazione. Attraverso le serie storiche pluviometriche, raccolte dagli enti adibiti al monitoraggio, è possibile fare analisi pluviometriche, confronti pluviometrici tra periodi temporali diversi e analisi sull'incremento dell'intensità di precipitazioni. Disporre di una quantità ingente di dati risalenti a periodi passati è di grande importanza per evidenziare l'avvento del cambiamento climatico, ma hanno assunto ancora più importanza i dati più recenti; infatti, gli eventi meteorologici estremi sono la nuova normalità. Alla COP26 tenuta a Glasgow nel 2021 è stata ribadita l'urgenza non solo di mitigare, ma anche di adattarsi al nuovo clima adottando le dovute difese, sistemi di allarme, infrastrutture resilienti, per evitare la perdita di case, mezzi di sussistenza e persino vite e per proteggere le comunità e gli habitat naturali [5].

2: PROCEDIMENTO E SCOPO DELLA TESI

Il progetto di tesi riguarda l'analisi nel tempo di precipitazioni e temperature di tre stazioni meteorologiche del Veneto: Fortogna (BL), Nervesa della Battaglia (TV) e Thiene (VI). Allo scopo di evidenziare il cambiamento climatico con una solida analisi statistica, si è preso in considerazione un ampio intervallo temporale. Per quanto riguarda la stazione di Fortogna si sono utilizzati i dati di precipitazioni e temperature a partire dal 1923 fino al 2021. Per la stazione di Nervesa della Battaglia invece si è considerato l'intervallo dal 1924 al 2021, solamente per le precipitazioni. Infine, per la stazione di Thiene si sono analizzati i dati di precipitazioni e temperature dal 1919 fino al 2021.



*Figura 1 - Stazione pluviometrica di Fortogna (BL) (in blu),
stazione di Nervesa della Battaglia (TV) (in rosso) e stazione di Thiene (VI) (in verde) [6].*

I dati sono stati ricavati dagli annali idrologici, ovvero relazioni meteorologiche annuali dell'ARPAV - Agenzia Regionale per la Prevenzione e Protezione Ambientale del Veneto, la quale ha il compito di registrare i principali parametri meteorologici, agrometeorologici ed idrologici, tramite 85 stazioni meteorologiche, 78 stazioni agrometeorologiche e 24 stazioni idrometriche distribuite nel territorio [7].

Come specificato nella pagina web dell'ARPAV [8], le misurazioni sono usate per scopi di monitoraggio ambientale, elaborazione di previsioni meteorologiche, bilanci idrici per l'irrigazione, climatologia e studio delle criticità ambientali locali.

L'ARPAV è stata istituita nel 1996 ed è diventata operativa solo nel 1997. Tutti i dati raccolti negli anni precedenti a questa data sono forniti da altri enti quali il Servizio idrografico e mareografico nazionale.

L'elaborazione dei dati si è sviluppata in due momenti di lavoro.

Nella prima fase si è operata la trascrizione delle precipitazioni e delle temperature in fogli Excel, in quanto gli annali erano su supporto cartaceo.

2.1: Software utilizzato: R ed RStudio

Nella seconda fase si è provveduto a caricare i dati in RStudio [9], ambiente di sviluppo integrato o più semplicemente l'interfaccia del vero motore, ovvero il software R [10], che è un software open source per l'analisi dei dati. Il software R è un ambiente di programmazione caratterizzato da un'elevata flessibilità nell'implementazione di funzioni di calcolo e di rappresentazione grafica statistica [11]. Con il supporto tecnico del software, dunque, è stata possibile, per le tre stazioni meteorologiche, l'analisi delle temperature medie e delle precipitazioni giornaliere, mensili, stagionali e annuali e la realizzazione di rappresentazioni grafiche. Inoltre, si è sfruttata la potenzialità del programma R per operare un confronto fra le tendenze che hanno caratterizzato diversi intervalli temporali all'interno dei dati a disposizione.

L'elaborazione dei dati con R inoltre è stata facilitata dall'installazione del pacchetto "HydroTSM" che ha permesso l'uso di uno script contenente tutti i comandi necessari al fine dell'analisi. Il pacchetto "HydroTSM" è stato implementato infatti per la gestione, l'analisi e l'interpolazione di serie temporali per la modellazione idrologica [12], a tali scopi le rappresentazioni grafiche più opportune sono i box plot, i grafici a dispersione e gli istogrammi. I box plot anche detti diagrammi a scatole e baffi consentono di visualizzare la distribuzione di una variabile continua e anche di verificare la presenza di valori estremi nella serie dei dati analizzata.

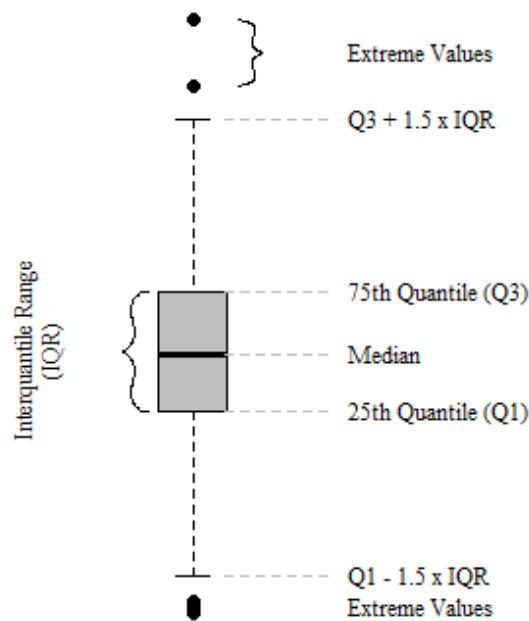


Figura 2 - Rappresentazione di un box plot con presenza di outliers

Gli elementi fondamentali di un box plot sono la linea centrale nella scatola che rappresenta la mediana dei dati; dunque, metà dei dati si trova sopra al valore della mediana e l'altra metà al di sotto. La mediana si trova al centro della scatola se i dati sono simmetrici, altrimenti i dati sono asimmetrici. Il lato inferiore della scatola rappresenta il 1° quartile o il 25° percentile invece il lato superiore della scatola mostra il 3° quartile o 75° quantile. Questi due quantili sono anche detti quartili, poiché entrambi escludono un quarto (25%) dei dati. La distanza tra i due percentili ovvero la lunghezza della scatola rappresenta la loro differenza e si chiama range interquartile (IQR), che contiene il 50% dei dati. Le linee tratteggiate che si estendono sopra e sotto la scatola sono i cosiddetti baffi, che rappresentano la variazione attesa dei dati e si estendono per una lunghezza pari a una volta e mezza di quella dell'interquartile ($1,5 \times \text{IQR}$). Il limite superiore e inferiore dei baffi, rappresentano rispettivamente i dati massimi e minimi. Gli outliers sono dei valori estremi che escono dalla variazione attesa, ed escono quindi dai baffi.

3: ANALISI DEI DATI PLUVIOMETRICI E TERMOMETRICI

3.1: Analisi pluviometrica annuale

Gli andamenti annuali delle precipitazioni per Fortogna, Nervesa della Battaglia e Thiene sono visualizzabili con i seguenti grafici (rispettivamente *Figura 3*; *Figura 4*; *Figura 5*).

I grafici riportano nell'asse delle ascisse il tempo in anni e nell'asse delle ordinate la pioggia piovuta in mm/anno. Il periodo temporale di raccolta dati per la stazione di Fortogna risale al 1923 e continua fino ad oggi, ma verrà considerato solo fino al 2021, in quanto l'anno corrente non può essere compreso nell'analisi (*Figura 3*). Per quanto riguarda Nervesa della Battaglia l'arco temporale coperto dai dati pluviometrici ha inizio nel 1924 e termina nel 2021 (*Figura 4*). Infine, la stazione di Thiene considera l'intervallo di tempo a partire dal 1919 fino al 2021 (*Figura 5*). Per la precisione le stazioni di Fortogna e di Thiene non sono più funzionanti dal 2016 la prima e dal 2004 la seconda, dunque, i valori più recenti sono stati rilevati dalle stazioni vicine che le hanno sostituite, rispettivamente quella di Longarone e di Malo. Nei grafici sono visibili picchi negativi che arrivano a 0 mm/anno, che sono da imputare alla mancanza di dati per quegli anni per la stazione meteorologica in considerazione.

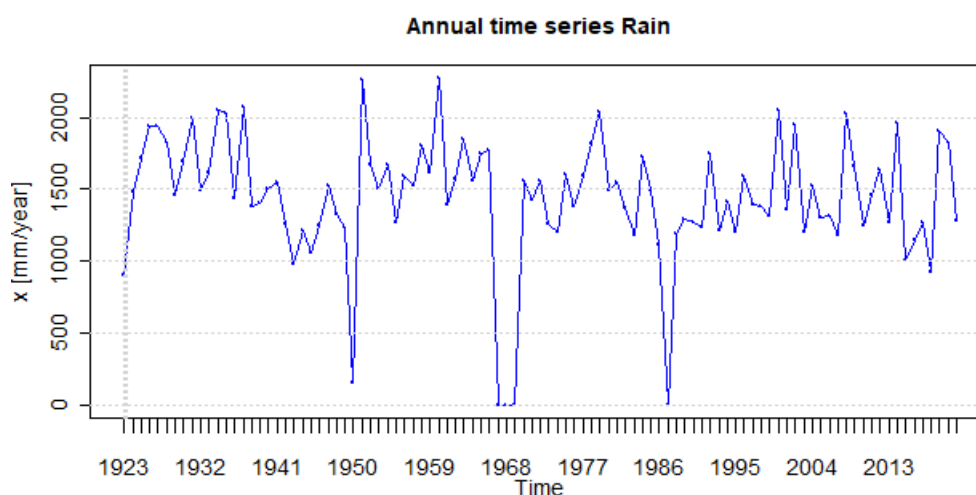


Figura 3 - Regime pluviometrico annuale di Fortogna (BL)

La serie di piogge annuali di Fortogna (*Figura 3*) mostra una tendenza in leggera diminuzione e un prevalere di piogge annuali comprese tra i 1000 mm e 2000 mm.

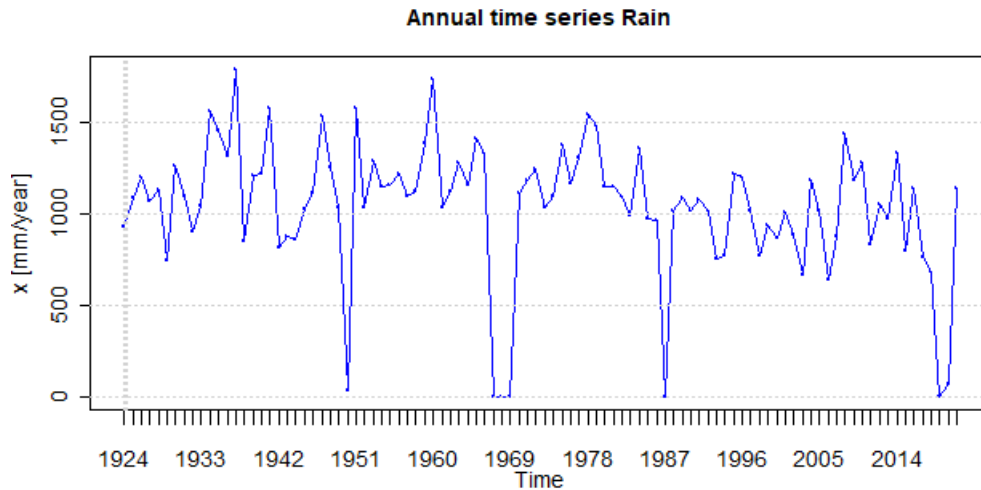


Figura 4 - Regime pluviometrico annuale di Nervesa della Battaglia (TV)

Il regime pluviometrico annuale di Nervesa della Battaglia (*Figura 4*) risulta anch'esso in calo, in modo più evidente rispetto a Fortogna (*Figura 3*). Le piogge annuali sono per lo più comprese tra i 750 mm e i 1500 mm.

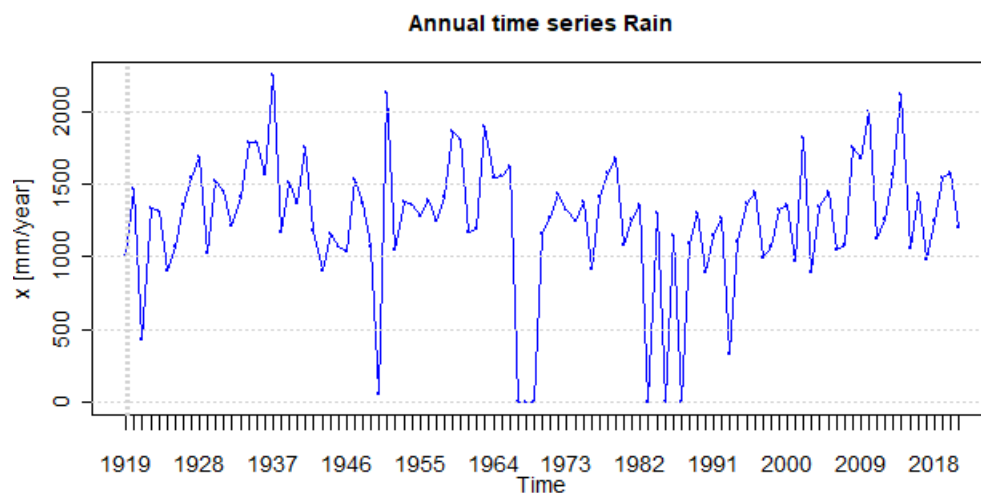


Figura 5 - Regime pluviometrico annuale di Thiene (VI)

Le precipitazioni annuali di Thiene (*Figura 5*) presentano una tendenza generale in diminuzione, anche se a partire dagli anni Novanta aveva assunto un andamento crescente, per poi tornare a calare nell'ultimo decennio. Le piogge annuali sono comprese, similmente a Fortogna (*Figura 3*), tra i 1000 mm e i 2000 mm.

Nonostante le più recenti tendenze dimostrino una leggera diminuzione nel tempo della pioggia annuale, la visualizzazione della totalità dei dati disponibili tramite box plot non evidenzia grandi differenze. Infatti, i box plot delle piogge annuali di tutte e tre le stazioni meteorologiche presentano una “scatola” ovvero un range interquartile stretto, ad indicare che la quantità di precipitazione annuale non ha subito grandi oscillazioni nel corso del tempo (Figura 6; Figura 7; Figura 8).

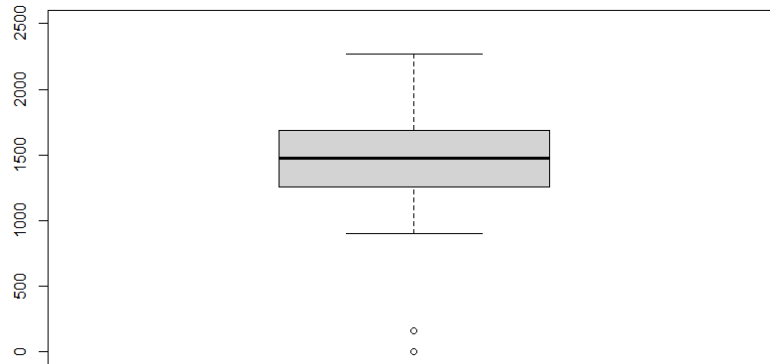


Figura 6 - Box plot piogge annuali di Fortogna (BL)

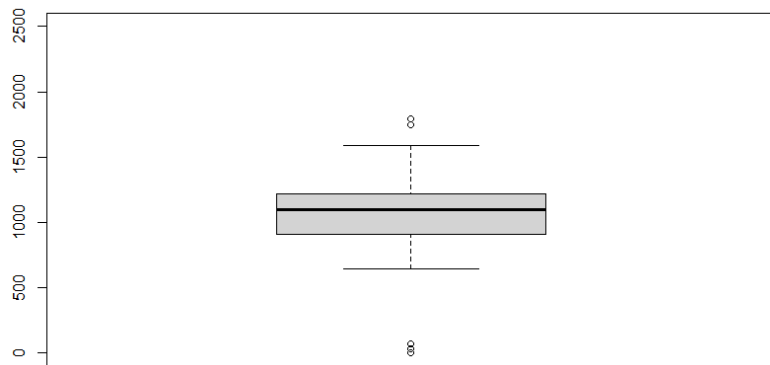


Figura 7 - Box plot piogge annuali di Nervesa della Battaglia (TV)

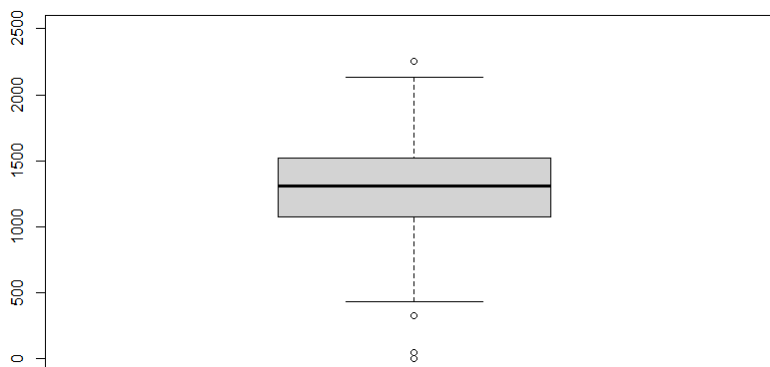


Figura 8 - Box plot piogge annuali di Thiene (VI)

In tutti e tre i casi sono presenti outliers, quelli prossimi allo zero sono corrispondenti alla mancanza del dato di pioggia annuale per alcuni anni; invece, quelli al di sopra del baffo superiore sono effettivamente valori estremi, ovvero quantità di piogge annuali decisamente superiori alla norma. Queste analisi annuali però non ci forniscono informazioni riguardanti l'intensità di precipitazione del singolo evento, ma soltanto sulla cumulata della pioggia totale del singolo anno. È necessario proseguire con altre analisi per informazioni mirate sulle piogge stagionali, mensili, giornaliere e su intervalli di ore e minuti.

3.2: Analisi pluviometrica stagionale

L'analisi stagionale è resa possibile attraverso la suddivisione della pioggia cumulata annuale in quattro trimestri. Ogni trimestre corrisponde ad una stagione: dicembre, gennaio e febbraio per quanto riguarda la stagione invernale; marzo, aprile e maggio per la stagione primaverile; giugno, luglio e agosto per la stagione estiva ed infine settembre, ottobre, novembre per la stagione autunnale. I grafici stagionali riportati di seguito presentano dunque nell'asse delle ascisse il tempo in anni e sull'asse delle ordinate le precipitazioni in mm/trimestre considerato, ovvero la stagione. A fianco di ogni grafico è presente la corrispondente analisi e rappresentazione "a scatola e baffi".

