

## PANDEMIA COVID-19 - BOLLETTINO DEL 2 Aprile 2020 (giorno #41)

A cura di Davide Manca - Politecnico di Milano

email: [davide.manca@polimi.it](mailto:davide.manca@polimi.it) - cellulare: +39 328 5690.430

Dati REALI alle 18:00 (Ministero della Salute)	ITALIA	LOMBARDIA	LOMBARDIA/ITALIA
Pazienti ICU oggi	4,053	1,351	33.33%
Pazienti ICU ieri	4,035	1,342	33.26%
Incremento ICU rispetto al giorno precedente	18	9	50.00%
Decessi oggi	13,915	7,960	57.20%
Decessi ieri	13,155	7,593	57.72%
Incremento decessi rispetto al giorno precedente	760	367	48.29%

### Resoconto breve

In Lombardia l'incremento dei pazienti ICU (+9) è stato decisamente basso. Anche l'Italia da alcuni giorni sta rallentando la crescita quotidiana di pazienti ICU (+18). Nei prossimi giorni, sia per la Lombardia che per l'Italia, dovrebbe confermarsi e consolidarsi il raggiungimento del pianoro con successivo calo stabile.

La variazione giornaliera di decessi in Lombardia (+367) ed Italia (+760) è ancora elevata. I modelli stimano comunque che sia già stato raggiunto il punto di massima pendenza della curva dei decessi ossia il momento in cui ci sia stato il massimo incremento quotidiano. Tale incremento massimo arriva con circa 15 giorni di ritardo rispetto al massimo incremento (sempre su base giornaliera) di pazienti ICU e fornisce una spiegazione riguardo i numeri di decessi ancora così elevati cui stiamo assistendo in questi giorni.

I due modelli logistico e Gompertz appaiono racchiudere al loro interno i dati reali di ICU e decessi. È necessario attendere ancora alcuni giorni prima di poter confermare questa caratteristica. Nel caso dei pazienti ICU in Lombardia il valore reale si pone addirittura leggermente sotto la curva logistica.

I due modelli prevedono una forchetta di circa 40 giorni per poter assistere ad un pratico azzeramento dei decessi su base giornaliera (ossia tra metà Aprile e fine Maggio).

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).

<b>ITALIA - ICU</b>	<b>MODELLO #1</b>	<b>MODELLO LOGISTICO (abbastanza affidabile)</b>	<b>MODELLO GOMPERTZ (affidabilità da verificare)</b>
Predizione per il giorno seguente	3,975	4,087	4,124
Incremento atteso rispetto al dato reale di oggi	-78	34	71
Il modello di ieri prevedeva per oggi	3,978	4,077	4,188
Errore % del modello di ieri rispetto ai dati reali di oggi	-1.85%	0.59%	n.d.
Massimo numero di pazienti ICU in futuro (non affidabile)	n.d.	4,304	5,046
Data massimo incremento di pazienti ICU su base giornaliera (non affidabile)	n.d.	17/03/2020	15/03/2020
Data di metà cammino	n.d.	17/03/2020	19/03/2020
Data raggiungimento 98% plateau pazienti ICU	n.d.	07/04/2020	24/04/2020

<b>LOMBARDIA - ICU</b>	<b>MODELLO #1</b>	<b>MODELLO LOGISTICO (abbastanza affidabile)</b>	<b>MODELLO GOMPERTZ (affidabilità da verificare)</b>
Predizione per il giorno seguente	1,324	1,358	1,366
Incremento atteso rispetto al dato reale di oggi	-27	7	15
Il modello di ieri prevedeva per oggi	1,319	1,351	1,359
Errore % del modello di ieri rispetto ai dati reali di oggi	-2.37%	0.00%	0.59%
Massimo numero di pazienti ICU in futuro (non affidabile)	n.d.	1,404	1,548
Data massimo incremento di pazienti ICU su base giornaliera (non affidabile)	n.d.	14/03/2020	11/03/2020
Data di metà cammino	n.d.	14/03/2020	15/03/2020
Data raggiungimento 98% plateau pazienti ICU	n.d.	05/04/2020	19/04/2020

<b>ITALIA - DECESSI</b>	<b>MODELLO #1</b>	<b>MODELLO LOGISTICO (abbastanza affidabile)</b>	<b>MODELLO GOMPERTZ (affidabilità da verificare)</b>
Predizione per il giorno seguente	14,462	14,481	14,738
Incremento atteso rispetto al dato reale di oggi	547	566	823
Il modello di ieri prevedeva per oggi	13,711	13,751	14,004
Errore % del modello di ieri rispetto ai dati reali di oggi	-1.47%	-1.18%	0.64%
Data massimo incremento di decessi su base giornaliera (non affidabile)	28/03/2020	27/03/2020	31/03/2020
Data di metà cammino	n.d.	27/03/2020	06/04/2020
Data raggiungimento 98% plateau decessi	n.d.	17/04/2020	29/05/2020

