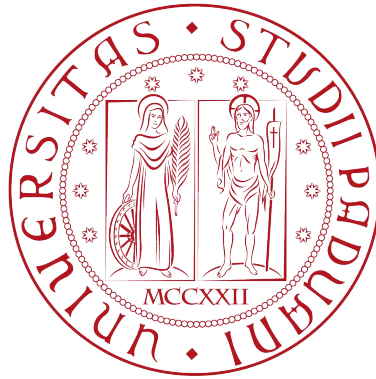


Università degli Studi di Padova
Dipartimento di Scienze Statistiche
Corso di Laurea Triennale in
Statistica per l'Economia e l'Impresa



RELAZIONE FINALE

**Stima dell'eccesso di mortalità dovuto al caldo in Veneto nell'estate
2022**

Relatore: prof. Stefano Mazzuco
Dipartimento di Scienze Statistiche

Laureando: Giuseppe Di Pasquale
Matricola n. 1217669

Anno Accademico 2022/23

Indice

1	Introduzione	1
2	Dati	2
3	Metodi e Modelli	3
3.1	Eccesso di mortalità	3
3.2	Modello Poisson	4
3.2.1	Sovradispersione dei dati	4
3.3	Modello Poisson per sovradispersione	4
3.4	Modello con risposta binomiale negativa	5
3.5	Modelli di regressione lineare regolarizzata	5
3.5.1	Regressione Ridge	6
3.5.2	Regressione Lasso	6
4	Risultati	8
5	Conclusioni	24
A	Modelli	25
B	Grafici	30
B.1	Grafici generali	30
B.2	Grafici per suddivisione demografica	36

Capitolo 1

Introduzione

Il cambiamento climatico globale rappresenta una sfida sempre più urgente per l'umanità, richiedendo particolare attenzione alle conseguenze sulla salute delle persone. L'aumento della frequenza e dell'intensità di fenomeni climatici estremi, come ondate di calore, tempeste e siccità, sta diventando un tema cruciale in molti paesi di tutto il mondo, con impatti significativi sulla qualità di vita e sulla salute della popolazione.

Nell'estate del 2022, la regione Veneto, come molte altre zone del globo, ha sperimentato condizioni climatiche estreme, caratterizzate da temperature anomale e prolungate ondate di calore. Tali eventi eccezionali hanno suscitato preoccupazioni riguardo all'impatto sulla salute delle persone, poiché il caldo estivo può rappresentare un fattore di rischio significativo per la mortalità, specialmente tra le fasce di popolazione più vulnerabili.

Con l'obiettivo di comprendere a fondo l'eccesso di mortalità estiva verificatosi nel Veneto durante quell'anno, si è intrapresa un'analisi dei dati demografici e meteorologici disponibili.

Capitolo 2

Dati

I dati acquisiti sono relativi all'arco temporale 2011-2022, tra questi, i dati fino al 2021 vengono utilizzati per stimare i decessi previsti per l'estate del 2022. Gli anni 2020-21 vengono comunque tenuti in considerazione nonostante la presenza di decessi da Covid-19 poiché questi ultimi rappresentano solo l'1.25% sul totale dei decessi nel periodo estivo in Veneto (246 nel 2020 e 178 nel 2021), non influenzando in maniera significativa i risultati dello studio. [1]

I dati relativi ai decessi giornalieri, per ogni causa di morte, della popolazione residente sono suddivisi per sesso, età e comune di appartenenza e sono stati forniti dall'ISTAT [2]; i comuni sono stati aggregati nelle rispettive province e i decessi giornalieri alla corrispondente settimana in formato ISO. Sono stati presi in considerazione solamente i dati relativi ai mesi estivi (dal 1 giugno al 31 settembre, corrispondentemente dalla settimana ISO 22 alla 39) questo per ottenere un'analisi più specifica del periodo di riferimento. I dati forniti dall'ISTAT sono suddivisi in 22 classi di età quinquennali che vanno da 0 a 100+ anni compiuti al momento del decesso. Successivamente le classi di età sono state raggruppate in sei classi da 0 a 19, da 20 a 39, da 40 a 64, da 65 a 74, da 75 a 84 e 85+ [4].

Le temperature medie giornaliere sono state ricavate dal sito dell'ARPAV [3] prendendo in considerazione la stazione più vicina al centroide della provincia, per poi essere trasformate nella media settimanale della corrispondente settimana ISO.

Capitolo 3

Metodi e Modelli

In questa analisi i modelli vengono stimati sul 75% dei dati settimanali, il restante 25% viene tenuto per testare i modelli. I decessi vengono considerati come osservazioni di una variabile aleatoria indipendente e identicamente distribuita, del tipo:

$$Y_i \sim IID(\mu, \sigma^2),$$

condizione che verrebbe violata se fossero considerate come conseguenza di una serie storica che non sia un processo random walk.

3.1 Eccesso di mortalità

Per eccesso di mortalità s'intende quando i decessi di un determinato periodo superano i decessi attesi per lo stesso periodo. Un primo metodo per calcolare l'eccesso di mortalità è quello di sottrarre ai decessi della settimana t i decessi registrati nella stessa settimana dell'anno precedente. Il problema di questo metodo è la possibilità che l'anno precedentemente sia stato un anno anomalo, mentre un'alternativa più robusta sarebbe usare la media di diversi anni passati. Un altro metodo è stimare l'eccesso di mortalità D^* per una data settimana t per lo strato j viene definito come $D^* = D_{jt} - \lambda_{tj}$ dove D sono i decessi osservati e λ sono i decessi attesi sotto uno specifico modello. L'eccesso di mortalità per un periodo $[a, b]$ è dato da $D_{[a,b]}^* = D_{[a,b],j} - \lambda_{[a,b],j}$ dove $D_{[a,b],j} = \sum_{t=a}^b D_{tj}$ e $\lambda_{[a,b],j} = \sum_{t=a}^b \lambda_{tj}$. Per poter confrontare la stima dell'eccesso di mortalità tra diverse province si usa la percentuale settimanale di incremento delle morti osservate sulle morti attese, questa quantità viene chiamata *P-score* e viene calcolata come $P_{tj} = \frac{D_{tj}}{\lambda_{tj}}$ e come per l'eccesso di mortalità si può calcolare il *P-score cumulativo* per una sequenza di settimane $[a, b]$ e si calcola come $P_{[a,b],j} = \sum_{t=a}^b \frac{D_{t,j}^*}{\lambda_{tj}}$.

3.2 Modello Poisson

Il modello statistico di riferimento per dati di conteggio per realizzazioni di variabili casuali indipendenti con totale non prefissato è il modello Poisson.

Un modello lineare generalizzato di Poisson assume $Y_i \sim DE_1(\mu_i, \mu_i)$ con $\mu_i > 0$, con supporto \mathbb{N} e $g(\mu_i) = \eta_i = \mathbf{x}_i\beta$. Esso assume che la media e la varianza siano uguali. La funzione di legame scelta è la funzione di legame canonica (logaritmica) e il modello, chiamato anche *log-lineare di Poisson*, ha i seguenti valori attesi:

$$\mu_i = \exp\left(\sum_{r=1}^p \beta_r x_{ir}\right),$$

con i che va da 1 a n (numerosità campionaria) e p pari al numero di parametri [6].

3.2.1 Sovradispersione dei dati

Spesso l'assunzione di identità tra media e varianza è troppo stringente e non viene rispettato e spesso i dati presentano varianza maggiore della media (sovradiersione). Per verificare se è presente sovradiersione dei dati è possibile utilizzare la *statistica di Pearson* utile per verificare l'adeguatezza del modello Poisson. La sua formulazione è la seguente:

$$X^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(y_i - \hat{\mu}_i)^2}{\hat{\mu}_i},$$

con distribuzione nulla approssimata χ_{n-p}^2 . Tale approssimazione è ritenuta soddisfacente per $\hat{\mu}_n \geq 3$ [5]. Il problema della sovradiersione può essere risolto tramite l'utilizzo della stima di quasi-verosimiglianza per la distribuzione Poisson (modello quasi-Poisson) o applicando una distribuzione binomiale negativa.

3.3 Modello Poisson per sovradiersione

Nel caso non fosse valida l'assunzione di uguaglianza tra media e varianza, il modello di Poisson può non essere appropriato per analizzare i dati, mentre modello di Poisson per dati con sovradiersione che

utilizza la stima di quasi-verosimiglianza fornisce una soluzione alternativa consentendo di tener conto della sovradisersione, permettendo un incremento della varianza rispetto al corrispondente modello lineare generalizzato dato da un fattore ϕ .

Il modello diventa:

$$Y_i \sim Pois(\lambda_i, \phi),$$
$$\lambda_i = exp(\eta_i),$$

dove η_i è il predittore lineare su scala logaritmica.

3.4 Modello con risposta binomiale negativa

Un'altra soluzione in risposta alla sovradisersione dei dati è l'utilizzo di un modello con risposta binomiale negativa.

Sia Y una variabile casuale con distribuzione binomiale negativa, indicata con $BiNeg(k, \pi)$, che rappresenta il numero di prove bernoulliane indipendenti, con costante probabilità di successo π , $\pi \in (0, 1)$, necessarie per ottenere k successi. Il supporto è $S = \{k, k + 1, \dots\}$ e la funzione di probabilità

$$Pr_{\pi}(Y = y) = p_Y(y; \pi) = \binom{y-1}{k-1} \pi^k (1-\pi)^{y-k},$$

per $y \in S$.

3.5 Modelli di regressione lineare regolarizzata

I metodi di regolarizzazione (*shrinkage*) sono tecniche utilizzate per ridurre l'effetto di variabili o coefficienti che hanno un impatto ridotto o insignificante sui modelli statistici. Questi metodi sono ampiamente utilizzati nell'ambito della regressione e dell'apprendimento automatico per migliorare la stabilità e la capacità predittiva dei modelli. I metodi di shrinkage funzionano riducendo la dimensione dei coefficienti o dei pesi associati alle variabili nel modello. Ciò può essere ottenuto attraverso l'applicazione di penalizzazioni o restrizioni che limitano la dimensione dei coefficienti o li spingono verso valori più piccoli [7].

3.5.1 Regressione Ridge

Il modello Ridge è un algoritmo di regressione lineare che viene utilizzato per affrontare il problema del sovradattamento (overfitting) nei modelli di regressione. Il suo obiettivo è quello di trovare un equilibrio tra la riduzione della complessità del modello e la riduzione dell'errore di adattamento.

La regressione lineare tradizionale utilizza il metodo dei minimi quadrati minimizzando l'errore quadratico medio (MSE). Tuttavia, quando il numero di variabili esplicative è elevato o quando queste sono correlate tra loro, la regressione lineare può essere soggetta a problemi di sovradattamento, cioè il modello può essere troppo complesso e adattarsi eccessivamente ai dati di addestramento, riducendo la sua capacità di generalizzazione a nuovi dati.

Il modello Ridge affronta questo problema aggiungendo un termine di regolarizzazione alla funzione di costo della regressione lineare.

$$\min_{\beta} (\mathbf{y} - \mathbf{X}\beta)^T (\mathbf{y} - \mathbf{X}\beta) + \lambda \beta^T \beta,$$

Questo termine di regolarizzazione è proporzionale al quadrato dei coefficienti di regressione e viene moltiplicato per un parametro di regolarizzazione λ , che controlla l'importanza della regolarizzazione nel modello. Aumentando il valore di λ , si aumenta l'intensità della regolarizzazione.

Questo sistema ammette una soluzione analitica che risulta:

$$\hat{\beta}_{\lambda} = (\mathbf{X}^T \mathbf{X} + \lambda \mathbf{I})^{-1} \mathbf{X}^T \mathbf{y},$$

dove \mathbf{I} è la matrice identità.

L'effetto della regolarizzazione nel modello Ridge è quello di "restringere" i coefficienti di regressione verso lo zero, asintoticamente. Questo aiuta a ridurre la complessità del modello e a evitare il sovradattamento.

3.5.2 Regressione Lasso

La regressione Lasso segue gli stessi principi che sono stati appena descritti per la regressione Ridge, con l'unica differenza che la penalizzazione del Ridge $\sum \beta_j^2$ viene rimpiazzata da $\sum |\beta_j|$.

$$\min_{\beta} (\mathbf{y} - \mathbf{X}\beta)^T (\mathbf{y} - \mathbf{X}\beta) + \lambda |\beta|,$$

Questo permette di poter porre i coefficienti pari a zero. Comunque la soluzione non è lineare in y , ed è necessario ricorrere ad algoritmi di programmazione quadratica che non verranno trattati.

Capitolo 4

Risultati

Nell'estate 2022 si sono verificate temperature anomale prevalentemente per il periodo giugno-luglio che sono state costantemente sopra la media rispetto gli anni passati, figura 4.1, e contemporaneamente si è verificato un anomalo aumento della mortalità per tutta l'estate, figura 4.2. Questo tipo di fenomeno è in gran parte imputabile alla causa antropogenica sull'incremento dell'effetto serra portando all'aumento della temperatura media globale e ad un aumento della frequenza di eventi climatici estremi. [8]

Come già descritto nell'Introduzione l'obbiettivo di questa analisi è di valutare l'impatto delle temperature sulla mortalità.

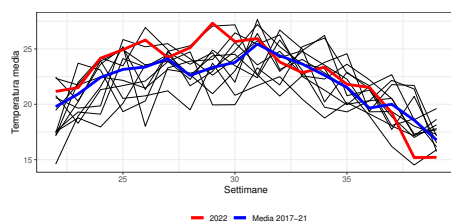


Figura 4.1: Andamento temperatura media settimanale per anno. In rosso è rappresentata la temperatura media dell'estate 2022, mentre in blu è rappresentata la media degli anni passati.

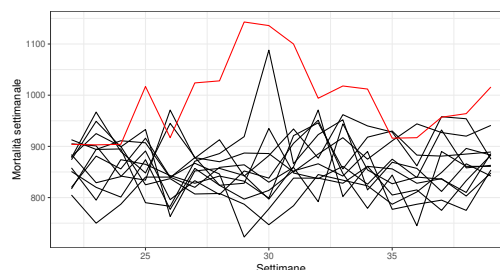


Figura 4.2: Numero di decessi totali per settimana nella regione Veneto. In rosso i decessi relativi al 2022.

Data la variabilità demografica e geografica tra i dati si assume che la mortalità possa essere diversa per provincia e classe di età, banalmente dei motivi potrebbero essere abitudini e diete diverse, le quali non verranno valutati in quest'analisi, o il diverso clima, basti pensare che un clima fortemente umido come si presenta in Pianura Padana fa percepire maggiormente le ondate di caldo rispetto a zone con un clima più secco.

Una domanda sensata da porsi è se l'aumento della temperatura possa avere effetti simili tra le classi di età e come si può notare dal grafico 4.3 per le persone con età inferiore a 45 anni non vi è una variazione di mortalità con l'aumento della temperatura diversamente da un aumento lineare per la fascia [45, 85) o più quadratico per la fascia più anziana lasciando intuire che queste ultime siano più sensibili all'aumento di temperatura.

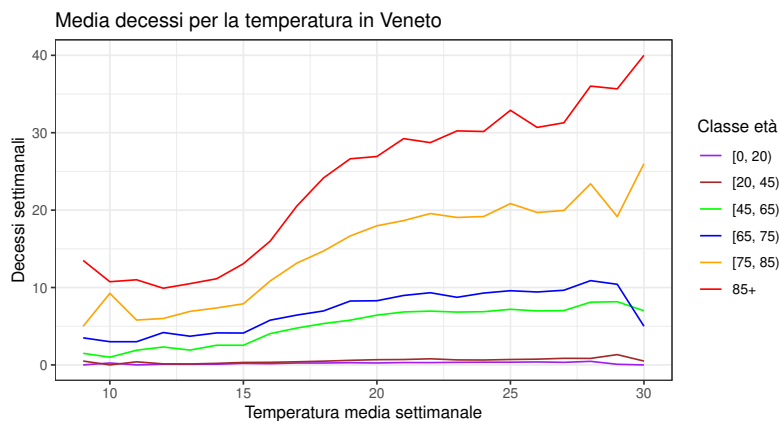


Figura 4.3: Decessi settimanali per temperatura suddivisi per classe di età.

