

# Progetto Tsunami

Rapporto di ricerca

## Simulazioni sulla Conversione di Posti Letto ospedalieri da non-COVID-19 a COVID-19 in Regione Lombardia

**Giovanni Nattino<sup>1</sup>, Giorgio Costantino<sup>2</sup>, Giulia Ghilardi<sup>1</sup>, Guido Bertolini<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Laboratorio di Epidemiologia Clinica, Istituto di Ricerche Farmacologiche Mario Negri IRCCS, Ranica (BG)

<sup>2</sup> U. O. Emergenza e Urgenza, Fondazione IRCCS ca' Granda Ospedale Maggiore Policlinico, Milano

17/03/2021

## Scopo

Lo scopo di questa analisi è quello di valutare l'impatto della conversione dei posti letto COVID-19 negli ospedali per acuti sul fenomeno del boarding da Pronto Soccorso (PS) degli stessi pazienti e, in particolar modo, nello studiare una possibile strategia di conversione che minimizzi la sofferenza in PS ottimizzando (ovvero tenendo al minimo) i posti letto convertiti in totale. Queste analisi sono state eseguite nell'ambito del progetto Tsunami, coordinato dall'Istituto di Ricerche Farmacologiche Mario Negri IRCCS e finanziato dalla Regione Lombardia.

## Indicatore di sovraccarico del PS

Per misurare il sovraccarico dei PS, si è scelto di utilizzare un indicatore facilmente misurabile e interpretabile, ovvero il numero di pazienti "in attesa di ricovero" presenti in PS. Non avendo la possibilità di identificare quali pazienti fossero considerati come ricoverabili e, dunque, in attesa di posto letto ad un determinato momento, abbiamo considerato come indicatore il numero di pazienti presenti in PS e il cui esito è stato quello di essere ricoverati in ospedale. I pazienti che sono rimasti in PS per un tempo superiore alle 36 ore e dimessi a casa sono stati considerati come ricoverati, per classificare propriamente quei pazienti che hanno stazionato a lungo in PS in attesa di posto letto ma che, in seguito alle cure che hanno ricevuto in PS, sono stati dimessi a casa per la risoluzione della propria condizione acuta. L'indicatore sui pazienti COVID-19 è stato quantificato giornalmente, alle ore 12:00, in tutti i PS della Lombardia.

## Dati

Sono stati considerati i dati degli accessi ai PS della Regione Lombardia della "seconda ondata" (dal 1/10 al 31/12/2020). I dati sono stati incrociati con i dati dei tamponi, per identificare i soggetti positivi COVID-19. I soggetti sono stati considerati come positivi se vi era evidenza di un tampone positivo durante la permanenza in PS o nei 14 giorni precedenti l'accesso. Si è scelto di considerare solo i PS che hanno avuto un numero minimo di accessi di pazienti COVID-19, quantificato in 100 accessi nell'arco dei 3 mesi. Questa selezione ha portato all'inclusione di 82 PS nell'analisi.

## Metodi

L'analisi si compone di due parti:

1. **Modello predittivo:** è stato sviluppato uno strumento capace di prevedere, per ogni PS, il numero di pazienti in attesa di ricovero il giorno successivo, usando il numero di pazienti in attesa di ricovero nella giornata odierna, il numero di ricoveri effettuati e il volume degli accessi COVID-19 per codice di triage degli ultimi giorni.
2. **Simulazioni:** il modello predittivo è stato utilizzato per simulare cosa sarebbe successo se, dati gli accessi che si sono effettivamente osservati durante la seconda ondata, si fossero tenute strategie di conversione di posti letto COVID-19 differenti da quella attuata. Questo ci ha permesso di effettuare alcune raccomandazioni sulle strategie di conversione che porterebbero a ridurre la pressione all'interno dei PS e, allo stesso tempo, minimizzare il numero di posti letto convertiti in totale.

