

## PANDEMIA COVID-19 - BOLLETTINO DEL 5 Aprile 2020 (giorno #44)

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	3,977	1,317	33.12%
Pazienti ICU ieri	3,994	1,326	33.20%
Incremento ICU rispetto al giorno precedente	-17	-9	52.94%
Decessi oggi	15,887	8,905	56.05%
Decessi ieri	15,362	8,656	56.35%
Incremento decessi rispetto al giorno precedente	525	249	47.43%

### Resoconto breve

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

Oggi è il secondo giorno consecutivo che vede una diminuzione di pazienti ICU sia in Italia (-17) che in Lombardia (-9). I modelli da giorni stanno prevedendo il raggiungimento del pianoro relativo al numero massimo di pazienti ICU proprio in questo periodo.

I decessi giornalieri in Lombardia (+249) ed Italia (+525) sono ancora elevati anche se per la Lombardia è il quarto giorno consecutivo in cui si assiste ad un calo. I modelli stimano che sia già stato raggiunto il punto di massimo incremento dei decessi su base giornaliera. 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 racchiudono al loro interno i dati reali dei decessi. Nel caso dei pazienti ICU sia in Italia che in Lombardia il valore reale si posiziona addirittura sotto la curva logistica.

I due modelli prevedono una forchetta di circa 32-35 giorni per poter assistere ad un pratico azzeramento dei decessi su base giornaliera (ossia tra oltre metà Aprile e seconda decina di 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	3,845	3,994	4,019
Incremento atteso rispetto al dato reale di oggi	-132	17	42
Il modello di ieri prevedeva per oggi	3,879	4,016	4,045
Errore % del modello di ieri rispetto ai dati reali di oggi	-2.46%	0.98%	1.71%
Massimo numero di pazienti ICU in futuro (non affidabile)	n.d.	4,217	4,659
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	18/03/2020
Data raggiungimento 98% plateau pazienti ICU	n.d.	06/04/2020	19/04/2020

<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	1,279	1,321	1,326
Incremento atteso rispetto al dato reale di oggi	-38	4	9
Il modello di ieri prevedeva per oggi	1,292	1,331	1,337
Errore % del modello di ieri rispetto ai dati reali di oggi	-1.90%	1.06%	1.52%
Massimo numero di pazienti ICU in futuro (non affidabile)	n.d.	1,390	1,488
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	14/03/2020
Data raggiungimento 98% plateau pazienti ICU	n.d.	05/04/2020	16/04/2020

<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	16,227	16,350	16,605
Incremento atteso rispetto al dato reale di oggi	340	463	718
Il modello di ieri prevedeva per oggi	15,782	15,867	16,126
Errore % del modello di ieri rispetto ai dati reali di oggi	-0.66%	-0.13%	1.50%
Previsione numero finale di decessi (non affidabile)	n.d.	18,993	30,291
Data massimo incremento di decessi su base giornaliera (non affidabile)	28/03/2020	27/03/2020	30/03/2020
Data di metà cammino	n.d.	27/03/2020	04/04/2020
Data raggiungimento 98% numero finale di decessi	n.d.	18/04/2020	23/05/2020

<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	9,042	9,129	9,264
Incremento atteso rispetto al dato reale di oggi	137	224	359
Il modello di ieri prevedeva per oggi	8,838	8,904	9,042
Errore % del modello di ieri rispetto ai dati reali di oggi	-0.75%	-0.01%	1.54%
Previsione numero finale di decessi (non affidabile)	n.d.	10,403	15,682
Data massimo incremento di decessi su base giornaliera (non affidabile)	28/03/2020	26/03/2020	28/03/2020
Data di metà cammino	n.d.	26/03/2020	02/04/2020
Data raggiungimento 98% numero finale di decessi	n.d.	18/04/2020	20/05/2020

#### 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

I pazienti ICU in **Lombardia** continuano a calare. Il punto di massimo incremento giornaliero risulta essere stato raggiunto attorno al 11-14 Marzo. Il modello logistico prevede il raggiungimento del numero massimo di pazienti ICU in regione pari a 1390 per oggi 5 Aprile. Il modello di Gompertz più conservativo (stima per eccesso) prevede un massimo numero di pazienti ICU pari a 1488 per il 16 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) secondo il modello logistico è pari a 4217 pazienti ICU per l'Italia<sup>3</sup> ed è previsto per il 6 Aprile. La stima conservativa del modello di Gompertz è pari a 4659 posti ICU ed è prevista per il 19 Aprile.