Data la natura dei dati si è deciso di partire con l'analisi di un modello Poisson per dati di conteggio con funzione di legame logaritmica tenendo in considerazione la provincia di riferimento, la classe di età, il sesso, l'anno e la temperatura con il suo quadrato. Dopo aver inserito tutte le variabili e le interazioni tra esse il modello finale è stato selezionato tramite selezione backward con la minimizzazione dell'AIC. Il modello finale prevede bene i dati di train con un R^2 del 93% anche se il test della statistica di Pearson, per valutare la sovradisersione dei dati, risulta statisticamente significativo con un p -value di 0.01. Quindi si è deciso di procedere con l'applicazione di un modello quasi-Poisson con le stesse variabili esplicative (che verranno utilizzate anche per gli altri modelli), ma risulta equivalente al precedente per via del fatto che il parametro di sovradisersione è piccolo (1.03) e per questo motivo viene escluso dall'analisi. Come alternativa è stato calcolato un modello con distribuzione binomiale negativa con risultati molto simili a quelli calcolati dal modello Poisson e con lo stesso principio vengono calcolati i modelli Ridge e Lasso, tenendo in considerazione le variabili esplicative considerate precedentemente. Per la scelta del modello si procede con il confronto dell'errore quadratico medio (MSE) calcolato sui dati di test, dai risultati si ritiene che

il modello binomiale negativo sia equivalente al modello Poisson ed entrambi risultano migliori dei modelli Ridge e Lasso, per semplicità di esposizione si preferisce tenere il modello Poisson, tabella 4.1.

	Poisson	BiNeg	Ridge	Lasso
MSE	10.814	10.815	25.192	11.691

Tabella 4.1: MSE sui dati di test

Visto che l'errore quadratico medio delle previsioni del modello Poisson è molto simile a quello ricavato dal modello binomiale negativo si è deciso di confrontare la differenza tra le previsioni dei dati di test tra i modelli, figura 4.4 e risulta che non vi è una sostanziale differenza con il modello binomiale negativo, per questo motivo viene escluso dal resto dell'analisi.

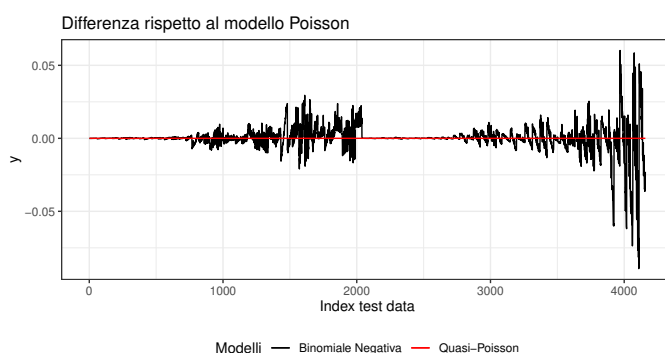


Figura 4.4: Differenza previsione sui dati di test tra il modello Poisson e i modelli quasi-Poisson e binomiale negativo.

Dall'analisi dei residui si evince che il modello stimato presenta un buon adattamento ai dati in quanto dal grafico del $Q-Q$ plot, A.1 si può notare come i residui standardizzati di Pearson non presentino un eccessivo scostamento dalla distribuzione normale, se non per una coda leggermente più pesante a destra, le stime del modello sono riportate nella tabella A.1.

L'effetto della sola temperatura sulla mortalità stimata dal modello risulta una funzione esponenziale del tipo:

$$\log(E[D_i]) = (\beta_1 + x_{i2}\beta_2)t + (\beta_3 + x_{i4}\beta_4 + x_{i5}\beta_5 + \dots + x_{i10}\beta_{10})t^2, \quad (4.1)$$

dove, $E[D_i]$ è il valore atteso dei decessi per giorno, t = temperatura, $\beta_1 = -0.1$ è il coefficiente stimato per la temperatura, x_{i2}

è la variabile indicatrice che vale 1 se il sesso è maschio, il parametro $\beta_2 = 0.06$ rappresenta la differenza media di decessi tra femmine e maschi, $\beta_3 = 0.004$ è il coefficiente stimato per il quadrato della temperatura, nella stessa maniera x_{i4} e β_4 sono rispettivamente la variabile indicatrice per indicare la differenza media dei decessi tra femmine e maschi con il rispettivo coefficiente; mentre x_{i5}, \dots, x_{i10} e $\beta_5, \dots, \beta_{10}$ rappresentano rispettivamente le variabili indicatrici e la differenza media tra i decessi giornalieri delle province del Veneto con la provincia di Belluno.

Si è giunti alla conclusione che l'effetto della temperatura sulla mortalità può variare per ragioni demografiche e geografiche, nella figura 4.5 si può vedere come gli abitanti della provincia di Belluno soffrano maggiormente le elevate temperature, questo fenomeno è probabilmente dovuto al fatto che abitando in un territorio prevalentemente montuoso siano abituati a temperature più basse. Mentre non vi è una particolare differenza per le altre province della regione Veneto, infine vi è evidenza che le femmine soffrano maggiormente le temperature estreme rispetto ai maschi.

Per costruzione le funzioni assumono lo stesso valore in 0, dato che l'analisi riguarda le temperature del periodo estivo non si terrà in considerazione temperature inferiori ai 10° . Dal grafico si può notare come un passaggio dalla temperatura media di 20° , inizio e fine periodo estivo, ad una di 30° porti a un aumento relativo della mortalità del 17-24% per le donne a seconda della provincia considerata e del 5-13% per gli uomini, diversamente per la provincia di Belluno si prevede un aumento di mortalità del 114% per le donne e del 92% per gli uomini, dovuto sempre dal fatto che sono abituati a una temperatura media estiva di 16° .

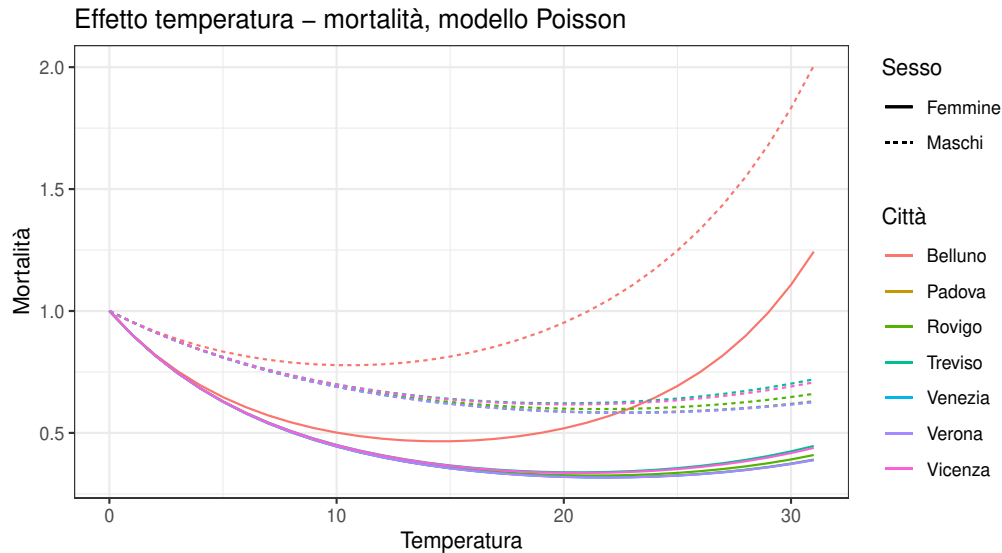


Figura 4.5: Effetto della temperatura sulla mortalità a seconda del sesso e della provincia secondo il modello Poisson.

In figura 4.6 si riporta il grafico dei decessi osservati, accompagnato dalle previsioni dei vari modelli e dalla media dei decessi registrati nei 5 anni precedenti, $m5y$. Dal suddetto grafico, si evince con chiarezza come il modello Poisson dimostri una previsione adeguata nei confronti dei decessi quando le temperature non raggiungono livelli particolarmente elevati (nei mesi di giugno e settembre); tuttavia, risulta incapace di stimare correttamente l'incremento di mortalità durante i periodi caratterizzati da temperature particolarmente elevate. D'altra parte, il modello Ridge dimostra una maggiore accuratezza previsionale rispetto al modello Poisson quando si tratta di affrontare temperature elevate, ma la sua capacità predittiva declina in maniera considerevole con l'abbassarsi delle temperature. Per concludere, il modello Lasso non mostra significative variazioni né all'aumentare né al diminuire delle temperature, mantenendosi pressoché costante e risultando quindi simile alla media $m5y$.

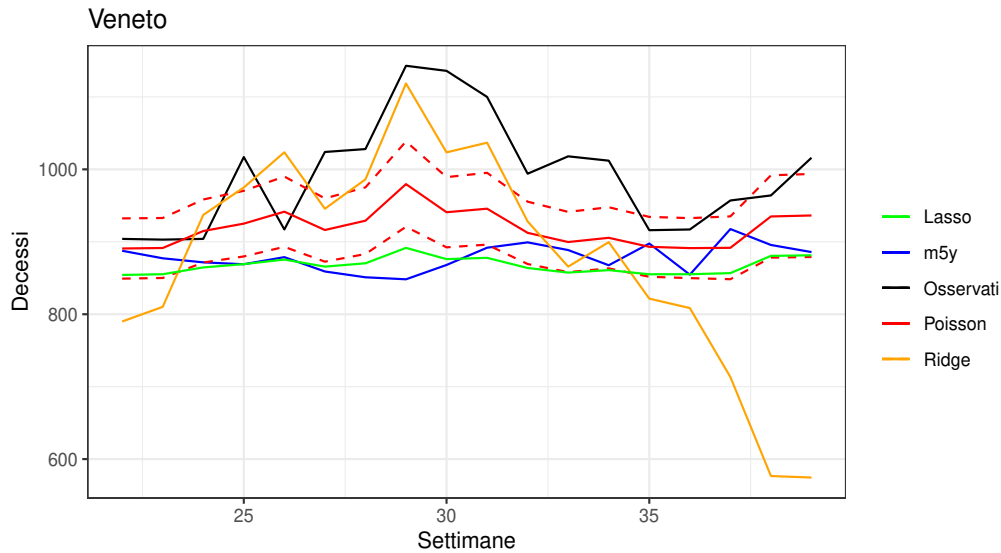


Figura 4.6: Decessi osservati in Veneto nell'estate 2022. In rosso il modello Poisson (con la linea tratteggiata il relativo intervallo di confidenza al 95%) e in blu la media settimanale relativa ai decessi degli anni 2017-21.

Analogamente per quanto si è fatto per il modello Poisson si va a valutare quanto influisce l'aumento della temperatura secondo il modello Ridge. Dalla figura 4.7 si può notare un andamento completamente diverso rispetto al modello Poisson e ciò è dovuto dal fatto che la somma dei coefficienti nell'equazione 4.1 è positiva, i valori sono riportati nella tabella A.3. Osservando il grafico 4.7, risulta evidente che il modello Ridge non manifesta una differenziazione significativa tra le province, eccezion fatta per Rovigo. Inoltre, si nota che la popolazione femminile reagisce in modo più sensibile all'aumento delle temperature rispetto alla popolazione maschile. Similarmente all'analisi svolta precedentemente per il modello Poisson, è interessante notare che un incremento della temperatura media settimanale da 20°C a 30°C si traduce in un aumento relativo della mortalità compreso tra il 61% e l'84% per le donne, e tra il 47% e il 68% per gli uomini.

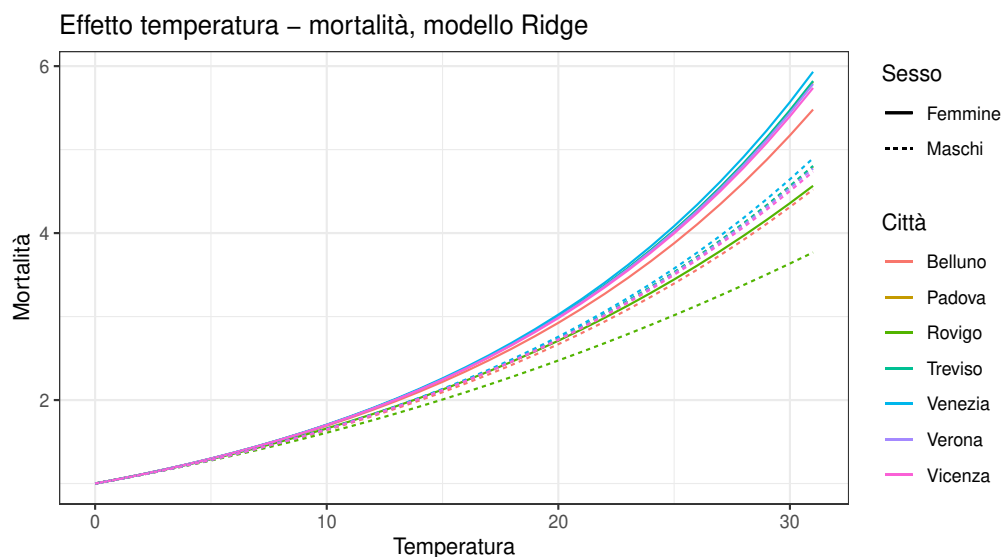


Figura 4.7: Effetto della temperatura sulla mortalità a seconda del sesso e della provincia secondo il modello Ridge.

Per le considerazioni riguardanti l'eccesso di mortalità si è deciso di tenere in considerazione le stime date dal modello Poisson, anche se potrebbe essere più adeguato un approccio ibrido tra il modello Poisson e il modello Ridge passando all'utilizzo dal primo modello al secondo data una determinata soglia di temperatura, ma per semplicità si preferisce fare riferimento soltanto al modello Poisson.

Osservando i grafici 4.8 e 4.9 si può evidenziare quanto la popolazione maschile abbia sofferto di un eccesso di mortalità maggiore rispetto alla popolazione femminile osservando rispettivamente un eccesso di mortalità del 10.0% e del 6.3%, diversamente da quanto previsto dai modelli.

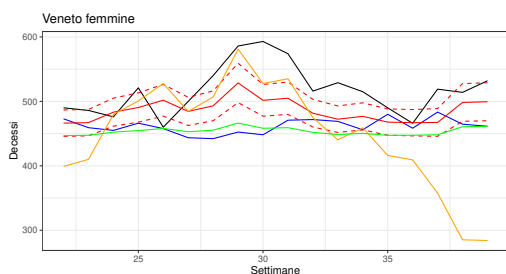


Figura 4.8: Decessi osservati in Veneto nella popolazione femminile nell'estate 2022.

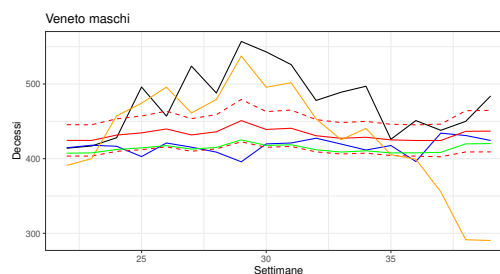


Figura 4.9: Decessi osservati in Veneto nella popolazione maschile nell'estate 2022.

Dall'analisi dei grafici 4.10 e 4.11, che rappresentano la popolazione del Veneto con età compresa tra i 75 e gli 84 anni e oltre gli 85 anni, emerge un'interessante osservazione. Si può notare che i modelli utilizzati non sono stati in grado di prevedere accuratamente il picco di mortalità verificatosi nel mese di luglio. In particolare, si è registrato un notevole eccesso di mortalità, pari rispettivamente a 93 e 148, nelle settimane 29 e 30. Questi risultati evidenziano una discrepanza tra i dati osservati e le previsioni dei modelli. È interessante notare che, a differenza dei risultati precedenti, il modello Ridge sembra dimostrare una capacità di previsione inferiore rispetto al modello Poisson durante il periodo che va da luglio ad agosto.

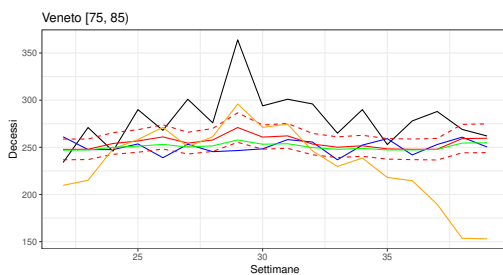


Figura 4.10: Decessi osservati in Veneto nella classe [75, 85) nell'estate 2022.

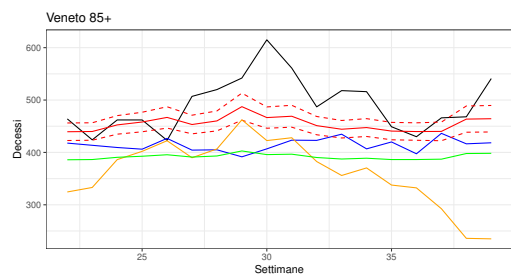


Figura 4.11: Decessi osservati in Veneto nella classe 85+ nell'estate 2022.