## Modello Predittivo

Si è utilizzato un modello additivo generalizzato (*generalized additive model*, GAM), assumendo una distribuzione di Poisson, per prevedere il numero di pazienti COVID-19 in attesa di ricovero in PS alle 12:00 del giorno successivo, utilizzando i seguenti predittori:

- Numero di pazienti COVID-19 in attesa di ricovero in PS alle 12:00 della giornata odierna.
- Numero di pazienti COVID-19 giunti in PS nella giornata odierna e nei due giorni precedenti, distinti per codice di triage (verdi, gialli e rossi).
- Rapporto tra il numero di ricoveri in ospedale di pazienti COVID-19 e il numero di accessi COVID-19 a PS.

- Effetto specifico per ogni PS, per tenere conto delle diverse caratteristiche del PS (al di fuori dei predittori già elencati) che possono impattare sul numero medio di pazienti in attesa di ricovero.

La performance del modello è stata valutata sia sul campione totale, aggregando i dati di tutti i PS (Figura 1), sia sui singoli PS (Figura 2). In entrambi i casi, la vicinanza della curva delle previsioni provenienti dal modello (curva rossa) e del dato osservato (curva nera) suggerisce la buona capacità predittiva dello strumento sviluppato.

*Figura 1. Per ogni giorno di calendario, la curva nera rappresenta il numero di pazienti in attesa di ricovero in totale negli 82 PS considerati nell'analisi. La curva rossa rappresenta il valore predetto, giorno per giorno, dal modello sviluppato.*

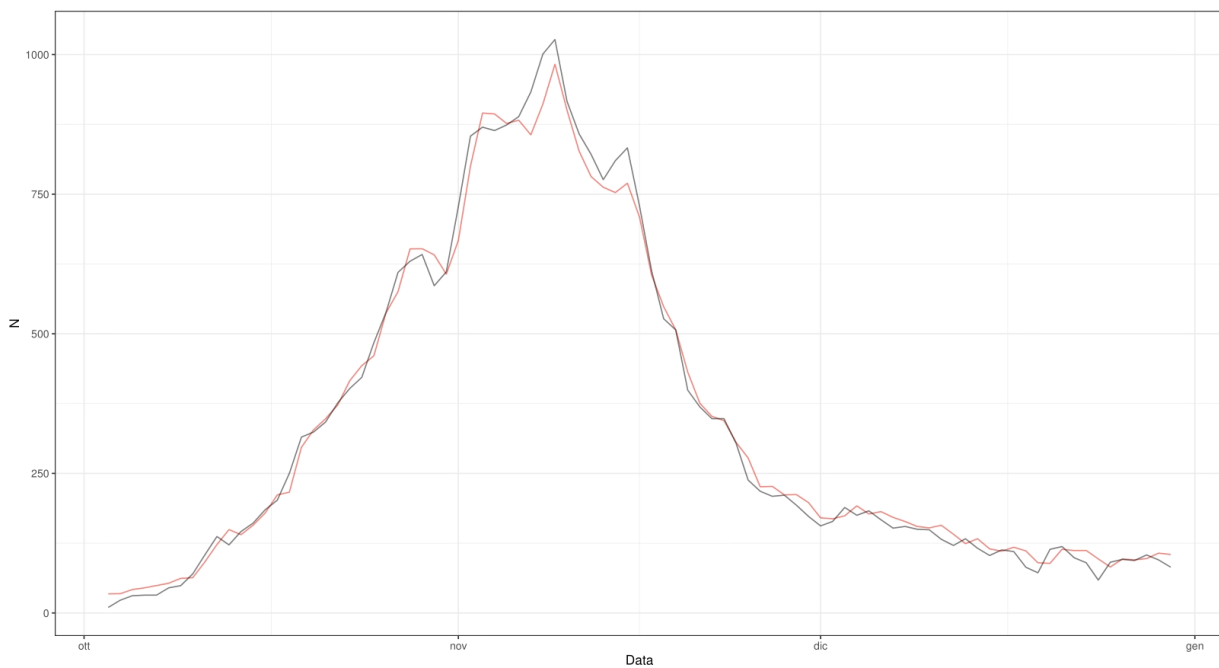
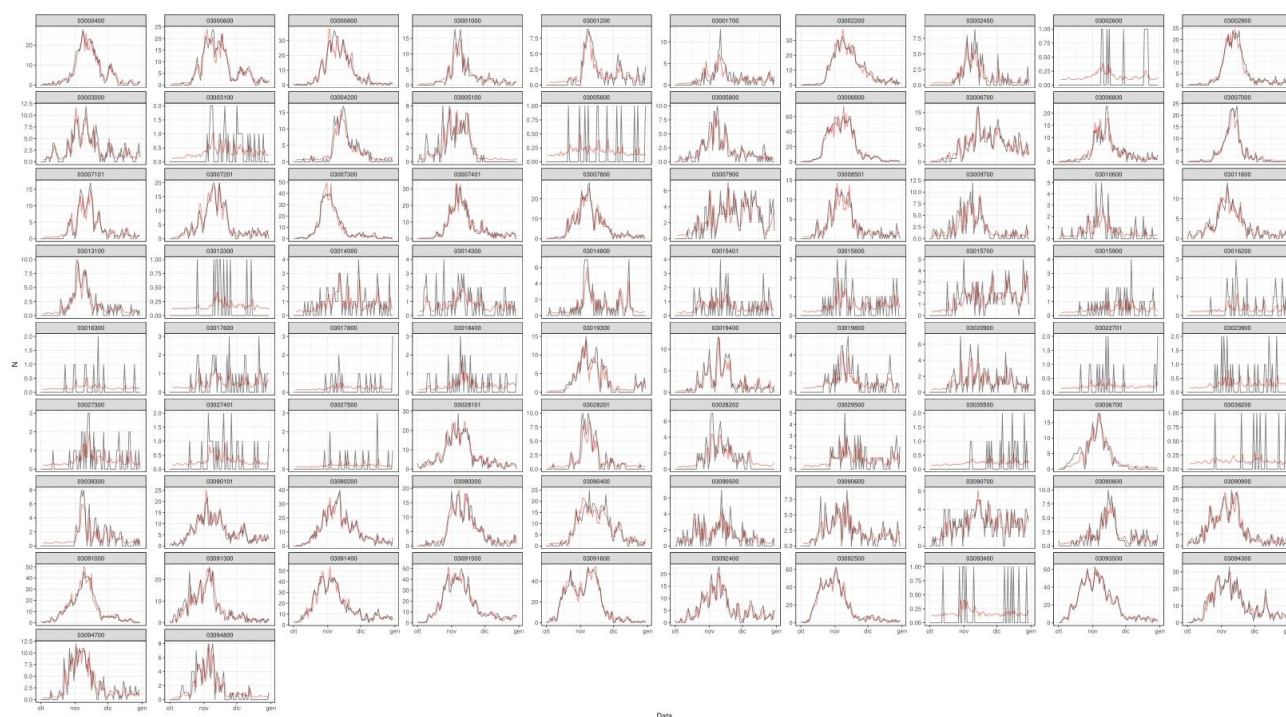


