

## PANDEMIA COVID-19 - BOLLETTINO DEL 10 Aprile 2020 (giorno #49)

A cura di Davide Manca - Politecnico di Milano

email: davide.manca@polimi.it - cellulare: +39 328 5690.430

Dati REALI alle 18:00 (Ministero della Salute)	ITALIA	LOMBARDIA	LOMBARDIA/ITALIA
Pazienti ICU oggi	3,497	1,202	34.37%
Pazienti ICU ieri	3,605	1,236	34.29%
Variazione ICU rispetto al giorno precedente	-108	-34	31.48%
Variazione percentuale ICU rispetto al giorno precedente	-3.00%	-2.75%	91.82%
Decessi oggi	18,849	10,238	54.32%
Decessi ieri	18,279	10,022	54.83%
Incremento decessi rispetto al giorno precedente	570	216	37.89%

### Resoconto breve

#### I MEDICI ANESTESISTI E RIANIMATORI INSISTONO AFFINCHÉ OGNUNO INDOSSI LA MASCHERINA QUANDO NON IN CASA E SI RELAZIONA CON ALTRE PERSONE

Si conferma sia per l'Italia che per la Lombardia un calo persistente e significativo di pazienti in terapia intensiva (rispettivamente -108 e -34). Il modello #1 prevede tra il 13 e il 21 Aprile il massimo decremento giornaliero (ossia massima velocità di decrescita) del numero di ICU in Italia. Analogo discorso per la Lombardia tra il 14 e il 25 Aprile.

I modelli logistico e di Gompertz sono stati definitivamente abbandonati per la stima quantitativa del numero di pazienti ICU in quanto hanno terminato il loro fine descrittivo. Ora che il numero di pazienti ICU è in costante calo sia per Italia che per Lombardia tali modelli non hanno più senso. Al contrario il modello #1 descrive molto bene la dinamica deflattiva dei pazienti ICU in Italia e Lombardia.

I decessi giornalieri in Lombardia (+216) ed Italia (+570) sono ancora elevati ma comunque inferiori a ieri. Per la Lombardia era dal 19 Marzo che non si verificava comunque un valore così basso. I modelli continuano a stimare che il punto di massimo incremento dei decessi su base giornaliera sia stato raggiunto il 28 Marzo in Italia e il 26-27 Marzo in Lombardia.

I modelli logistico e Gompertz racchiudono al loro interno i dati reali dei decessi e prevedono una forchetta di circa 25-27 giorni (che va progressivamente riducendosi) per poter assistere ad un quasi totale azzeramento dei decessi su base giornaliera (ossia tra oltre metà Aprile e la seconda decina di Maggio). Il modello più affidabile nella descrizione della dinamica evolutiva dei decessi è quello di Gompertz.

Le otto Figure relative alla comparazione tra valori reali e modelli previsionali permettono di chiarire i concetti di (i) massimo incremento giornaliero di pazienti ICU e decessi e (ii) raggiungimento del pianoro (i.e. asintoto, plateau) nonché calo degli ICU dopo la sommità del pianoro.

**ITALIA - ICU****MODELLO #1**

Predizione per il giorno seguente	3,361
Incremento atteso rispetto al dato reale di oggi	-136
Il modello di ieri prevedeva per oggi	3,478
Errore % del modello di ieri rispetto ai dati reali di oggi	-0.54%

**LOMBARDIA - ICU****MODELLO #1**

Predizione per il giorno seguente	1,168
Incremento atteso rispetto al dato reale di oggi	-34
Il modello di ieri prevedeva per oggi	1,205
Errore % del modello di ieri rispetto ai dati reali di oggi	0.25%

<b>ITALIA - DECESSI</b>	<b>MODELLO #1</b>	<b>MODELLO LOGISTICO</b>	<b>MODELLO GOMPERTZ</b>
Predizione per il giorno seguente	19,202	19,155	19,380
Incremento atteso rispetto al dato reale di oggi	353	306	531
Il modello di ieri prevedeva per oggi	18,654	18,609	18,841
Errore % del modello di ieri rispetto ai dati reali di oggi	-1.03%	-1.27%	-0.04%
Previsione numero finale di decessi (non affidabile)	n.d.	20,540	27,497
Data massimo incremento di decessi su base giornaliera (non affidabile)	28/03/2020	28/03/2020	28/03/2020
Data di metà cammino	n.d.	28/03/2020	02/04/2020
Data raggiungimento 98% numero finale di decessi	n.d.	21/04/2020	18/05/2020

<b>LOMBARDIA - DECESSI</b>	<b>MODELLO #1</b>	<b>MODELLO LOGISTICO</b>	<b>MODELLO GOMPERTZ</b>
Predizione per il giorno seguente	10,376	10,374	10,486
Incremento atteso rispetto al dato reale di oggi	138	136	248
Il modello di ieri prevedeva per oggi	10,177	10,172	10,289
Errore % del modello di ieri rispetto ai dati reali di oggi	-0.60%	-0.64%	0.50%
Previsione numero finale di decessi (non affidabile)	n.d.	10,975	14,058
Data massimo incremento di decessi su base giornaliera (non affidabile)	28/03/2020	27/03/2020	26/03/2020
Data di metà cammino	n.d.	27/03/2020	31/03/2020
Data raggiungimento 98% numero finale di decessi	n.d.	19/04/2020	14/05/2020