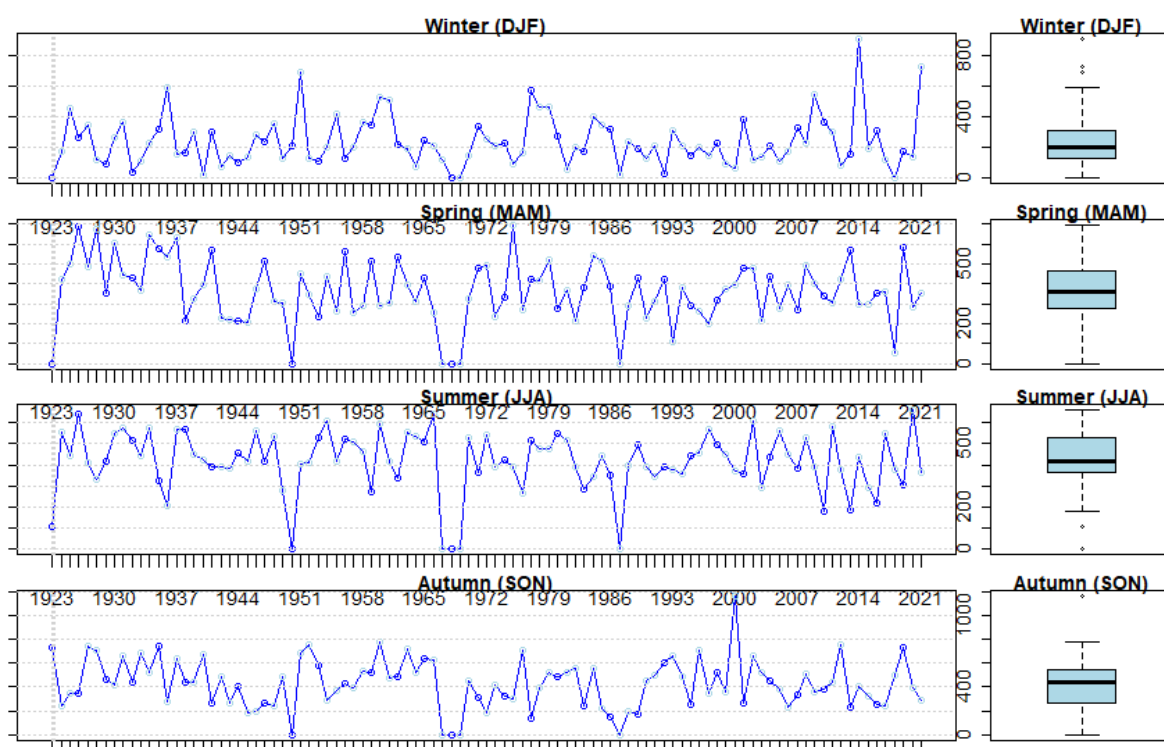


Figura 9 - Regime pluviometrico stagionale di Fortogna (BL)

Il regime pluviometrico stagionale invernale di Fortogna (*Figura 9*) presenta una tendenza in aumento osservabile dai picchi di piovosità crescenti negli ultimi decenni. Per quanto riguarda la stagione autunnale invece si rileva non tanto un trend in aumento, ma in particolare un picco di piovosità maggiore intorno agli anni 2000 che svetta nell'omogeneità del trend. Le stagioni estate e primavera invece presentano anch'esse un andamento abbastanza omogeneo, con qualche picco di depressione negli ultimi decenni per la stagione estiva.

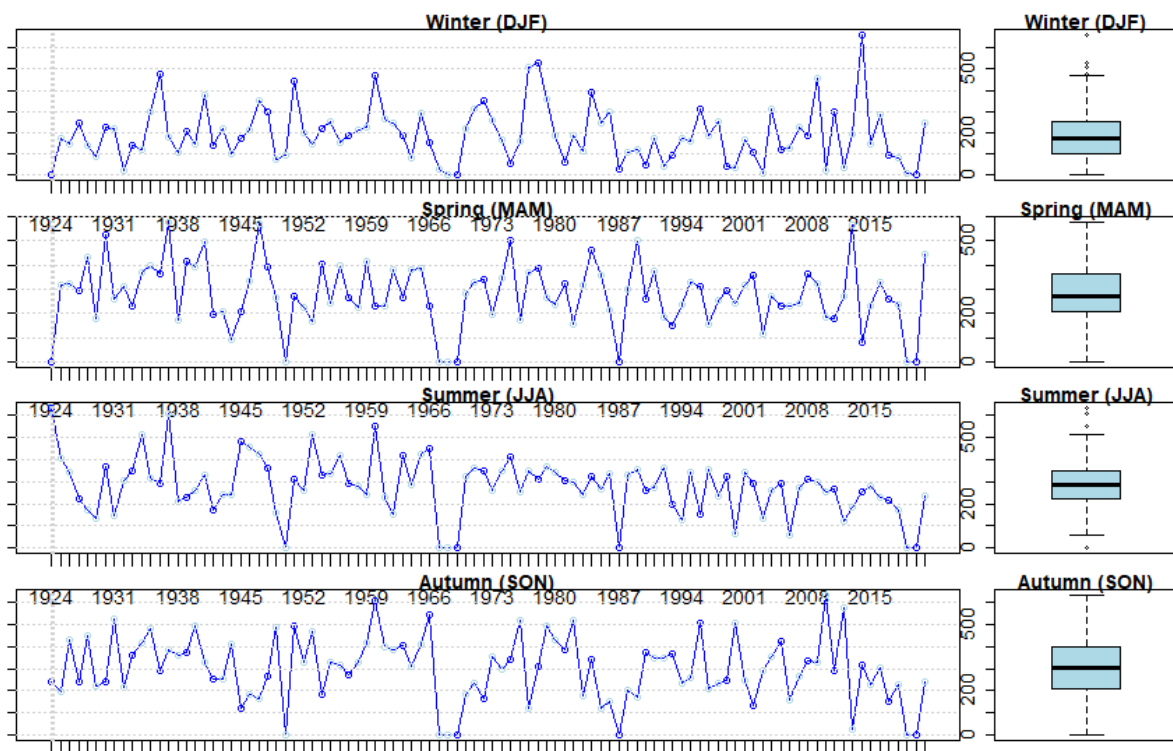


Figura 10 - Regime pluviometrico stagionale di Nervesa della Battaglia (TV)

Il regime pluviometrico stagionale invernale di Nervesa della Battaglia (*Figura 10*) risulta analogamente a quello di Fortogna (*Figura 9*) in crescita; infatti, non va preso in considerazione il picco di depressione finale poiché è da imputare alla mancanza di dati. La piovosità autunnale invece non mostra un trend ben definito, ma sembra quasi essere in calo nell'ultimo decennio e lo stesso vale per la stagione estiva che presenta un trend negativo già a partire dagli anni Settanta. Infine, la stagione primaverile presenta un andamento molto altalenante.

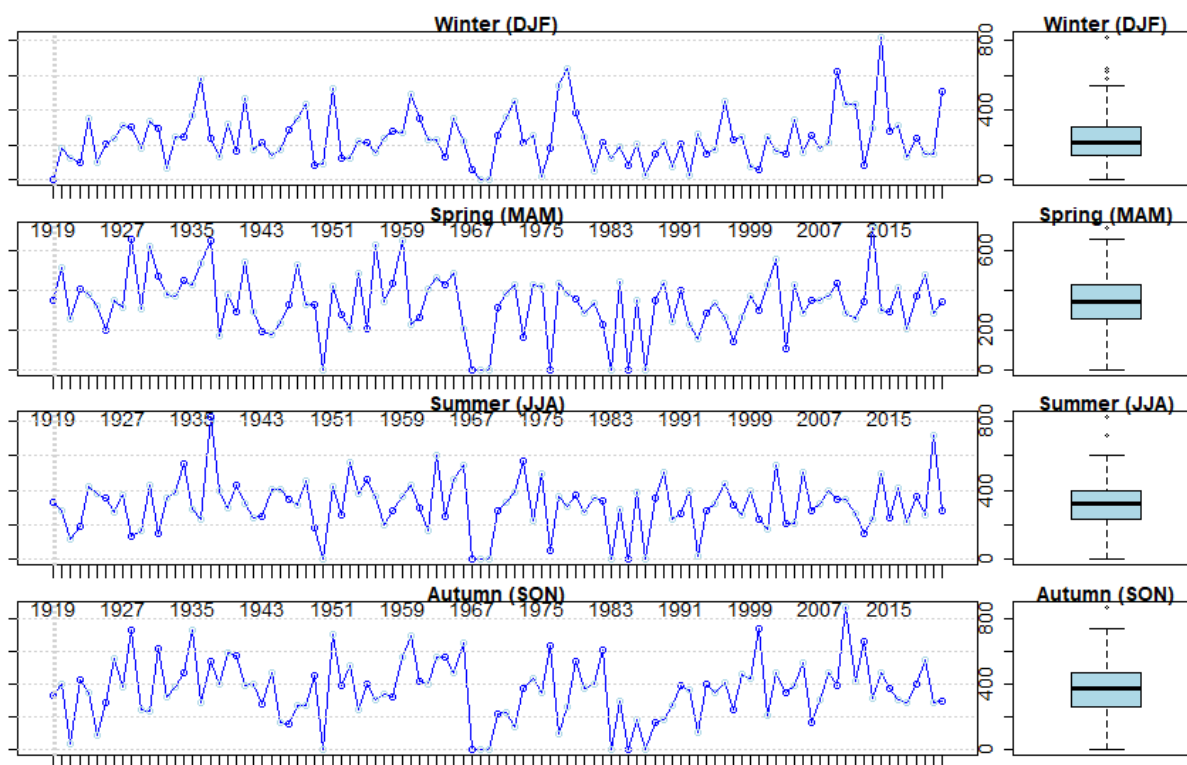


Figura 11 - Regime pluviometrico stagionale di Thiene (VI)

La stazione di Thiene (Figura 11) presenta dagli ultimi quarant'anni un trend positivo per quanto riguarda la stagione invernale, e lo stesso per la primavera e l'autunno seppur in modo meno accentuato. Invece per quanto riguarda il periodo estivo le precipitazioni risultano essersi leggermente abbassate e mantenute stabili a questi livelli compatibilmente con l'aumento di siccità riscontrabile nelle stagioni più calde a causa del cambiamento climatico, ad eccezione di un picco molto recente.

Le tre stazioni in analisi presentano differenti variabilità dei dati di precipitazioni all'interno delle stagioni, ciò è osservabile dalla larghezza delle "scatole" dei box plot presenti a fianco di ogni grafico. Infatti, "scatole" più larghe sono indice di maggiore variabilità, mentre quelle più strette di una variabilità dei dati minore.

La tendenza generale è quella di un aumento di piovosità in certe stagioni e un aumento di siccità nelle stagioni più calde, ed è particolarmente evidente nella stazione meteorologica in analisi di Nervesa della Battaglia (Figura 10).

3.3: Analisi pluviometrica mensile

L'analisi delle precipitazioni mensili è resa possibile tramite diagrammi box plot che racchiudono ciascuno i dati del mese in considerazione di tutti gli anni disponibili, dunque, per la stazione di Fortogna gli anni a disposizione sono quelli dal 1923 al 2021 (*Figura 12*); per Nervesa della Battaglia dal 1924 al 2021 (*Figura 13*); e infine per la stazione meteorologica di Thiene dal 1919 al 2021 (*Figura 14*).

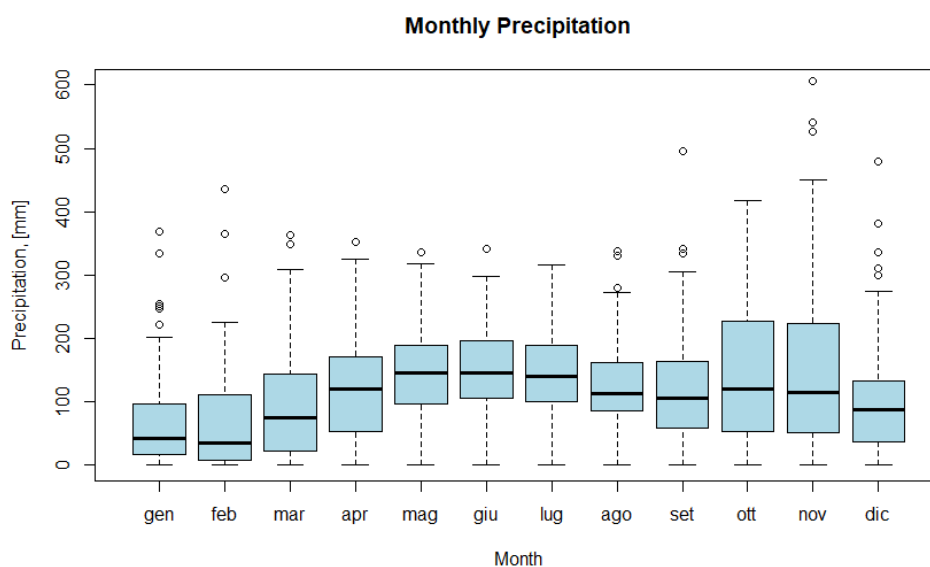


Figura 12 - Regime pluviometrico mensile della stazione di Fortogna (BL)

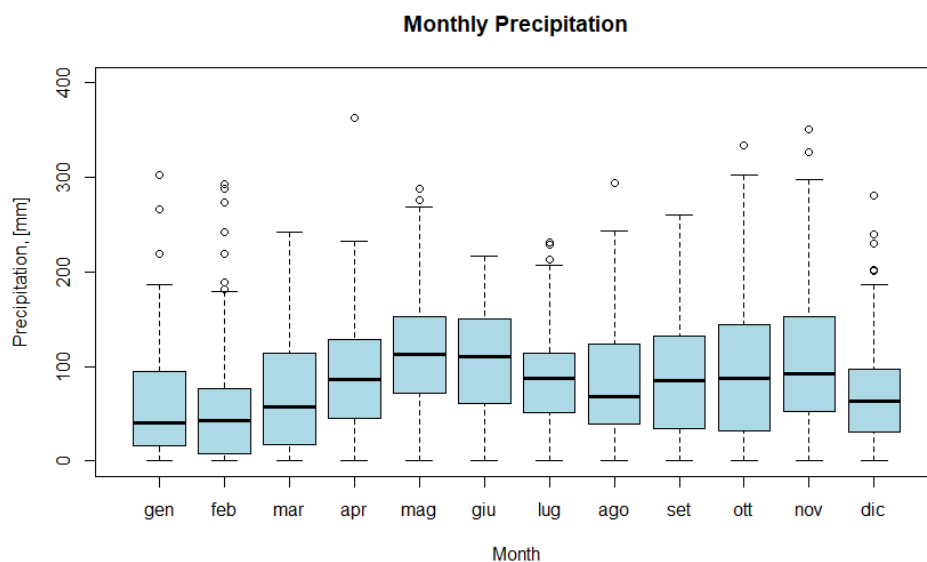


Figura 13 - Regime pluviometrico mensile della stazione di Nervesa della Battaglia (TV)

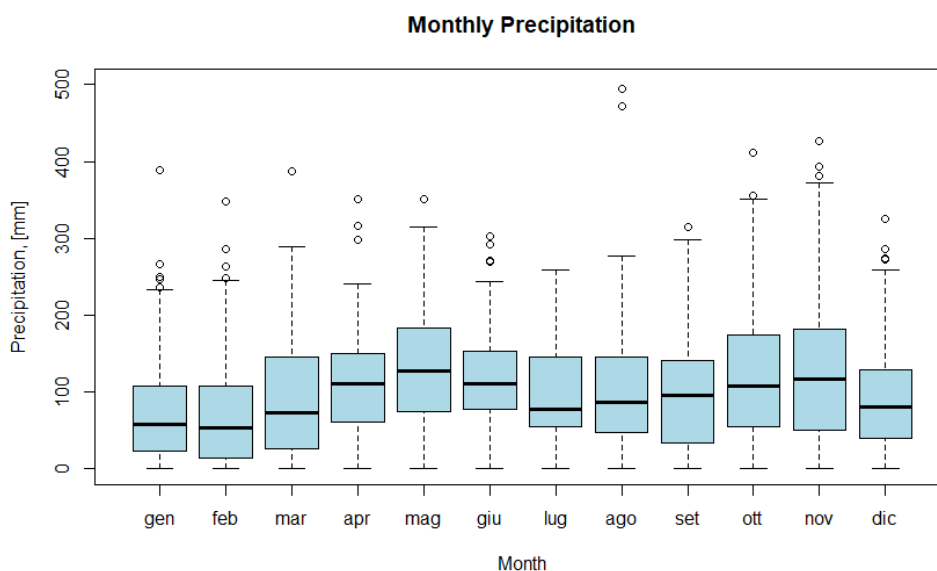


Figura 14 - Regime pluviometrico mensile della stazione di Thiene (VI)

Le precipitazioni mensili rappresentate dai diagrammi “a scatola e baffi” consentono di visualizzare il regime pluviometrico che caratterizza la località in analisi. Infatti, ogni scatola racchiude il 50% dei dati mensili e la linea nera che taglia la scatola orizzontalmente rappresenta la mediana di tutti i valori mensili, del mese in analisi, degli anni a disposizione. Le estremità del baffo superiore e inferiore rappresentano rispettivamente il valore massimo e minimo presenti all’interno della serie dati, tralasciando gli outliers ovvero i valori anomali.

Dall’analisi del grafico di Fortogna (*Figura 12*) è individuabile un regime continentale, ovvero un regime caratterizzato da un periodo più secco nelle stagioni autunno e inverno, e un periodo più piovoso nel periodo estivo e primaverile. Per questa stazione la maggiore variabilità riscontrata riguarda i mesi di ottobre e di novembre, i quali presentano delle scatole più alte. La maggior quantità di outliers, ovvero di valori anomali all’interno della serie di dati, invece è merito dei mesi di gennaio, febbraio, novembre e dicembre.

La località di Nervesa della Battaglia (*Figura 13*) presenta regime sub-litoraneo, con due massimi, uno nella stagione primaverile e l’altro nella stagione autunnale, e con due minimi, uno nel periodo estivo e l’altro nel periodo invernale. Lo stesso è riscontrabile dal grafico che riguarda la stazione di Thiene (*Figura 14*). In quanto i due minimi, estivo e invernale, risultano avere pari importanza si può specificare un regime pluviometrico sub-litoraneo padano-veneto sia per Nervesa della Battaglia che per Thiene.

L'analisi del grafico di Nervesa della Battaglia (*Figura 13*) mette in evidenza la minor omogeneità dei dati raccolti per il mese di ottobre; invece, per Thiene (*Figura 14*) è osservabile una maggiore altezza della scatola per il mese di novembre. I valori anomali sono stati rilevati per lo più nei mesi di gennaio, febbraio e dicembre per quanto riguarda Nervesa della Battaglia. Thiene presenta invece precipitazioni mensili estreme ovvero outliers distribuite nella maggior parte dei mesi dell'anno.

3.4: Analisi pluviometrica giornaliera

I seguenti grafici riportano nell'asse delle ordinate le precipitazioni giornaliere in mm/giorno e nell'asse delle ascisse il tempo in giorni. L'intervallo temporale considerato è ancora dal 1923 al 2021 per la stazione di Fortogna; dal 1924 al 2021 per la stazione di Nervesa della Battaglia; e dal 1919 al 2021 per la località di Thiene.