<b>LOMBARDIA - DECESSI</b>	<b>MODELLO #1</b>	<b>MODELLO LOGISTICO (abbastanza affidabile)</b>	<b>MODELLO GOMPERTZ (affidabilità da verificare)</b>
Predizione per il giorno seguente	8,220	8,251	8,389
Incremento atteso rispetto al dato reale di oggi	260	291	429
Il modello di ieri prevedeva per oggi	7,888	7,904	8,042
Errore % del modello di ieri rispetto ai dati reali di oggi	-0.90%	-0.70%	1.03%
Data massimo incremento di decessi su base giornaliera (non affidabile)	28/03/2020	26/03/2020	30/03/2020
Data di metà cammino	n.d.	26/03/2020	04/04/2020
Data raggiungimento 98% plateau decessi	n.d.	16/04/2020	27/05/2020

## Note

- I dati ICU fanno riferimento a pazienti ricoverati in terapia intensiva
- ICU = Intensive Care Unit
- In **BLU** i dati numerici reali (ossia misurati)
- In **ROSSO** i dati dei modelli previsionali
- In **VIOLA** i dati del modello logistico o comunque critici nella interpretazione
- n.d. = non disponibile

## Commento risultati

### Introduzione

Da alcuni giorni il Bollettino riporta sia per i posti in terapia intensiva che per i decessi un ulteriore modello previsionale. È il modello di Gompertz che 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 e momento di massimo incremento giornaliero). La curva di Gompertz sale inizialmente più lentamente, poi anticipa il momento 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 estrema cautela e analisi critica delle stime proposte dal modello di Gompertz soprattutto nel periodo iniziale della sua adozione.

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.

### Sezione pazienti ICU

L'incremento di pazienti ICU in **Lombardia** è stato contenuto oggi e pari a 9. In Lombardia il flesso (punto di massima velocità di crescita, ossia massima pendenza che equivale a dire massimo incremento giornaliero) risulta essere stato raggiunto attorno al 11-14 Marzo. Il raggiungimento del numero massimo di pazienti ICU in regione è atteso per il 5 Aprile con un valore massimo asintotico atteso pari a 1404. A questo valore si affianca la stima conservativa (ossia per eccesso) del modello di Gompertz pari a 1548 posti ICU per il 19 Aprile.

Analogo discorso può essere fatto per l'**Italia** che mostra un leggero tempo di ritardo. Il flesso risulta essere stato raggiunto il 15-17 Marzo. Il valore asintotico (ossia a plateau) è pari a 4304 pazienti ICU per l'Italia<sup>3</sup> previsto per il 7 Aprile. A questo valore si affianca la stima conservativa del modello di Gompertz pari a 5046 posti ICU previsto per il 24 Aprile.

Per la sesta volta consecutiva il modello #1 prevede un calo dei posti di terapia intensiva in **Lombardia** rispetto al giorno precedente. Il modello logistico invece prevede un lieve aumento pari a 7 posti letto ICU. Il modello di Gompertz infine prevede un incremento di 15 posti letto ICU. Ciò sta ad indicare che i modelli stimano che il raggiungimento del plateau ICU sia prossimo.

Questi sono i numeri rispetto cui gestire l'emergenza e prendere decisioni a riguardo. Al contempo tali numeri (proprio perché asintotici) sono da considerarsi una stima approssimata e quindi debbono essere valutati con estrema cautela.

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.

### Sezione decessi

La sezione di analisi dei dati dei decessi adotta tre tipologie di modelli previsionali analoghi, per struttura, a quelli della sezione ICU. I modelli implementati forniscono previsioni quantitative sufficientemente 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 l'intervallo 27 Marzo – 31 Marzo per l'Italia e l'intervallo 26 Marzo – 30 Marzo per la Lombardia. Sono quindi questi i giorni decisivi per sorpassare il picco di incremento giornaliero di decessi.

La differenza di stima del raggiungimento del plateau (i.e. asintoto finale) è estremamente elevata per i due modelli logistico e di Gompertz. Si consiglia di usare massima cautela nell'utilizzo di queste previsioni. Nella giornata di oggi il modello di Gompertz risulta essere quello con errore inferiore nella previsione del numero di decessi per l'Italia.

### Note ulteriori

<sup>1</sup>Il fenomeno ha abbandonato l'andamento puramente esponenziale ed è ora descritto da una curva logistica (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).

<sup>2</sup>Il problema della curva logistica è che regredisce molto bene i dati sperimentali ma a causa dei tre parametri adattivi che la caratterizzano è estremamente 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 una accresciuta stabilità del modello che sta riducendo progressivamente le significative fluttuazioni iniziali.