#### Note

- I dati ICU fanno riferimento a pazienti ricoverati in terapia intensiva
- ICU = Intensive Care Unit
- I decessi fanno riferimento a pazienti ricoverati in ospedali e positivi al tampone Covid-19
- In **BLU** i dati numerici reali (ossia misurati)
- In **ROSSO** i dati del modello previsionale
- In **VIOLA** i dati del modello logistico e di Gompertz
- n.d. = non disponibile

## Commento risultati

### Sezione pazienti ICU

I pazienti ICU in **Lombardia** sono calati in modo significativo (-34). Importante anche il calo di pazienti ICU in **Italia** (-108).

Il modello #1 continua a prevedere il calo progressivo dei pazienti ICU. Tale calo si manterrà stabile ed anzi aumenterà in intensità nei prossimi giorni solo se le misure di social-distancing saranno rispettate dalla popolazione in questi giorni critici a cavallo di Pasqua.

Un nuovo grafico (Figure 2 e 4) relativo alle variazioni giornaliere mostra come il modello #1 sia in grado di descrivere e predire la dinamica deflattiva dei posti letto in terapia intensiva, sia a livello nazionale (più stabile) che a livello lombardo (più oscillante e nervoso a causa del sovraccarico della struttura e della saturazione dei posti ICU delle scorse settimane).

Questi sono i numeri rispetto cui gestire l'emergenza e prendere decisioni a riguardo.

### Sezione decessi

La sezione di analisi dei dati dei decessi adotta tre tipologie di modelli previsionali analoghi, per struttura, a quelli della sezione ICU. Contrariamente però alla quantificazione dei pazienti ICU, i modelli logistico e di Gompertz mantengono la loro validità in quanto il numero totale cumulato di decessi è descritto da un andamento purtroppo continuamente crescente che è destinato a raggiungere un pianoro finale (i.e. plateau, asintoto) al termine della pandemia.

I modelli implementati forniscono previsioni quantitative progressivamente sempre più accurate sia per la Lombardia che per l'Italia. La forchetta proposta dai tre modelli, relativa alla data in cui si stima sia stato raggiunto il massimo incremento giornaliero di decessi, individua il 28 Marzo per l'Italia e il 26-27 Marzo per la Lombardia. I giorni di incremento massimo giornaliero di decessi sono quindi ormai ampiamente trascorsi. I modelli prevedono un calo progressivo dei decessi giornalieri come ampiamente dimostrato dai dati reali nonostante alcuni colpi di coda del fenomeno dovuti ad elementi stocastici.

La differenza di stima del raggiungimento del plateau (i.e. asintoto finale) è sufficientemente elevata in termini assoluti (22-25%) per i due modelli logistico e di Gompertz con una distanza temporale pari a 25-27 giorni che va comunque riducendosi col passare dei giorni. Si consiglia di usare cautela nell'utilizzo di queste previsioni. Il modello di Gompertz è quello che esibisce l'errore inferiore nella previsione del numero di decessi sia per l'Italia che per la Lombardia.

### Note ulteriori

Il fenomeno ha abbandonato l'andamento puramente esponenziale ed è ora descritto da una curva logistica o da una curva di Gompertz (la cui forma ricorda quella di una sigmoide (esse allungata) con partenza esponenziale e concavità verso l'alto, andamento lineare in prossimità del flesso (massima pendenza, ossia massimo incremento giornaliero) e quindi cambio di concavità verso il basso con progressivo rallentamento del fenomeno fino a saturazione). In questo momento siamo oltre il flesso e la concavità è rivolta verso il basso (i.e. derivata seconda negativa).

Il problema della curva logistica (e anche di quella di Gompertz) è che regredisce molto bene i dati sperimentali ma a causa dei tre parametri adattivi che la caratterizzano è fluttuante di giorno in giorno (a valle della procedura di regressione non lineare che ne determina i valori). Col passare dei giorni si sta osservando un'accresciuta stabilità del modello che sta riducendo progressivamente le significative fluttuazioni iniziali.

È evidente che nella realtà il numero di ICU Covid-19 sul LUNGO periodo dopo aver toccato un valore massimo inizi a scendere progressivamente fino a diventare nullo (i.e. estinzione della pandemia). Al contempo, in questo periodo di emergenza, i pazienti ICU, se sopravvivono, permangono circa 15 giorni in cura intensiva e

quindi tale tempo è equiparabile al concetto di tempo infinito del fenomeno in un'ottica di pianificazione e gestione dell'emergenza.

Il numero di decessi fa riferimento ai morti in ospedale dopo che i pazienti hanno percorso il triage del pronto soccorso ed hanno avuto accesso ai reparti dedicati alla cura del Covid-19.