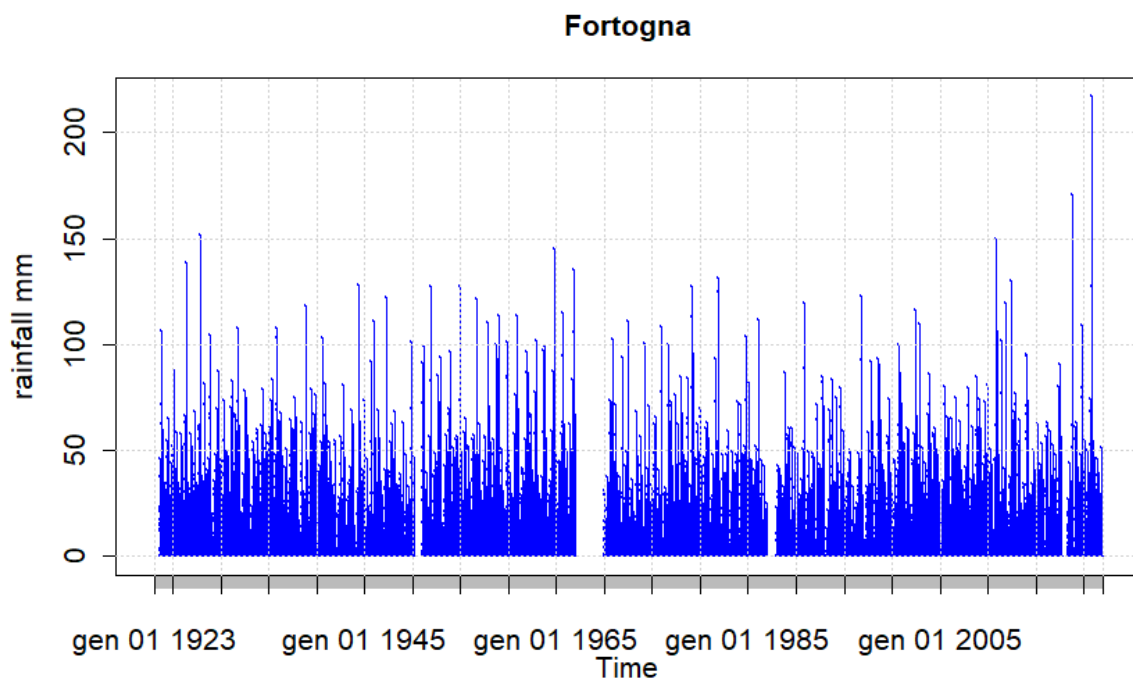


Figura 15 - Regime pluviometrico giornaliero della stazione di Fortogna (BL)

Il regime pluviometrico giornaliero della stazione di Fortogna (*Figura 15*) mette in luce un aumento evidente degli eventi di precipitazione giornalieri intensi.

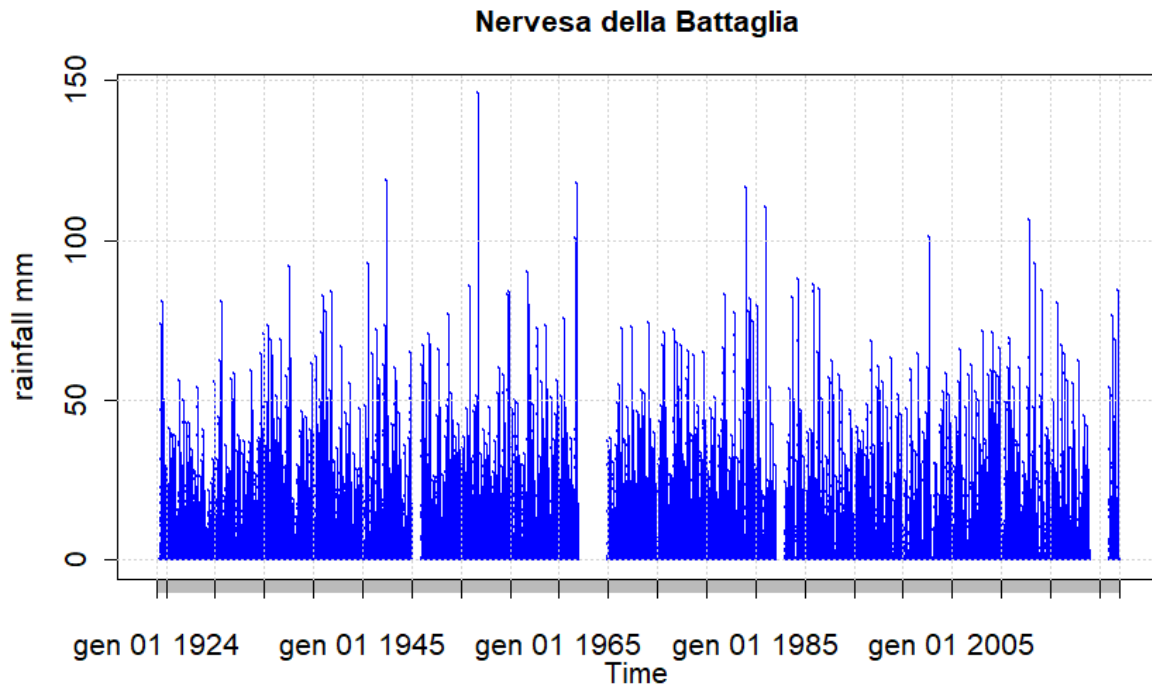


Figura 16 - Regime pluviometrico giornaliero della stazione di Nervesa della Battaglia (TV)

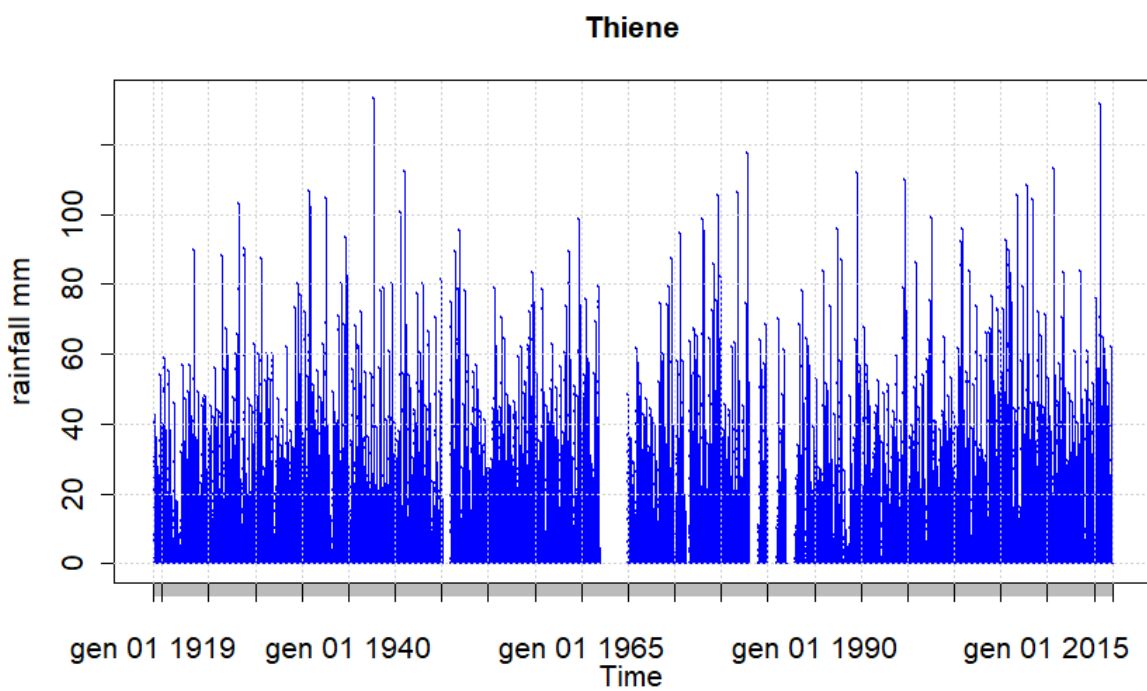


Figura 17 - Regime pluviometrico giornaliero della stazione di Thiene (VI)

Anche per la località di Thiene (*Figura 17*), seppur a prima vista in modo meno evidente, è riscontrabile un aumento delle altezze di precipitazione giornaliera. Al contrario per Nervesa della Battaglia (*Figura 16*) sembrerebbe essere avvenuto un calo degli eventi di pioggia più intensi. Per rendere più facilmente visibile l'aumento delle precipitazioni giornaliere intense è stata fatta un'ulteriore analisi sui dati.

Si è individuato per ognuna delle tre stazioni il proprio valore soglia di precipitazione oltre il quale fossero compresi solo i valori medio-alti di precipitazione giornaliera. Per Fortogna si è scelto come valore soglia una precipitazione di 80 mm; per Nervesa della Battaglia una precipitazione soglia di 60 mm; e infine per Thiene un valore soglia di 70 mm. Si sono dunque individuati tutti i valori di pioggia giornaliera superiori a questi valori soglia per ciascuna stazione meteorologica. Successivamente all'interno di questi dati, cioè le piogge giornaliere dal valore superiore al valore soglia si è individuato il 95° percentile, ovvero il valore di precipitazione sotto al quale è compreso il 95% di questi dati presi in considerazione. Il 95° percentile trovato per Fortogna corrisponde al valore di 139,4 mm; per Nervesa della Battaglia a 105,9 mm; e infine a 111,23 mm per la stazione di Thiene. Infine, si è riportato in grafici quel 5% dei dati in considerazione che sono superiori al 95° percentile, con l'obiettivo, dunque, di evidenziare quei valori davvero estremi di precipitazione all'interno dei dati di pioggia considerati già medio-elevati. Si sono ottenuti i seguenti grafici per Fortogna (*Figura 18*), per Nervesa della Battaglia (*Figura 19*) e per Thiene (*Figura 20*).

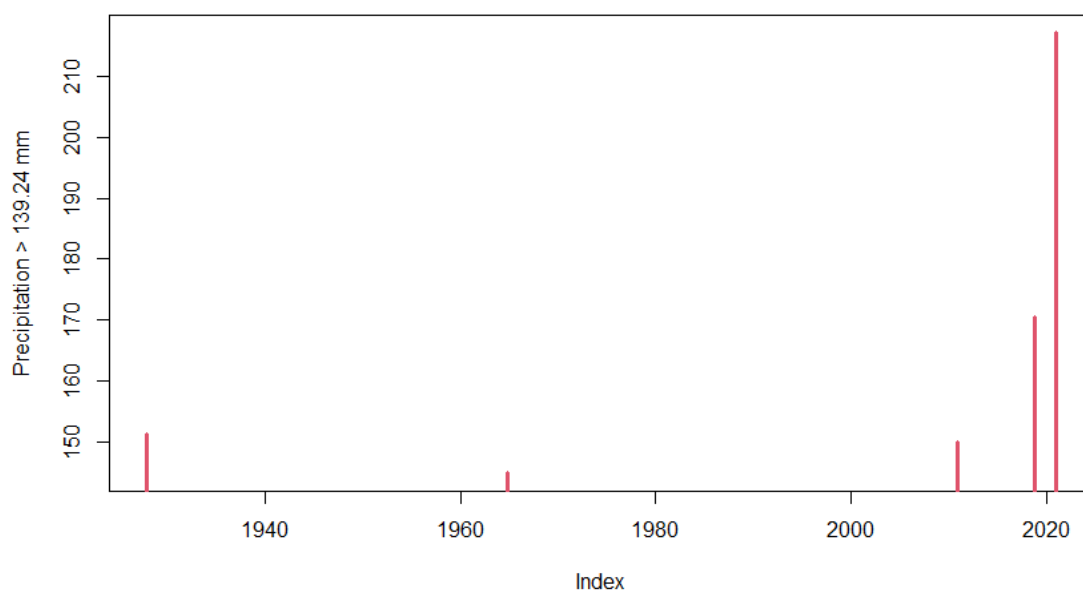


Figura 18 - Precipitazioni giornaliere superiori a 139,24 mm nella stazione di Fortogna (BL)

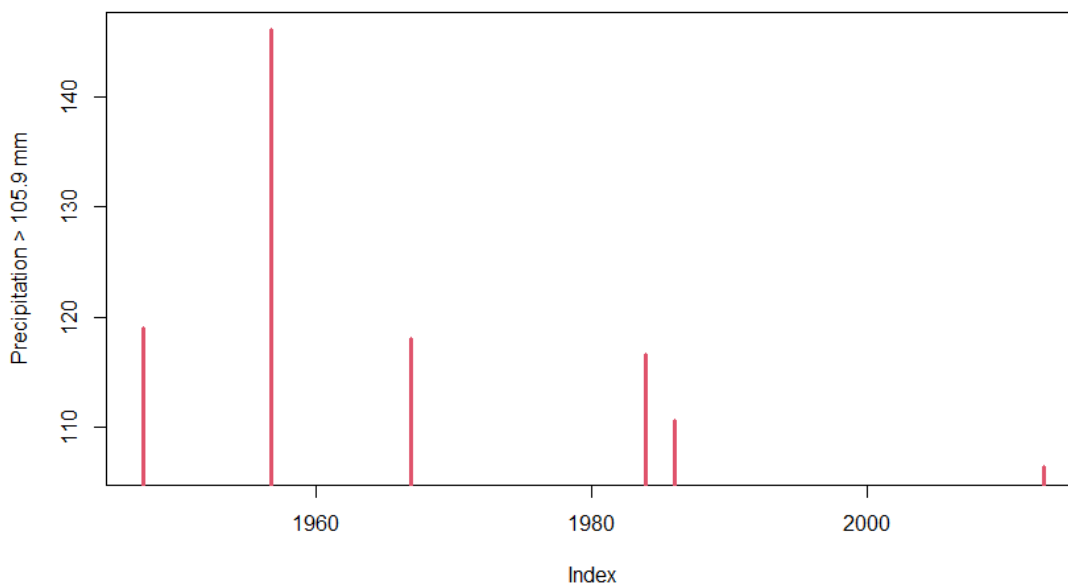


Figura 19 - Precipitazioni giornaliere superiori a 105,9 mm nella stazione di Nervesa della Battaglia (TV)

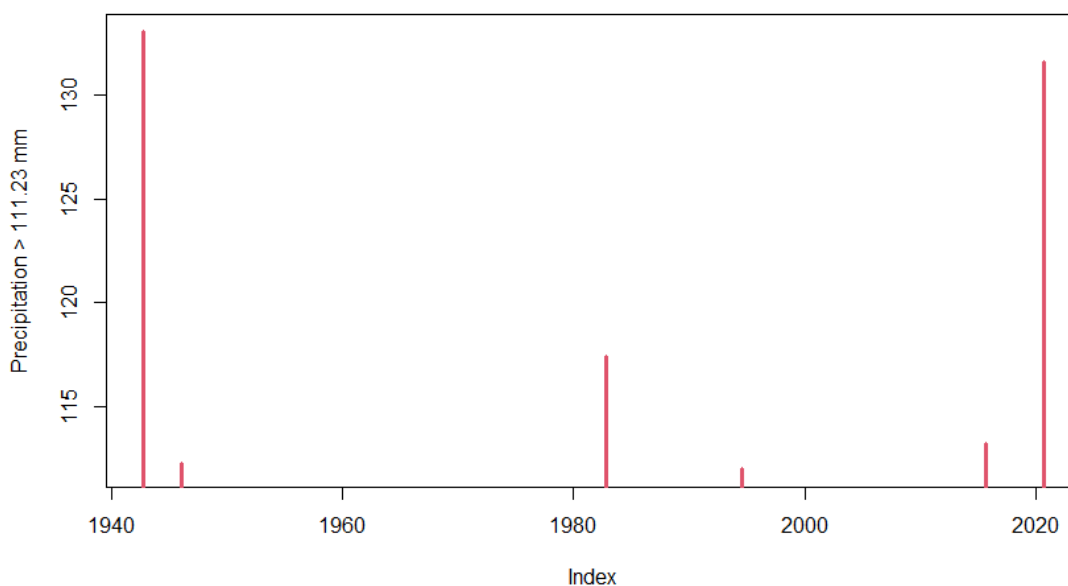


Figura 20 - Precipitazioni giornaliere superiori a 111,23 mm nella stazione di Thiene (VI)

Il grafico di Fortogna (*Figura 18*) esplicita chiaramente l'aumento dei fenomeni di precipitazione giornaliera più intensi con il passare del tempo, in accordo con i modelli previsionali del cambiamento climatico in atto. Anche la stazione di Thiene (*Figura 20*) ci dimostra quanto atteso alla luce dei cambiamenti climatici, si vede infatti l'intensificarsi di fenomeni estremi di precipitazione giornaliera. Da notare la particolarità nel grafico della località di Thiene di un evento di precipitazione giornaliera intensa molto spinto risalente agli anni Quaranta.

Il grafico di Nervesa della Battaglia (*Figura 19*) invece risulta in controtendenza, infatti, per quanto siano presenti eventi di precipitazione estremi più recenti, non è apprezzabile un loro aumento rispetto al passato in quanto ne sono presenti anche in tempi meno recenti.

Va sottolineato però che per la stazione di Nervesa della Battaglia purtroppo è presente una lacuna nei dati nell'arco temporale del 2019-2020, come si può notare dallo spazio bianco in corrispondenza di questi anni nel grafico del regime pluviometrico giornaliero della stazione (*Figura 16*), dunque non si può escludere che possano essere avvenuti degli eventi estremi in questi anni, dei quali non è stato possibile tener conto nell'analisi. E il medesimo ragionamento è da applicarsi a tutte le lacune all'interno dei dati a disposizione per le tre stazioni meteorologiche in esame.

3.5: Analisi pluvio-termometrica

L'analisi pluvio-termometrica è possibile tramite la comparazione di dati pluviometrici con dati termometrici. I climogrammi sono dei grafici che rendono possibile quest'analisi, infatti riportano un diagramma a barre che rappresenta le precipitazioni medie mensili e riportano una linea spezzata sovrapposta ad esso che interpola le temperature medie mensili. I dati considerati sono tutti quelli a disposizione: per Fortogna dal 1923 al 2021 e per Thiene dal 1919 al 2021. Non è possibile fare l'analisi pluvio-termometrica per la stazione di Nervesa della Battaglia a causa della mancanza di dati termometrici. Dunque, di seguito sono riportati i climogrammi soltanto delle stazioni di Fortogna (*Figura 21*) e di Thiene (*Figura 22*).

Le precipitazioni di Fortogna (*Figura 21*) hanno un andamento crescente a partire da gennaio fino a giugno e con esse cresce la temperatura, quest'ultima continua ad aumentare fino a luglio per poi non smettere di calare fino a dicembre; invece, le precipitazioni subiscono un calo da luglio fino a dicembre interrotto solo da due mesi piovosi: ottobre e novembre. Se non fosse per un ottobre e un novembre particolarmente piovosi si sarebbe potuto individuare un perfetto regime pluviometrico continentale caratterizzato da massimo primaverile-estivo e da minimo autunnale-invernale. La temperatura media estiva è di 19 °C e quella invernale di 1,8 °C.