Figura 2. Ogni riquadro rappresenta i dati di un singolo PS. Per ogni giorno di calendario, la curva nera rappresenta il numero di pazienti in attesa di ricovero, la curva rossa rappresenta il valore predetto dal modello.



## Simulazioni

Il modello predittivo sviluppato permette di stimare con approssimazione sufficientemente buona il numero di pazienti in attesa di ricovero del giorno successivo, sulla base dei predittori considerati. Questo strumento ci permette dunque di simulare l'evoluzione dell'affollamento in PS per un giorno, sulla base dei dati di accessi e ricoveri realmente osservati. È dunque possibile implementare alcuni scenari, ovvero l'apertura di ulteriori posti letto COVID-19 in determinati momenti, e di iterare serialmente le simulazioni giornaliere, ottenendo una simulazione dell'affollamento in PS che si sarebbe potuta osservare nel tempo.

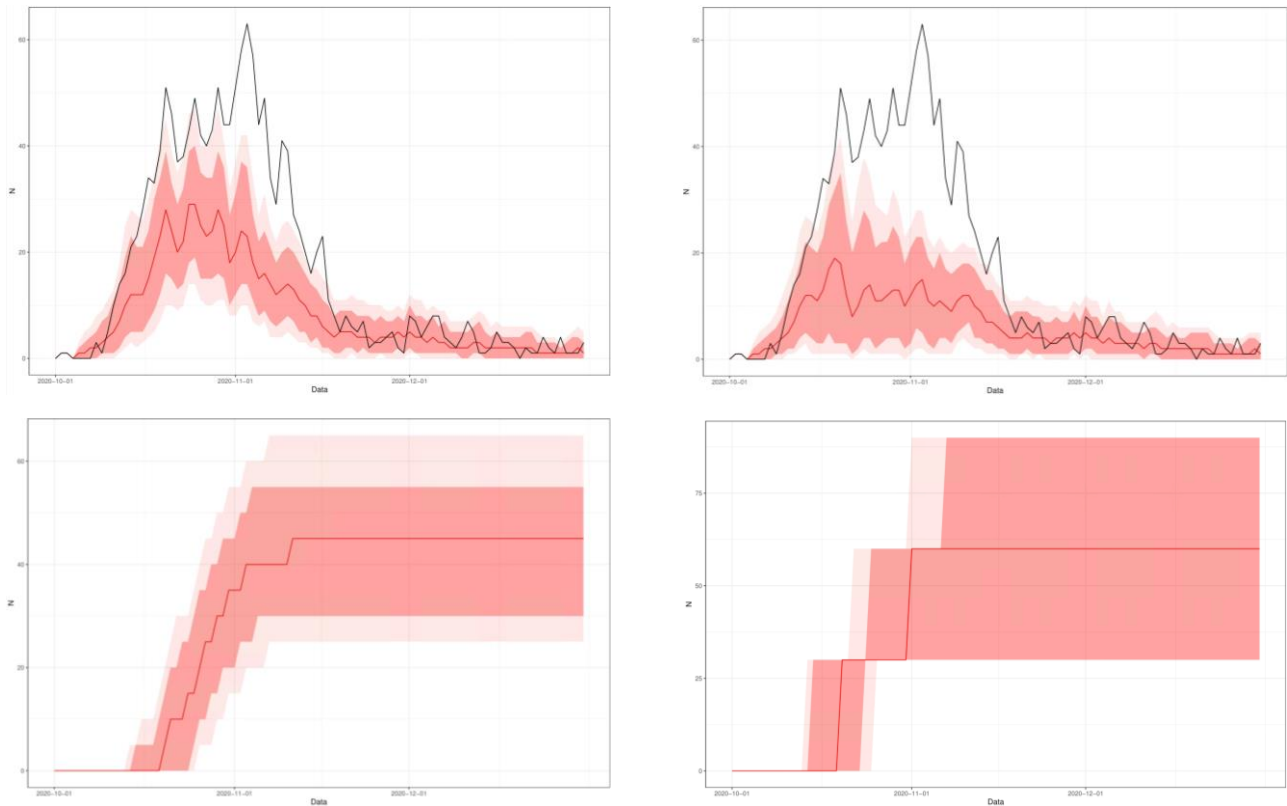
L'impatto di ogni posto letto COVID-19 "aggiunto" nelle nostre simulazioni sulle variabili in gioco è duplice. Innanzitutto, permette di ridurre di una unità il numero di pazienti in attesa di ricovero nella giornata di apertura del letto. Inoltre, grazie al turnover dei pazienti sullo stesso letto, permette di aumentare il numero di ricoveri effettuati nelle giornate successive all'apertura. La durata di occupazione del posto letto è stata simulata a partire dalle degenze dei pazienti COVID-19 nello stesso ospedale.

Poiché il modello predittivo stima il numero "medio" dei pazienti in attesa di ricovero in una determinata giornata, ogni simulazione avviene campionando il numero di pazienti in attesa di ricovero dall'opportuna distribuzione, e tale campionamento è soggetto al caso. Le simulazioni devono quindi essere eseguite un grande numero di volte (10,000 per i risultati mostrati in seguito) per poter fornire una stima verosimile dell'affollamento in PS che si sarebbe potuto osservare.

A titolo di esempio, Figura 3 mostra i risultati di due simulazioni in un PS lombardo, nelle quali si è simulata una strategia di apertura di posti letto COVID-19 tutte le volte che il numero di pazienti COVID-19 in attesa di ricovero avesse superato la soglia di 23 pazienti (il valore mediano per i pazienti in attesa di ricovero nel 2019). Nei due pannelli superiori, si mostra il numero osservato di pazienti in attesa di ricovero (curva nera) e il numero che ci si sarebbe potuto aspettare se, in ospedale, fossero stati convertiti 5 letti (pannello di sinistra) o 30 letti (pannello di destra) in più, rispetto a quanti realmente convertiti, al superamento della

soglia sopraindicata. Nei due pannelli inferiori, viene rappresentato il numero di posti letto aggiuntivi convertiti secondo queste due strategie.