Infine nei grafici 4.12 - 4.18 vengono riportati i decessi totali per settimana di ogni singola provincia con i relativi modelli predittivi, dai quali risulta che tutte le province hanno avuto un andamento particolarmente anomalo per tutto il periodo estivo, con un'eccezione per le province di Treviso e Vicenza, le quali hanno registrato un aumento significativo dei decessi solo nel periodo compreso tra metà luglio e metà agosto.

Grafici più dettagliati vengono riportati nell'Appendice B.2.

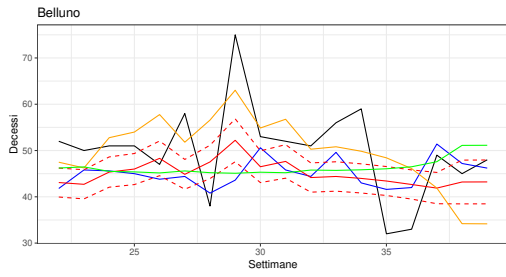


Figura 4.12: Decessi osservati a Belluno nell'estate 2022

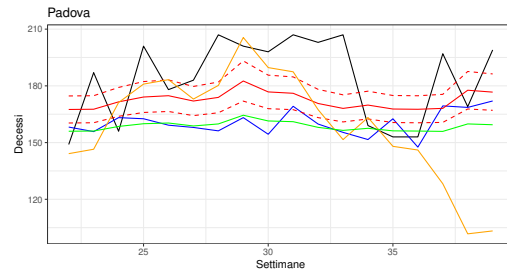


Figura 4.13: Decessi osservati a Padova nell'estate 2022

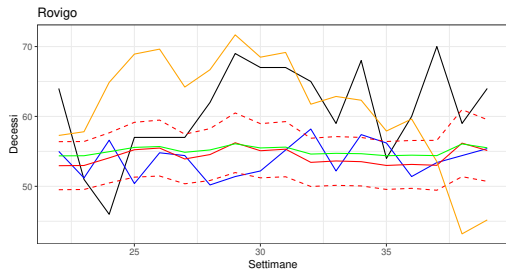


Figura 4.14: Decessi osservati a Rovigo nell'estate 2022

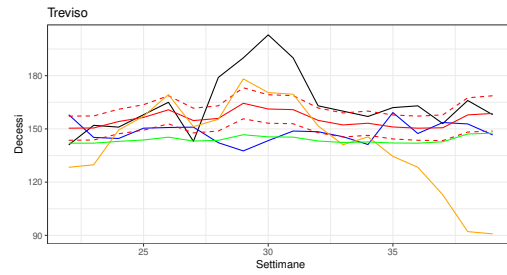


Figura 4.15: Decessi osservati a Treviso nell'estate 2022

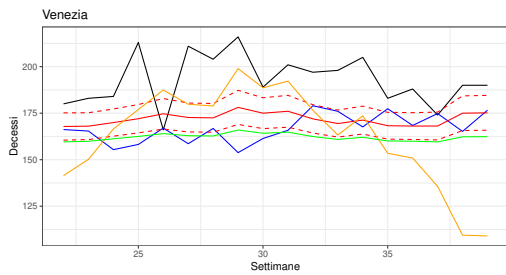


Figura 4.16: Decessi osservati a Venezia nell'estate 2022

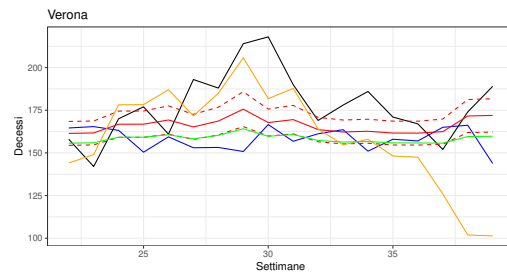


Figura 4.17: Decessi osservati a Verona nell'estate 2022

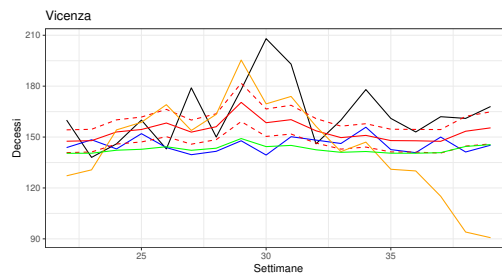


Figura 4.18: Decessi osservati a Vicenza nell'estate 2022

Per riassumere i risultati dell'analisi si è deciso di riportare l'eccesso di mortalità con i relativi intervalli di confidenza al 95% e il corrispettivo *p-value* in formato tabellare per i relativi mesi presi in considerazione, tabelle 4.2 - 4.6.

Dalla tabella 4.2, riguardante l'eccesso di mortalità nell'estate del 2022, emergono alcuni risultati significativi che meritano attenzione. A livello globale, durante il periodo estivo, si sono verificati 17870 decessi, tuttavia il modello statistico prevedeva solo 16540 decessi, osservando un eccesso di mortalità del 8.0% (95% IC 2.9 ÷ 13.8). Questo significa che sono stati registrati 1330 decessi in più rispetto a quanto ci si sarebbe aspettato con le medesime temperature, con un *p-value* associato a questa stima di 0.002, suggerendo che la distribuzione dei decessi dell'estate del 2022 è statisticamente diversa da quella prevista dal modello.

Analizzando i dati per sesso, si riscontra che sia i maschi che le femmine hanno manifestato un eccesso di mortalità rispetto alle previsioni del modello. Infatti, i maschi hanno registrato un eccesso del 10.0% (95% IC 4.4 ÷ 16.1), le femmine, invece, hanno evidenziato un eccesso del 6.3% (95% IC 1.5 ÷ 11.7).

Mentre, esaminando le fasce di età, non risultano differenze statisticamente significative per le persone un'età inferiore ai 75 anni, ad eccezione della fascia di età compresa tra i 20 e i 39 anni osservando complessivamente 28 decessi in più su un totale di 157 con un *p-value* pari a 0.022, questo aumento è prevalentemente attribuibile ai 15 decessi inaspettati rispetto ai 32 previsti per il mese di luglio. D'altra parte, le fasce di età più colpite sono state quelle più anziane. Per le persone con un'età superiore ai 75 anni, è stato registrato un eccesso di mortalità pari a 454 su un totale di 5046 per le persone fino a 84 anni e 670 su un totale di 8855 per gli individui con almeno 85 anni. In entrambi i casi, il *p-value* è inferiore a 0.001.

Infine, considerando i dati relativi alle diverse province, si rileva che tutte hanno registrato un inaspettato aumento di mortalità, che varia tra il 5.6% (95% IC 0.7 ÷ 10.9) per la provincia di Treviso e il 12.2% (95% IC 7.3 ÷ 17.6) per la provincia di Venezia.

L'analisi dei dati presenti nelle tabelle 4.3 - 4.6 permette di tracciare andamenti più dettagliati relativi all'eccesso di mortalità durante i mesi estivi del 2022.

Nel mese di giugno, complessivamente, non emergono deviazioni significative rispetto alle aspettative, tuttavia spicca l'osservazione che la fascia di età compresa tra i 40 e i 64 anni ha manifestato un eccesso di mortalità del 10.0% (95% IC 3.3 ÷ 17.7). Questo dato rappresenta

un'indicazione importante, suggerendo la possibilità di fattori specifici che possono aver contribuito a tale aumento nella mortalità all'interno di questa fascia d'età. Inoltre, dal punto di vista provinciale, è emerso che due province hanno sperimentato incrementi significativi dell'eccesso di mortalità. Nel dettaglio, Belluno ha mostrato un aumento del 12.8% (95% IC 5.0 ÷ 21.7), mentre Venezia ha registrato un eccesso del 9.9% (95% IC 5.3 ÷ 15.0).

Passando a luglio, si è registrato un aumento significativo di 555 decessi in più, corrispondente al 13.3% rispetto alle aspettative. Questo incremento si distribuisce in modo differenziato per genere, con un aumento del 18.6% (95% IC 12.4 ÷ 25.5) nei maschi e dell'8.7% (95% IC 3.5 ÷ 14.4) nelle femmine. Rilevante è il fatto che di questi decessi aggiuntivi, ben 492 decessi si verificano nelle persone con età superiore ai 75 anni. Questo dato ha portato un incremento percentuale che varia dal 10.0% al 17.6% tra le diverse province, evidenziando un impatto maggiore su fasce di età più avanzate.

Nel mese di agosto si sono verificati risultati simili, ma leggermente meno accentuati.

Infine, a settembre, complessivamente non ci sono stati particolari oscillazioni anomale, tranne per quanto riguarda la popolazione anziana. Osservando un eccesso di mortalità pari al 7.3% (95% IC 2.1 ÷ 13.1) nella fascia di età tra i 75 e gli 84 anni e al 4.9% (95% IC 0.3 ÷ 10.0) nei soggetti più anziani, causando un aumento della mortalità statisticamente significativo del 14.6% (95% IC 6.8 ÷ 23.6) nella provincia di Rovigo, del 8.2% (95% IC 3.2 ÷ 13.6) nella provincia di Venezia e del 6.9% (95% IC 1.6 ÷ 12.7) per la provincia di Vicenza.

	N. Osservati	Giugno-Settembre		
		Numero eccessi (95% IC)	% eccesso (95% IC)	<i>p-value</i>
Totale	17870	1330 (503 ÷ 2167)	8.0 (2.9 ÷ 13.8)	0.002
Sesso				
Maschi	8563	775 (361 ÷ 1187)	10.0 (4.4 ÷ 16.1)	0.000
Femmine	9307	555 (138 ÷ 975)	6.3 (1.5 ÷ 11.7)	0.010
Età				
< 20 anni	61	-1 (-18 ÷ 16)	-1.6 (-22.4 ÷ 34.6)	0.910
20 ÷ 39 anni	157	28 (4 ÷ 53)	22.1 (2.7 ÷ 50.5)	0.022
40 ÷ 64 anni	1604	81 (-21 ÷ 182)	5.3 (-1.3 ÷ 12.8)	0.119
65 ÷ 74 anni	2147	98 (-26 ÷ 221)	4.8 (-1.2 ÷ 11.5)	0.123
75 ÷ 84 anni	5046	454 (231 ÷ 673)	9.9 (4.8 ÷ 15.4)	0.000
≥ 85 anni	8855	670 (324 ÷ 1019)	8.2 (3.8 ÷ 13.0)	0.000
Provincia				
Belluno	900	89 (25 ÷ 152)	11.0 (2.9 ÷ 20.4)	0.006
Padova	3307	204 (58 ÷ 349)	6.6 (1.8 ÷ 11.8)	0.006
Rovigo	1096	119 (51 ÷ 187)	12.2 (4.9 ÷ 20.6)	0.001
Treviso	2954	156 (20 ÷ 290)	5.6 (0.7 ÷ 10.9)	0.024
Venezia	3472	378 (236 ÷ 520)	12.2 (7.3 ÷ 17.6)	0.000
Verona	3197	206 (66 ÷ 348)	6.9 (2.1 ÷ 12.2)	0.004
Vicenza	2944	178 (41 ÷ 315)	6.4 (1.4 ÷ 12.0)	0.011

Tabella 4.2: Stima eccesso mortalità nell'estate 2022 stratificato per le caratteristiche demografiche.

	N. Osservati	Giugno		
		Numero eccessi (95% IC)	% eccesso (95% IC)	<i>p-value</i>
Totale	4252	92 (-109 ÷ 293)	2.2 (-2.5 ÷ 7.4)	0.367
Sesso				
Maschi	2016	50 (-50 ÷ 149)	2.5 (-2.4 ÷ 8.0)	0.330
Femmine	2236	42 (-57 ÷ 142)	1.9 (-2.5 ÷ 6.8)	0.407
Età				
< 20 anni	18	2 (-2 ÷ 6)	14.5 (-9.7 ÷ 56.5)	0.290
20 ÷ 39 anni	39	6 (0 ÷ 13)	19.9 (0.9 ÷ 47.8)	0.038
40 ÷ 64 anni	422	38 (13 ÷ 63)	10.0 (3.3 ÷ 17.7)	0.002
65 ÷ 74 anni	525	9 (-21 ÷ 40)	1.8 (-3.8 ÷ 8.2)	0.545
75 ÷ 84 anni	1194	38 (-15 ÷ 92)	3.3 (-1.2 ÷ 8.3)	0.153
≥ 85 anni	2054	-3 (-86 ÷ 79)	-0.2 (-4.0 ÷ 4.0)	0.941
Provincia				
Belluno	231	26 (11 ÷ 41)	12.8 (5.0 ÷ 21.7)	0.001
Padova	795	14 (-21 ÷ 49)	1.8 (-2.6 ÷ 6.6)	0.429
Rovigo	251	4 (-13 ÷ 20)	1.5 (-4.9 ÷ 8.8)	0.669
Treviso	696	-7 (-39 ÷ 25)	-1.0 (-5.3 ÷ 3.7)	0.664
Venezia	855	77 (43 ÷ 112)	9.9 (5.3 ÷ 15.0)	0.000
Verona	739	-14 (-48 ÷ 19)	-1.9 (-6.2 ÷ 2.7)	0.406
Vicenza	686	-8 (-40 ÷ 25)	-1.1 (-5.5 ÷ 3.8)	0.646

Tabella 4.3: Stima eccesso mortalità in Giugno 2022 stratificato per le caratteristiche demografiche.

	N. Osservati	Luglio		
		Numero eccessi (95% IC)	% eccesso (95% IC)	<i>p-value</i>
Totale	4724	555 (338 ÷ 774)	13.3 (7.7 ÷ 19.6)	0.000
Sesso				
Maschi	2308	361 (255 ÷ 469)	18.6 (12.4 ÷ 25.5)	0.000
Femmine	2416	193 (82 ÷ 304)	8.7 (3.5 ÷ 14.4)	0.001
Età				
< 20 anni	13	-2 (-7 ÷ 2)	-15.7 (-33.6 ÷ 15.5)	0.255
20 ÷ 39 anni	47	15 (9 ÷ 21)	46.0 (22.7 ÷ 80.2)	0.000
40 ÷ 64 anni	395	12 (-14 ÷ 38)	3.2 (-3.4 ÷ 10.7)	0.362
65 ÷ 74 anni	554	38 (6 ÷ 71)	7.4 (1.1 ÷ 14.6)	0.019
75 ÷ 84 anni	1350	194 (136 ÷ 252)	16.8 (11.2 ÷ 22.9)	0.000
≥ 85 anni	2365	298 (205 ÷ 389)	14.4 (9.5 ÷ 19.7)	0.000
Provincia				
Belluno	244	32 (16 ÷ 49)	15.3 (6.9 ÷ 25.0)	0.000
Padova	865	85 (46 ÷ 124)	10.9 (5.6 ÷ 16.7)	0.000
Rovigo	279	36 (19 ÷ 53)	14.7 (7.2 ÷ 23.4)	0.000
Treviso	786	81 (47 ÷ 115)	11.4 (6.3 ÷ 17.1)	0.000
Venezia	891	118 (84 ÷ 153)	15.3 (10.1 ÷ 21.0)	0.000
Verona	882	132 (95 ÷ 170)	17.6 (12.1 ÷ 23.8)	0.000
Vicenza	776	71 (33 ÷ 108)	10.0 (4.4 ÷ 16.2)	0.000

Tabella 4.4: Stima eccesso mortalità in Luglio 2022 stratificato per le caratteristiche demografiche.

	N. Osservati	Agosto		
		Numero eccessi (95% IC)	% eccesso (95% IC)	<i>p-value</i>
Totale	4517	471 (276 ÷ 666)	11.6 (6.5 ÷ 17.3)	0.000
Sesso				
Maschi	2173	263 (167 ÷ 361)	13.8 (8.3 ÷ 19.9)	0.000
Femmine	2344	208 (112 ÷ 304)	9.7 (5.0 ÷ 14.9)	0.000
Età				
< 20 anni	22	7 (3 ÷ 11)	43.2 (12.9 ÷ 95.8)	0.002
20 ÷ 39 anni	36	5 (-1 ÷ 11)	15.2 (-3.0 ÷ 42.0)	0.113
40 ÷ 64 anni	402	29 (5 ÷ 53)	7.9 (1.3 ÷ 15.3)	0.018
65 ÷ 74 anni	522	20 (-10 ÷ 49)	4.0 (-1.8 ÷ 10.4)	0.186
75 ÷ 84 anni	1260	137 (86 ÷ 188)	12.2 (7.3 ÷ 17.5)	0.000
≥ 85 anni	2274	274 (193 ÷ 353)	13.7 (9.3 ÷ 18.4)	0.000
Provincia				
Belluno	232	33 (19 ÷ 47)	16.6 (8.7 ÷ 25.7)	0.000
Padova	842	85 (51 ÷ 119)	11.2 (6.5 ÷ 16.4)	0.000
Rovigo	282	44 (20 ÷ 53)	18.2 (10.9 ÷ 26.6)	0.000
Treviso	739	54 (22 ÷ 85)	7.8 (3.1 ÷ 13.0)	0.001
Venezia	879	119 (84 ÷ 153)	15.6 (10.6 ÷ 21.0)	0.000
Verona	796	69 (36 ÷ 101)	9.5 (4.8 ÷ 14.6)	0.000
Vicenza	746	68 (36 ÷ 100)	10.0 (5.0 ÷ 15.5)	0.000

Tabella 4.5: Stima eccesso mortalità in Agosto 2022 stratificato per le caratteristiche demografiche.