Per la nona volta consecutiva il modello #1 prevede un calo dei posti di terapia intensiva in **Lombardia** rispetto al giorno precedente (diminuzione stimata eccessivamente ottimistica). Il modello logistico invece prevede un lieve aumento pari a 4 posti letto ICU. Il modello di Gompertz infine prevede un incremento di 9 posti letto ICU. Ciò sta ad indicare che i modelli stimano il pratico raggiungimento del plateau.

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 – 30 Marzo per l'Italia e l'intervallo 26 Marzo – 28 Marzo per la Lombardia. I giorni di incremento massimo giornaliero di decessi sono quindi ormai alle spalle. D'ora in avanti è atteso un calo progressivo dei decessi giornalieri come fortunatamente dimostrato dai dati reali.

La differenza di stima del raggiungimento del plateau (i.e. asintoto finale) è significativamente 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 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).

<sup>2</sup>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 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.

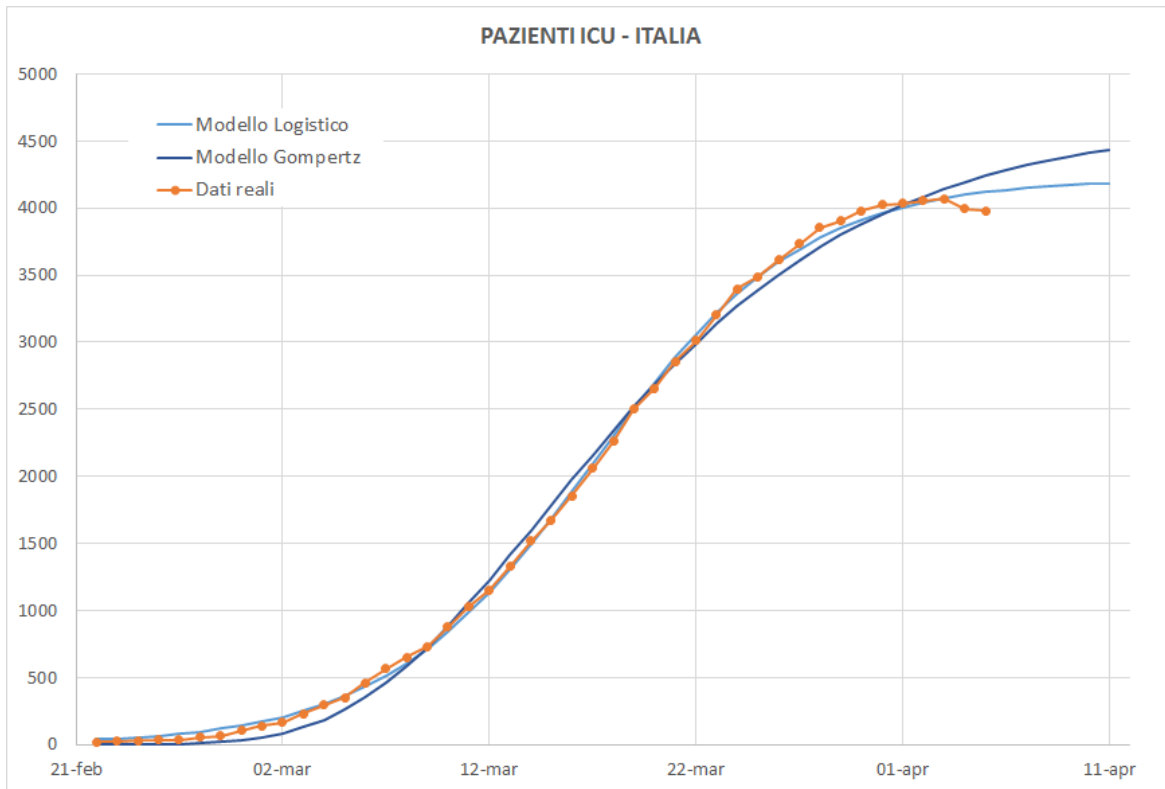


Figura 1: Pazienti ICU in Italia in coordinate lineari.