<sup>3</sup>È evidente che nella realtà il numero di ICU Covid-19 sul LUNGO periodo dopo aver toccato un valore massimo inizierà 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 modello limite inferiore è basato su una regressione quadratica in coordinate semilogaritmiche.

Non vengono fornite estrapolazioni estese ad un numero elevato di giorni futuri in quanto, seppur agevole da implementare, non sarebbero affidabili e potrebbero creare o allarmismo o facile entusiasmo guidando i responsabili per le decisioni a scelte non adeguate.

Il tempo di raddoppio del fenomeno è estremamente conservativo (in termini di progettazione e gestione dell'emergenza) in quanto si basa sull'assunto di fenomeno puramente esponenziale. Fortunatamente da diversi giorni il fenomeno non ha più dinamica esponenziale e quindi i tempi effettivi per il raddoppio dei valori sono decisamente maggiori se non addirittura inapplicabili.

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.

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.

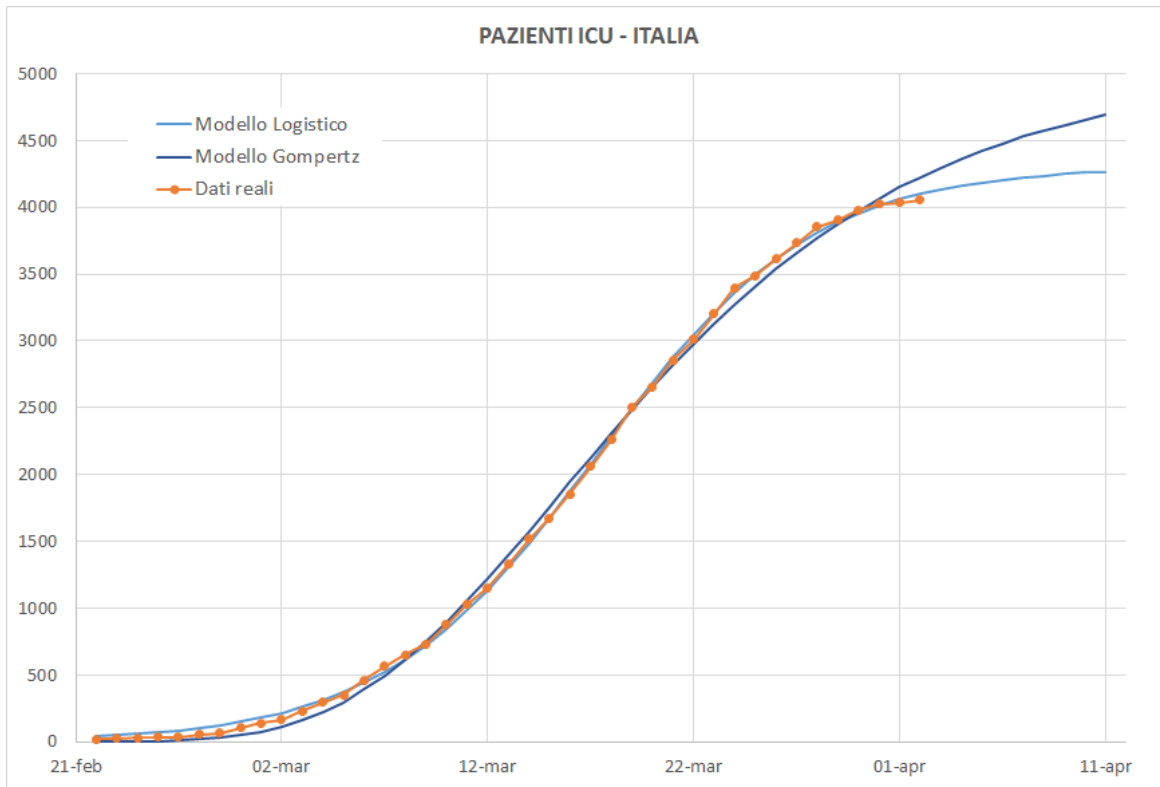


Figura 1: Pazienti ICU in Italia in coordinate lineari.