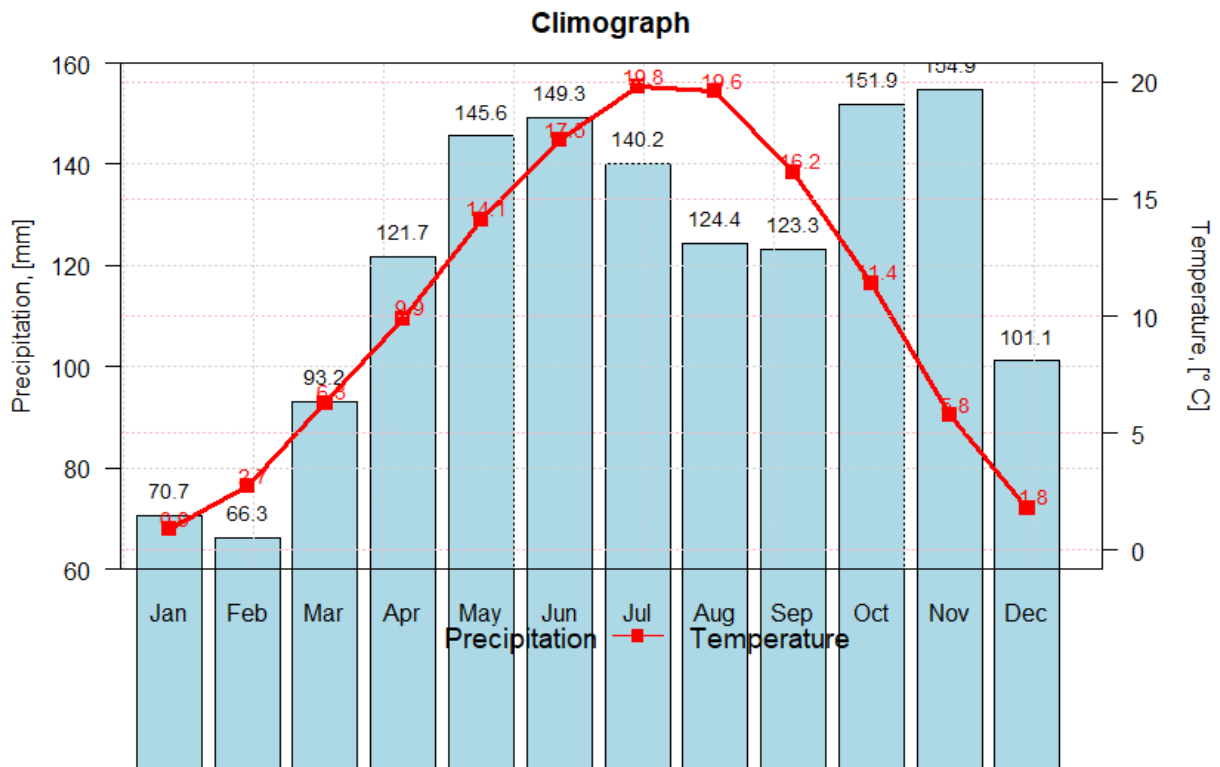


Figura 21 - Climogramma della stazione di Fortogna (BL)

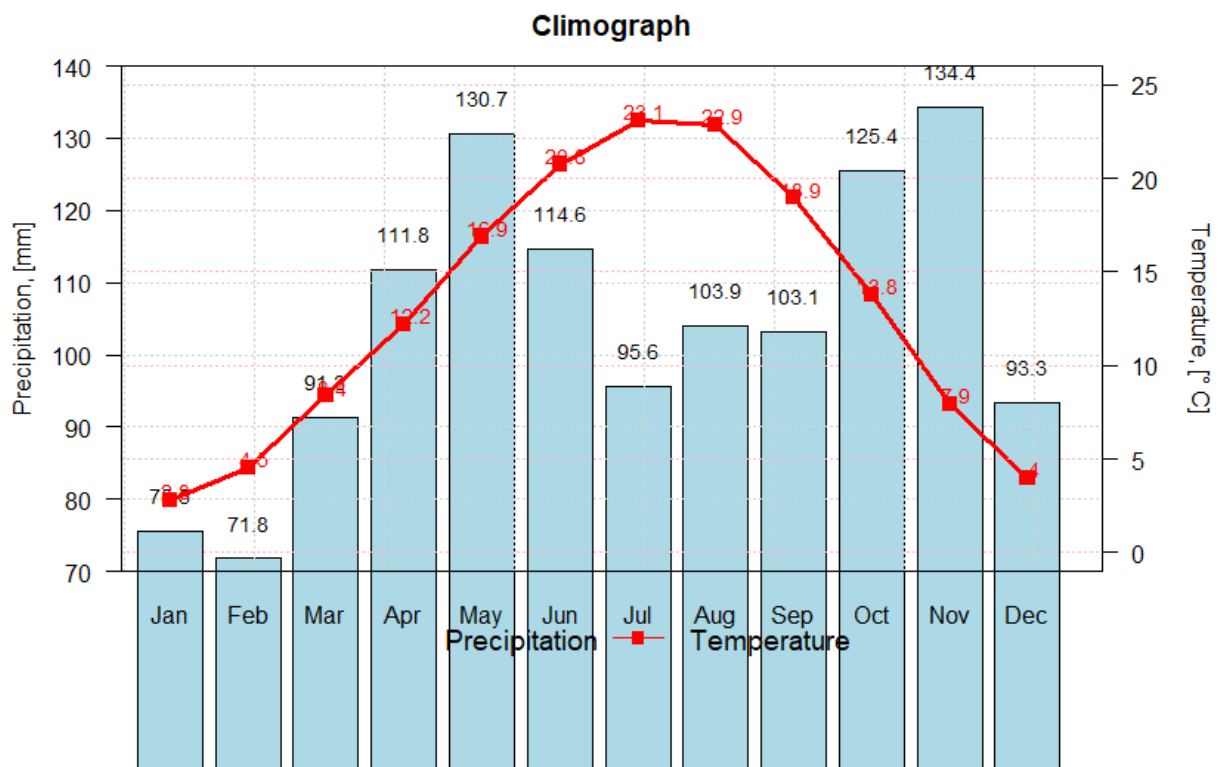


Figura 22 - Climogramma della stazione di Thiene (VI)

L'andamento delle precipitazioni di Thiene (*Figura 22*) è caratteristico del regime pluviometrico sub-litoraneo, presenta infatti due massimi in primavera-autunno e due minimi in estate-inverno. Le temperature crescono da gennaio a luglio, per poi calare fino a dicembre. Dunque, le temperature massime sono presenti in corrispondenza di uno dei minimi delle precipitazioni, cioè quello estivo. La temperatura media estiva è di 22,3 °C e quella invernale di 3,8 °C.

4: CONFRONTO PLUVIO-TERMOMETRICO TRA DUE PERIODI

4.1: Fortogna, 1924-1949 / 1990-2015

Al fine di svolgere un'analisi di confronto fra due periodi temporali, per la stazione di Fortogna, si sono scelti i seguenti periodi: il primo dal 1924 al 1949 e il secondo a partire dal 1990 al 2015; dunque due intervalli ciascuno di 25 anni. La scelta è stata dettata dalla necessità di disporre di due periodi temporali sufficientemente ampi e di conseguenza di un quantitativo consistente di dati. Inoltre, per un'analisi più affidabile si è prediletta la continuità dei dati; dunque, una limitazione sulla scelta dei due intervalli è stata quella di non presentare dati mancanti all'interno dei periodi di confronto, per cui si sono evitati gli anni in cui la mancanza di dati fosse troppo predominante. Infine, si è cercato di fare un confronto fra dati risalenti ad un periodo temporale passato e i dati di un periodo temporale più recente, al fine di evidenziare le variazioni avvenute nel corso del tempo, imputabili al cambiamento climatico.

Di seguito sono riportati i grafici box plot delle precipitazioni mensili per i due periodi in considerazione per la stazione di Fortogna, per un confronto fra regimi pluviometrici. La prima differenza che emerge dal paragone fra i dati dal 1924 al 1949 (*Figura 23*) e quelli dal 1990 al 2015 (*Figura 24*) è la differente distribuzione delle precipitazioni mensili. Le scatole box plot, infatti, risultano mediamente più allungate verso l'alto per quanto riguarda il periodo 1924-1949, ad indicare che il 50% dei dati presenta una variabilità maggiore rispetto al range interquartile che contiene il 50% dei dati del periodo 1990-2015. Ad eccezione del mese di novembre, che presenta una scatola più ampia nel periodo temporale 1990-2015. Nonostante questo, l'arco di tempo più recente in considerazione (*Figura 24*) presenta più outliers, cioè valori mensili dalla piovosità estrema e inoltre gli outliers arrivano anche a valori di precipitazione maggiori. Infatti, si nota il raggiungimento di scale diverse osservando l'asse delle ordinate dei due grafici, che riporta le precipitazioni in mm, vengono raggiunti i 600 mm di precipitazione nel periodo 1990-2015 contro i 400 mm del periodo 1924-1949 (*Figura 23*).

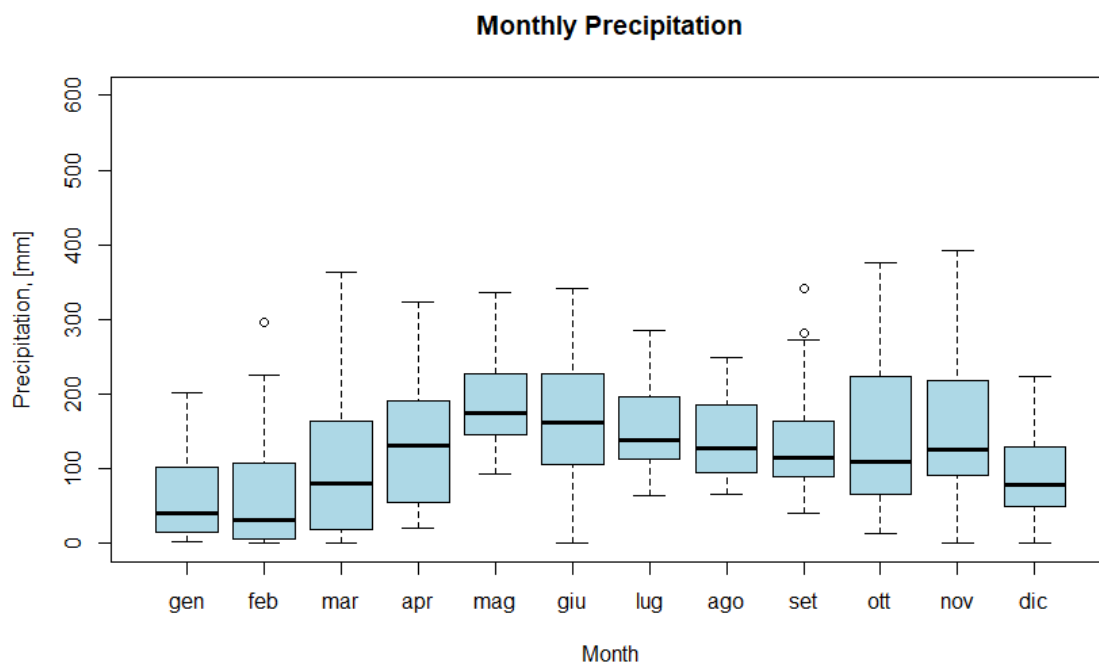


Figura 23 - Regime pluviometrico mensile di Fortogna dal 1924 al 1949

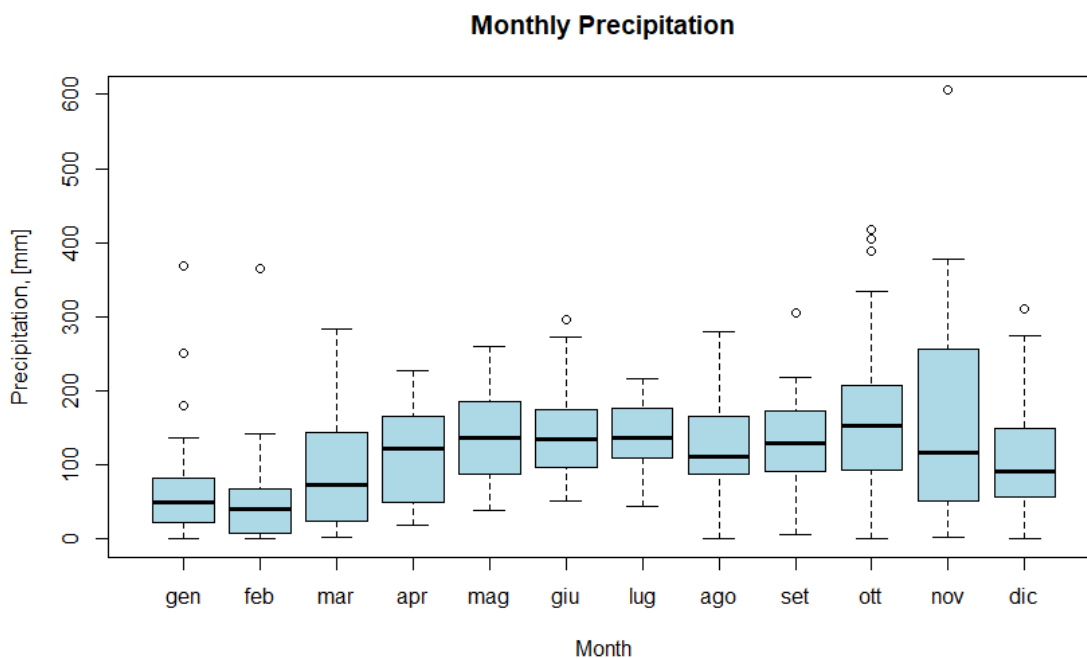


Figura 24 - Regime pluviometrico mensile di Fortogna dal 1990 al 2015

Un altro tipo di visualizzazione delle precipitazioni mensili è la seguente: l'asse delle ascisse che riporta il tempo (anni), l'asse delle ordinate invece i mesi dell'anno, una legenda che associa ai valori di precipitazione in mm un colore e infine il piano cartesiano suddiviso in quadratini colorati che rappresentano le precipitazioni mensili (Figure 25 e 26).

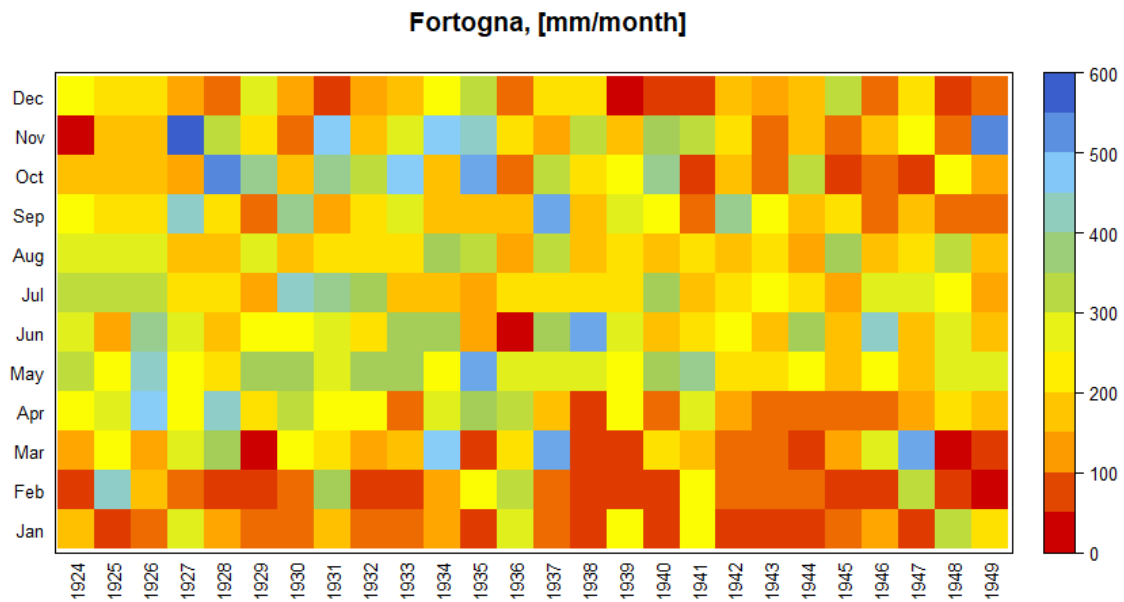


Figura 25 - Visualizzazione a colori delle precipitazioni mensili di Fortogna dal 1924 al 1949

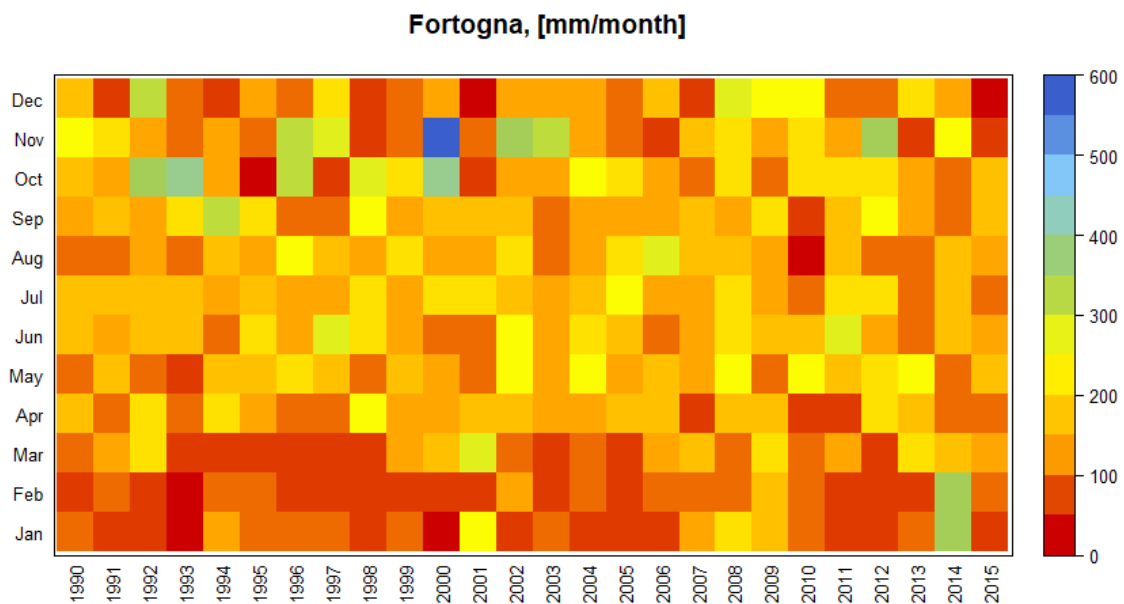


Figura 26 - Visualizzazione a colori delle precipitazioni mensili di Fortogna dal 1990 al 2015

Le leggende presenti alla destra dei grafici ci danno un'idea della corrispondenza tra il colore e un valore di precipitazione (mm): colorazioni blu scuro rappresentano mesi estremamente piovosi, colorazioni azzurro/verdi indicano mesi mediamente piovosi, colorazioni giallo/arancioni ancora minori precipitazioni, fino al rosso scuro che indica 0 mm di pioggia quindi la siccità oppure potrebbe rappresentare la mancanza di dati per il mese, tuttavia si è cercato di scegliere due periodi temporali con il minor numero possibile di lacune di dati.