Il modello di Gompertz in prima istanza appare sovrastimare il fenomeno e quindi può essere interpretato come limite superiore e conservativo (i.e. pessimista). Qualitativamente il modello di Gompertz è simile a quello logistico ma non è simmetrico (come quest'ultimo) rispetto al punto di flesso (i.e. cambio di concavità corrispondente al momento di massimo incremento giornaliero). La curva di Gompertz sale inizialmente più lentamente, poi anticipa l'istante di massima crescita (i.e. anticipa il punto di flesso rispetto alla curva logistica) e infine cresce più lentamente verso valori comunque più alti rispetto al modello logistico. È quindi decisamente più lento a raggiungere il valore massimo (i.e. asintoto orizzontale, plateau). Si consiglia cautela e analisi critica delle stime proposte dal modello di Gompertz.

La data di metà cammino (*halfway*) indica il giorno in cui il modello prevede un valore pari alla metà del massimo asintotico, ossia del plateau finale.

La data di raggiungimento del 98% del fenomeno indica il giorno in cui il modello stima il raggiungimento del 98% del plateau finale.

Una considerazione generale valida quando si considera la qualità predittiva di un modello: se l'errore da questi commesso assume valore negativo ciò significa che c'è stato un aumento del dato reale maggiore rispetto a quello atteso. Al contrario se l'errore è positivo allora il modello ha sovrastimato il valore reale.

Questo bollettino è pubblicato anche su: <https://pselab.chem.polimi.it/bollettino-pandemia-covid-19/>

Per ulteriori approfondimenti: <https://pselab.chem.polimi.it/pse-lab-on-esa/>

© Davide Manca

La pagina seguente riporta una serie di **diagrammi** esplicativi del fenomeno Covid-19 in termini di pazienti ICU e decessi in Italia e Lombardia.

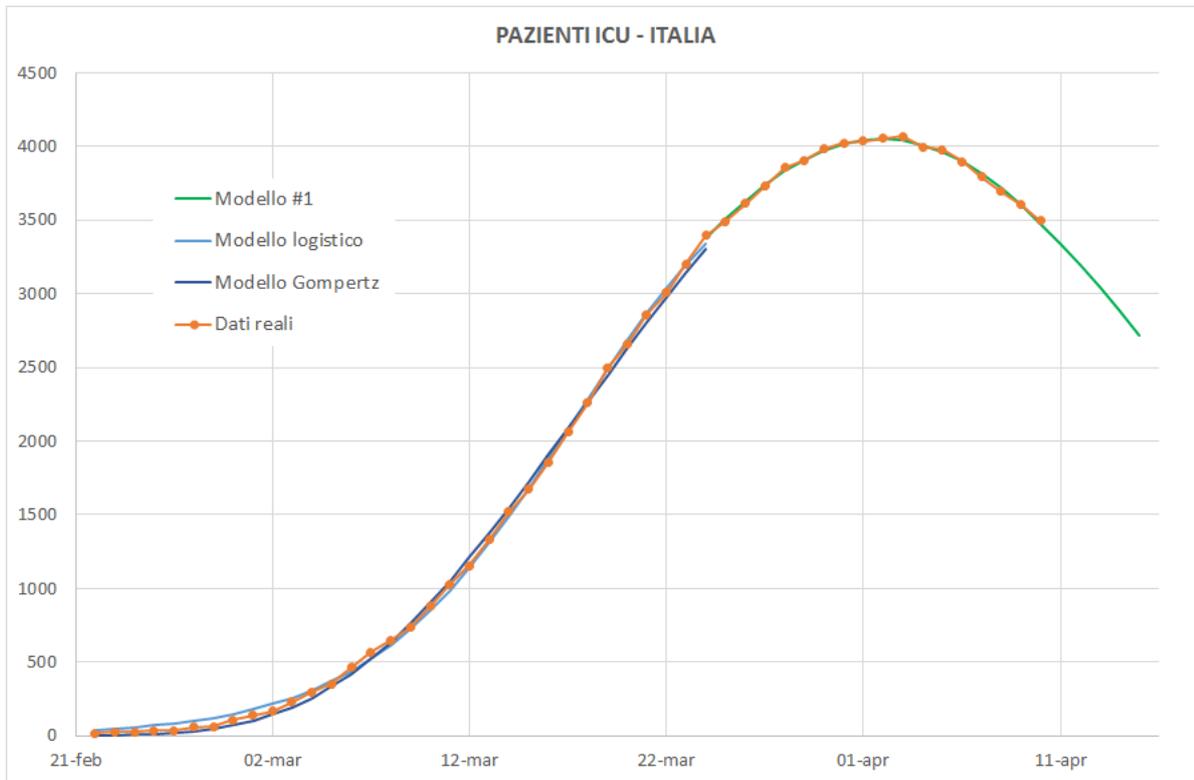


Figura 1: Pazienti ICU in Italia in coordinate lineari.