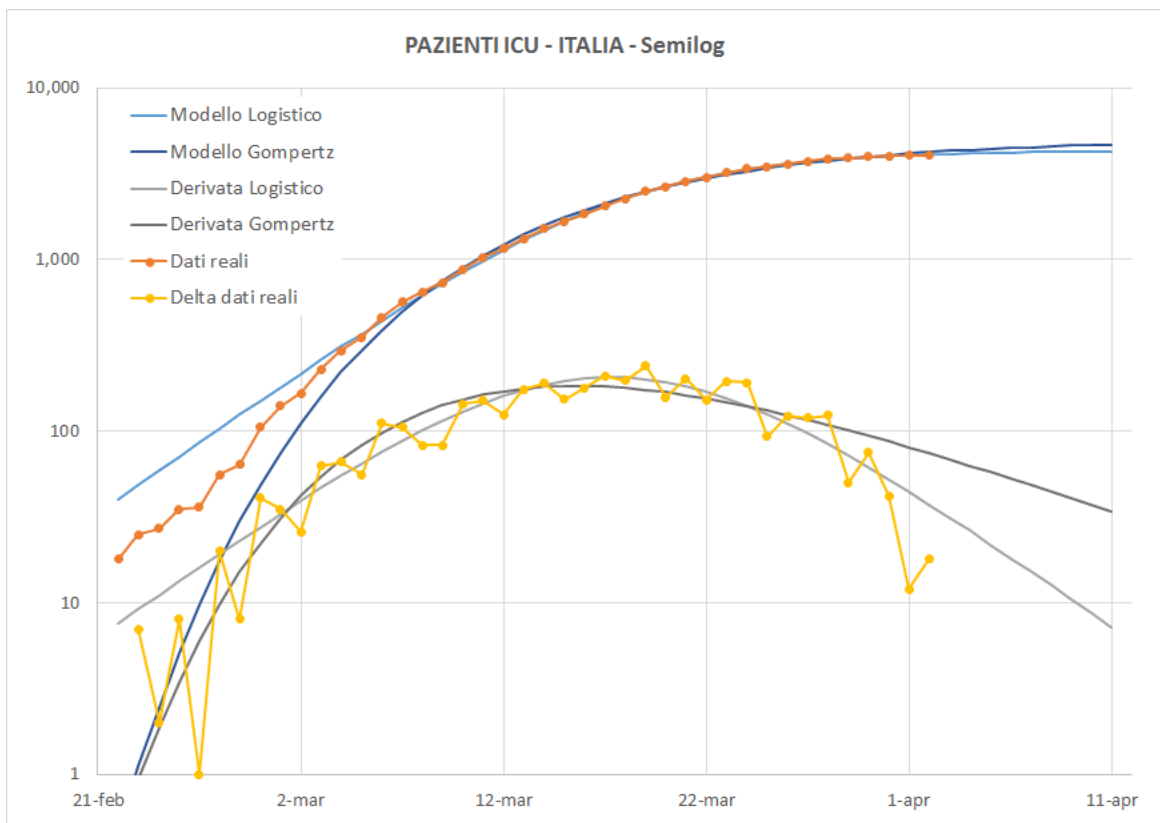


Figura 2: Pazienti ICU in Italia in coordinate semilogaritmiche (i.e. asse ordinate secondo potenze di 10). Le linee continue azzurra e blu mostrano l'andamento del modello logistico e di Gompertz. La spezzata arancione scura (linea e pallini) riporta i dati reali. Le linee continue grigio chiara e scura sono la derivata prima del modello logistico e di Gompertz e mostrano la variazione giornaliera di posti in terapia intensiva. La spezzata giallo-ocra (linea e pallini) indica la variazione giornaliera di posti in terapia intensiva. I massimi delle curve grigie individuano sulle ascisse la data in cui i rispettivi modelli suggeriscono sia stato raggiunto il massimo incremento giornaliero di posti ICU.