Dal confronto fra i due periodi è possibile osservare un incremento generale della siccità nel periodo 1990-2015 (Figura 26) rispetto al 1924-1949 (Figura 25) visualizzabile da una maggior prevalenza di colorazioni dai toni caldi. Inoltre, anche attraverso questa visualizzazione il mese di novembre risulta essere caratterizzato da una maggiore variabilità delle precipitazioni per il 1990-2015 (Figura 26), visibile dalla maggiore variabilità delle colorazioni.

A seguire i climogrammi, per un confronto sulle temperature e precipitazioni medie mensili.

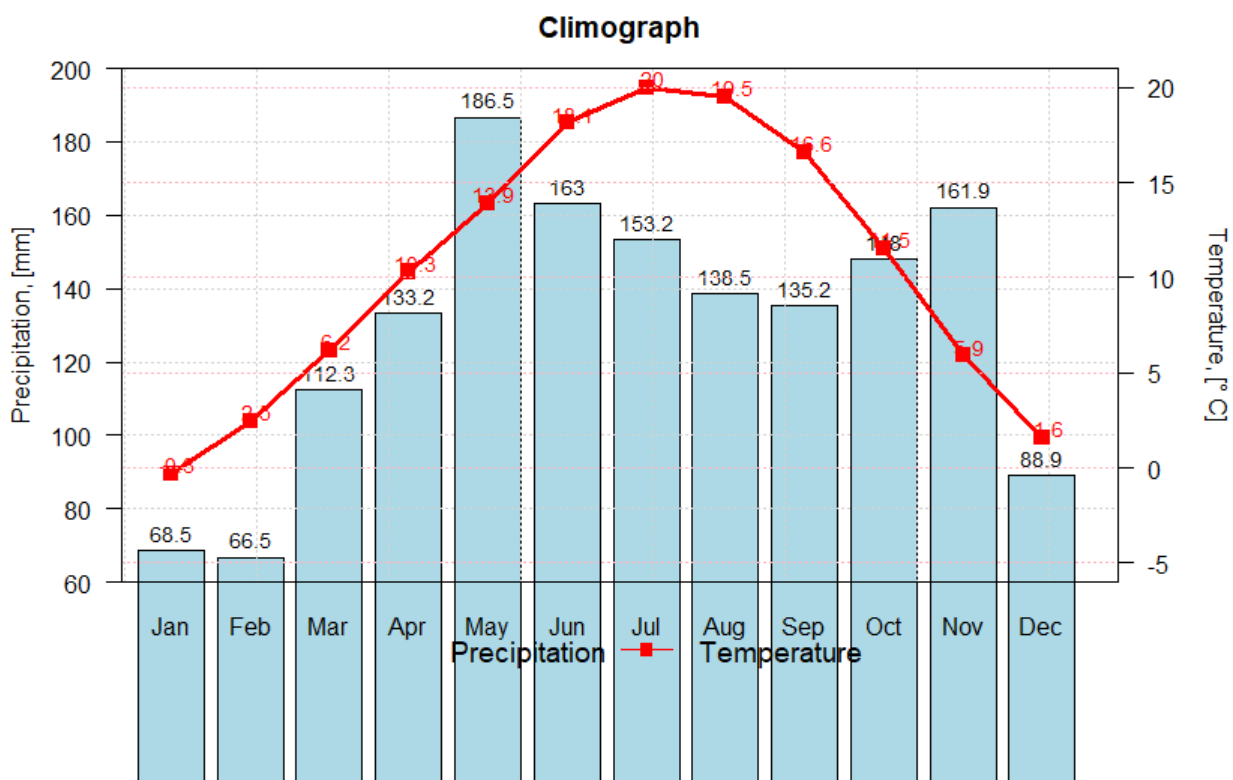


Figura 27 - Climogramma della stazione di Fortogna del periodo 1924 - 1949

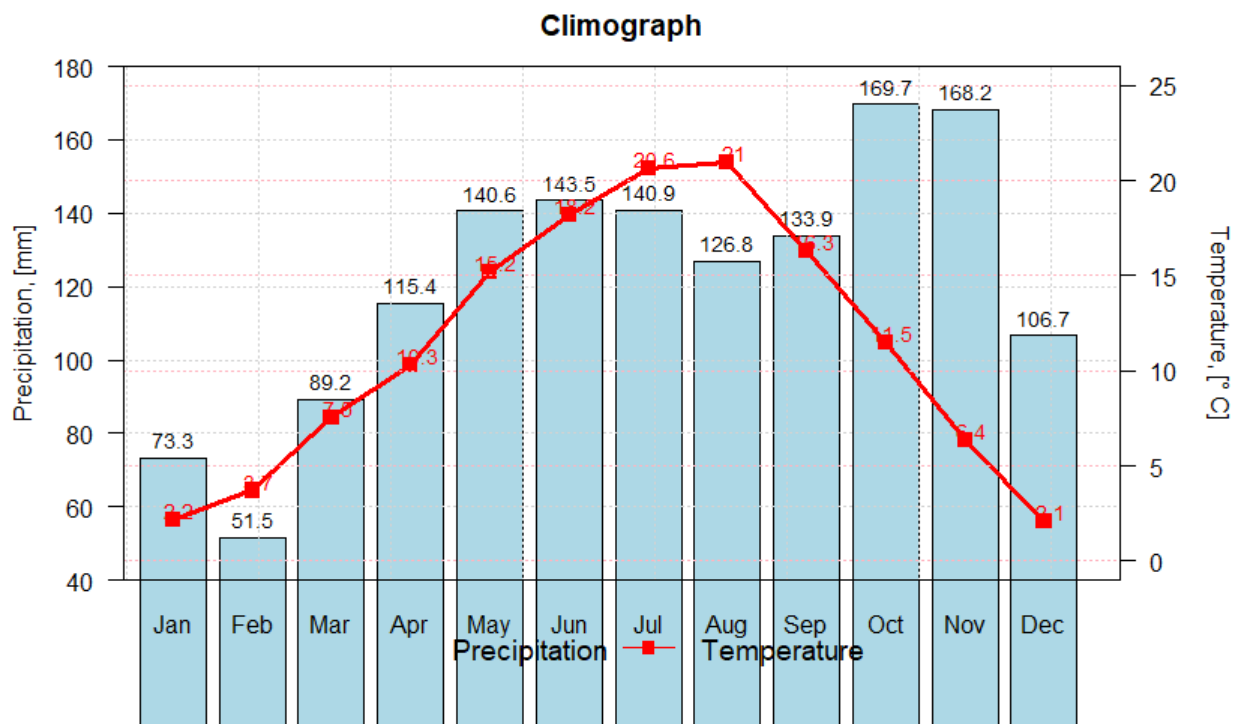


Figura 28 - Climogramma della stazione di Fortogna del periodo 1990 - 2015

I climogrammi permettono di osservare le precipitazioni medie mensili dei due periodi in analisi. Dal confronto emerge che le piogge medie mensili del periodo 1990-2015 sono calate (Figura 28) rispetto al periodo 1924-1949 (Figura 27) per ben otto mesi dell'anno, sono aumentate invece per gennaio, ottobre, novembre e dicembre.

Inoltre, i climogrammi ci permettono di paragonare le temperature medie mensili dei due periodi temporali in analisi, le quali sono state riportate nella Tabella 1. La differenza fra le temperature medie mensili del periodo 1990-2015 e quelle del 1924-1949 ha fatto emergere un aumento della temperatura media in tutti i mesi, tranne in settembre. Per un complessivo aumento medio di temperatura di 0,77 °C per quanto riguarda il periodo 1990-2015.

Tabella 1 – Temperature medie mensili dei due periodi a confronto e loro differenza, stazione di Fortogna

Mese	T (°C) 1990-2015	T (°C) 1924-1949	ΔT (°C)
Gennaio	2,2	-0,3	+2,5
Febbraio	3,7	2,5	+1,2
Marzo	7,5	6,2	+1,3
Aprile	10,3	10,3	0
Maggio	15,2	13,9	+1,3
Giugno	18,2	18,1	+0,1
Luglio	20,6	20	+0,6
Agosto	21	19,5	+1,5
Settembre	16,3	16,6	-0,3
Ottobre	11,5	11,5	0
Novembre	6,4	5,9	+0,5
Dicembre	2,1	1,6	+0,5
		media ΔT (°C)	+0,77

4.2: Nervesa della Battaglia, 1924-1949 / 1990-2015

Si sono scelti anche per Nervesa della Battaglia due periodi temporali, dei quali svolgere un confronto, e anche in questo caso si è preso in considerazione il periodo 1924-1949 e il 1990-2015, dunque 25 anni di tempo in entrambi i casi.

Di seguito sono riportati i diagrammi a scatole e baffi delle precipitazioni mensili per i due periodi in considerazione per la stazione di Nervesa della Battaglia, per un confronto fra regimi pluviometrici mensili. Emerge nel periodo 1990-2015 (*Figura 30*) una diminuzione della variabilità delle precipitazioni per i primi quattro mesi dell'anno, invece un aumento per i mesi di maggio, ottobre, novembre e dicembre rispetto al passato (*Figura 29*). Per quanto riguarda gli outliers, sono distribuiti prevalentemente nella seconda metà dell'anno, da luglio a dicembre, nel periodo 1924-1949 (*Figura 29*); invece nel periodo più recente (*Figura 30*) sono distribuiti nei primi quattro mesi dell'anno, da gennaio ad aprile. Inoltre, è interessante notare la presenza maggiore di outliers nel periodo passato.

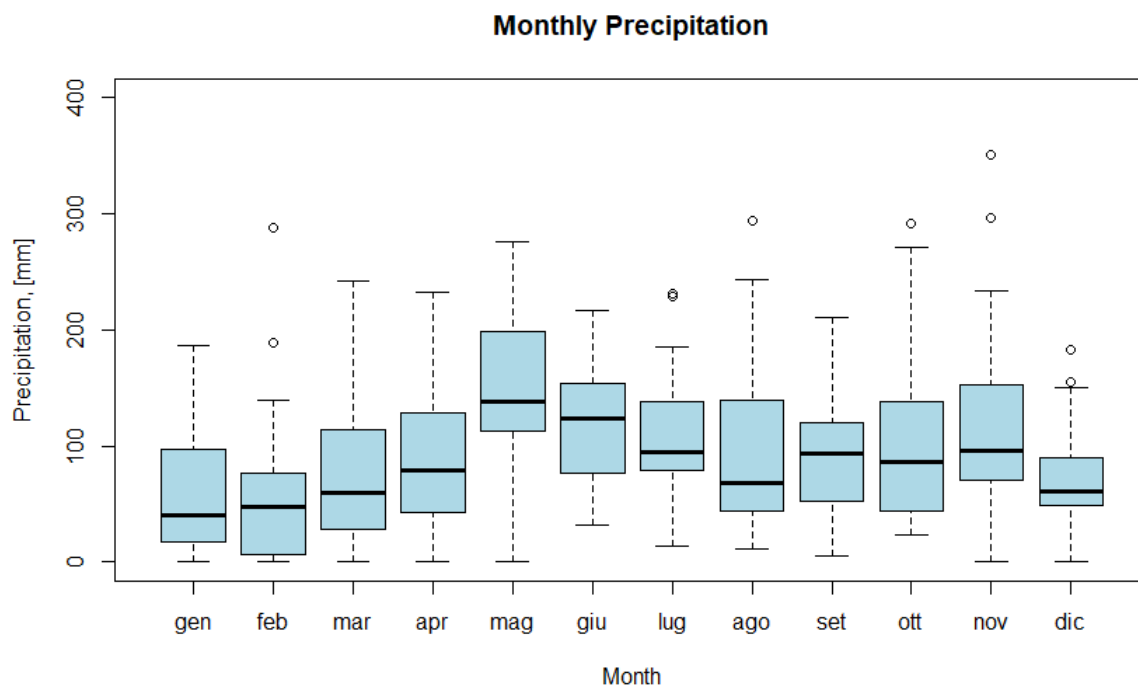


Figura 29 - Regime pluviometrico mensile di Nervesa della Battaglia dal 1924 al 1949

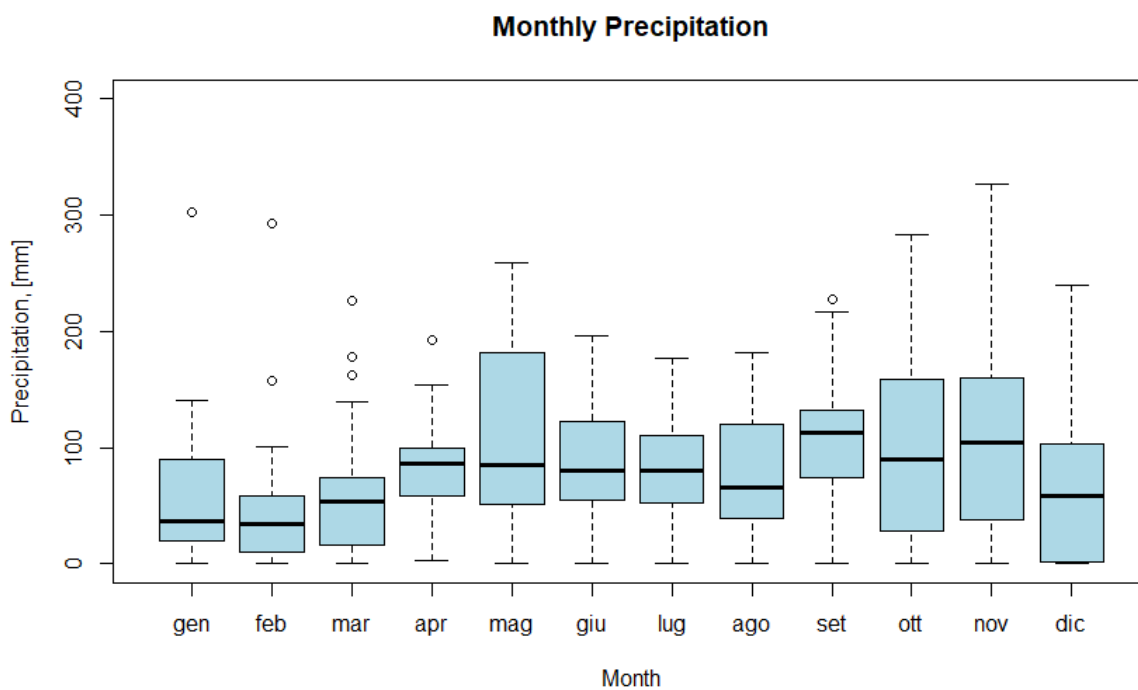


Figura 30 - Regime pluviometrico mensile di Nervesa della Battaglia dal 1990 al 2015

Un altro tipo di visualizzazione delle precipitazioni mensili è il seguente.

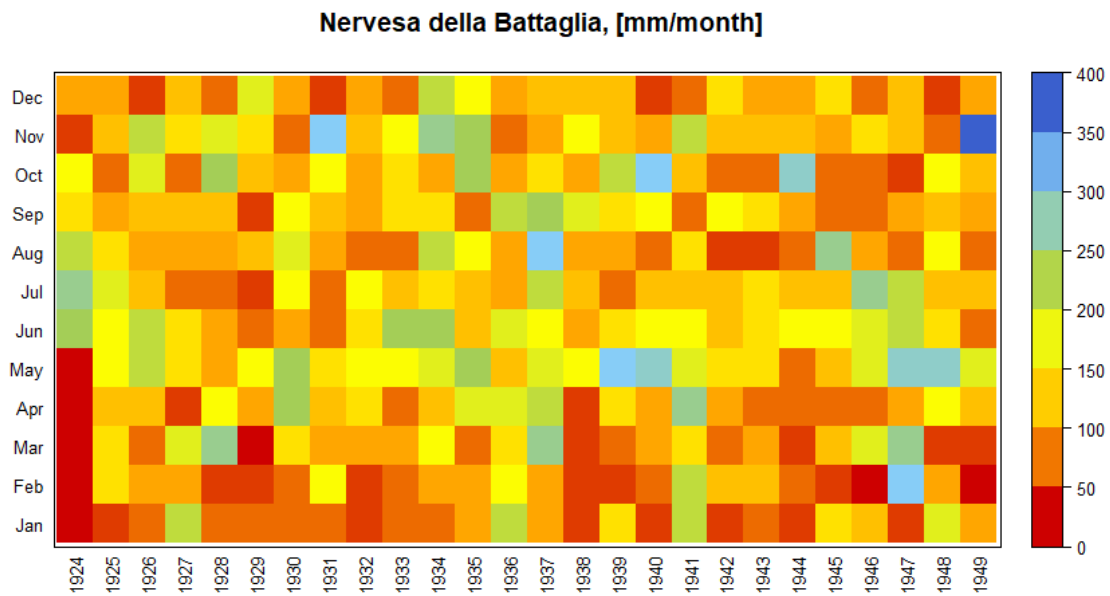


Figura 31 - Visualizzazione a colori delle precipitazioni mensili di Nervesa della Battaglia dal 1924 al 1949

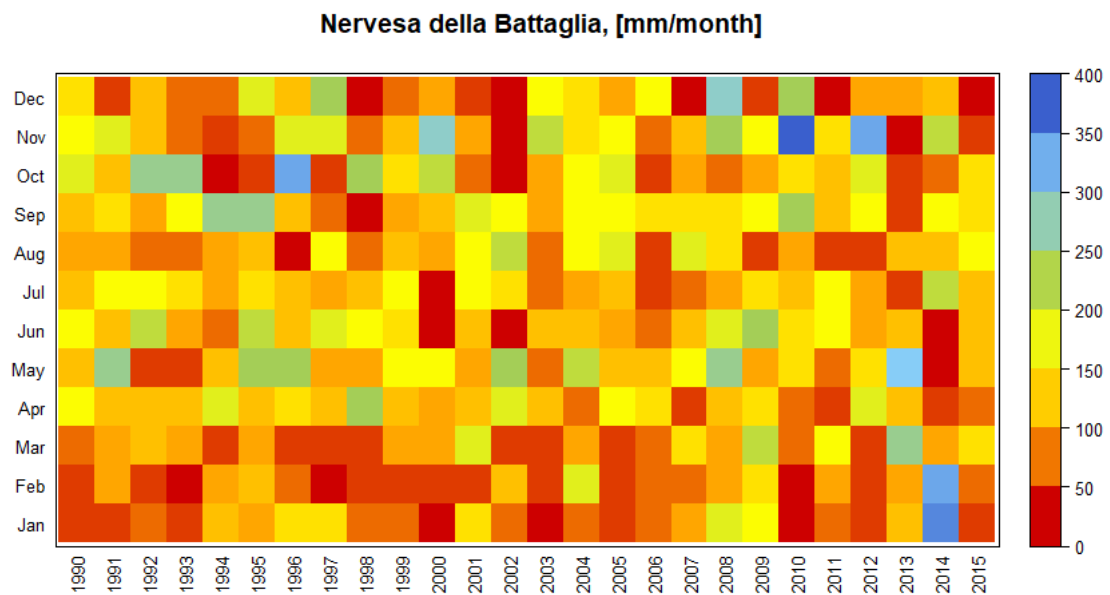


Figura 32 - Visualizzazione a colori delle precipitazioni mensili di Nervesa della Battaglia dal 1990 al 2015

Quanto detto è riscontrabile anche attraverso una visualizzazione a colori delle precipitazioni mensili, si vedano infatti la *Figura 31* per il periodo 1924-1949 e la *Figura 32* per l'arco temporale 1990-2015. Il calo di variabilità nei primi mesi dell'anno per quanto riguarda il 1990-2015 è apprezzabile attraverso l'omogeneizzarsi delle colorazioni, al contrario per il suo aumento nei mesi autunnali attraverso un differenziarsi maggiore delle colorazioni. È facilmente visualizzabile un aumento generale delle colorazioni arancione e rosso nel periodo più recente (*Figura 32*) ad indicare un calo delle precipitazioni, dunque un aumento dei periodi siccitosi.