	N. Osservati	Settembre		
		Numero eccessi (95% IC)	% eccesso (95% IC)	<i>p-value</i>
Totale	4377	213 (-9 ÷ 434)	5.1 (-0.2 ÷ 11.0)	0.061
Sesso				
Maschi	2066	101 (-8 ÷ 211)	5.2 (-0.4 ÷ 11.4)	0.072
Femmine	2311	112 (0 ÷ 223)	5.1 (0.0 ÷ 10.7)	0.052
Età				
< 20 anni	8	-7 (-11 ÷ -3)	-46.9 (-58.2 ÷ -27.4)	0.001
20 ÷ 39 anni	35	2 (-4 ÷ 9)	7.1 (-10.0 ÷ 32.1)	0.463
40 ÷ 64 anni	385	1 (-25 ÷ 28)	0.3 (-6.2 ÷ 7.7)	0.937
65 ÷ 74 anni	546	30 (-2 ÷ 62)	5.9 (-0.4 ÷ 13.0)	0.069
75 ÷ 84 anni	1242	85 (26 ÷ 144)	7.3 (2.1 ÷ 13.1)	0.005
≥ 85 anni	2162	102 (6 ÷ 197)	4.9 (0.3 ÷ 10.0)	0.034
Provincia				
Belluno	193	-2 (-20 ÷ 15)	-1.3 (-9.5 ÷ 8.6)	0.784
Padova	805	19 (-19 ÷ 58)	2.5 (-2.3 ÷ 7.7)	0.317
Rovigo	284	36 (18 ÷ 54)	14.6 (6.8 ÷ 23.6)	0.000
Treviso	733	29 (-9 ÷ 66)	4.1 (-1.2 ÷ 9.9)	0.135
Venezia	847	64 (26 ÷ 101)	8.2 (3.2 ÷ 13.6)	0.001
Verona	780	20 (-18 ÷ 58)	2.6 (-2.3 ÷ 8.0)	0.306
Vicenza	736	47 (12 ÷ 83)	6.9 (1.6 ÷ 12.7)	0.009

Tabella 4.6: Stima eccesso mortalità in Settembre 2022 stratificato per le caratteristiche demografiche.

Capitolo 5

Conclusioni

L'obiettivo di questo studio è capire se la mortalità anomala che si è verificata in Veneto nell'estate 2022 sia causata dall'aumento della temperatura.

L'analisi è stata fatta tenendo in considerazione tutte le province e le classi di età e non si sono verificati particolari valori anomali nella popolazione con età inferiore a 75 anni. I modelli prevedono bene la mortalità totale per le classi di età che hanno come valore atteso dei decessi settimanali inferiore a 15, con un *P-score cumulato* prossimo a zero, tutti gli altri casi in cui il *P-score cumulato* è superiore a zero è dovuto alla bassa numerosità campionaria e i pochi decessi in più incrementano notevolmente il valore del *P-score cumulato*. Diversa è la situazione per le classi [75, 85) e 85+ che hanno particolarmente sofferto durante l'estate, tendenzialmente gli uomini hanno avuto un aumento percentuale di mortalità superiore alle donne.

Il picco massimo di mortalità si è verificato a luglio, nella settimana 29, per poi decrescere gradualmente fino alla fine di agosto, rimanendo per tutta la durata sopra gli intervalli di previsione.

Complessivamente il modello è riuscito a prevedere il 93% dei decessi, nonostante si siano verificati 759 decessi da Covid-19 in Veneto nell'estate del 2022 [1].

Tutti i modelli concordano che la temperatura ha influito in maniera significativa sull'aumento della mortalità, ma non riesce a spiegare completamente il fenomeno preso in esame, nel caso potrebbe essere opportuno creare un modello tenendo in considerazione altre variabili, tra cui la qualità dell'aria o altri fattori che non sono stati considerati.

Appendice A

Modelli

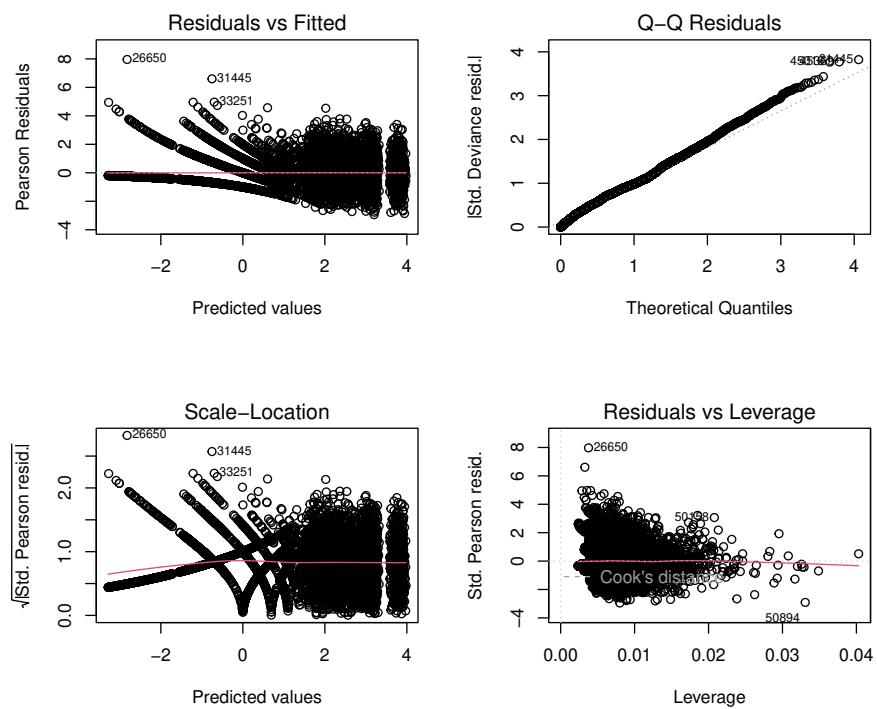


Figura A.1: Analisi dei residui del modello Poisson.

Tabella A.1: Stima del modello Poisson parte 1.

	Estimate	Std. Error	Pr(> z)
NOME_PROVINCIABelluno	114.9807	26.8898	0.0000
NOME_PROVINCIAPadova	76.4652	26.0427	0.0033
NOME_PROVINCIARovigo	105.4530	26.6587	0.0001
NOME_PROVINCIATreviso	78.3049	26.0721	0.0027
NOME_PROVINCIAVenezia	81.9645	26.0710	0.0017
NOME_PROVINCIAVerona	88.0550	26.0164	0.0007
NOME_PROVINCIAVicenza	80.4077	26.0609	0.0020
CL_ETA1	-3.9963	31.2336	0.8982
CL_ETA2	-56.8300	26.2718	0.0305
CL_ETA3	-54.5732	26.1209	0.0367
CL_ETA4	-78.1508	25.8840	0.0025
CL_ETA5	-124.3926	25.8232	0.0000
ANNO	-0.0580	0.0133	0.0000
SESSOM	-10.1703	3.6974	0.0059
TEMP_MED	-0.1053	0.0151	0.0000
I(TEMP_MED^2)	0.0036	0.0005	0.0000
NOME_PROVINCIAPadova:I(TEMP_MED^2)	-0.0012	0.0002	0.0000
NOME_PROVINCIARovigo:I(TEMP_MED^2)	-0.0012	0.0002	0.0000
NOME_PROVINCIATreviso:I(TEMP_MED^2)	-0.0011	0.0002	0.0000
NOME_PROVINCIAVenezia:I(TEMP_MED^2)	-0.0012	0.0002	0.0000
NOME_PROVINCIAVerona:I(TEMP_MED^2)	-0.0012	0.0002	0.0000
NOME_PROVINCIAVicenza:I(TEMP_MED^2)	-0.0011	0.0002	0.0000
SESSOM:TEMP_MED	0.0575	0.0180	0.0014
SESSOM:I(TEMP_MED^2)	-0.0014	0.0004	0.0010
NOME_PROVINCIAPadova:CL_ETA1	-0.2497	0.2591	0.3352
NOME_PROVINCIARovigo:CL_ETA1	0.0227	0.3240	0.9442
NOME_PROVINCIATreviso:CL_ETA1	-0.2890	0.2613	0.2687
NOME_PROVINCIAVenezia:CL_ETA1	-0.0497	0.2633	0.8503
NOME_PROVINCIAVerona:CL_ETA1	-0.3430	0.2554	0.1793
NOME_PROVINCIAVicenza:CL_ETA1	-0.2296	0.2589	0.3752
NOME_PROVINCIAPadova:CL_ETA2	-0.2751	0.2245	0.2205
NOME_PROVINCIARovigo:CL_ETA2	0.1432	0.2822	0.6119
NOME_PROVINCIATreviso:CL_ETA2	-0.2409	0.2258	0.2860
NOME_PROVINCIAVenezia:CL_ETA2	0.0031	0.2289	0.9890
NOME_PROVINCIAVerona:CL_ETA2	-0.4530	0.2215	0.0408
NOME_PROVINCIAVicenza:CL_ETA2	-0.3382	0.2244	0.1318
NOME_PROVINCIAPadova:CL_ETA3	-0.4080	0.2231	0.0675
NOME_PROVINCIARovigo:CL_ETA3	-0.0016	0.2809	0.9953
NOME_PROVINCIATreviso:CL_ETA3	-0.4615	0.2246	0.0399
NOME_PROVINCIAVenezia:CL_ETA3	-0.0897	0.2275	0.6933
NOME_PROVINCIAVerona:CL_ETA3	-0.6100	0.2202	0.0056
NOME_PROVINCIAVicenza:CL_ETA3	-0.4725	0.2231	0.0342

Tabella A.2: Stima del modello Poisson parte 2.

	Estimate	Std. Error	Pr(> z)
NOME_PROVINCIAPadova:CL_ETA4	-0.2465	0.2218	0.2664
NOME_PROVINCIARovigo:CL_ETA4	0.2166	0.2791	0.4377
NOME_PROVINCIATreviso:CL_ETA4	-0.2265	0.2231	0.3100
NOME_PROVINCIAVenezia:CL_ETA4	0.0256	0.2262	0.9098
NOME_PROVINCIAVerona:CL_ETA4	-0.4563	0.2187	0.0370
NOME_PROVINCIAVicenza:CL_ETA4	-0.3025	0.2217	0.1723
NOME_PROVINCIAPadova:CL_ETA5	-0.3023	0.2213	0.1719
NOME_PROVINCIARovigo:CL_ETA5	0.1233	0.2786	0.6582
NOME_PROVINCIATreviso:CL_ETA5	-0.2753	0.2226	0.2162
NOME_PROVINCIAVenezia:CL_ETA5	-0.0988	0.2258	0.6616
NOME_PROVINCIAVerona:CL_ETA5	-0.4869	0.2182	0.0257
NOME_PROVINCIAVicenza:CL_ETA5	-0.4096	0.2212	0.0641
NOME_PROVINCIAPadova:ANNO	0.0201	0.0044	0.0000
NOME_PROVINCIARovigo:ANNO	0.0049	0.0052	0.3398
NOME_PROVINCIATreviso:ANNO	0.0191	0.0044	0.0000
NOME_PROVINCIAVenezia:ANNO	0.0172	0.0044	0.0001
NOME_PROVINCIAVerona:ANNO	0.0144	0.0044	0.0010
NOME_PROVINCIAVicenza:ANNO	0.0181	0.0044	0.0000
CL_ETA1:ANNO	0.0023	0.0155	0.8833
CL_ETA2:ANNO	0.0298	0.0130	0.0224
CL_ETA3:ANNO	0.0289	0.0130	0.0259
CL_ETA4:ANNO	0.0410	0.0128	0.0014
CL_ETA5:ANNO	0.0643	0.0128	0.0000
CL_ETA1:SESSOM	0.5113	0.1022	0.0000
CL_ETA2:SESSOM	0.1215	0.0836	0.1461
CL_ETA3:SESSOM	0.1166	0.0831	0.1606
CL_ETA4:SESSOM	-0.2548	0.0823	0.0020
CL_ETA5:SESSOM	-1.1082	0.0821	0.0000
ANNO:SESSOM	0.0050	0.0018	0.0067

Tabella A.3: Stima del modello Ridge parte 1.

	Estimate
(Intercept)	0
NOME_PROVINCIABelluno	-0.0374
NOME_PROVINCIAPadova	0.1258
NOME_PROVINCIARovigo	-0.0805
NOME_PROVINCIATreviso	0.1075
NOME_PROVINCIAVenezia	0.1299
NOME_PROVINCIAVerona	0.1273
NOME_PROVINCIAVicenza	0.1100
CL_ETA1	-0.2429
CL_ETA2	0.0869
CL_ETA3	0.1675
CL_ETA4	0.4181
CL_ETA5	0.6842
SESSOM	0.0096
TEMP_MED	0.0515
I(TEMP_MED ²)	0.0001
NOME_PROVINCIAPadova:I(TEMP_MED ²)	0.0001
NOME_PROVINCIARovigo:I(TEMP_MED ²)	-0.0002
NOME_PROVINCIATreviso:I(TEMP_MED ²)	0.0001
NOME_PROVINCIAVenezia:I(TEMP_MED ²)	0.0001
NOME_PROVINCIAVerona:I(TEMP_MED ²)	0.0001
NOME_PROVINCIAVicenza:I(TEMP_MED ²)	0.0000
SESSOM:TEMP_MED	-0.0016
SESSOM:I(TEMP_MED ²)	-0.0001
NOME_PROVINCIAPadova:CL_ETA1	-0.2272
NOME_PROVINCIARovigo:CL_ETA1	-0.1729
NOME_PROVINCIATreviso:CL_ETA1	-0.2165
NOME_PROVINCIAVenezia:CL_ETA1	-0.2341
NOME_PROVINCIAVerona:CL_ETA1	-0.2122
NOME_PROVINCIAVicenza:CL_ETA1	-0.2066
NOME_PROVINCIAPadova:CL_ETA2	0.1425
NOME_PROVINCIARovigo:CL_ETA2	-0.0807
NOME_PROVINCIATreviso:CL_ETA2	0.1496
NOME_PROVINCIAVenezia:CL_ETA2	0.1687
NOME_PROVINCIAVerona:CL_ETA2	0.1576
NOME_PROVINCIAVicenza:CL_ETA2	0.1307
NOME_PROVINCIAPadova:CL_ETA3	0.2232
NOME_PROVINCIARovigo:CL_ETA3	-0.0646
NOME_PROVINCIATreviso:CL_ETA3	0.1608
NOME_PROVINCIAVenezia:CL_ETA3	0.2881
NOME_PROVINCIAVerona:CL_ETA3	0.2177
NOME_PROVINCIAVicenza:CL_ETA3	0.2065

Tabella A.4: Stima del modello Ridge parte 2.