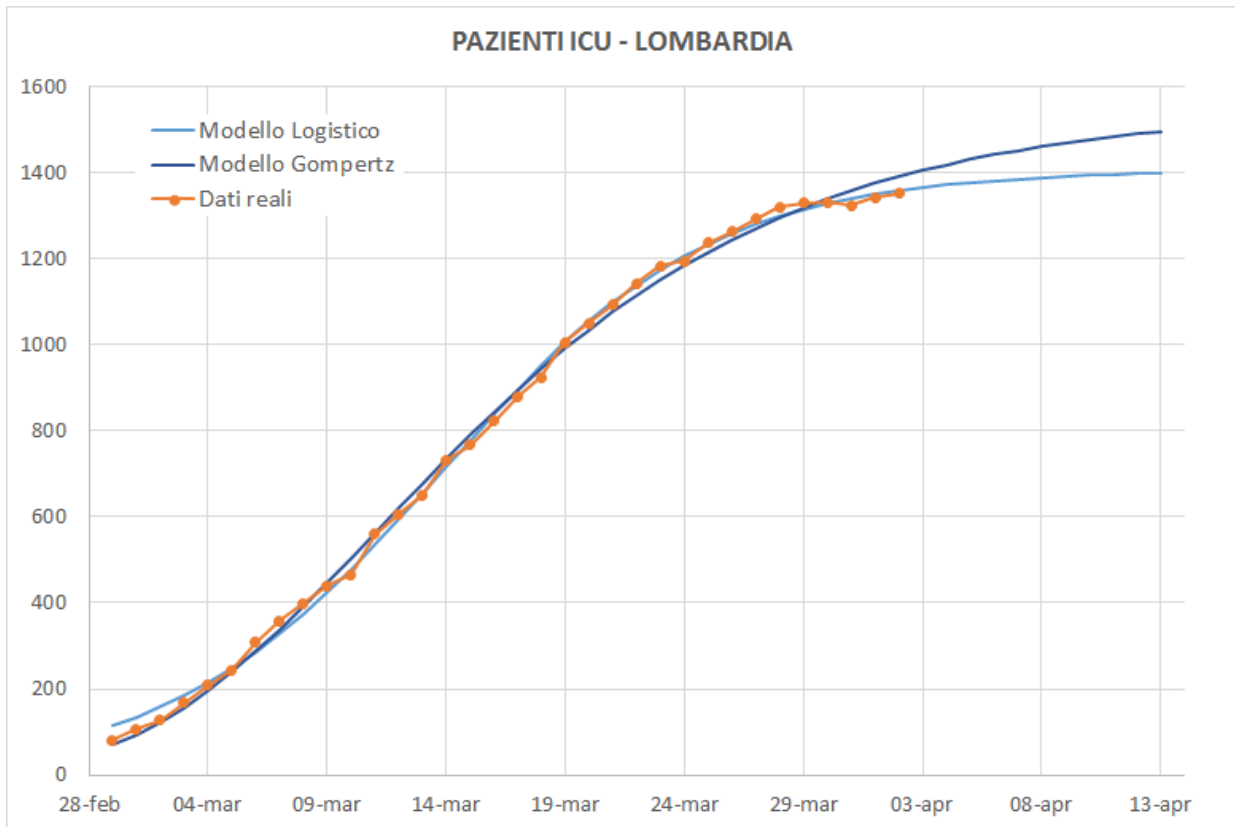


Figura 3: Pazienti ICU in Lombardia in coordinate lineari.