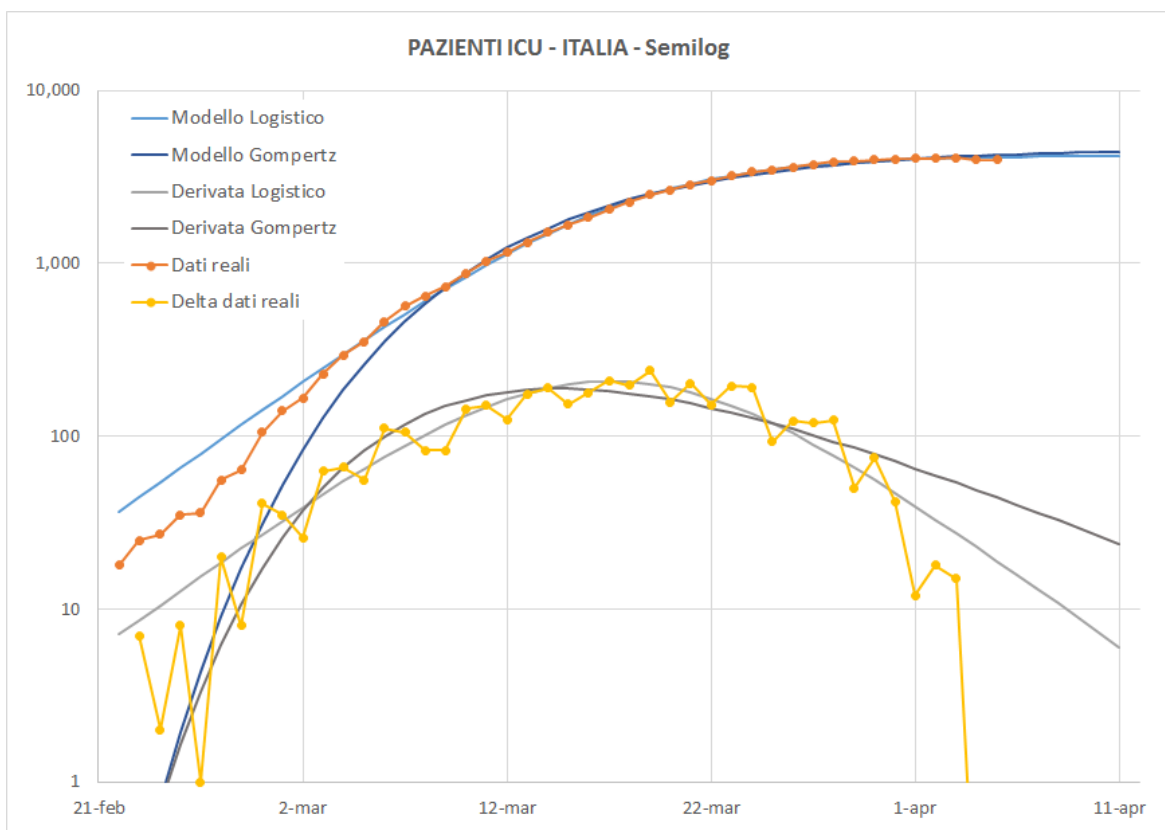


Figura 2: Pazienti ICU in Italia in coordinate semilogaritmiche (i.e. asse ordinate secondo potenze di 10). Le linee continue azzurra e blu mostrano l'andamento del modello logistico e di Gompertz. La spezzata arancione scura (linea e pallini) riporta i dati reali. Le linee continue grigio chiara e scura 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.