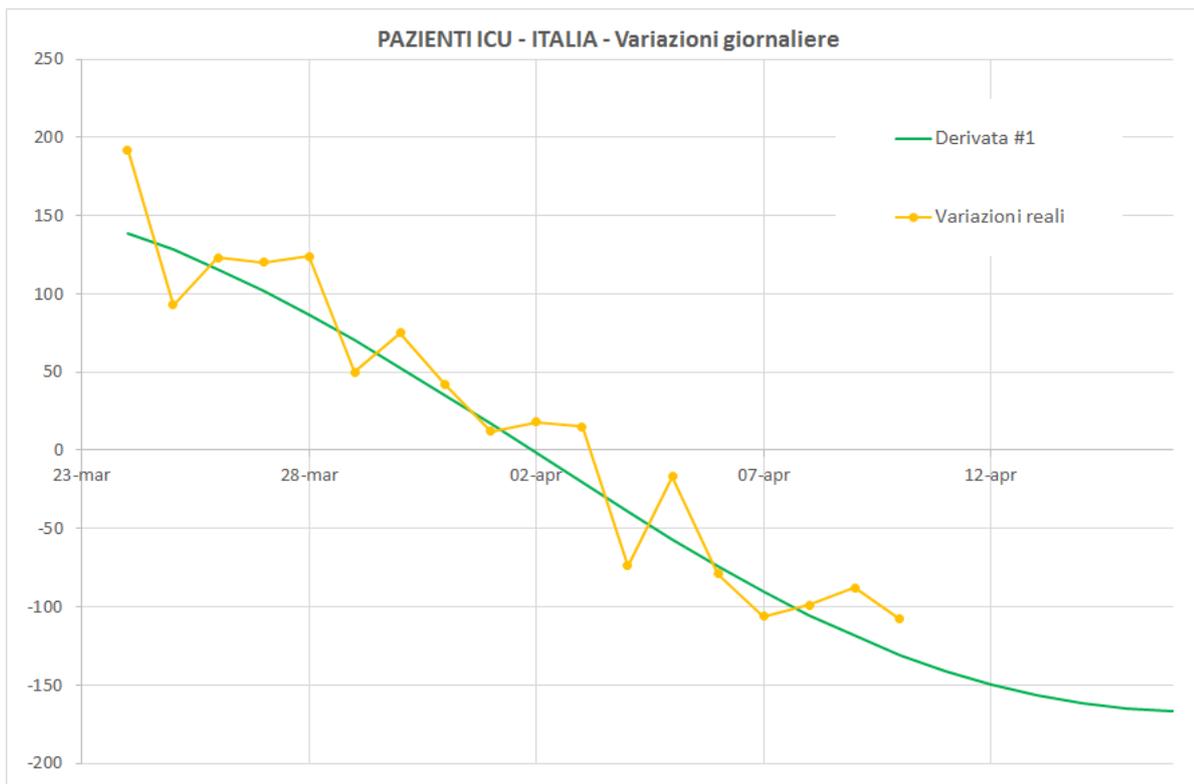


Figura 2: Variazioni dei pazienti ICU in Italia in coordinate lineari. Le linee continue verde, azzurra e blu mostrano l'andamento delle derivate (i.e. variazioni istantanee) dei modelli #1, logistico e di Gompertz. La spezzata giallo-ocra (linea e pallini) riporta le variazioni giornaliere reali di pazienti in terapia intensiva. I modelli logistico e di Gompertz hanno esaurito la loro funzione (andamento asintotico). Soltanto il modello #1 è in grado di descrivere, come atteso, il calo giornaliero dei pazienti ICU dopo il raggiungimento del pianoro mostrato in Figura 1 dalla linea verde del modello #1 e dai dati reali (spezzata arancione, linea e pallini).