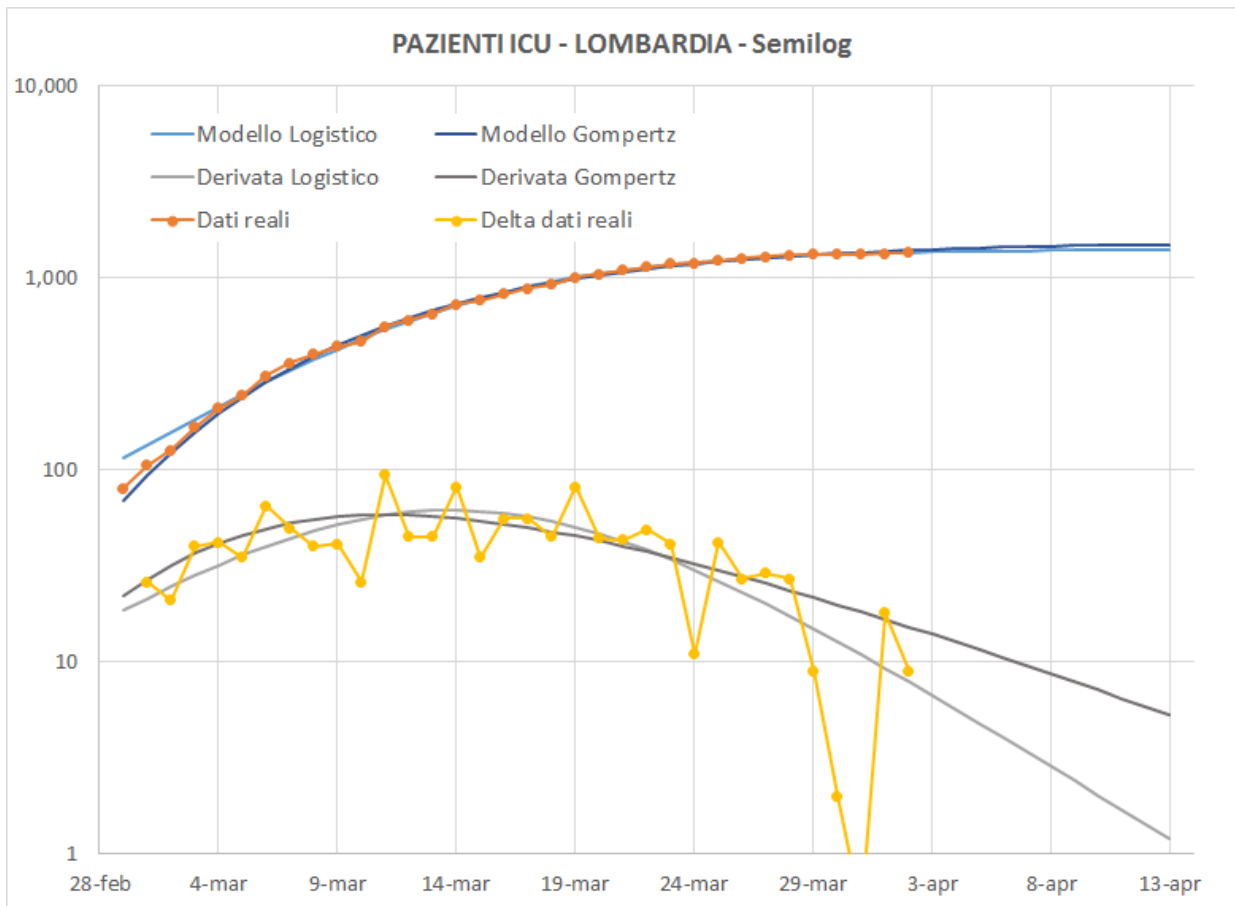


Figura 4: Pazienti ICU in Lombardia. Per i colori e significato delle curve vedasi quelli dettagliati in Figura 2.

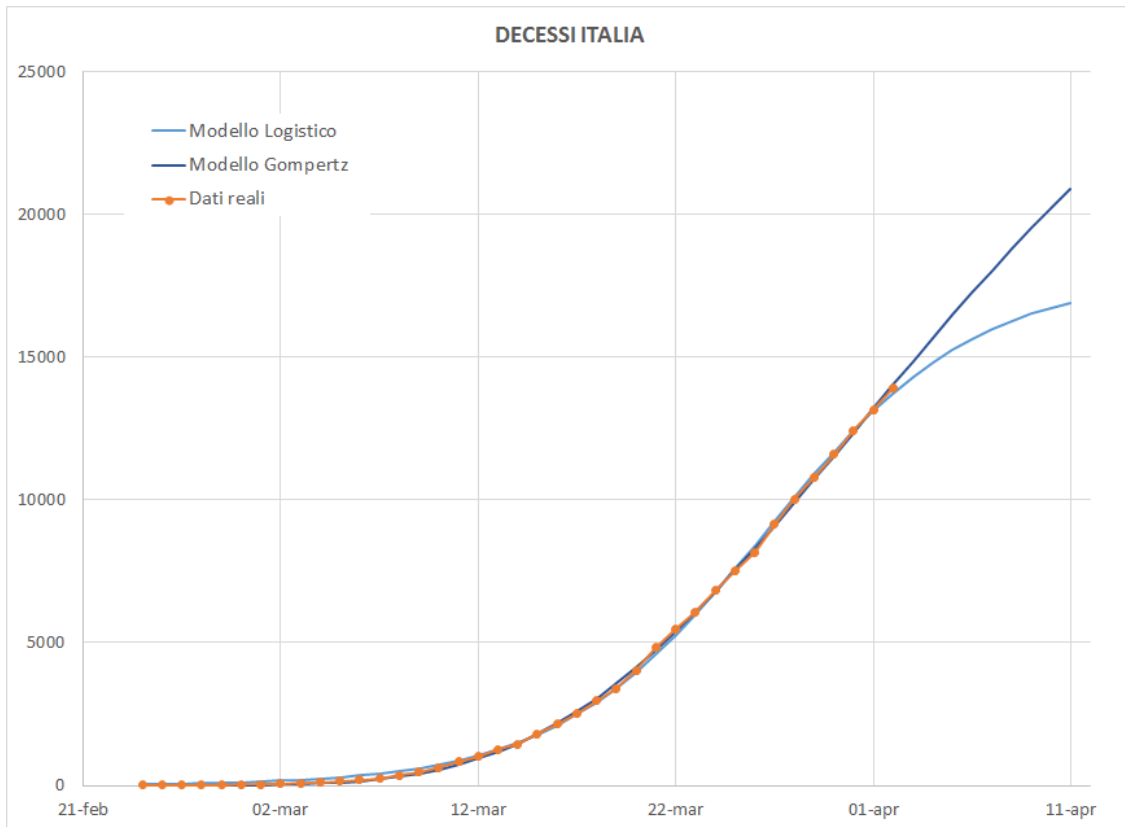


Figura 5: Decessi in Italia in coordinate lineari.