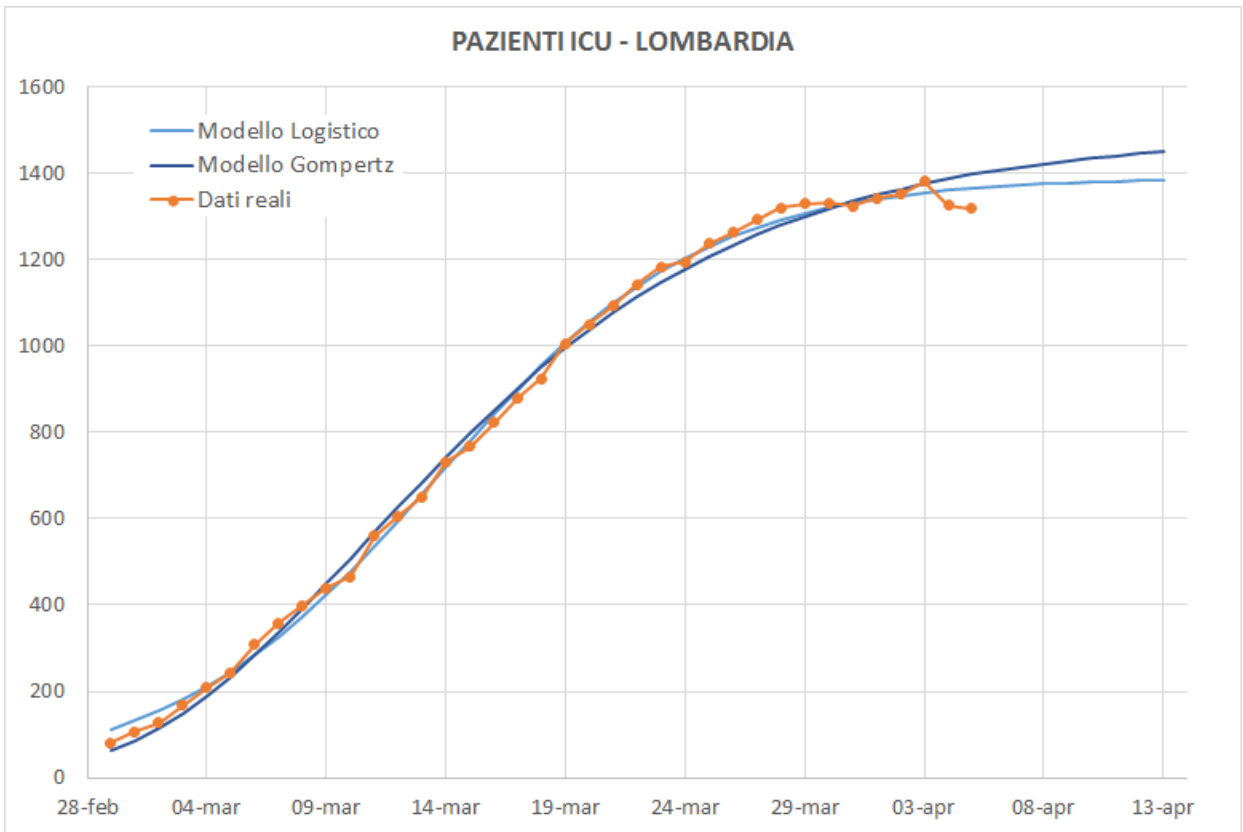


Figura 3: Pazienti ICU in Lombardia in coordinate lineari.