*Figura 3. Nei due grafici superiori, viene riportato il numero di pazienti in attesa di ricovero in un PS (linea nera) e il numero che si sarebbe osservato se fossero stati aperti 5 letti (grafico di sinistra) o 30 letti (grafico di destra) in più rispetto a quelli realmente convertiti, ogni volta che il numero di pazienti COVID-19 in attesa di ricovero avesse superato la soglia di 23 pazienti. I grafici sottostanti mostrano il numero di letti aggiuntivi convertiti secondo queste due strategie.*



È interessante notare come l'apertura di 30 posti letto ad ogni superamento di soglia porti ad un minore affollamento del PS (la linea rossa nel grafico di destra è nettamente più bassa di quella nel grafico di sinistra), a scapito dell'apertura di un numero di posti letto superiore (60 vs. 45 posti letto totali convertiti). È stata quindi effettuata una simulazione generale, dove, per ogni PS, è stato variato il numero di posti letto ospedalieri convertiti a COVID-19 ad ogni superamento di soglia di affollamento in PS. Tale soglia è stata definita, per ogni PS, pari al numero mediano di pazienti in attesa di ricovero nell'arco del 2019. Il range di valori convertiti e, quindi, resi disponibili è stato variato da un minimo di 3 ad un massimo di 40 e, per ogni valore, si è simulato l'affollamento del PS per il periodo dal 01/10/2020 al 31/12/2020, misurando il valore massimo di pazienti in attesa di ricovero registrato e il numero massimo di posti letto che sarebbero stati aperti. La Figura 4 mostra un esempio del risultato di tale simulazione per un PS.

Figura 4. Il grafico rappresenta il risultato delle simulazioni per un PS lombardo, dove viene mostrata la relazione tra numero di letti COVID-19 resi disponibili ad ogni superamento di soglia (asse delle ascisse) e il numero massimo di pazienti in attesa di ricovero in PS nel periodo 01/10 e 31/12/2020 (asse delle ordinate).