	Estimate
NOME_PROVINCIAPadova:CL_ETA4	0.4749
NOME_PROVINCIARovigo:CL_ETA4	0.0919
NOME_PROVINCIATreviso:CL_ETA4	0.4645
NOME_PROVINCIAVenezia:CL_ETA4	0.5089
NOME_PROVINCIAVerona:CL_ETA4	0.4684
NOME_PROVINCIAVicenza:CL_ETA4	0.4684
NOME_PROVINCIAPadova:CL_ETA5	0.7000
NOME_PROVINCIARovigo:CL_ETA5	0.2123
NOME_PROVINCIATreviso:CL_ETA5	0.6910
NOME_PROVINCIAVenezia:CL_ETA5	0.6663
NOME_PROVINCIAVerona:CL_ETA5	0.7045
NOME_PROVINCIAVicenza:CL_ETA5	0.6389
NOME_PROVINCIABelluno:ANNO	-0.0000
NOME_PROVINCIAPadova:ANNO	0.0001
NOME_PROVINCIARovigo:ANNO	-0.0000
NOME_PROVINCIATreviso:ANNO	0.0001
NOME_PROVINCIAVenezia:ANNO	0.0001
NOME_PROVINCIAVerona:ANNO	0.0001
NOME_PROVINCIAVicenza:ANNO	0.0001
SESSOM:ANNO	0.0000
CL_ETA1:ANNO	-0.0001
CL_ETA2:ANNO	0.0000
CL_ETA3:ANNO	0.0001
CL_ETA4:ANNO	0.0002
CL_ETA5:ANNO	0.0003
CL_ETA1:SESSOM	-0.1301
CL_ETA2:SESSOM	0.2920
CL_ETA3:SESSOM	0.3765
CL_ETA4:SESSOM	0.3347
CL_ETA5:SESSOM	-0.2505

Appendice B

Grafici

B.1 Grafici generali

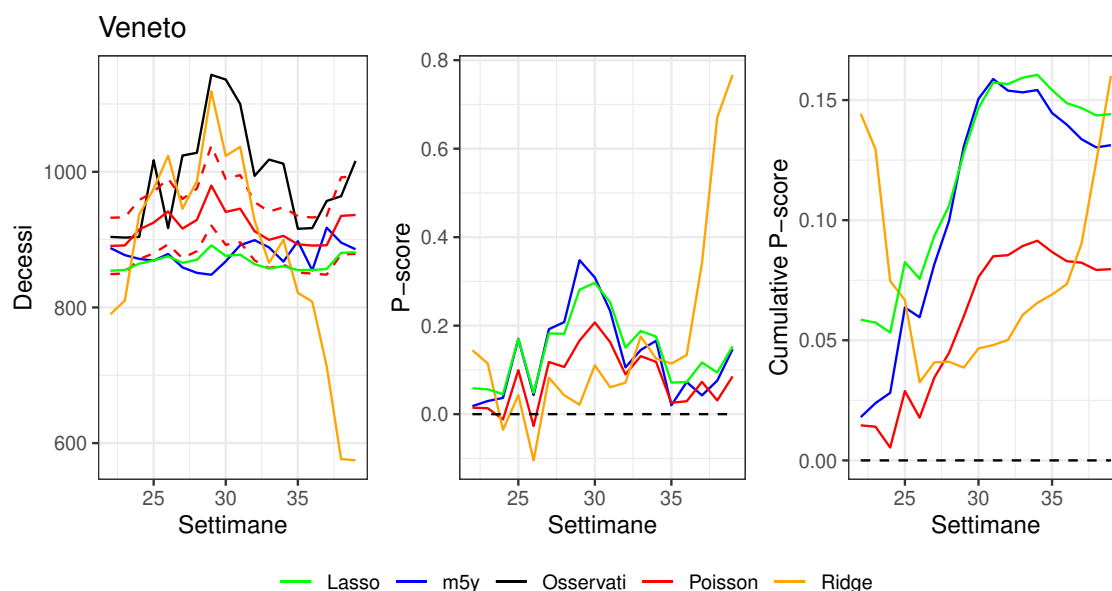


Figura B.1: Nel primo grafico viene riportato il numero di decessi per l'estate 2022 in Veneto e le relative previsioni, i modelli sono rappresentati con gli stessi colori anche negli altri grafici. Nel secondo grafico è rappresentato l'eccesso di mortalità percentuale per le singole settimane che verrà cumulato nell'ultimo grafico.

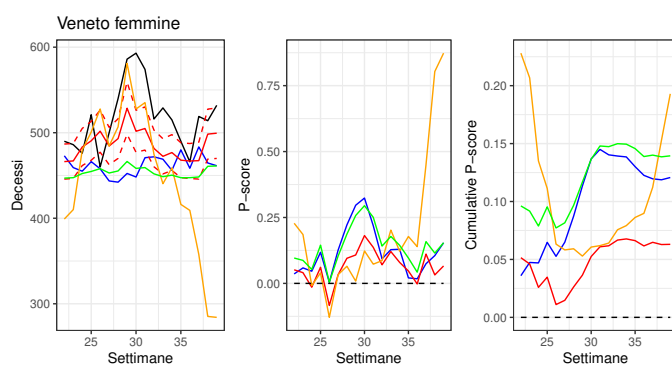


Figura B.2: Decessi nella popolazione femminile in Veneto nell'estate 2022.

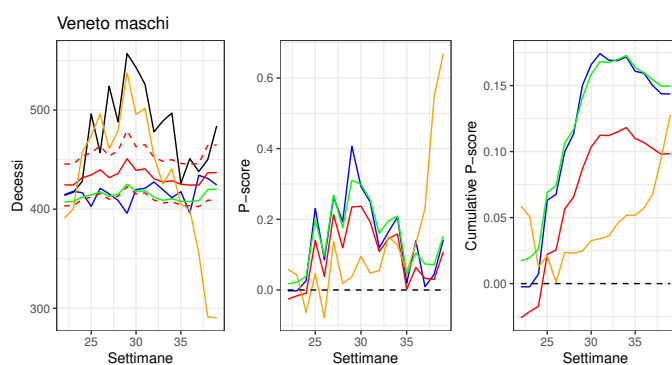


Figura B.3: Decessi nella popolazione maschile in Veneto nell'estate 2022.

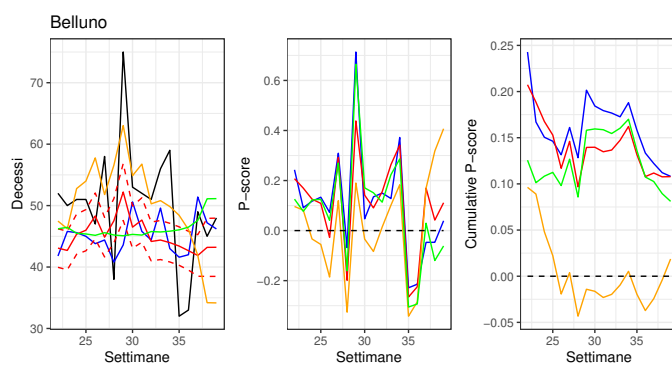


Figura B.4: Decessi nella provincia di Belluno nell'estate 2022.

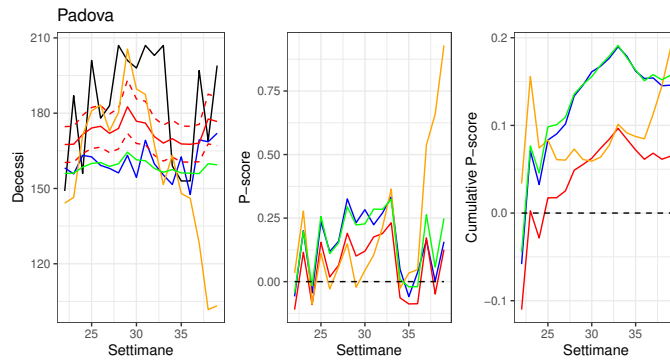


Figura B.5: Decessi nella provincia di Padova nell'estate 2022.

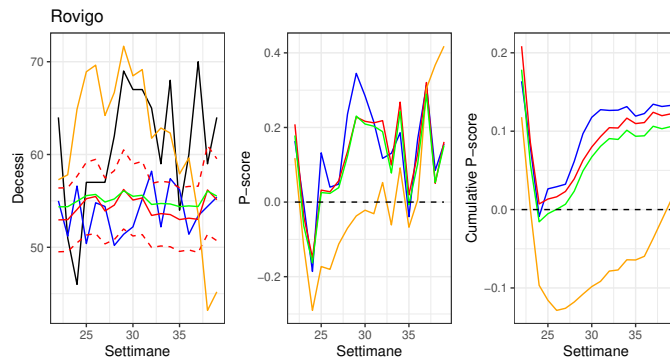


Figura B.6: Decessi nella provincia di Rovigo nell'estate 2022.

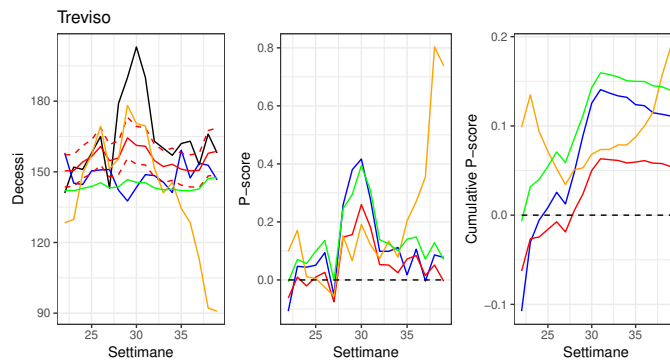


Figura B.7: Decessi nella provincia di Treviso nell'estate 2022.

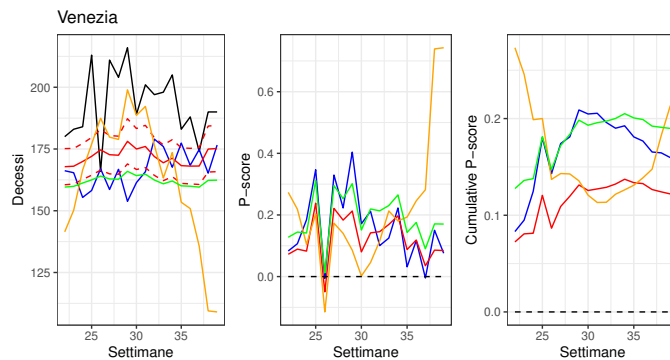


Figura B.8: Decessi nella provincia di Venezia nell'estate 2022.

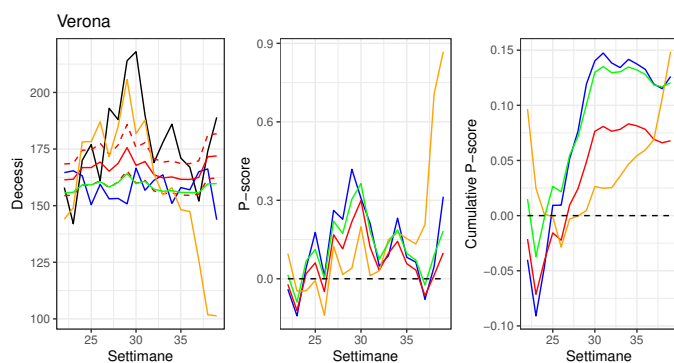


Figura B.9: Decessi nella provincia di Verona nell'estate 2022.

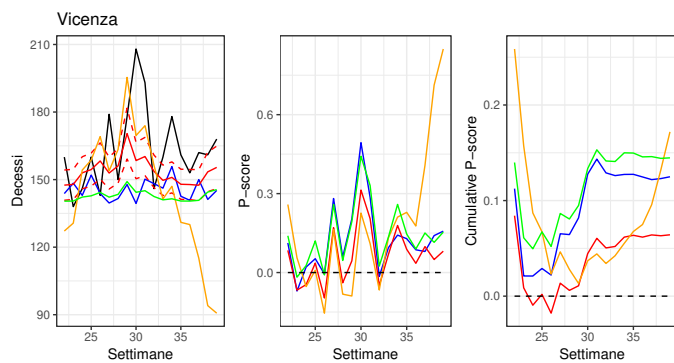


Figura B.10: Decessi nella provincia di Vicenza nell'estate 2022.

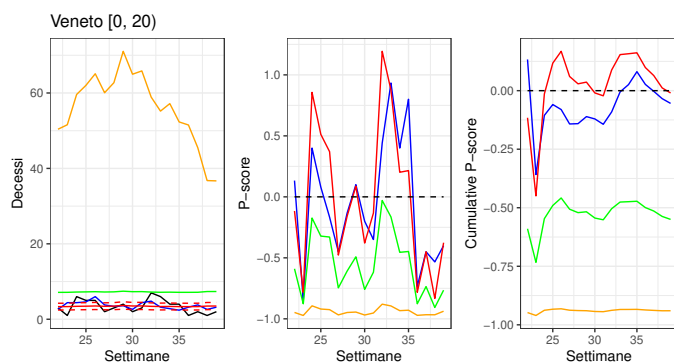


Figura B.11: Decessi nella popolazione [0, 20) in Veneto nell'estate 2022.

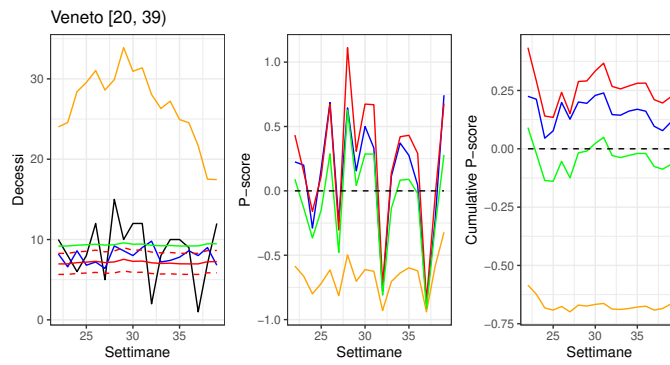


Figura B.12: Decessi nella popolazione [20, 40) in Veneto nell'estate 2022.

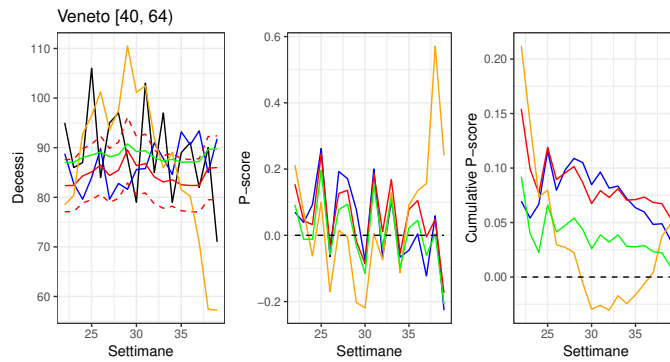


Figura B.13: Decessi nella popolazione [40, 65) in Veneto nell'estate 2022.

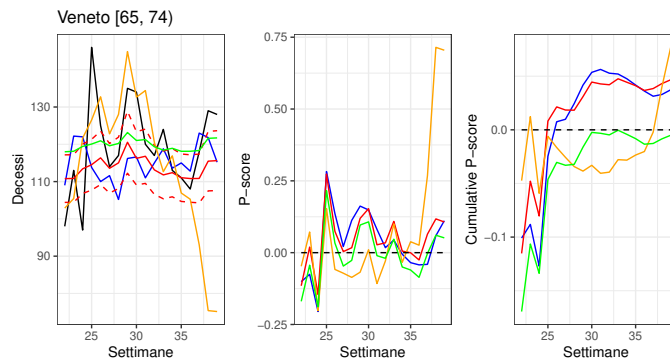


Figura B.14: Decessi nella popolazione [65, 75) in Veneto nell'estate 2022.

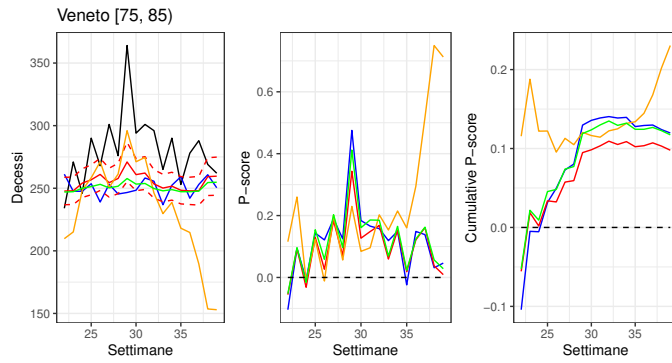


Figura B.15: Decessi nella popolazione [75, 85) in Veneto nell'estate 2022.

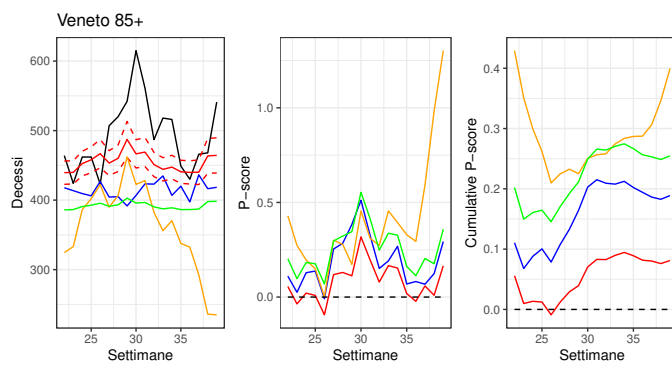


Figura B.16: Decessi nella popolazione 85+ in Veneto nell'estate 2022.