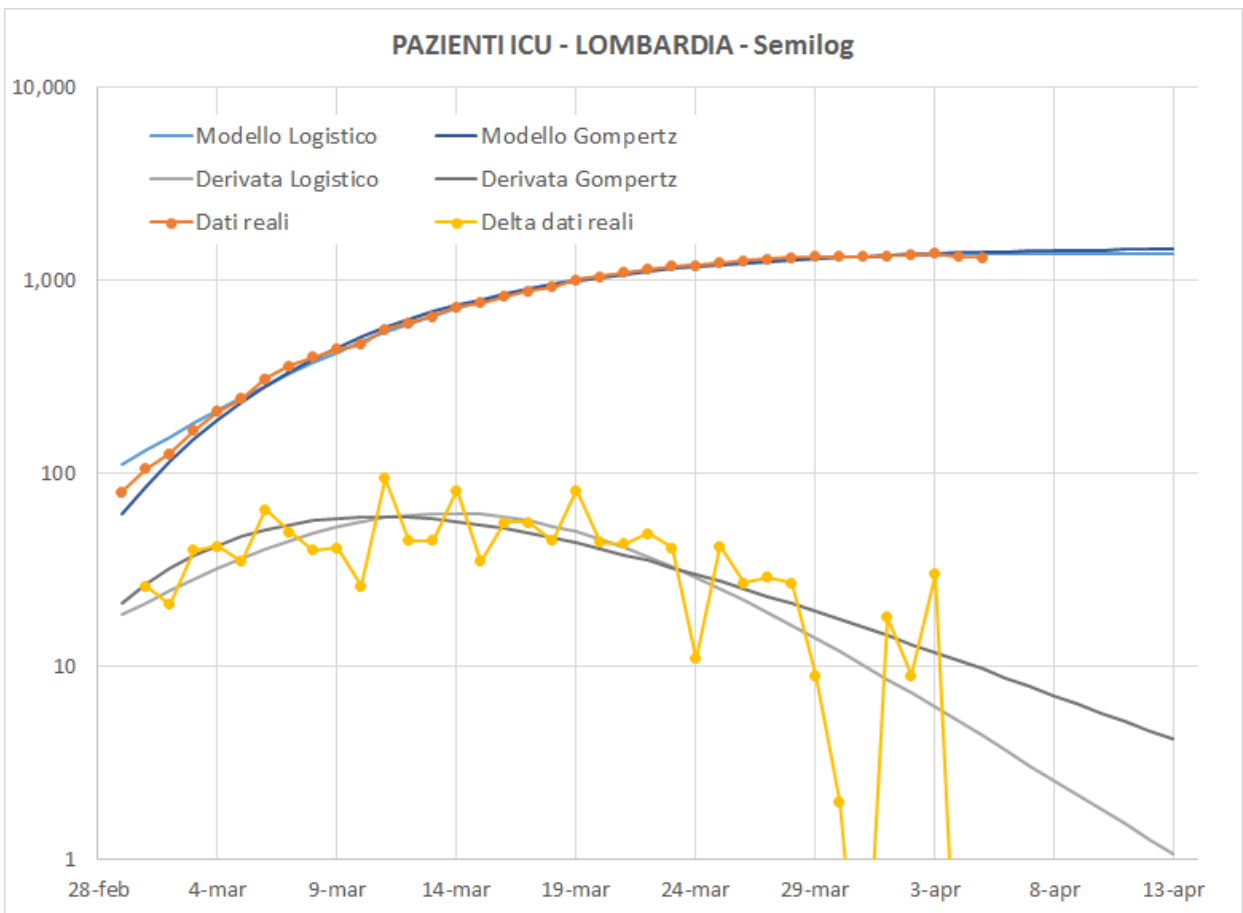


Figura 4: Pazienti ICU in Lombardia. Per i colori e significato delle curve vedasi quelli dettagliati in Figura 2.