Non si dispone di dati termometrici per la stazione di Nervesa della Battaglia, per cui non è stata possibile la creazione e l'analisi dei climogrammi.

4.3: Thiene, 1924-1949 / 1994-2019

I periodi temporali scelti per la stazione di Thiene sono: il primo dal 1924 al 1949 e il secondo dal 1994 al 2019. Entrambi racchiudono un intervallo di 25 anni.

A seguire sono riportati i diagrammi a scatole e baffi delle precipitazioni mensili dei due periodi temporali. Il confronto fra i due grafici permette di rilevare leggere differenze nella distribuzione dei dati di precipitazione mensile, infatti le scatole risultano simili, se non per un marzo, giugno, e agosto dalla scatola un po' più stretta e un febbraio, luglio, e dicembre dalla scatola un po' più allungata per il periodo 1994-2019 (*Figura 34*), rispetto al 1924-1949 (*Figura 33*). In particolare, fra questi due specifici range temporali gli outliers, ovvero i valori anomali, risultano più presenti nel periodo 1924-1949 (*Figura 33*).

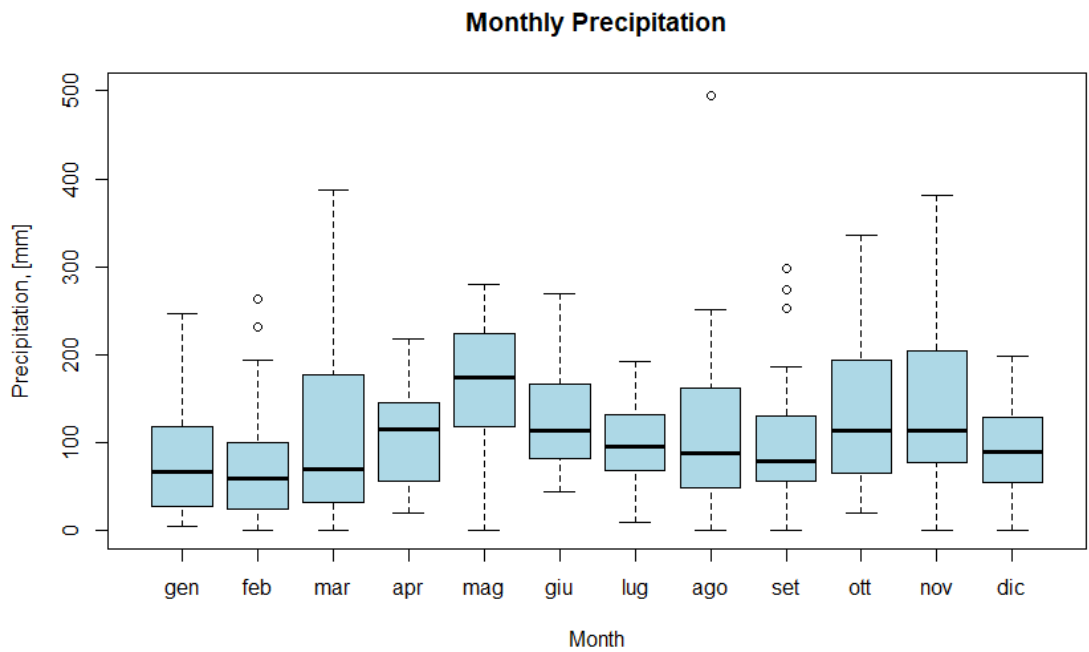


Figura 33 - Regime pluviometrico mensile di Thiene dal 1924 al 1949

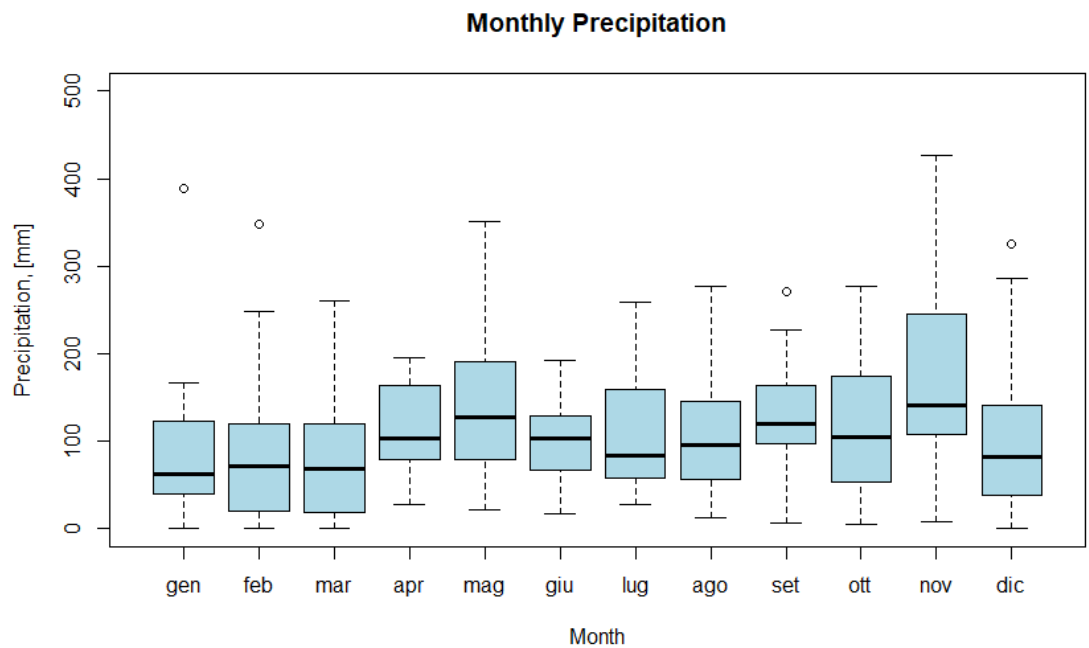


Figura 34 - Regime pluviometrico mensile di Thiene dal 1994 al 2019

Sono qui riportati altri grafici per visualizzare le precipitazioni mensili.

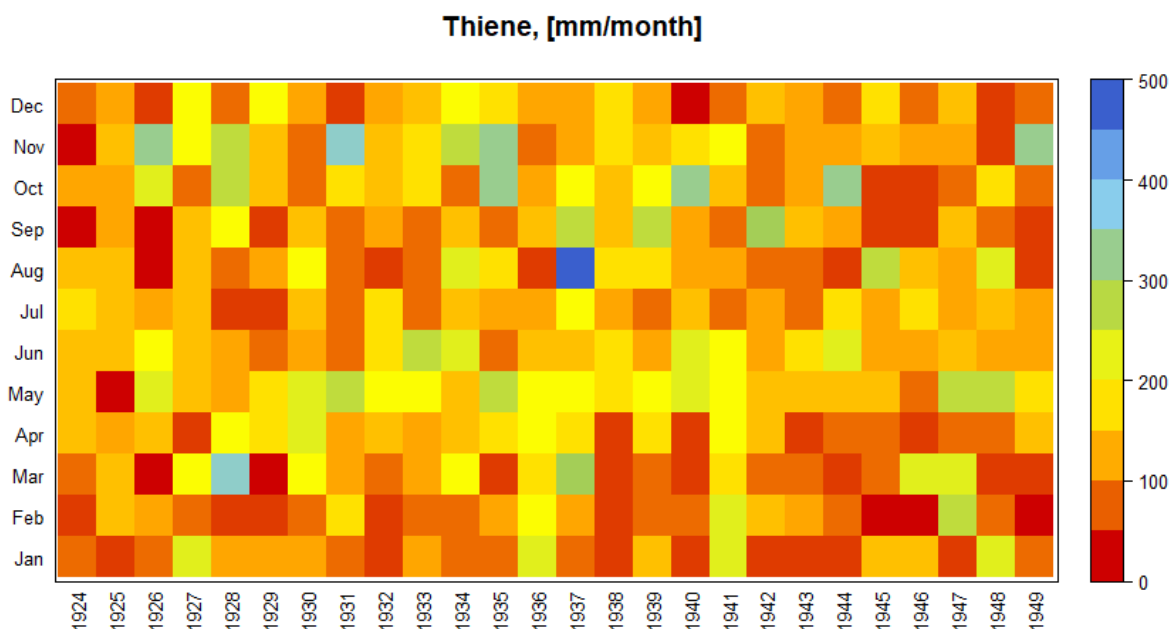


Figura 35 - Visualizzazione a colori delle precipitazioni mensili di Thiene dal 1924 al 1949

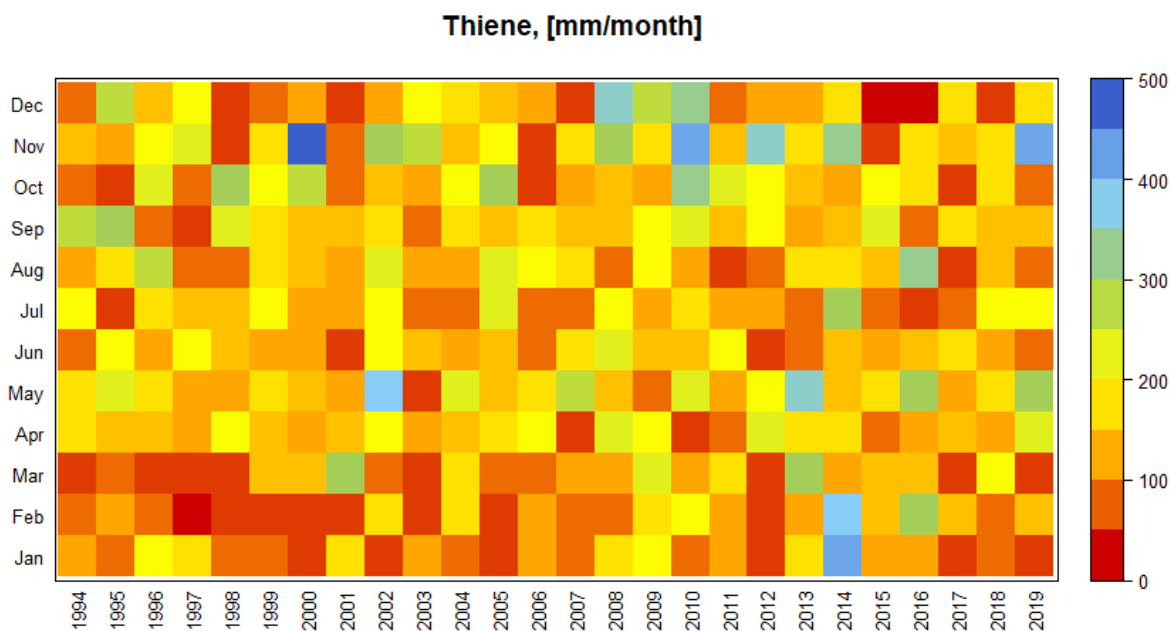


Figura 36 - Visualizzazione a colori delle precipitazioni mensili di Thiene dal 1994 al 2019

Sono state create due rappresentazioni grafiche per una visualizzazione a colori delle precipitazioni mensili, ciò rende più facilmente osservabili le differenze riscontrabili tra il periodo 1924-1949 (*Figura 35*), e il periodo 1994-2019 (*Figura 36*). Quanto detto in precedenza nell'analisi dei diagrammi a box plot è visualizzabile con una maggiore omogeneità delle colorazioni per i mesi di marzo, giugno, ed agosto, e con una maggiore variabilità dei colori per febbraio, luglio, e dicembre nel grafico del periodo 1994-2019 (*Figura 36*). Un trend generale non è di così facile individuazione, infatti non si riscontra nel periodo 1994-2019 un incremento in particolare delle colorazioni aranciate che possano indicare un aumento generale di siccità, né un particolare aumento di colorazioni azzurre, indice di un aumento di piovosità.

Quest'ultima osservazione è sostenuta dall'analisi dei climogrammi per i due periodi in considerazione: 1924-1949 (*Figura 37*) e 1994-2019 (*Figura 38*).

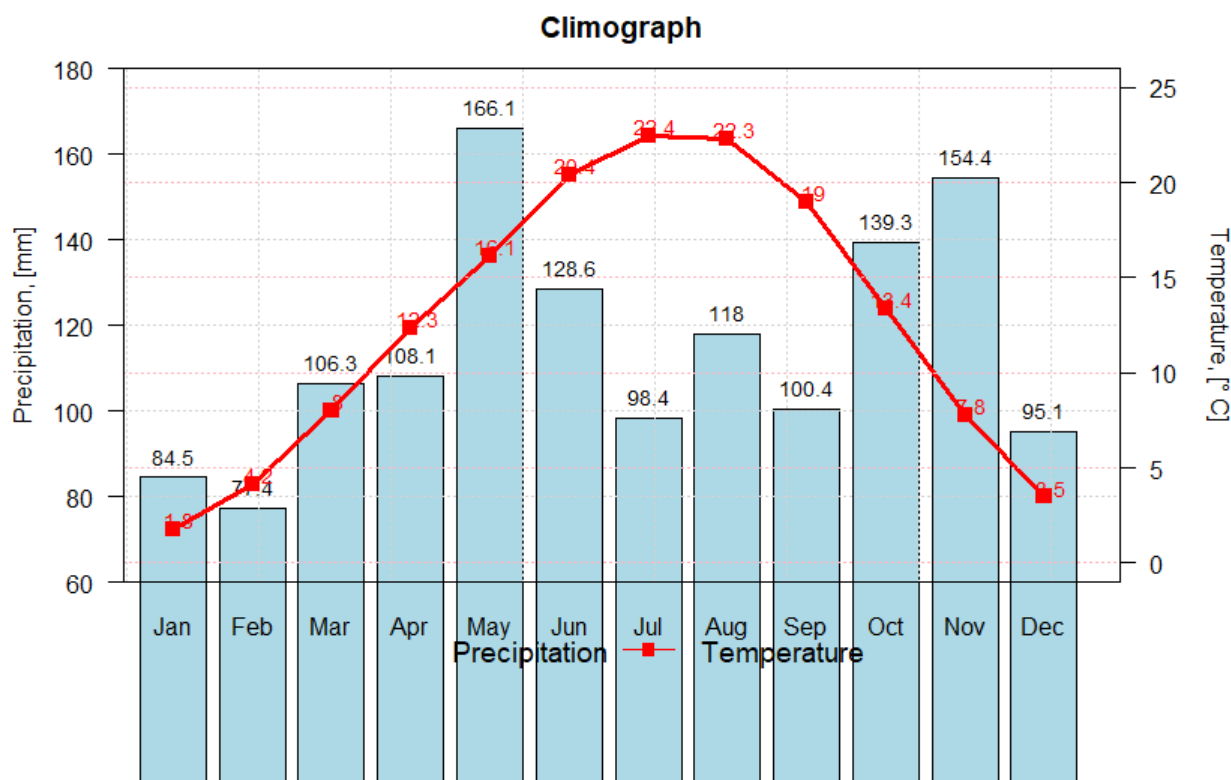


Figura 37 - Climogramma della stazione di Thiene del periodo 1924 - 1949

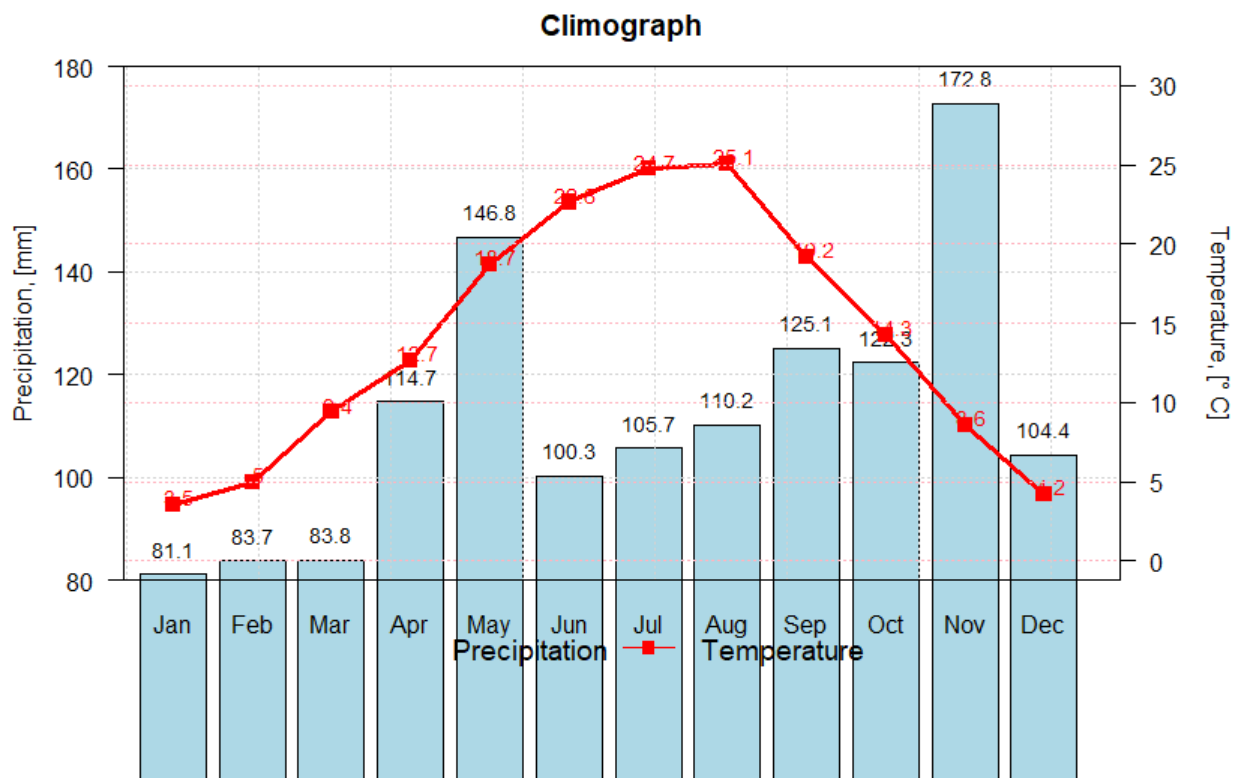


Figura 38 - Climogramma della stazione di Thiene del periodo 1994 - 2019

Osservando i climogrammi è immediato visualizzare un'alternanza tra i due periodi temporali, per chi detiene la piovosità media maggiore per ogni singolo mese dell'anno. Il mese di gennaio presenta una media di precipitazione maggiore per il periodo 1924-1949 (Figura 37), il mese di febbraio invece risulta mediamente più piovoso per il 1994-2019 (Figura 38), marzo ancora è più piovoso nell'arco temporale 1994-1949 e così via. Dunque, prendendo in considerazione il periodo 1994-2019 anche se singolarmente i valori di precipitazione media mensile sono variati, in linea generale ogni diminuzione mensile rispetto al periodo passato è compensata da un aumento in un altro mese. Infatti, se si sommano le precipitazioni medie mensili dell'intervallo 1924-1949 si ottiene il valore di 1.376,6 mm, se si esegue lo stesso calcolo per il periodo 1994-2019 si ottiene il totale di 1.350,9 mm, sono quindi del tutto simili i valori di pioggia totale precipitata nei due periodi.