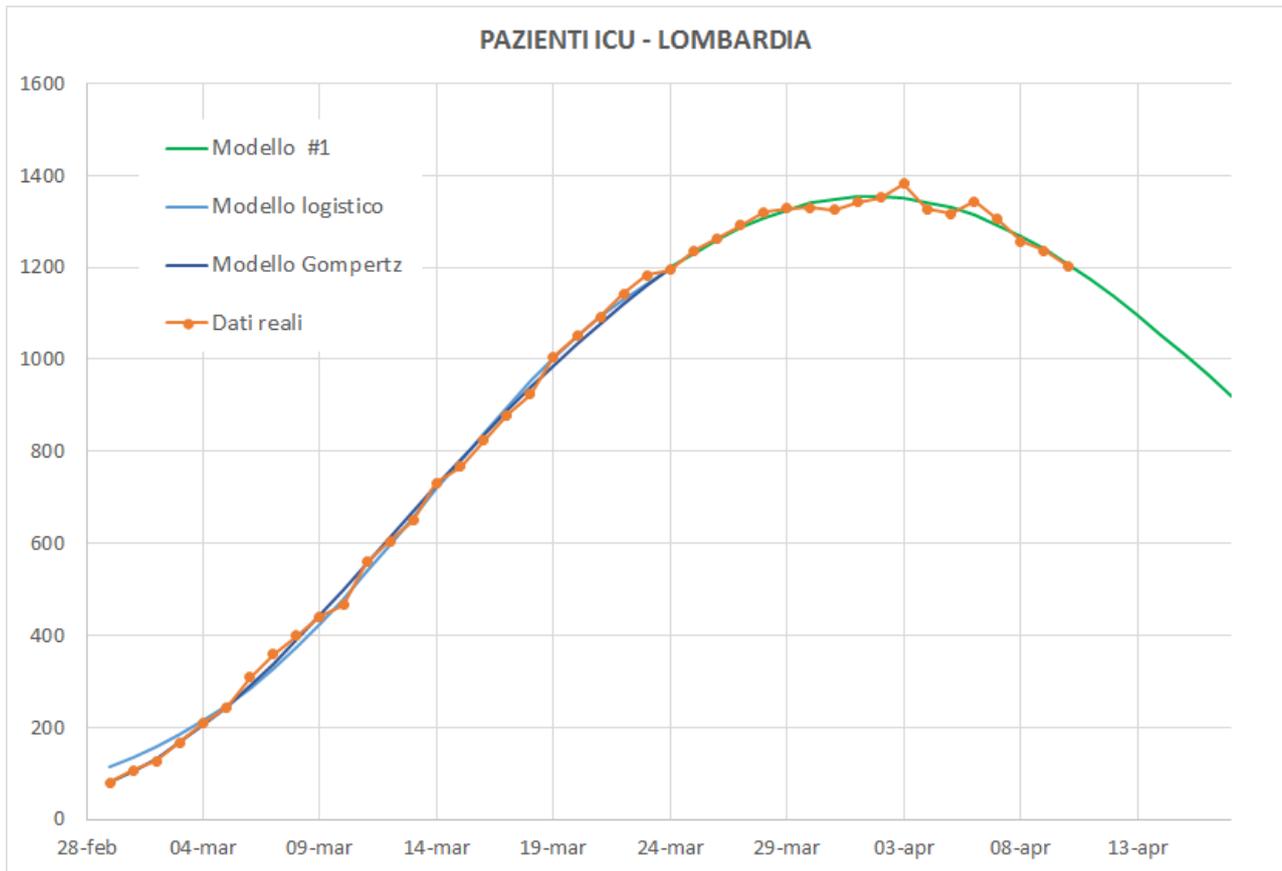


Figura 3: Pazienti ICU in Lombardia in coordinate lineari.