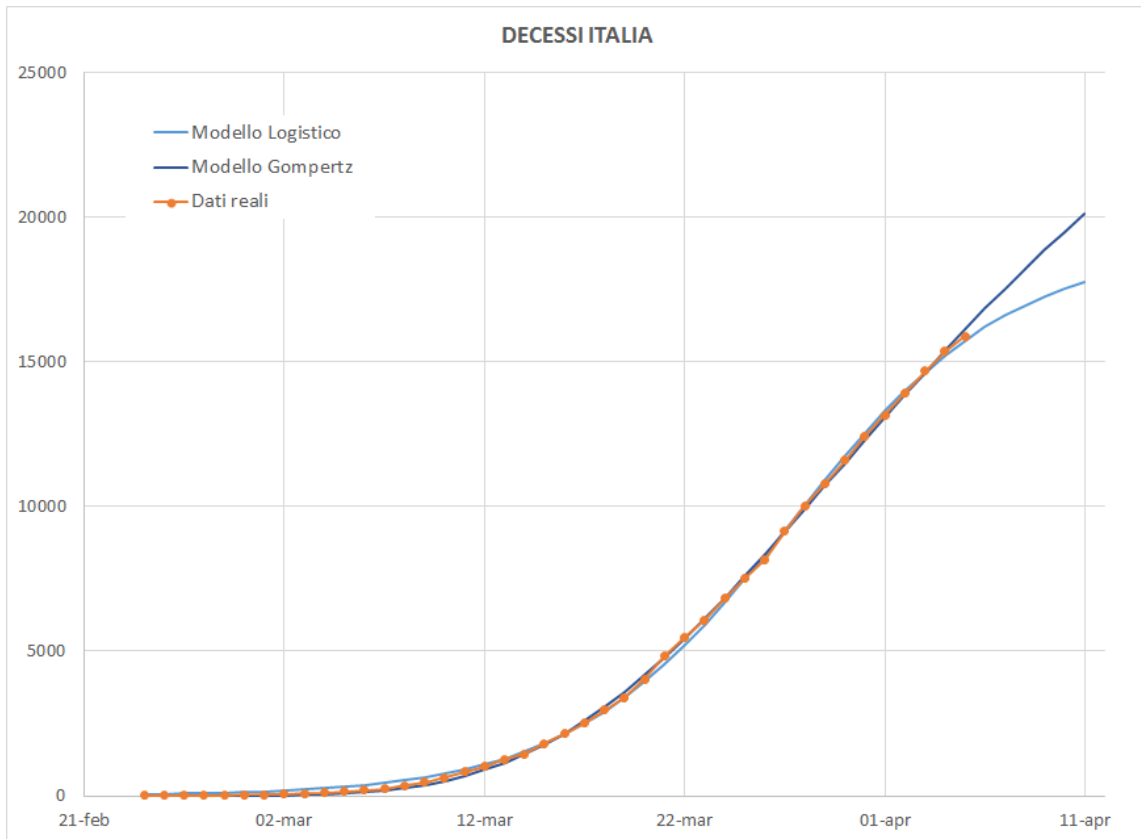


Figura 5: Decessi in Italia in coordinate lineari.