B.2 Grafici per suddivisione demografica

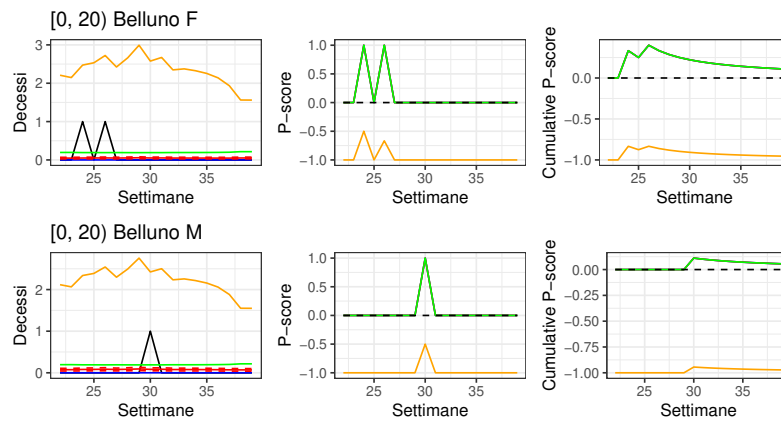


Figura B.17: Popolazione [0, 20) Belluno.

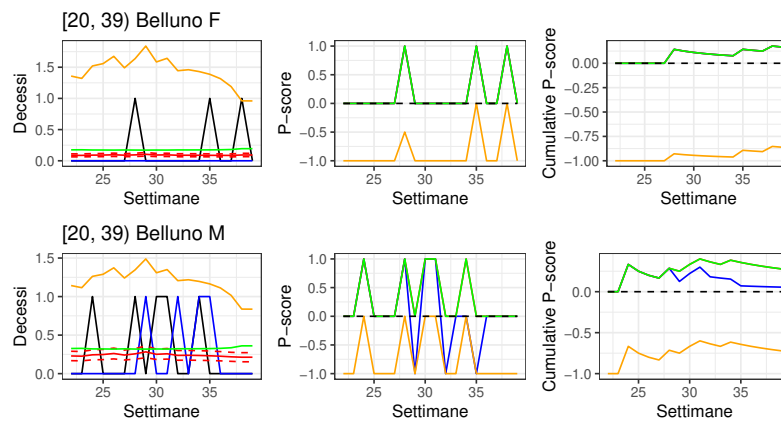


Figura B.18: Popolazione [20, 40) Belluno.

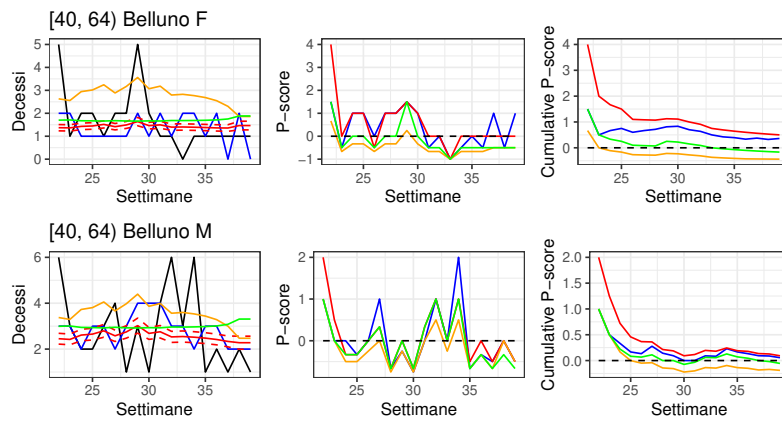


Figura B.19: Popolazione [40, 65) Belluno.

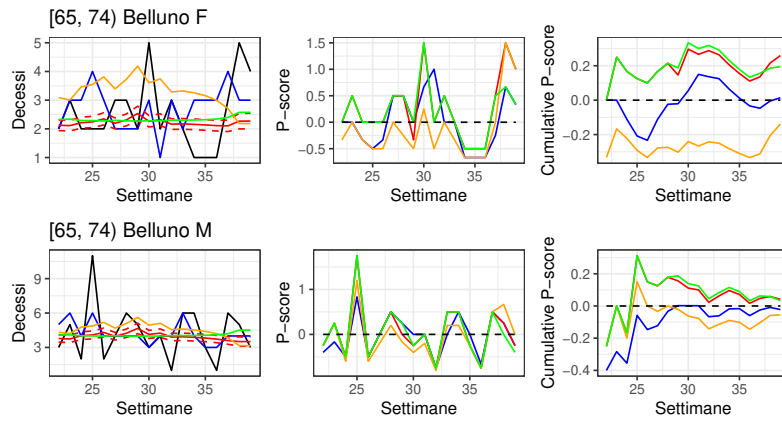


Figura B.20: Popolazione [65, 75) Belluno.

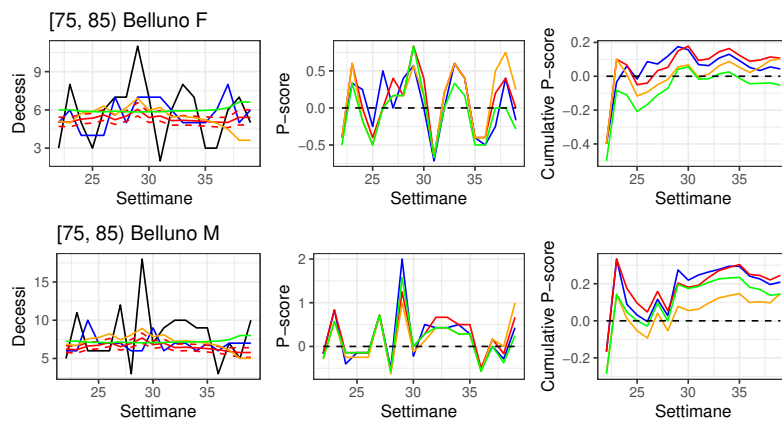


Figura B.21: Popolazione [75, 85) Belluno.

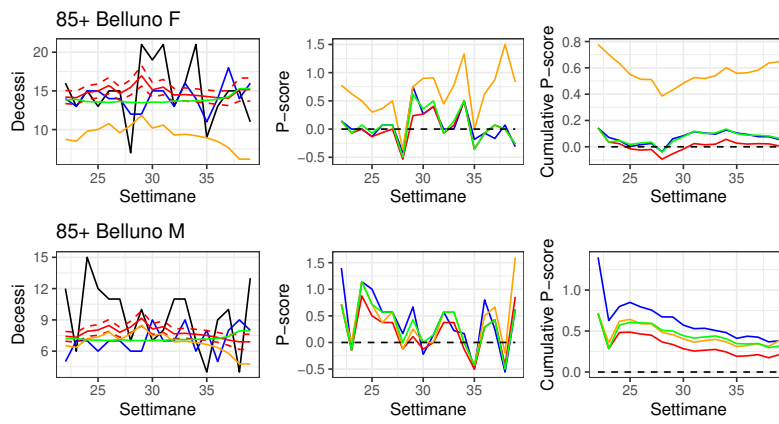


Figura B.22: Popolazione 85+ Belluno.

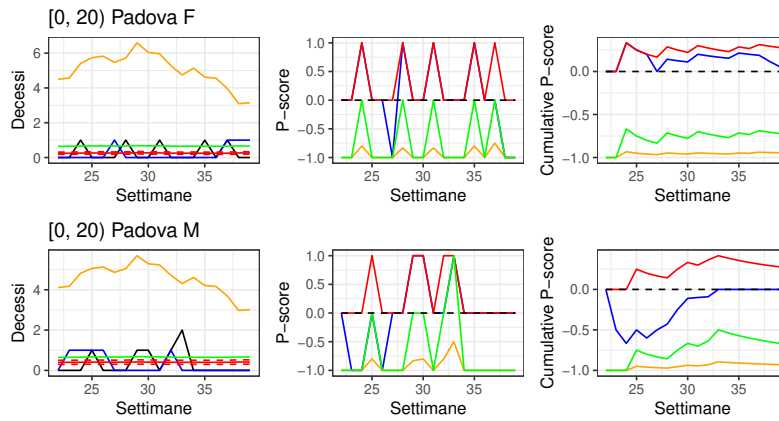


Figura B.23: Popolazione [0, 20) Padova.

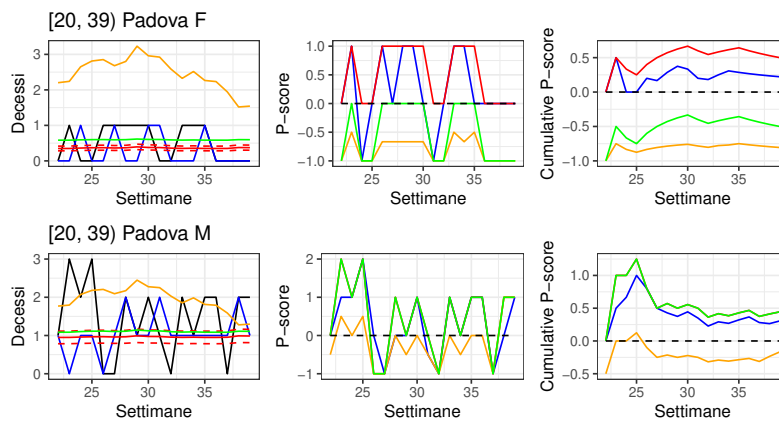


Figura B.24: Popolazione [20, 40) Padova.

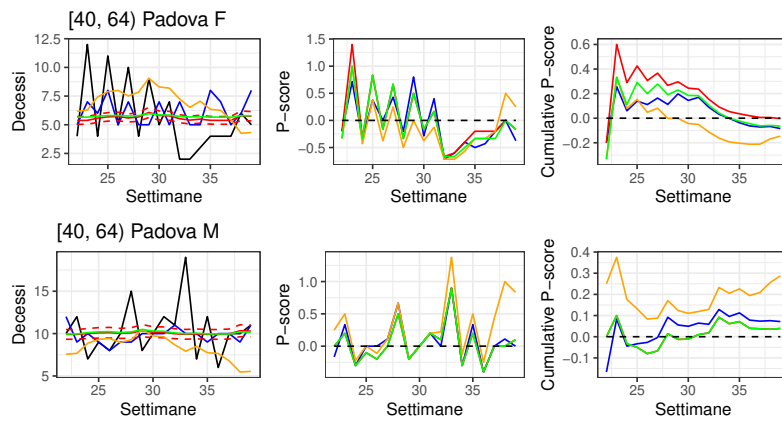


Figura B.25: Popolazione [40, 65) Padova.

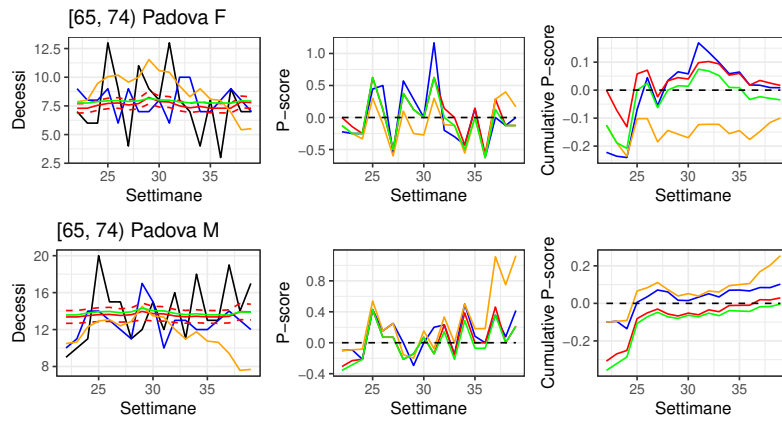


Figura B.26: Popolazione [65, 75) Padova.

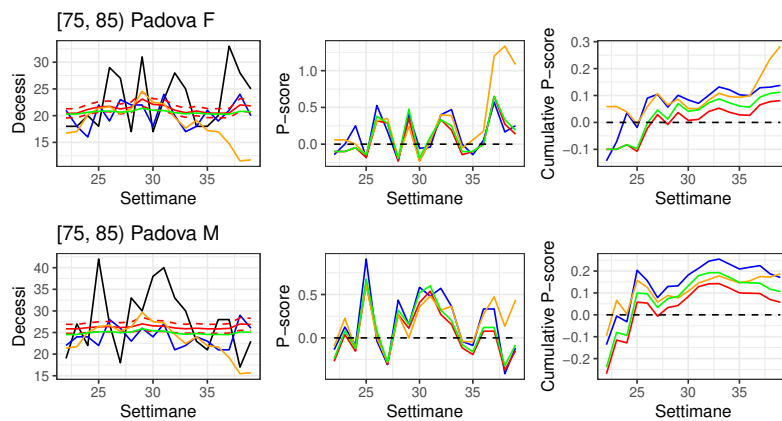


Figura B.27: Popolazione [75, 85) Padova.

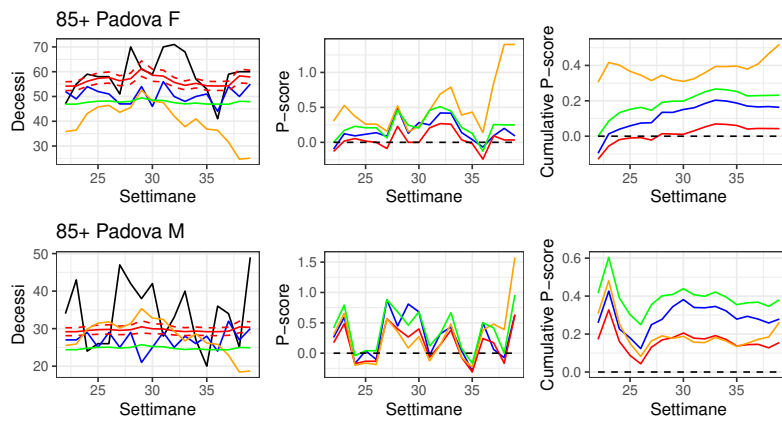


Figura B.28: Popolazione 85+ Padova.

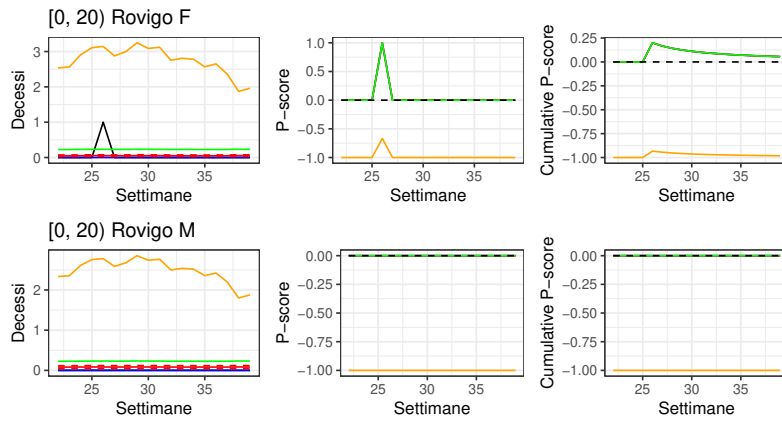


Figura B.29: Popolazione [0, 20) Rovigo.

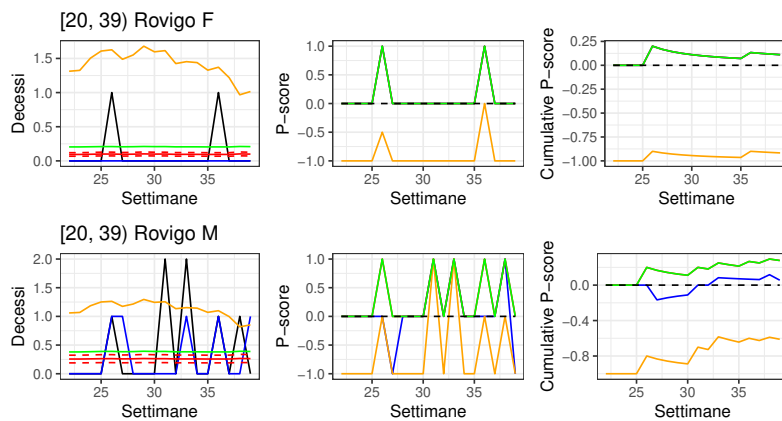


Figura B.30: Popolazione [20, 40) Rovigo.

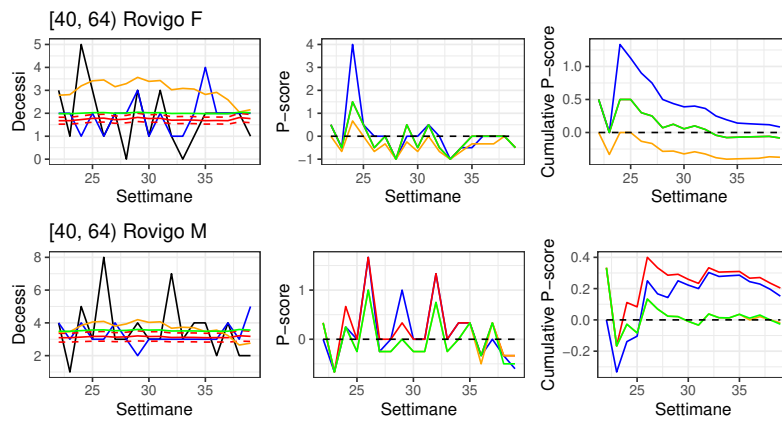


Figura B.31: Popolazione [40, 65) Rovigo.