I climogrammi inoltre permettono un confronto fra temperature medie mensili. La Tabella 2 riporta tutti i valori medi mensili, le differenze di ogni mese fra periodo 1994-2019 e periodo 1924-1949 e infine la media aritmetica delle differenze mensili. Dal 1924-1949 al 1994-2019 si è verificato un aumento della temperatura media mensile in tutti i mesi dell'anno, per un complessivo aumento medio di 1,4 °C.

Tabella 2- Temperature medie mensili dei due periodi a confronto e loro differenza, stazione di Thiene

Mese	T (°C) 1994-2019	T (°C) 1924-1949	ΔT (°C)
Gennaio	3,5	1,8	+1,7
Febbraio	5	4,2	+0,8
Marzo	9,4	8	+1,4
Aprile	12,7	12,3	+0,4
Maggio	18,7	16,1	+2,6
Giugno	22,6	20,4	+2,2
Luglio	24,7	22,4	+2,3
Agosto	25,1	22,3	+2,8
Settembre	19,2	19	+0,2
Ottobre	14,3	13,4	+0,9
Novembre	8,6	7,8	+0,8
Dicembre	4,2	3,5	+0,7
		media ΔT (°C)	+1,4

5: ANALISI SULL'INCREMENTO DELL'INTENSITÀ DI PRECIPITAZIONE NEGLI ANNI

Per un'analisi sull'incremento dell'intensità di precipitazione nel corso degli anni sono stati presi in considerazione i dati messi a disposizione dall'ARPAV sui valori massimi di precipitazione rilevati all'interno dei seguenti intervalli di tempo: 1, 2, 3, 4, 5 giorni; 1, 3, 6, 12, 24 ore; e 5, 10, 15, 30 e 45 minuti.

Per la stazione di Fortogna si hanno a disposizione i dati sugli intervalli giornalieri a partire dall'anno 1992 al 2021, e lo stesso per gli intervalli dei minuti, invece per gli intervalli orari i dati risalgono al 1923 fino al 2020. I dati sulle precipitazioni massime in intervalli temporali disponibili per Nervesa della Battaglia sono solamente quelli orari, ed essi partono dall'anno 1985 e terminano nel 1994. La stazione di Thiene presenta i dati negli intervalli di giorni, ore e minuti dal 1992 al 2021. Inoltre, questi range annuali, dei quali si dispone dei dati, sono frutto dell'integrazione di dati di altre stazioni meteorologiche per Fortogna e Thiene, rispettivamente delle stazioni di Longarone e di Malo, in seguito alla chiusura delle due precedenti.

Al fine dell'analisi sono stati creati dei grafici che riportano separatamente i valori giornalieri, orari e quelli dei minuti. Sull'asse delle ascisse di ogni grafico si può osservare il range temporale (anni) e sull'asse delle ordinate i valori di precipitazione massima rilevata (mm) per ogni intervallo in considerazione. Ogni linea spezzata raffigurata nei grafici rappresenta uno specifico intervallo temporale (di minuti, ore o giorni) e per ognuna di esse è visualizzabile la propria linea di tendenza della quale inoltre si è esplicitato l'equazione. Il coefficiente angolare delle equazioni delle linee di tendenza permette, come dice il nome stesso delle rette, di vedere il trend dei valori nel tempo, quindi di rilevare una tendenza in aumento nel caso di coefficiente angolare positivo oppure una tendenza in calo nel caso di coefficiente angolare negativo.

I valori massimi di precipitazione ininterrotta riferiti all'intervallo di 1 giorno analizzati in questo capitolo corrispondono inevitabilmente con i valori di pioggia giornalieri del precedente sottoparagrafo 3.4. Vi è una differenza invece fra le precipitazioni massime nell'intervallo di 1 giorno e quelle nelle 24 ore, poiché quest'ultime non si riferiscono alle 24 ore di un giorno solare [13].

A seguire i grafici creati per la stazione di Fortogna.

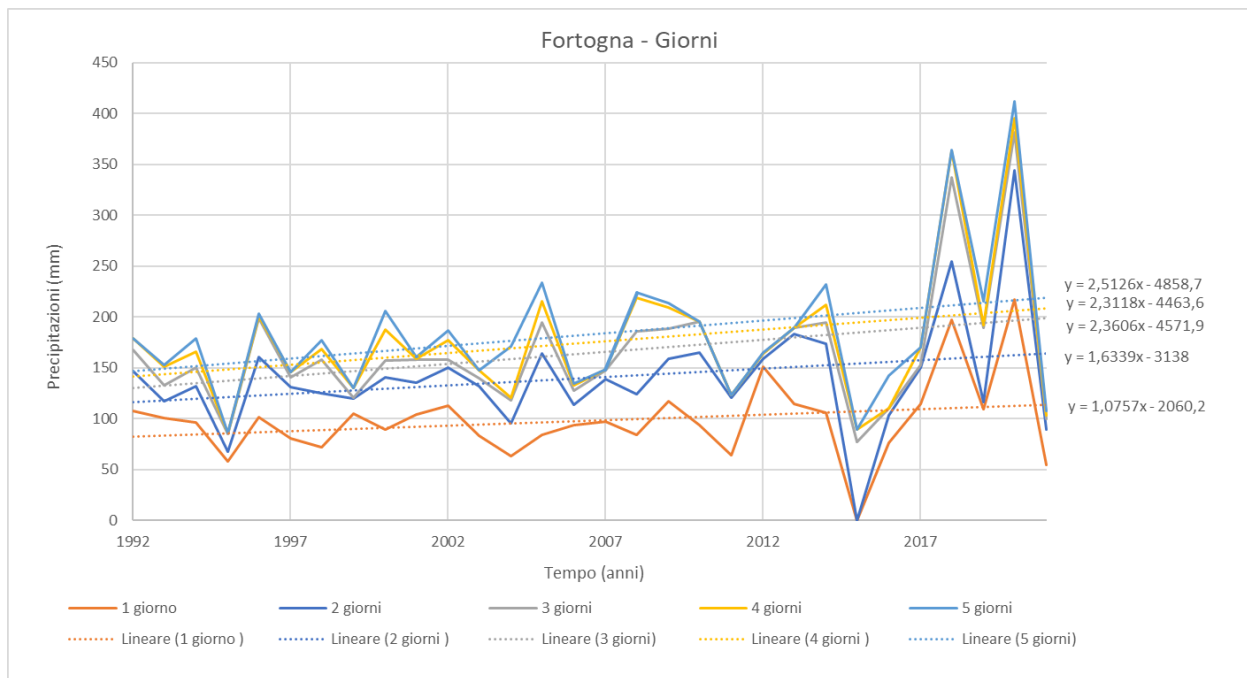


Figura 39 - Valori massimi di precipitazione registrati nell'intervallo di giorni, Fortogna

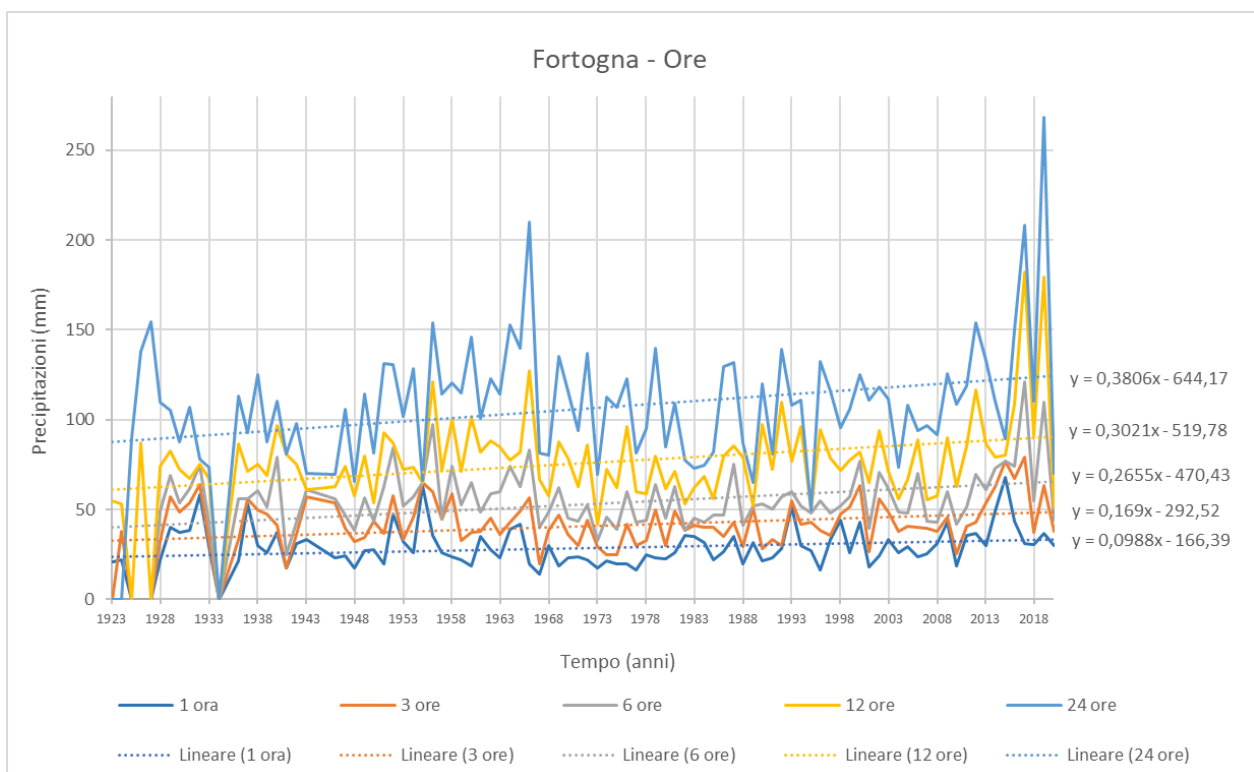


Figura 40 - Valori massimi di precipitazione registrati nell'intervallo di ore, Fortogna

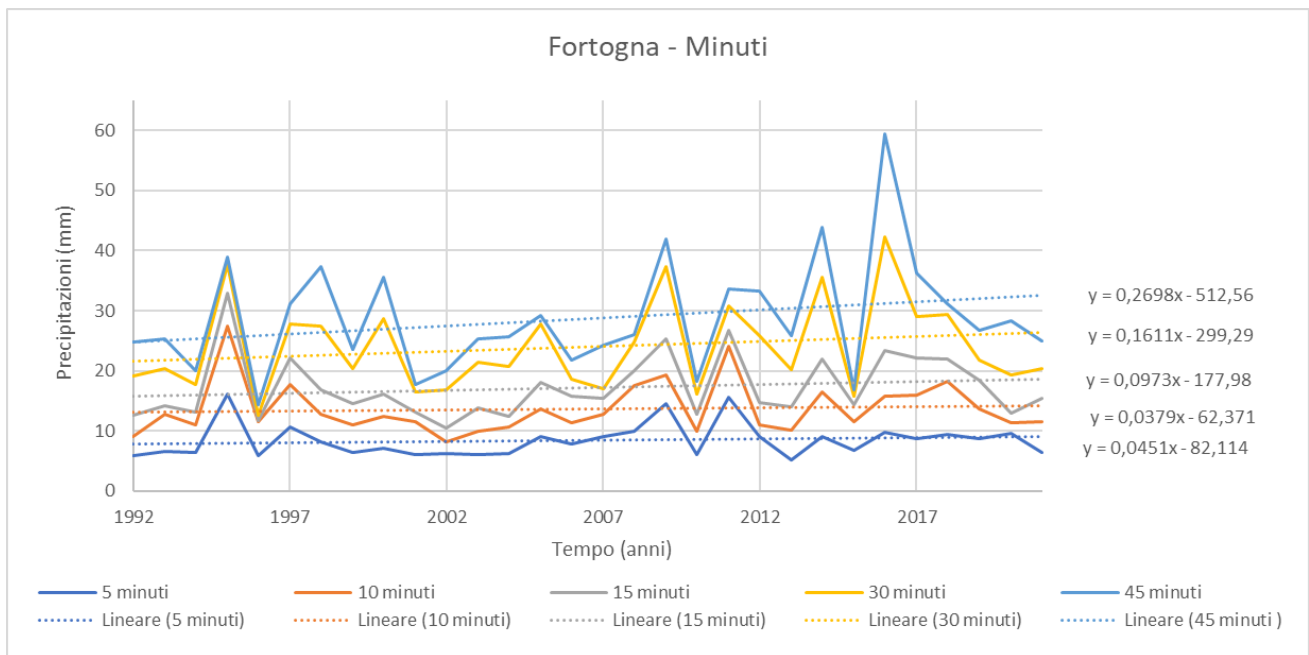


Figura 41 - Valori massimi di precipitazione registrati nell'intervallo di minuti, Fortogna

Tutti e tre i grafici riportano interamente linee di tendenza dal coefficiente positivo; dunque, con il passare del tempo i valori di piovosità massima registrata nei vari intervalli presi in considerazione è sempre aumentata. In particolare, emerge all'interno del grafico degli intervalli giornalieri un aumento maggiore, e quindi coefficiente angolare più alto, nel caso dei 5 giorni (Figura 39), mentre tra gli intervalli di tempo di minuti l'aumento maggiore si è verificato nei 45 minuti (Figura 41). Inoltre, dal confronto fra il grafico dei giorni e quello dei minuti, i quali riportano entrambi i dati dello stesso periodo temporale ovvero dal 1992 al 2021, si evince che l'incremento di intensità di precipitazione è stato maggiore per gli intervalli giornalieri (Figura 39). Per quanto riguarda il grafico delle ore, i dati risalgono ad un periodo più esteso, dall'anno 1923 al 2020 e l'incremento più spinto risulta essere avvenuto nell'arco delle 24 ore (Figura 40). L'incremento maggiore risulta essere ancora quello nelle 24 ore fra gli intervalli orari anche se si riportano nel grafico delle ore solo i dati del periodo 1992-2020 (Figura 42). Dal confronto fra tutti e tre i grafici, di giorni, ore e minuti con i dati riferiti allo stesso periodo temporale, emerge che gli intervalli giornalieri presentano l'incremento maggiore fra tutti.

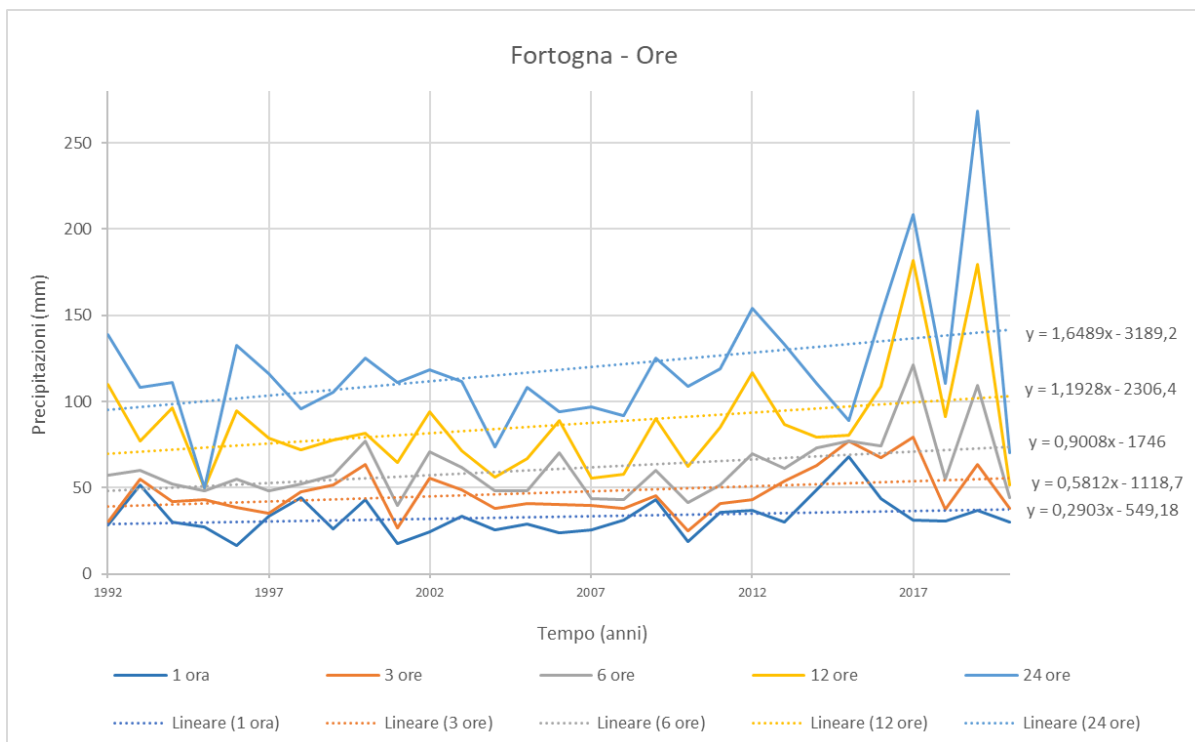


Figura 42 - Valori massimi di precipitazione registrati nell'intervallo di ore, Fortogna, 1992 - 2020

Grafico orario per Nervesa della Battaglia.