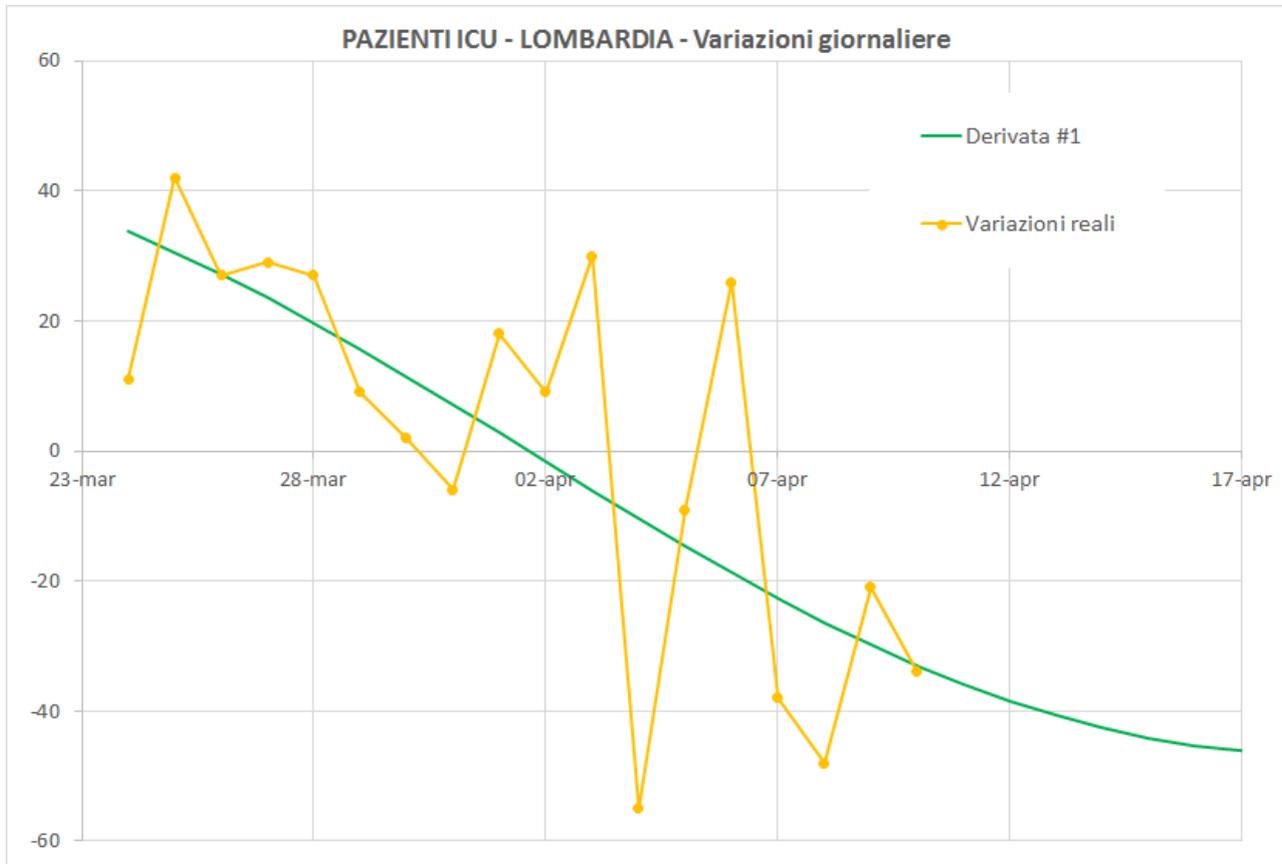


Figura 4: Pazienti ICU in Lombardia. Per i colori e significato delle curve vedasi quelli dettagliati in Figura 2.

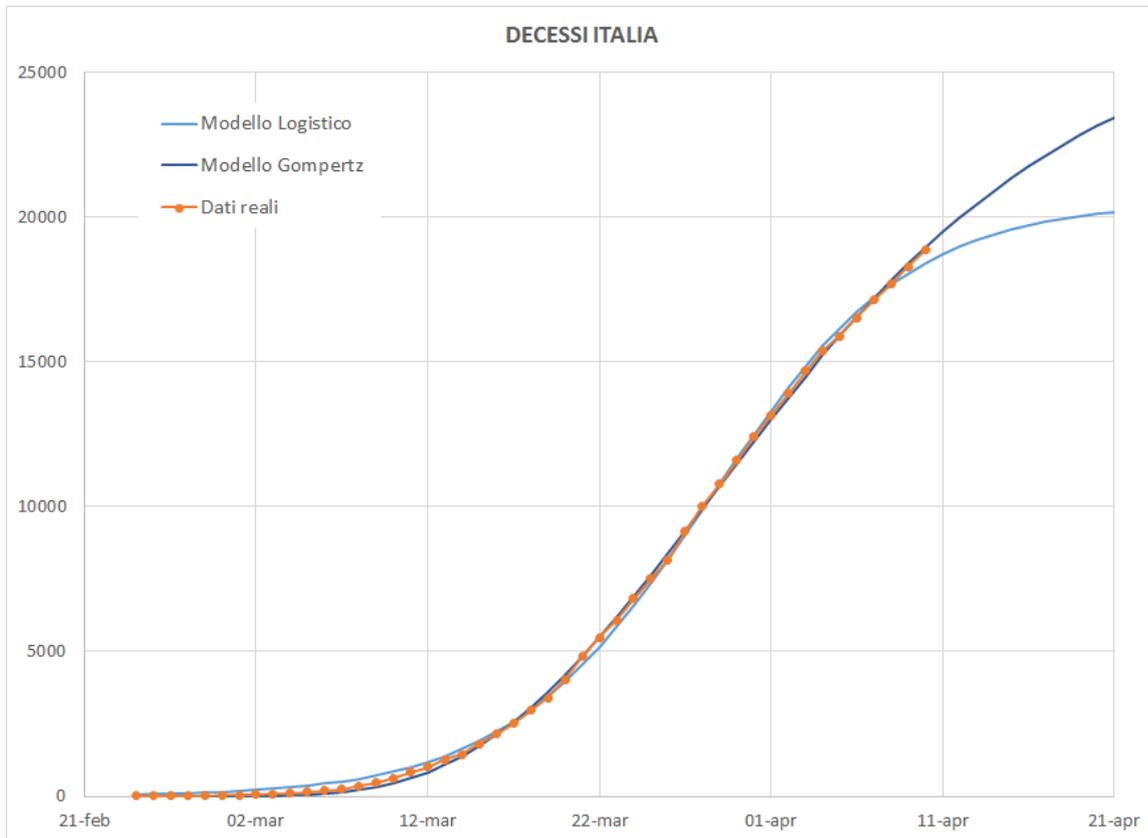


Figura 5: Decessi in Italia in coordinate lineari.