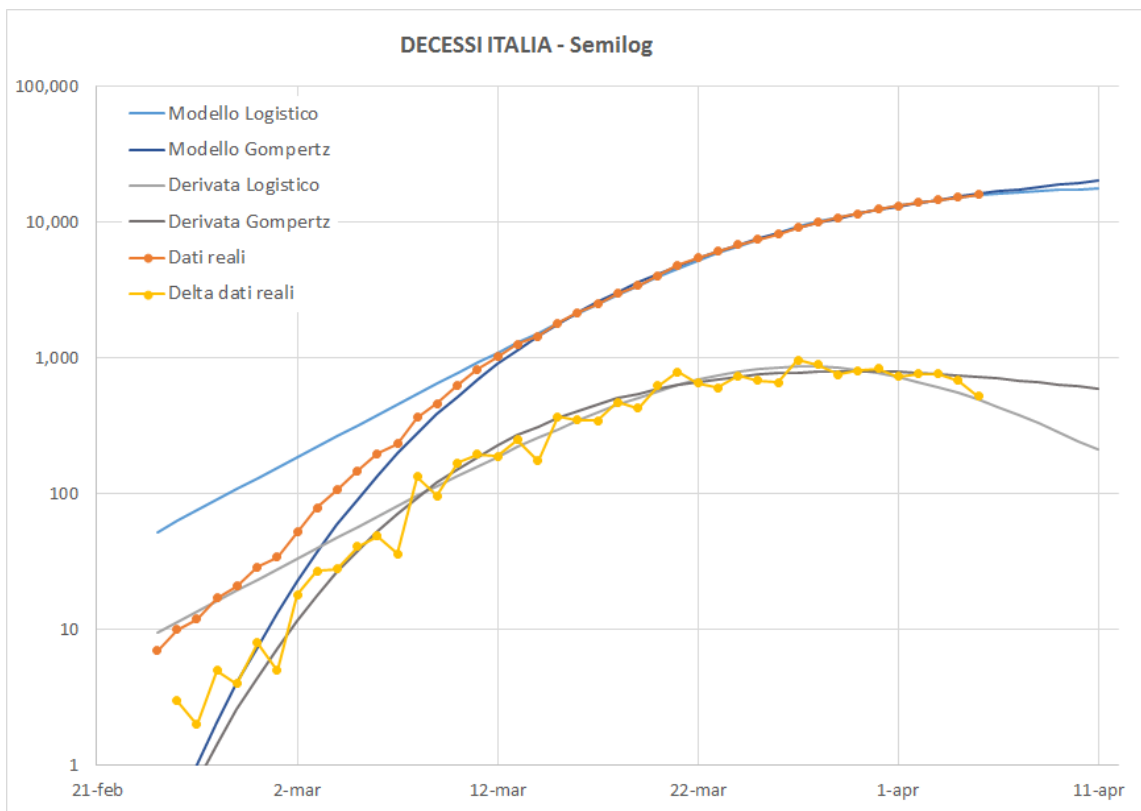


Figura 6: Decessi in Italia in coordinate semilogaritmiche (i.e. asse ordinate secondo potenze di 10). Le linee continue azzurra e blu mostrano l'andamento del modello logistico e di Gompertz. La spezzata arancione scura (linea e pallini) riporta i dati reali. Le linee continue grigio chiara e scura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



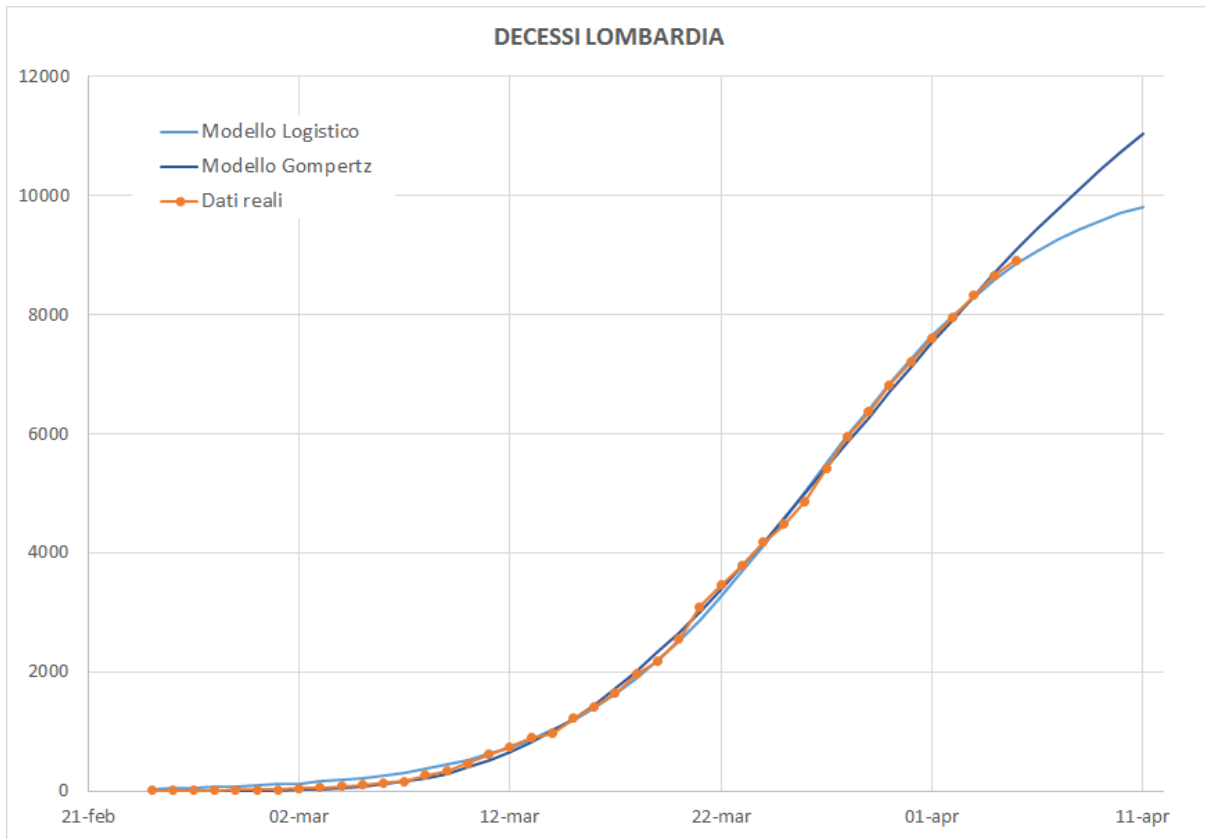


Figura 7: Decessi in Lombardia in coordinate lineari.