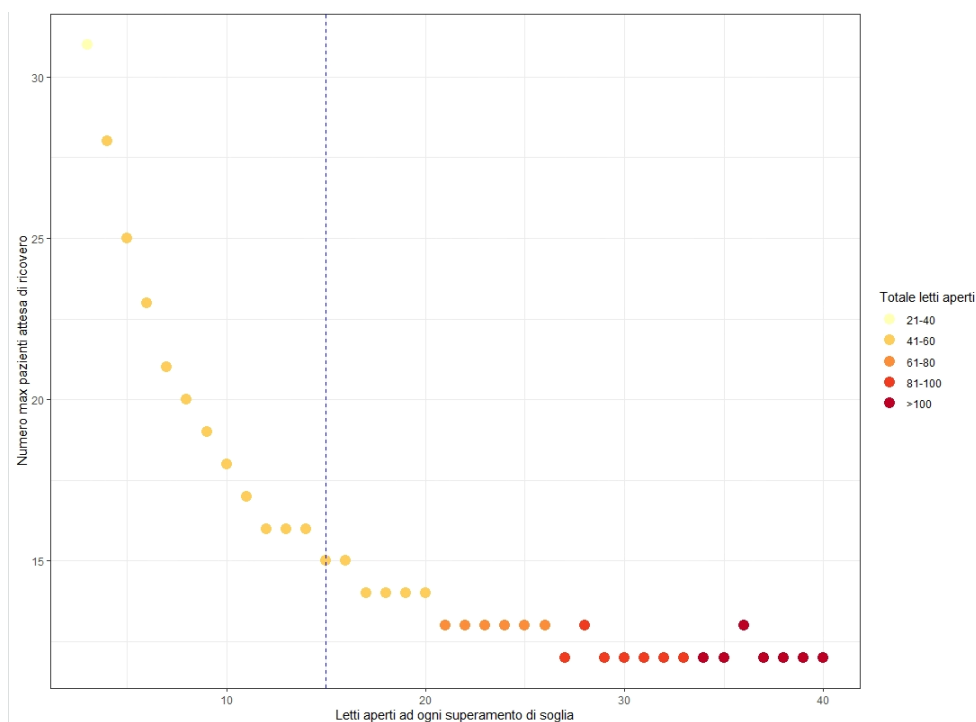
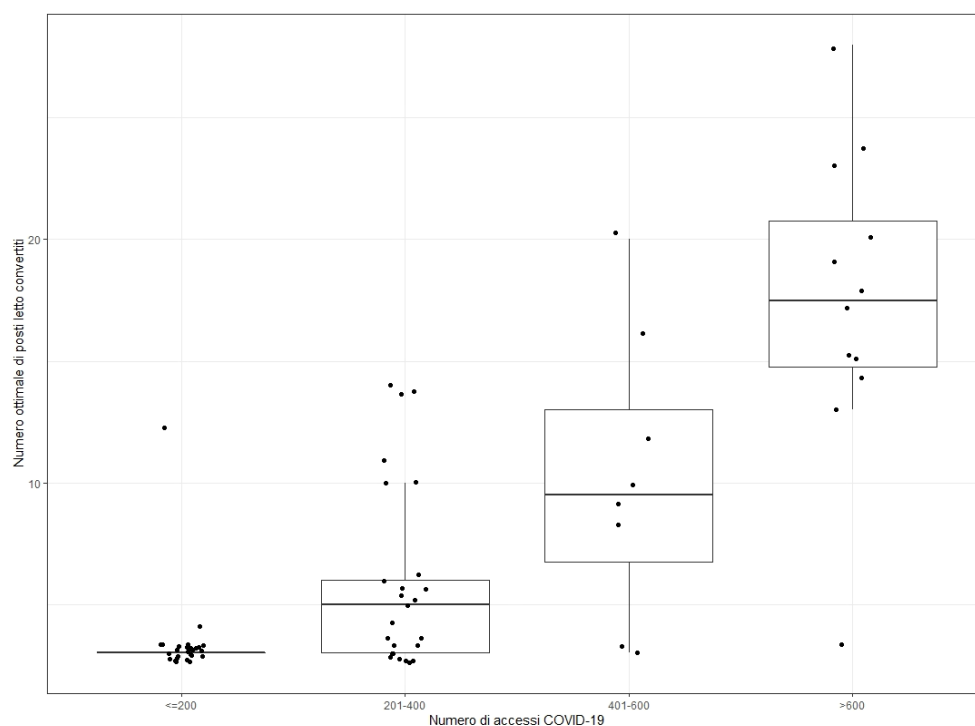


Figura 5. Distribuzione del numero ottimale di posti letto COVID-19 convertiti ad ogni superamento di soglia (asse delle ordinate) rispetto al numero di accessi COVID-19 nel picco della seconda ondata, dal 19/10/2020 al 15/11/2020 (asse delle ascisse).



Si nota chiaramente come il numero di posti letto ottimale da convertire per ogni ospedale aumenti con l'aumentare del numero di accessi COVID-19 al PS.

## Conclusioni

I risultati delle simulazioni eseguite ci permettono di concludere che, nell'ambito di una strategia di rapida conversione di posti letto ospedalieri da non-COVID-19 a COVID-19 nel momento in cui il numero di pazienti COVID-19 presenti in PS in attesa di ricovero superi la soglia di allarme (fornita in appendice a questo documento), il numero di posti letto ottimale da convertire sia pari a:

- 5 posti letto, per gli ospedali i cui PS hanno osservato meno di 50 accessi COVID-19 nella settimana precedente.
- Tra i 5 e i 10 posti letto, per gli ospedali i cui PS hanno osservato tra i 50 e i 100 accessi COVID-19 nella settimana precedente.
- Tra i 10 e i 15 posti letto, per gli ospedali i cui PS hanno osservato tra i 100 e i 150 accessi COVID-19 nella settimana precedente.
- Tra i 15 e i 20 posti letto, per gli ospedali i cui PS hanno osservato più di 150 accessi COVID-19 nella settimana precedente.