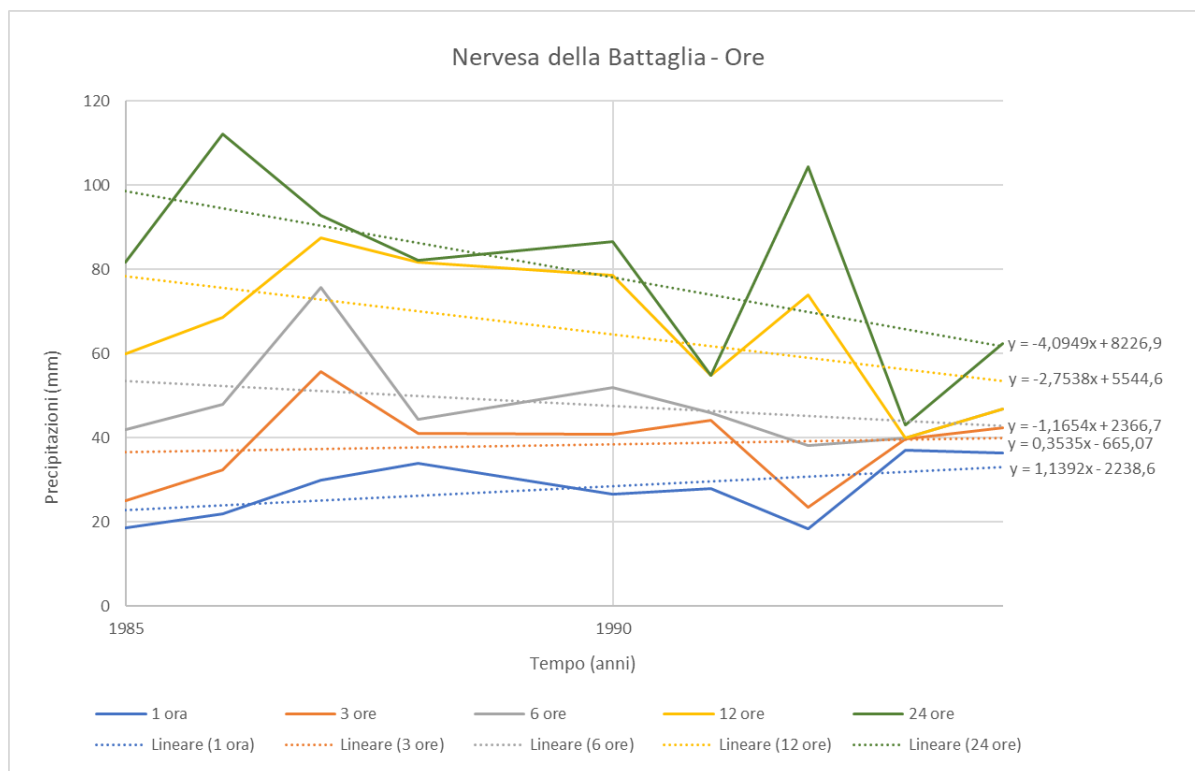


Figura 43 - Valori massimi di precipitazione registrati nell'intervallo di ore, Nervesa della Battaglia

Per la stazione di Nervesa della Battaglia si hanno a disposizione soltanto i valori delle precipitazioni massime in intervalli orari. La rappresentazione grafica di questi valori orari (*Figura 43*) ha permesso di riscontrare un calo dell'intensità di precipitazione nel tempo per la maggior parte degli intervalli considerati: per le 6 ore, le 12 ore e per le 24 ore. In particolare, il decremento di intensità maggiore si è verificato per le 24 ore. Invece per gli intervalli: 1 ora e 3 ore si è verificato un aumento della piovosità, soprattutto per l'intervallo di 1 ora poiché la linea di tendenza di questo intervallo ha coefficiente angolare più elevato.

Di seguito sono riportati i grafici per la stazione di Thiene.

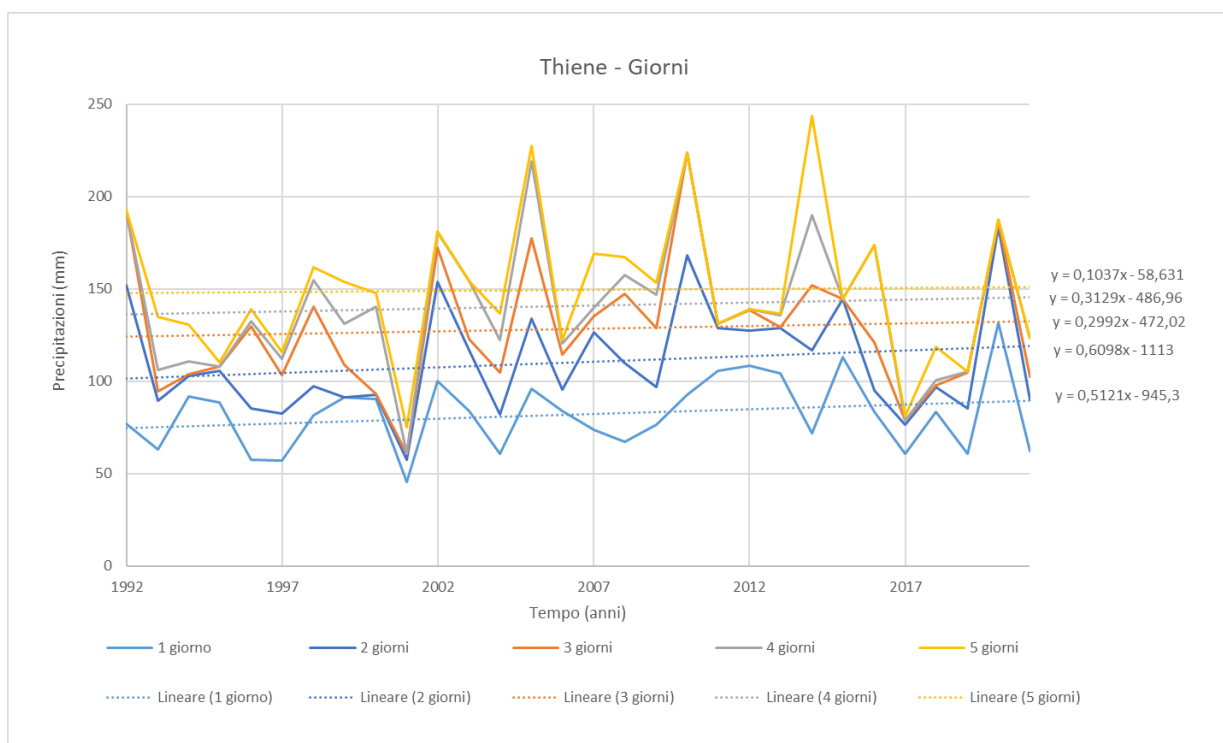


Figura 44 - Valori massimi di precipitazione registrati nell'intervallo di giorni, Thiene

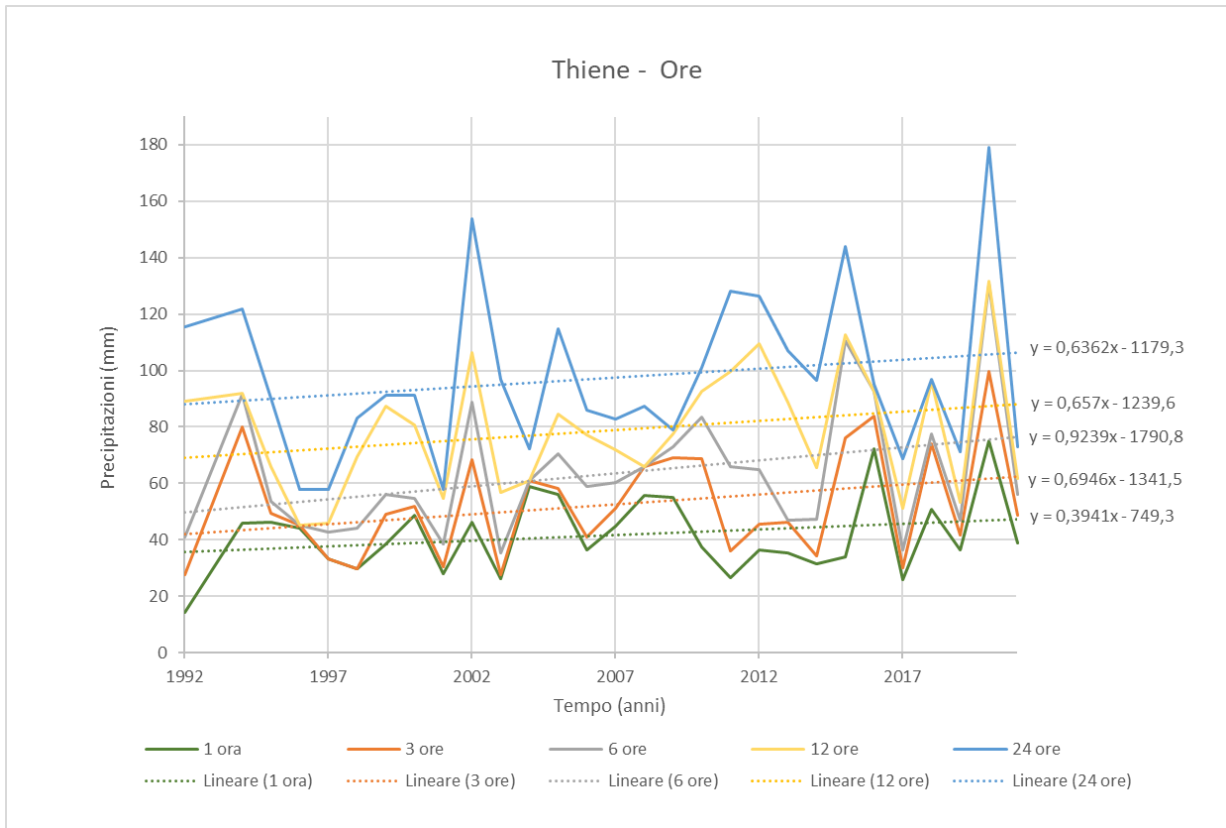


Figura 45 - Valori massimi di precipitazione registrati nell'intervallo di ore, Thiene

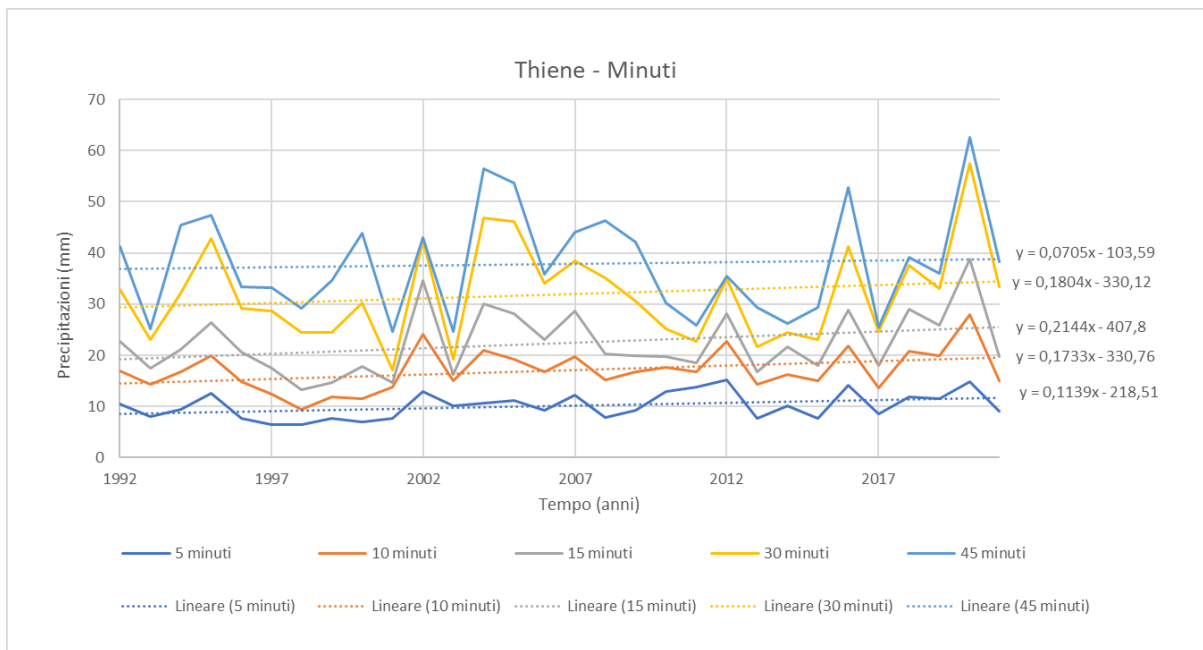


Figura 46 - Valori massimi di precipitazione registrati nell'intervallo di minuti, Thiene

Quanto risulta dai grafici di Thiene è in linea con la tendenza rilevata in precedenza per la stazione di Fortogna. Infatti, anche per Thiene risulta essere avvenuto un incremento nel tempo dell'intensità di precipitazione in tutti gli intervalli temporali in considerazione. Per la stazione di Thiene l'incremento maggiore di piovosità negli intervalli giornalieri si è verificato per i 2 giorni, negli intervalli delle ore invece l'aumento maggiore è stato quello nelle 6 ore e infine per gli intervalli di minuti per i 15 minuti. Fra tutti gli incrementi, quelli maggiori risultano essere avvenuti negli intervalli orari.

Dal confronto fra la stazione di Fortogna e di Thiene, per quanto riguarda i dati dal 1992, risulta che per Fortogna sia stato maggiore l'incremento negli intervalli giornalieri (confronto *Figura 39 e 44*) e orari (*Figura 42 e 45*), invece inferiore rispetto a Thiene per i minuti (confronto fra *Figura 41 e 46*).

6: CONCLUSIONI

Quindi, a partire dalla prima analisi sulla pluviometria annuale è emerso che le precipitazioni cumulate annuali per le tre stazioni, Fortogna, Nervesa della Battaglia e Thiene pur subendo delle oscillazioni nel tempo, non sono variate in modo significativo. La distribuzione delle piogge all'interno dell'anno è ciò che è cambiato veramente con il passare del tempo. Gli eventi di precipitazione sono diminuiti in favore di un aumento dell'intensità degli stessi, e ciò è confermato dai dati appena analizzati per quanto riguarda le massime precipitazioni in determinati intervalli e dalle analisi statistiche applicate ai valori delle precipitazioni giornaliere delle tre stazioni, che hanno confermato un aumento di piogge giornaliere estreme. Inoltre, anche dal confronto pluviometrico fra periodi temporali differenti è emerso un aumento delle mensilità siccitose e un aumento di mensilità estremamente piovose; dunque è già riscontrabile, e potrà solo che accentuarsi ancora con il cambiamento climatico in corso, l'alternarsi sempre più frequente di periodi di siccità a periodi dalle precipitazioni abbondanti e distruttive.

Oltretutto, a peggiorare le circostanze nei periodi di scarsa precipitazione, si aggiunge il surriscaldamento globale, artefice del cambiamento climatico stesso. Infatti, è stato l'aumento delle temperature dovuto alle immissioni antropiche di gas serra in atmosfera, attualmente secondo l'IPCC +1,09 °C dall'era preindustriale [14], ad aver causato i disequilibri ambientali che hanno coinvolto tutti i compartimenti naturali e fra essi quindi anche le masse d'acqua e d'aria che hanno risposto variando nel modo che è stato appena riscontrato nelle analisi svolte. Infine, i periodi più piovosi non saranno una prospettiva tanto migliore di quelli siccitosi, poiché la pioggia intensa non è in grado di alimentare in maniera soddisfacente le acque sotterranee; infatti, si saturano solamente i primi centimetri di suolo ed aumenta lo scorrimento superficiale, provocando alluvioni. L'aumento considerevole del ruscellamento provoca danni in città e nei campi, danneggiando le piante, oltre al fatto che quest'ultime subiscono anche un danno diretto della pioggia per la sua forte azione battente. Le classiche pioggerelline primaverili, di breve durata e scarsa intensità in grado di infiltrarsi nel suolo e ricaricare le falde e irrigare le piante alle quali si era abituati, saranno sempre più rare.

Quindi le conseguenze del cambiamento climatico non si ripercuotono solo a livello di percezione di una temperatura media maggiore e dei danni causati da fenomeni meteorologici estremi, ma le conseguenze ricadranno anche a sfavore della possibilità di rifornimento idrico di acqua potabile dalle falde e sulla possibilità di nutrimento tramite prodotti agricoli in quanto certi paesi subiranno di più la siccità non rendendo più fattibile l'agricoltura tanto quanto in quelli più colpiti dagli eventi estremi.

Nonostante gran parte del mondo si sia adoperato per rendere attivi regolamenti e iniziative a favore della riduzione delle immissioni in atmosfera, non sarebbe possibile arrestare immediatamente il cambiamento climatico neanche se si azzerasse improvvisamente qualsiasi immissione umana in atmosfera, dunque nei prossimi anni si risconterà ancora la tendenza generale del cambiamento climatico appena posta in evidenza. L'obiettivo della COP26 di Glasgow è di dimezzare le emissioni nette a livello globale entro il 2030 e ridurle a zero entro il 2050, con la speranza che ciò possa limitare l'aumento delle temperature a +1,5 °C [15]. Nell'ipotesi di realizzare questo scenario ottimistico, le previsioni del sesto rapporto dell'IPCC stimano in realtà un riscaldamento di +1,6°C nel periodo 2041-2060 e una riduzione del riscaldamento globale a +1,4 °C soltanto nel 2081-2100 [14]. Per questa ragione molti enti umanitari si stanno prefiggendo programmi non solo di mitigazione del cambiamento climatico, ma anche di adattamento delle popolazioni dei diversi paesi del mondo alle condizioni climatiche alle quali inevitabilmente andremo incontro e dovremo affrontare nel prossimo futuro. *'I cambiamenti climatici non sono solo una minaccia futura: sono già in atto. Dobbiamo prepararci meglio alle loro conseguenze sulla salute umana, la natura e l'economia'* [16].

7: BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA

- [1] Rachel Carson, 1962. *Primavera Silenziosa*. Stati Uniti d'America, Houghton Mifflin
- [2] Amitav Ghosh, 2016. *La Grande Cecità: Il cambiamento climatico e l'impensabile*. BEAT
- [3] James Powell, 2019. *Scientists Reach 100% Consensus on Anthropogenic Global Warming*. SAGE journals, Bulletin of Science, Technology & Society. URL <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0270467619886266>
- [4] WMO, 2021. *State of the Global Climate 2021 WMO Provisional Report*. URL <https://public.wmo.int/en/media/press-release/state-of-climate-2021-extreme-events-and-major-impacts>
- [5] COP26, 2021. Climate change conference UK 2021. *Obiettivi COP26*. URL <https://ukcop26.org/cop26-goals/>
- [6] ARPAV, 2022. *Stazioni con il sensore di precipitazione*. URL https://www.arpa.veneto.it/bollettini/meteo60gg/Mappa_PREC.htm?t=RG
- [7] ARPAV, 2022. *Rete di telemisura*. URL <https://www.arpa.veneto.it/temi-ambientali/meteo/monitoraggio/rete-di-telemisura-1#:~:text=La%20rete%20di%20telemisura%20%C3%A8,parametri%20meteorologici%2C%20agrometeorologici%20ed%20idrologici%2C>
- [8] ARPAV, 2022. *Dati meteorologici*. URL <https://www.arpa.veneto.it/temi-ambientali/meteo/dati>
- [9] RStudio Team, 2019. *RStudio: Integrated Development for R*. RStudio. Inc. Boston, MA. URL <http://www.rstudio.com/>
- [10] R Core Team, 2020. *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.r-project.org>
- [11] Angelo M. Mineo, 2003. *Una guida all'utilizzo dell'ambiente statistico R*. URL <https://cran.r-project.org/doc/contrib/Mineo-dispensaR.pdf>
- [12] Mauricio Zambrano-Bigiarini, 2017. *HydroTSM: Time Series Management, Analysis and Interpolation for Hydrological Modelling R package version 0.6-0*. URL <https://github.com/hzambran/hydroTSM>
- [13] ARPAV, 2022. *Dati delle precipitazioni di massima intensità, Per saperne di più*. URL <https://www.arpa.veneto.it/bollettini/storico/precmax/>
- [14] IPCC, 2021. *Sesto rapporto IPCC*. URL <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>

[15] COP26, 2021. Climate change conference UK 2021. *Mitigazione*. URL

<https://ukcop26.org/it/gli-obbiettivi-della-cop26/mitigazione/>

[16] João Pedro Matos Fernandes, 2021. *Plasmare un'Europa resiliente ai cambiamenti climatici - La nuova strategia dell'UE di adattamento ai cambiamenti climatici*. URL

<https://www.consilium.europa.eu/it/meetings/env/2021/06/10/>