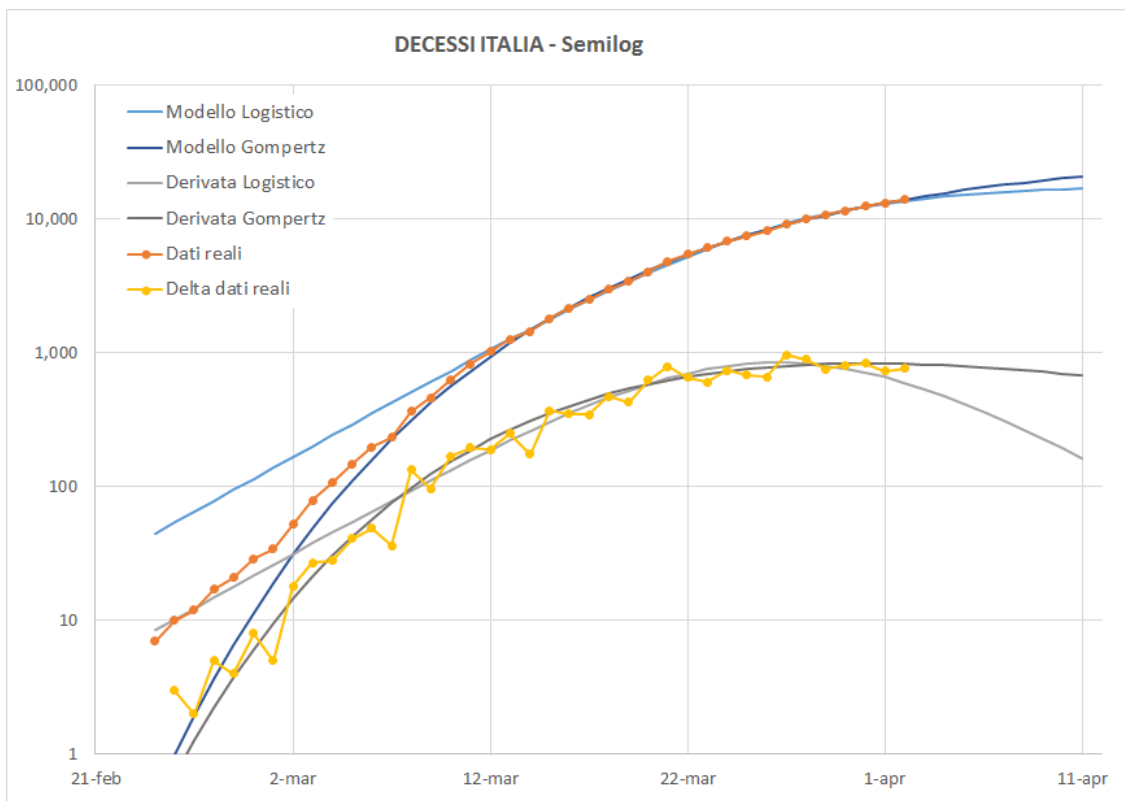


Figura 6: Decessi in Italia in coordinate semilogaritmiche (i.e. asse ordinate secondo potenze di 10). Le linee continue azzurra e blu mostrano l'andamento del modello logistico e di Gompertz. La spezzata arancione scura (linea e pallini) riporta i dati reali. Le linee continue grigio chiara e scura 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.