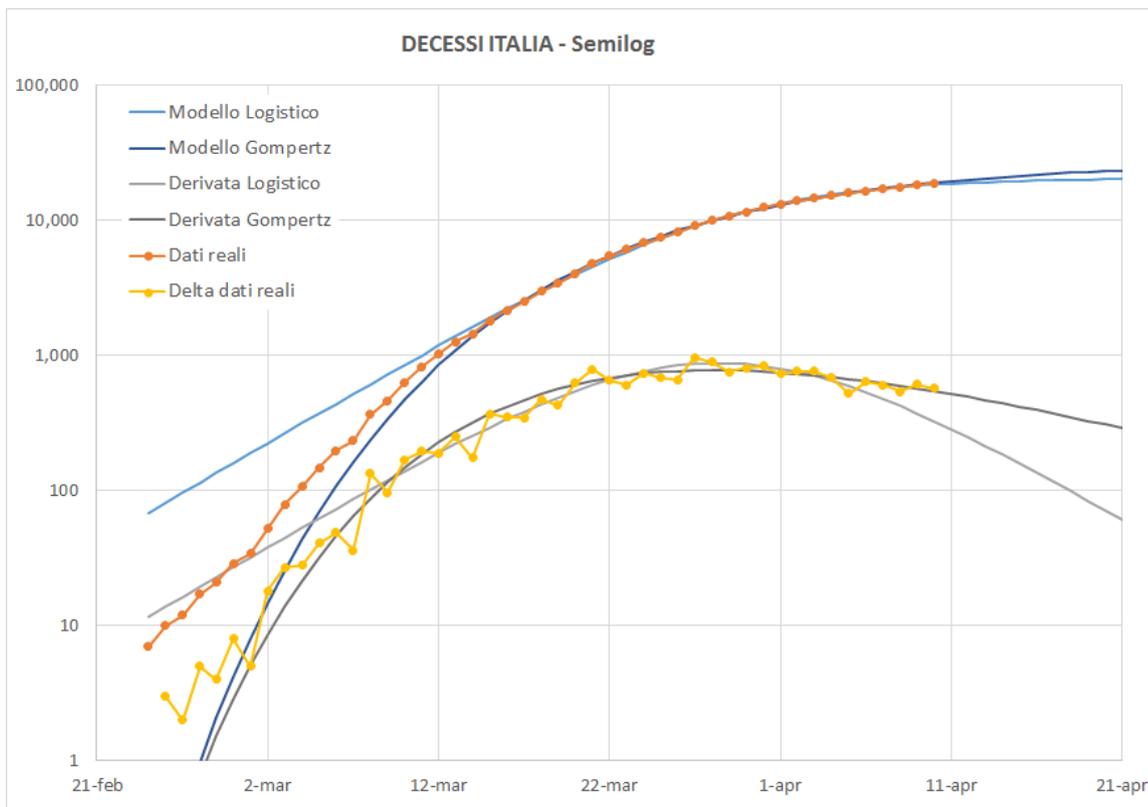


Figura 6: Decessi in Italia in coordinate semilogaritmiche (i.e. asse ordinate secondo potenze di 10). Le linee continue azzurra e blu mostrano l'andamento del modello logistico e di Gompertz. La spezzata arancione scura (linea e pallini) riporta i dati reali. Le linee continue grigio chiara e scura sono la derivata prima del modello logistico e di Gompertz e mostrano la variazione giornaliera dei decessi. La spezzata giallo-ocra (linea e pallini) indica la variazione giornaliera di decessi. I massimi delle curve grigie individuano sulle ascisse la data in cui i rispettivi modelli suggeriscono sia stato raggiunto il massimo incremento di decessi.