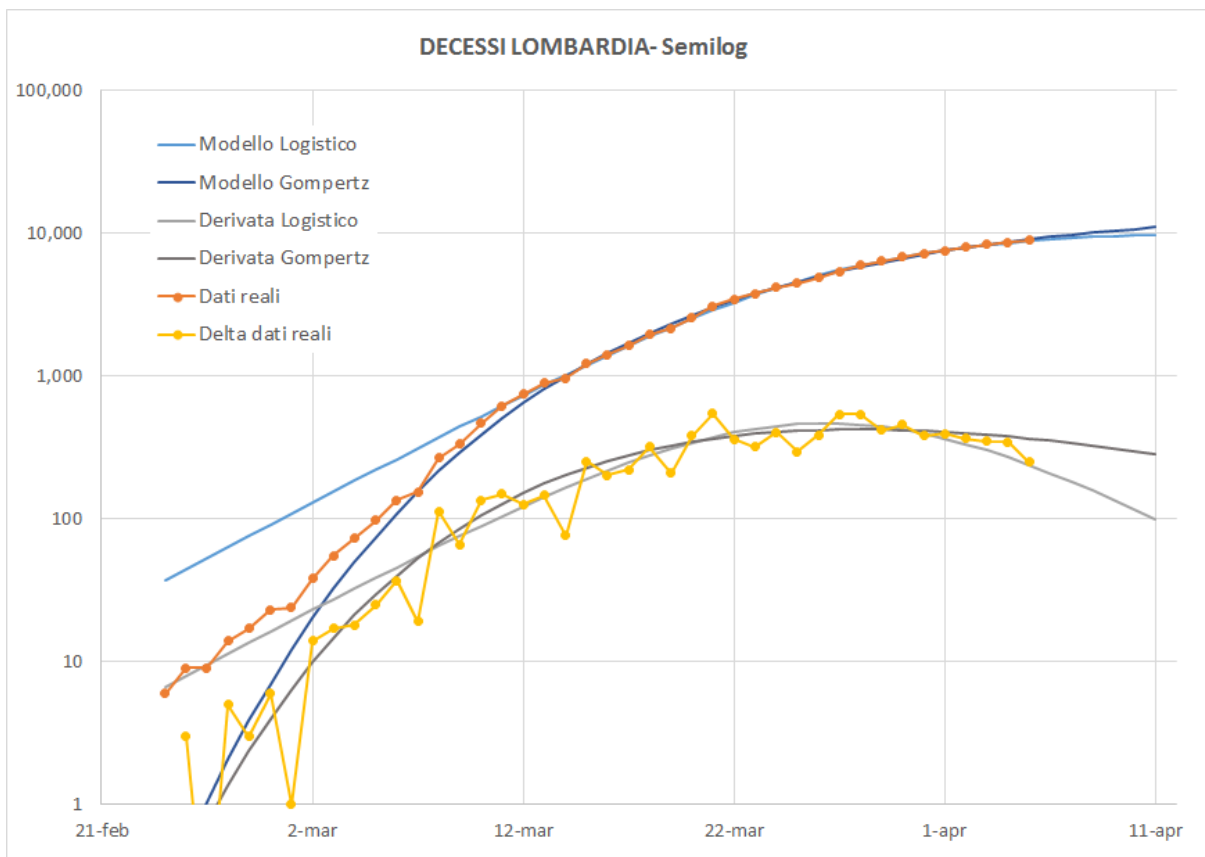


Figura 8: Decessi in Lombardia. Per i colori e significato delle curve vedasi quelli dettagliati in Figura 6.