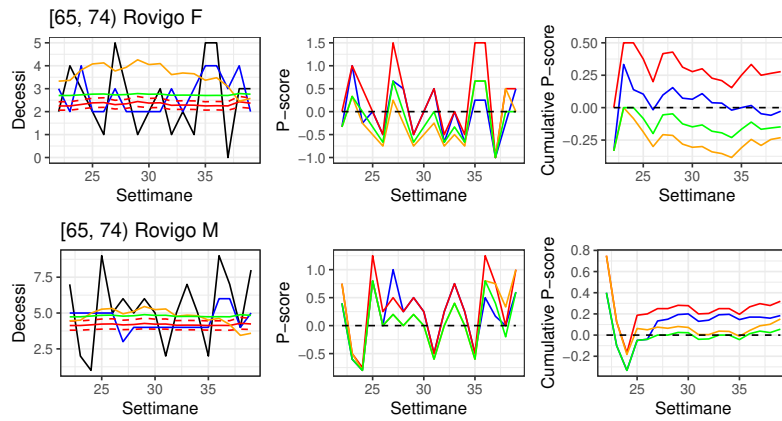


Figura B.32: Popolazione [65, 75) Rovigo.

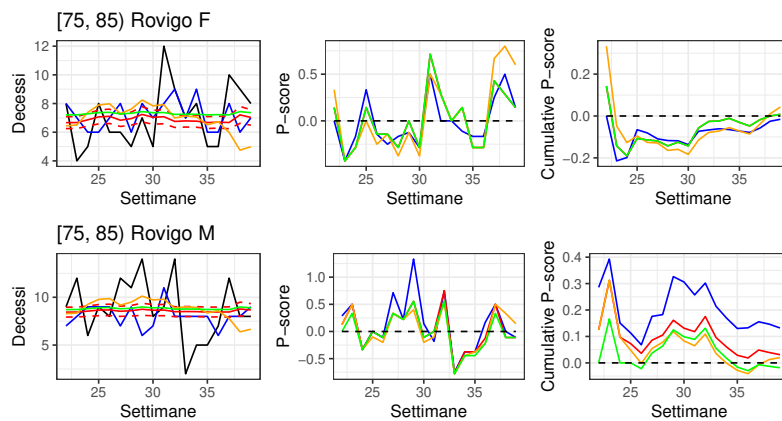


Figura B.33: Popolazione [75, 85) Rovigo.

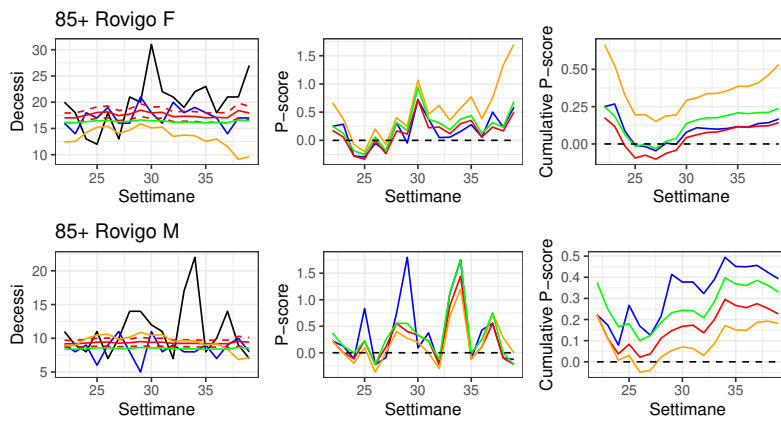


Figura B.34: Popolazione 85+ Rovigo.

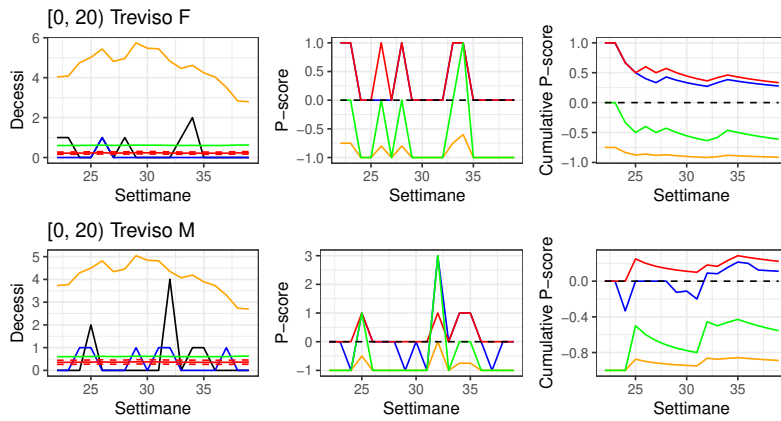


Figura B.35: Popolazione [0, 20) Treviso.

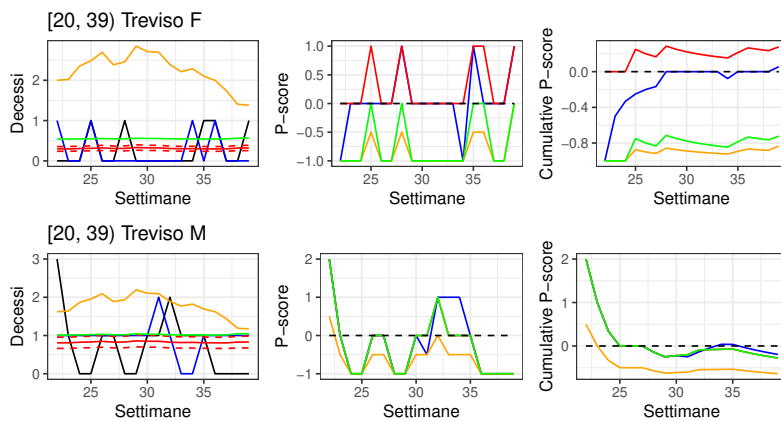


Figura B.36: Popolazione [20, 40) Treviso.

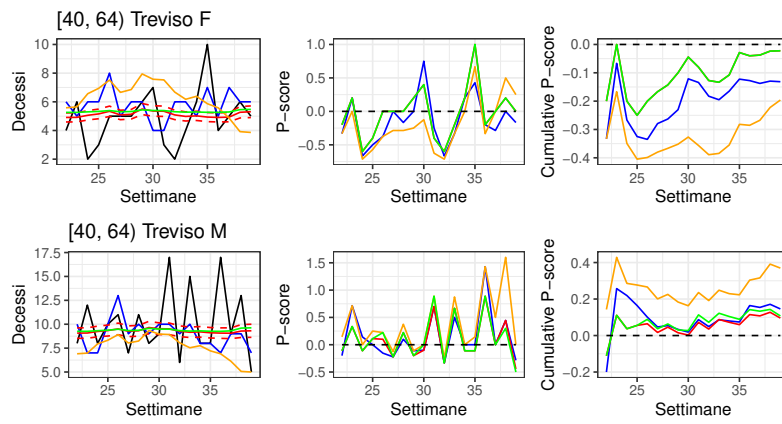


Figura B.37: Popolazione [40, 65) Treviso.

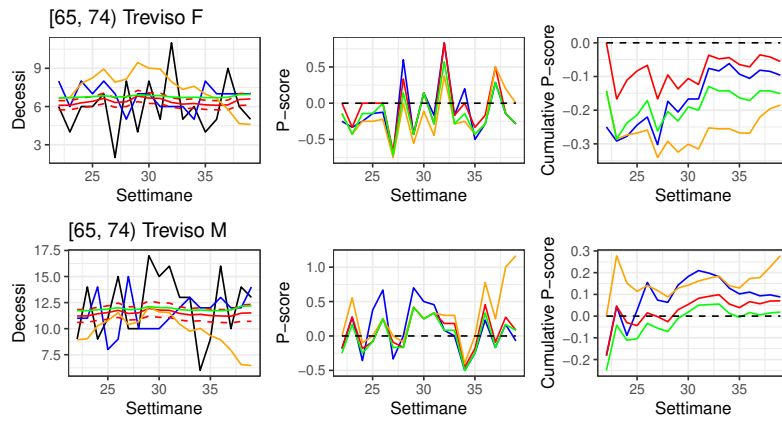


Figura B.38: Popolazione [65, 75) Treviso.

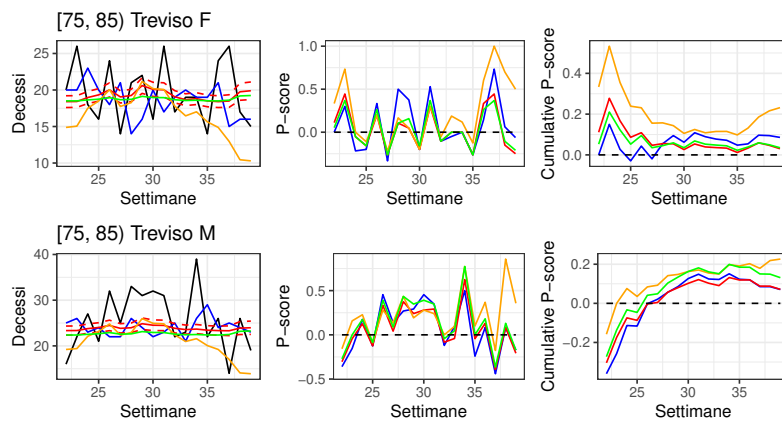


Figura B.39: Popolazione [75, 85) Treviso.

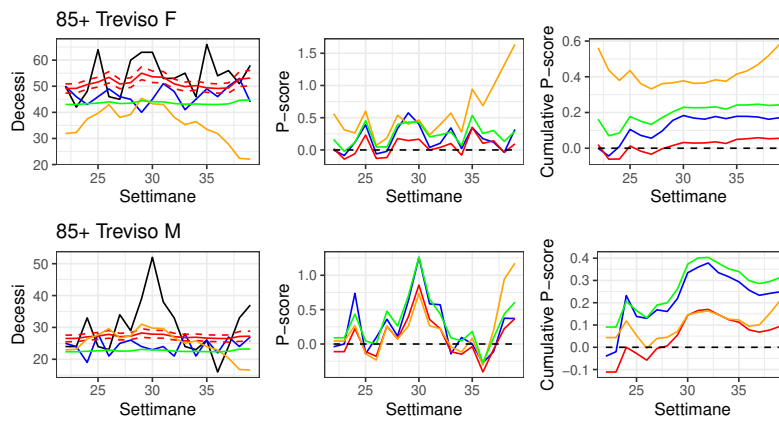


Figura B.40: Popolazione 85+ Treviso.

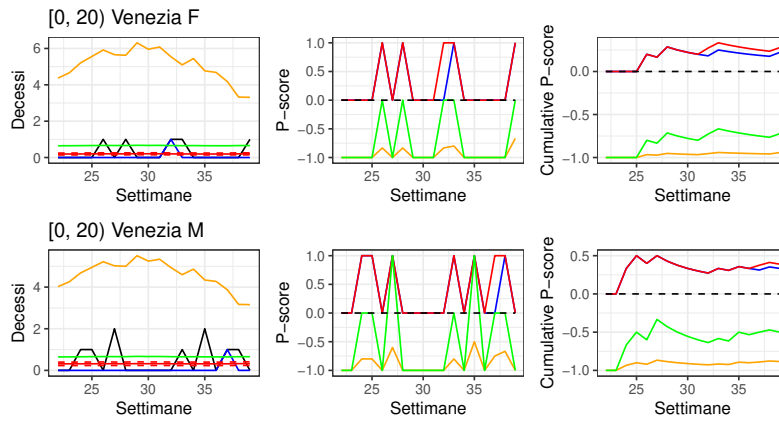


Figura B.41: Popolazione [0, 20) Venezia.

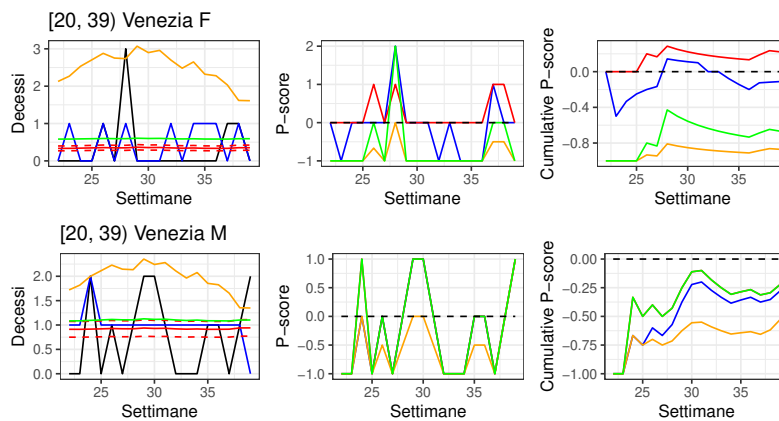


Figura B.42: Popolazione [20, 40) Venezia.

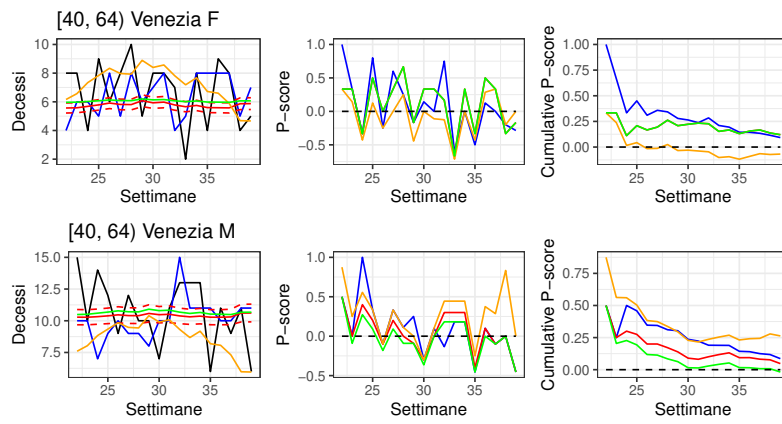


Figura B.43: Popolazione [40, 65) Venezia.

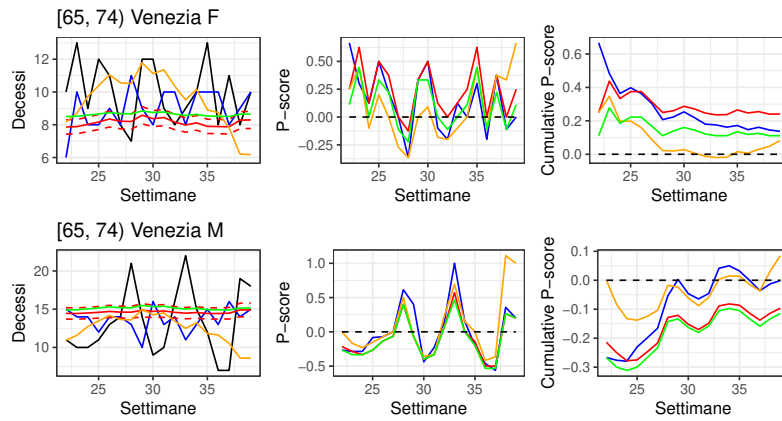


Figura B.44: Popolazione [65, 75) Venezia.

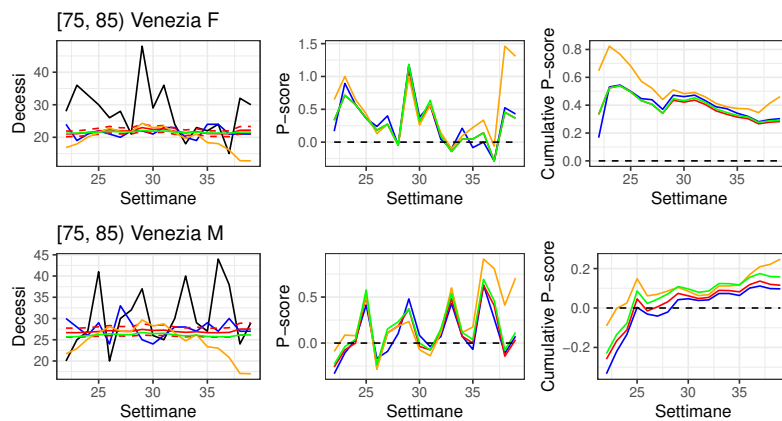


Figura B.45: Popolazione [75, 85) Venezia.