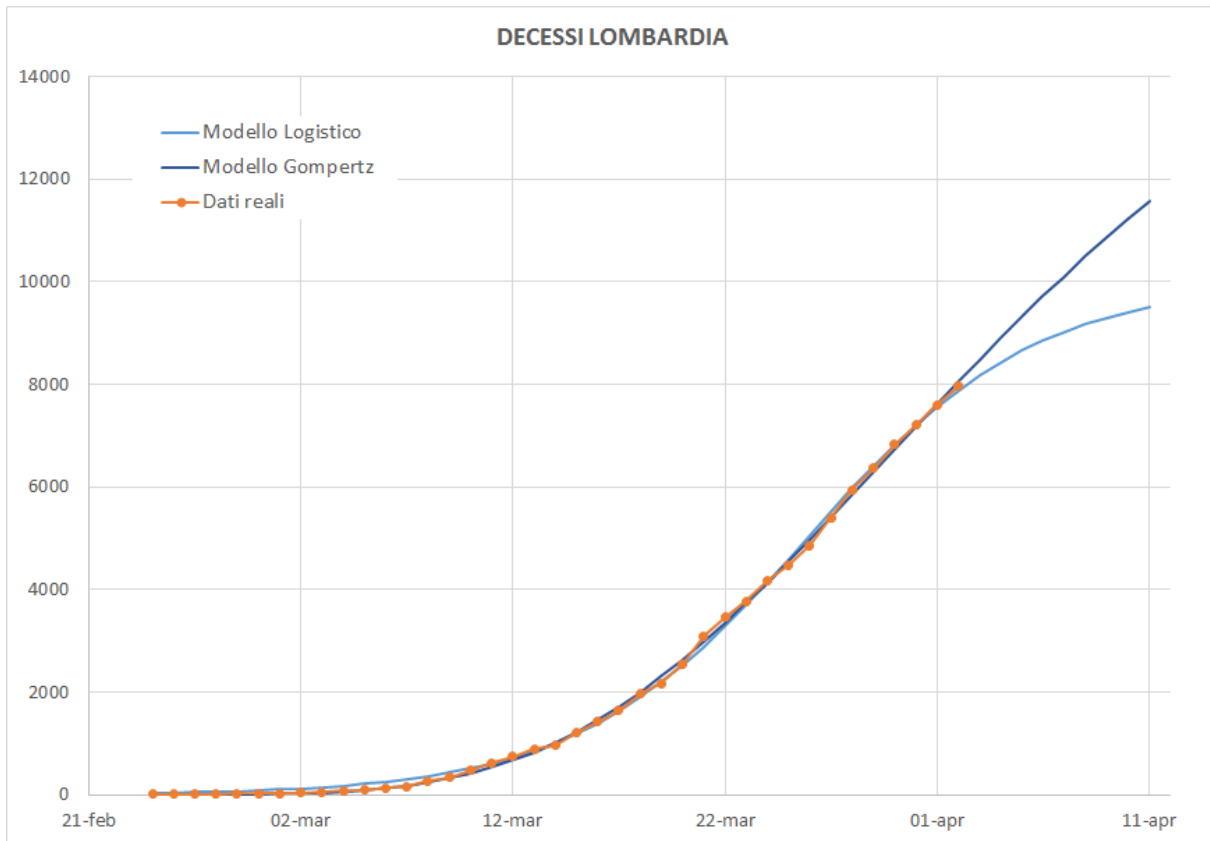


Figura 7: Decessi in Lombardia in coordinate lineari.

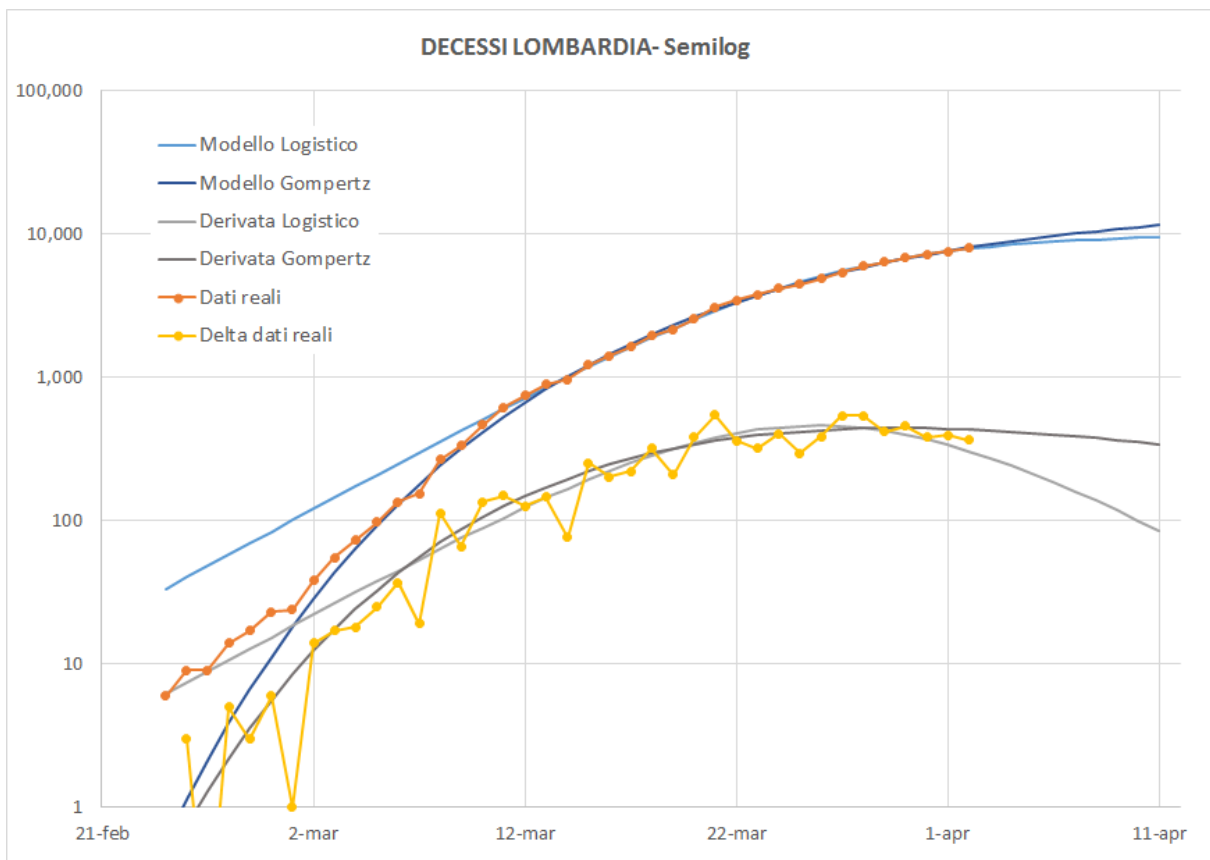


Figura 8: Decessi in Lombardia. Per i colori e significato delle curve vedasi quelli dettagliati in Figura 6.