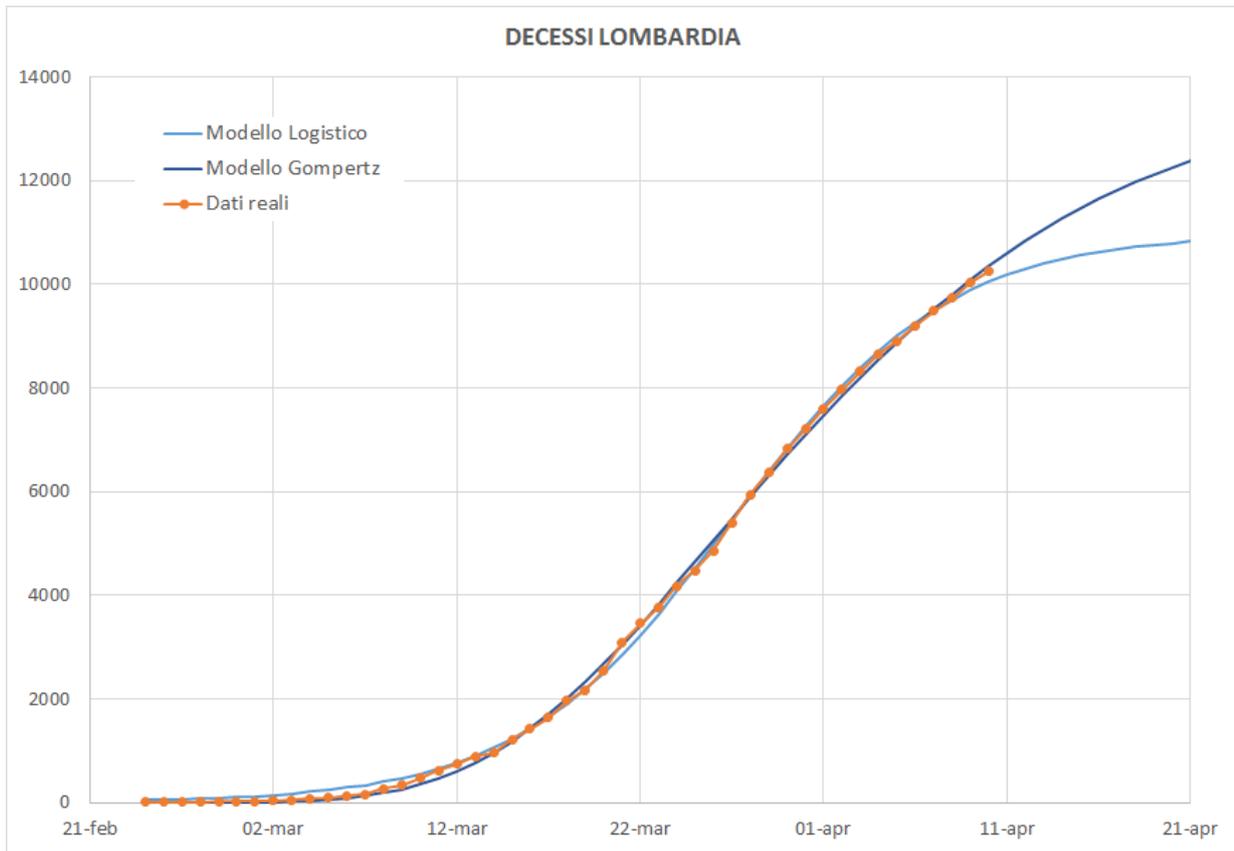


Figura 7: Decessi in Lombardia in coordinate lineari.

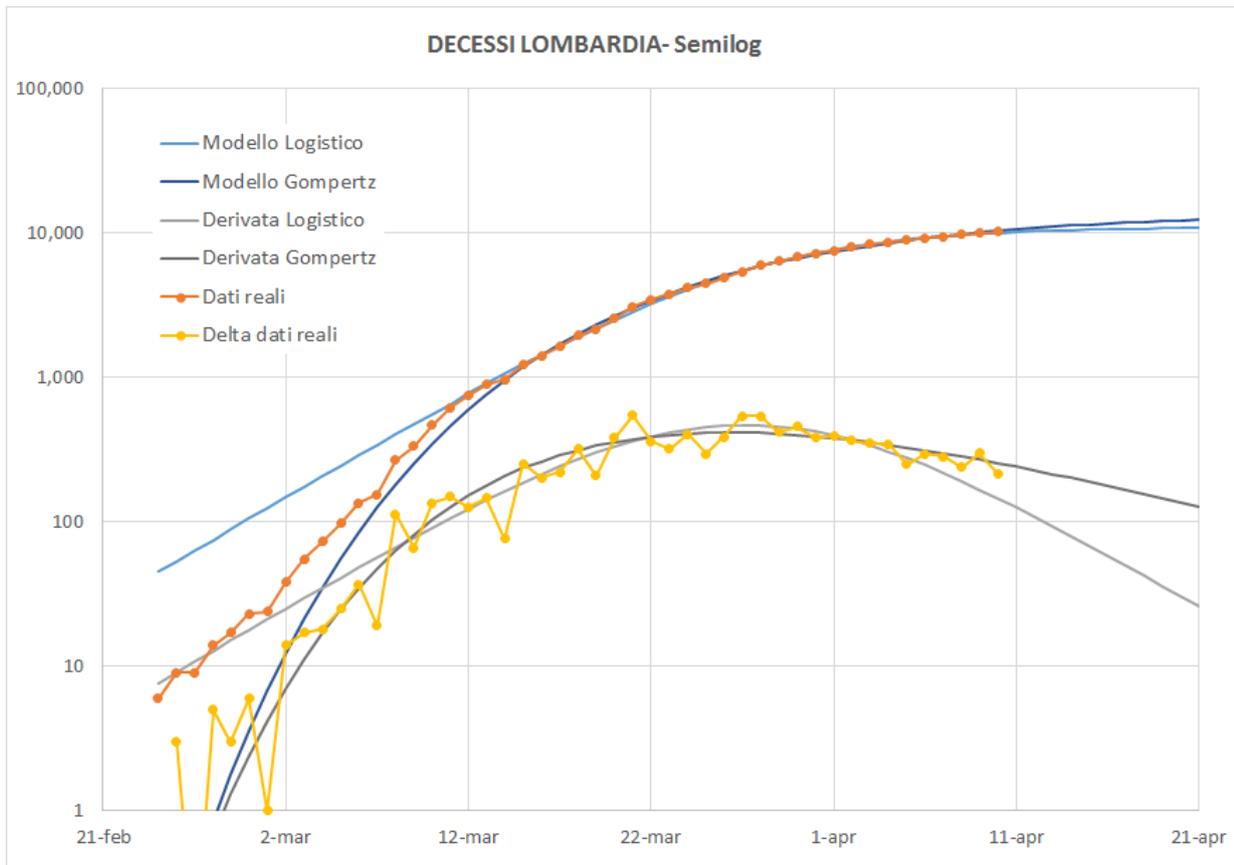


Figura 8: Decessi in Lombardia. Per i colori e significato delle curve vedasi quelli dettagliati in Figura 6.