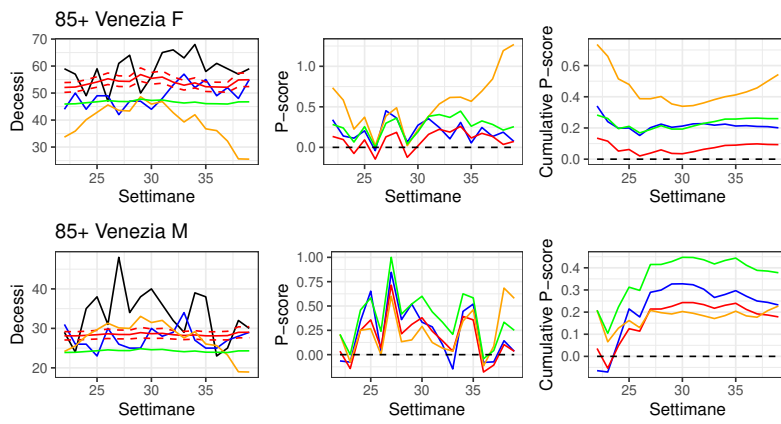


Figura B.46: Popolazione 85+ Venezia.

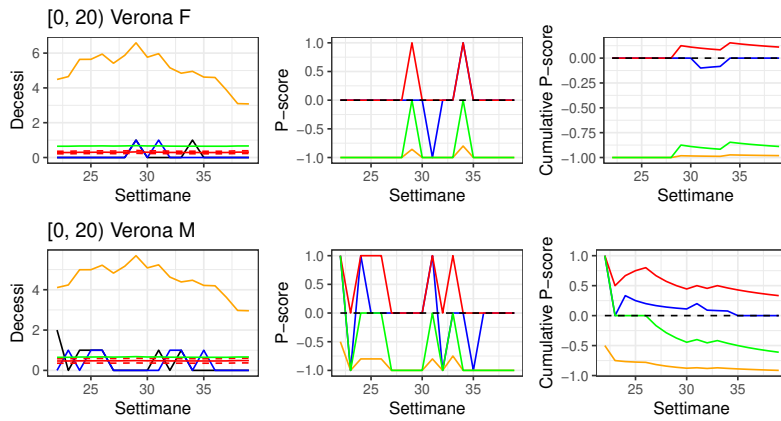


Figura B.47: Popolazione [0, 20) Verona.

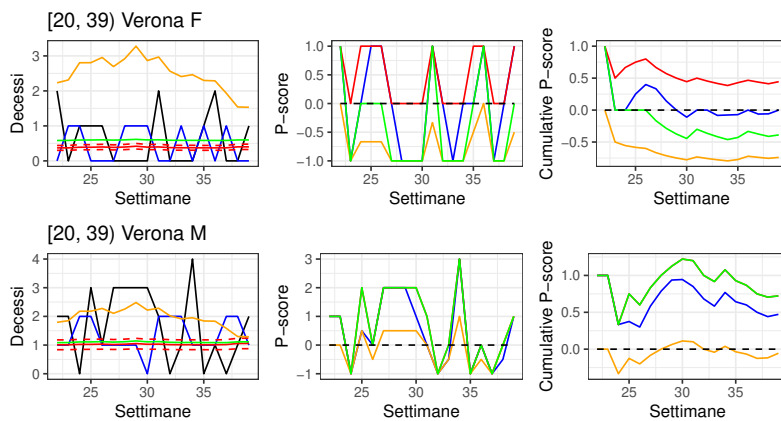


Figura B.48: Popolazione [20, 40) Verona.

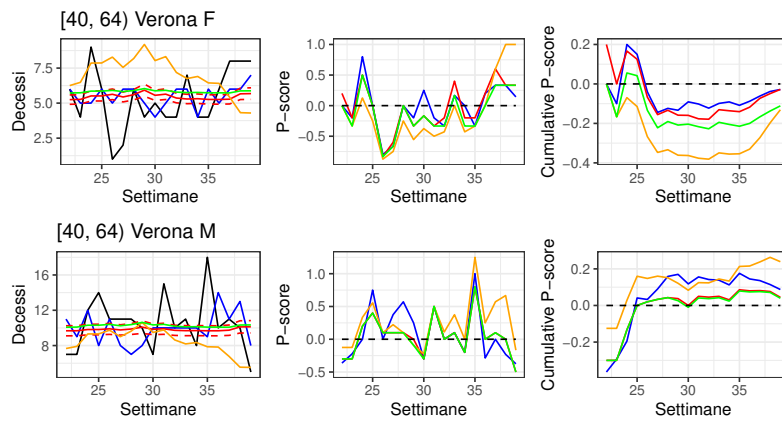


Figura B.49: Popolazione [40, 65) Verona.

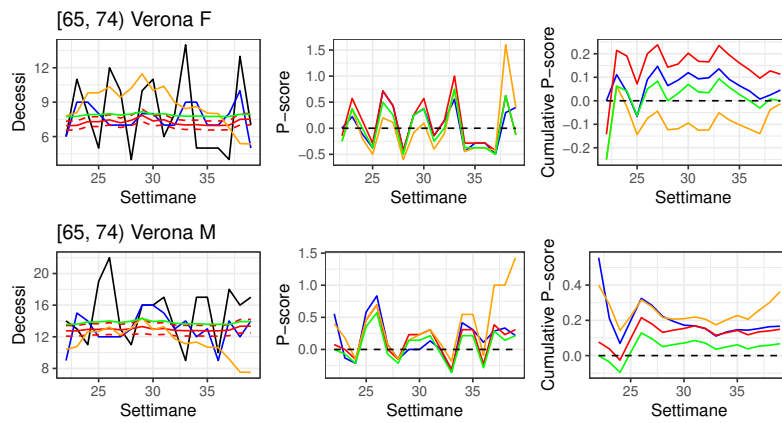


Figura B.50: Popolazione [65, 75) Verona.

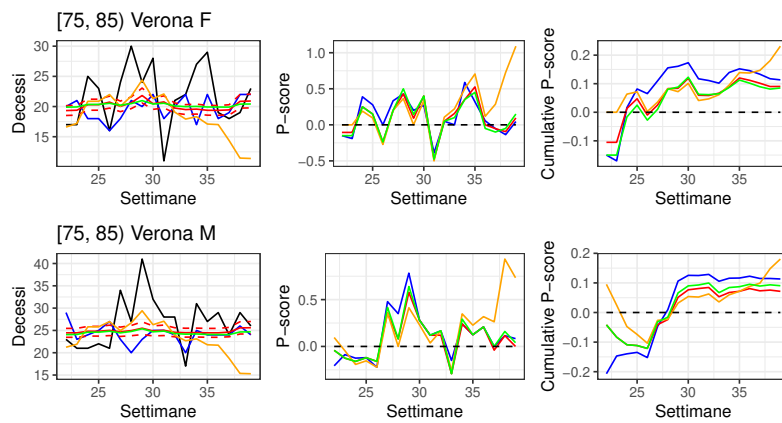


Figura B.51: Popolazione [75, 85) Verona.

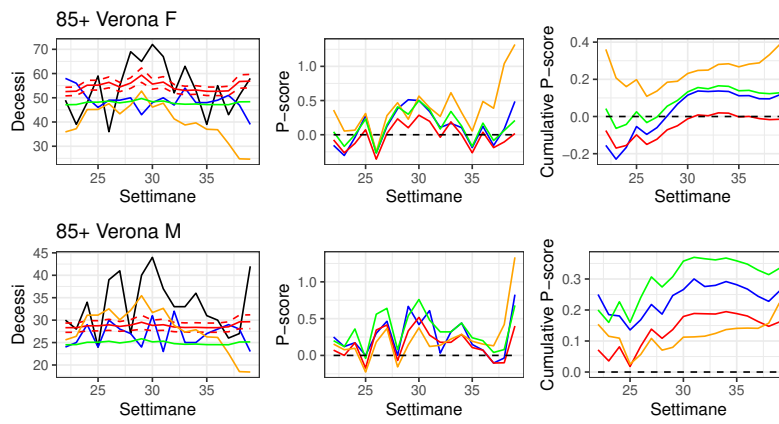


Figura B.52: Popolazione 85+ Verona.

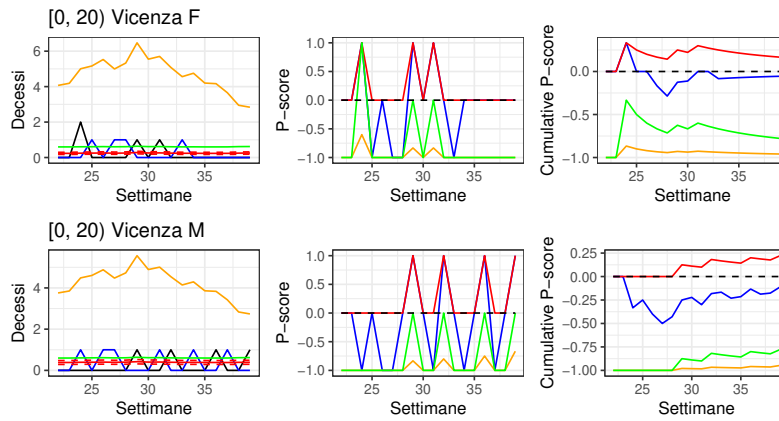


Figura B.53: Popolazione [0, 20) Vicenza.

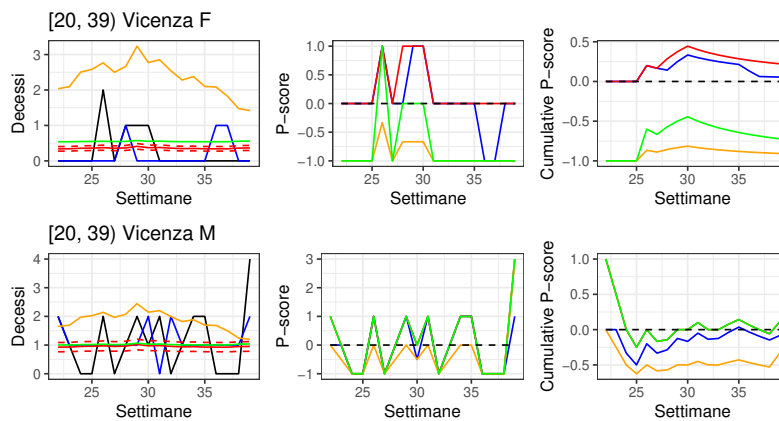


Figura B.54: Popolazione [20, 40) Vicenza.

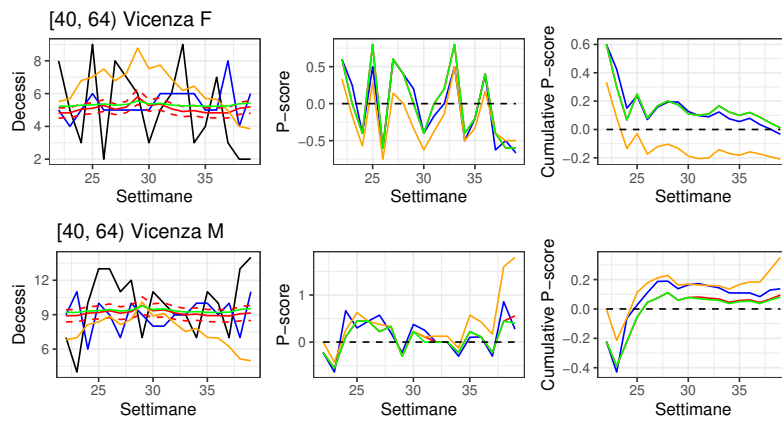


Figura B.55: Popolazione [40, 65) Vicenza.

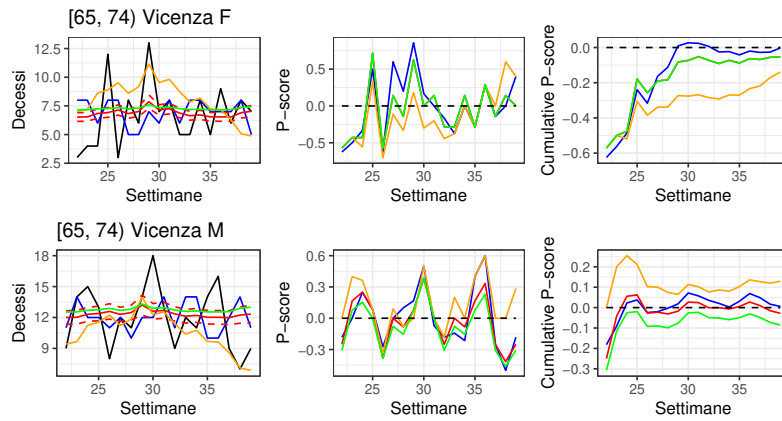


Figura B.56: Popolazione [65, 75) Vicenza.

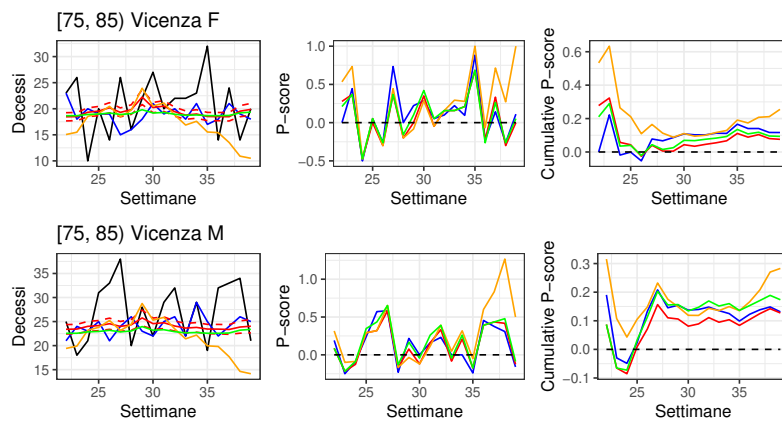


Figura B.57: Popolazione [75, 85) Vicenza.

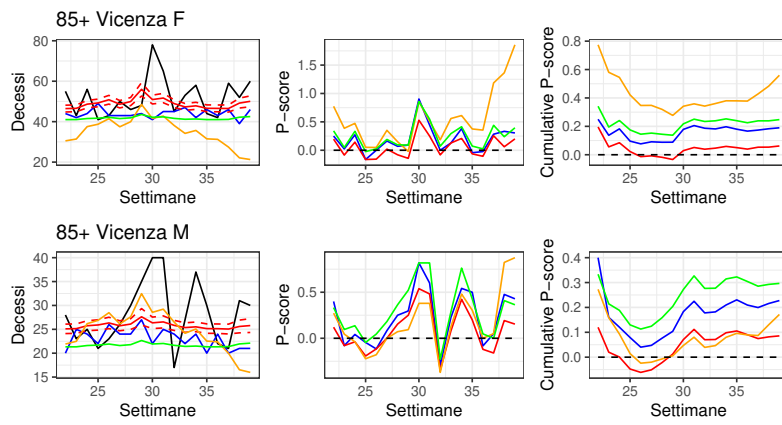


Figura B.58: Popolazione 85+ Vicenza.

Bibliografia

- [1] Istituto Superiore di Sanità (2023). Nuovi casi giornalieri diagnosticati di SARS-CoV-2.
<https://covid19.infn.it/iss/>
- [2] ISTAT. Decessi e cause di morte, 2022. Ultimo accesso 17 maggio 2023.
<https://www.istat.it/it/archivio/240401>
- [3] ARPAV. Agenzia Regionale per la Prevenzione e Protezione Ambientale del Veneto. Dati temperature orarie.
<https://www.ambienteveneto.it/datiorari/>
- [4] Excess mortality during the warm summer of 2015 in Switzerland. Vicedo-Cabrera AM, et al. *Swiss Med Wkly*. 2016. PMID: 31309989
doi:10.4414/smw.2016.14379
- [5] Rao CR, Chakravarti IM. 1956 Some small sample test of significance for a Poisson distribution. *Biometrics* **12**, 264-282.
doi:10.2307/3001466
- [6] Salvan Alessandra, Sartori Nicola, and Pace Luigi. *Modelli lineari generalizzati*. Springer Verlag, 2020.
- [7] Trevor Hastie, Robert Tibshirani, Jerome Friedman. *The Elements of Statistical Learning Data Mining, Inference, and Prediction* (2nd edition), 2017.
- [8] Hannah Ritchie, Max Roser and Pablo Rosado (2020) - "CO₂ and Greenhouse Gas Emissions". Published online at OurWorldInData.org.
<https://ourworldindata.org/co2-and-greenhouse-gas-emissions>