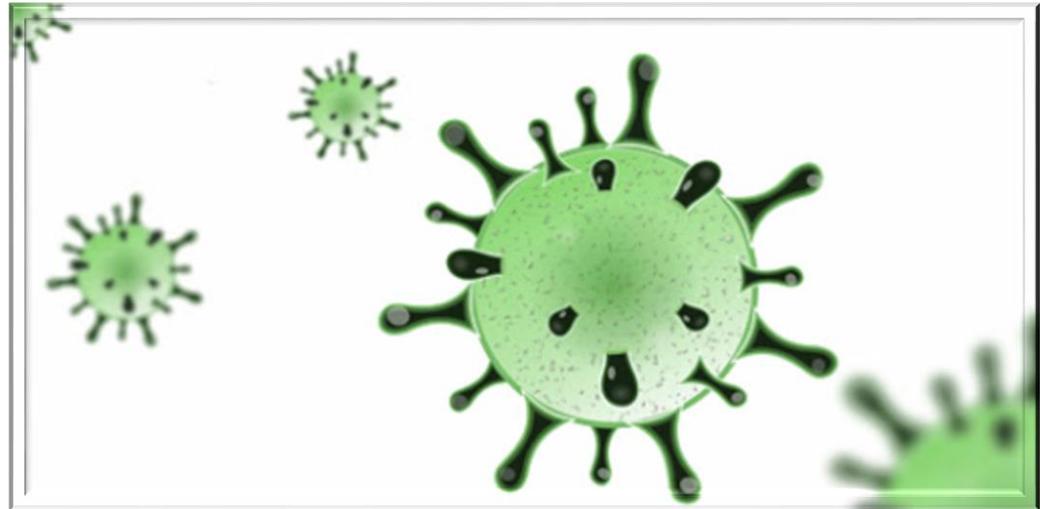


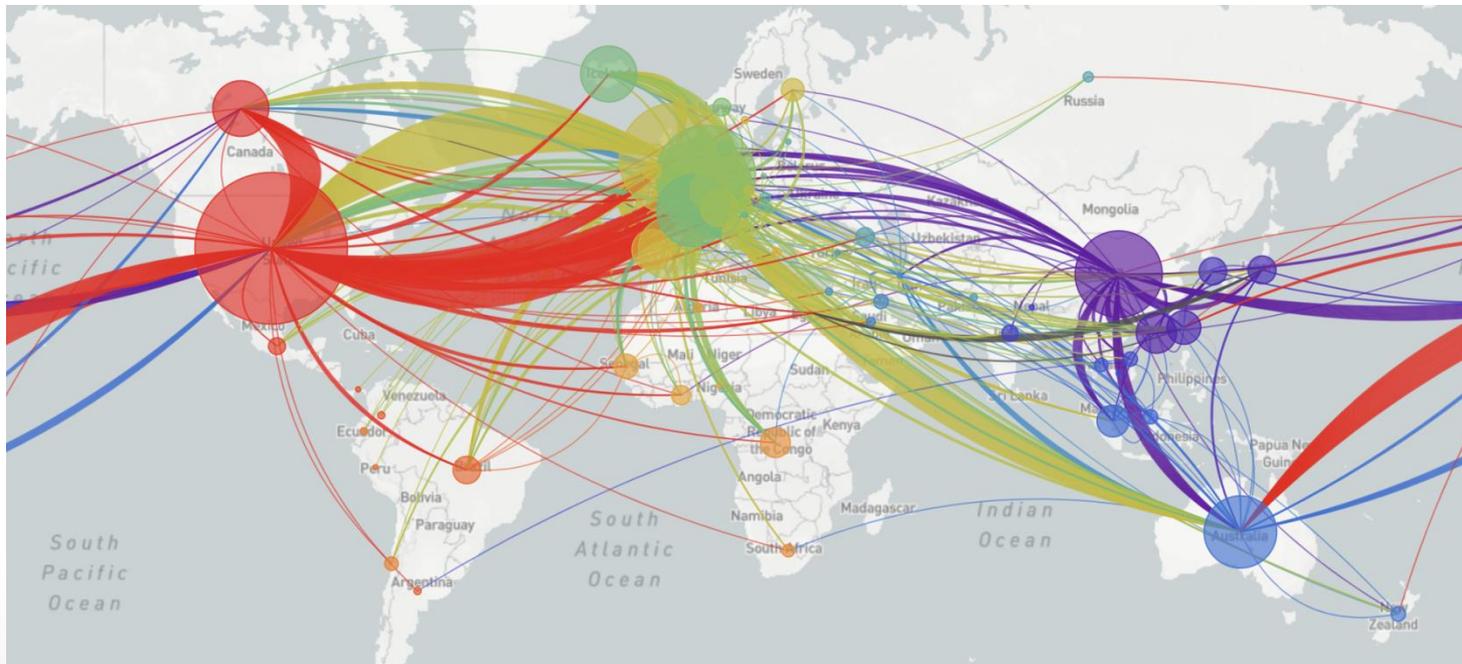
# *La matematica del contagio*



# Un nuovo coronavirus

A 17 anni dall'epidemia di SARS, un nuovo coronavirus sta sconvolgendo il mondo intero.

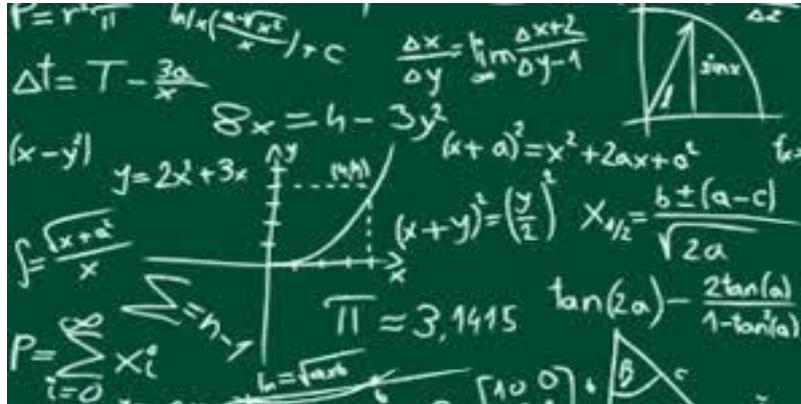
Si tratta del **coronavirus SARS-CoV-2** (inizialmente indicato con il nome 2019-nCoV), responsabile di una sindrome denominata dall'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) **COVID-19** (da CO per *corona*, VI per *virus*, D per *disease* e 19 per l'anno in cui si è manifestata). Il focolaio dell'infezione sembra essere stato il mercato del pesce di **Wuhan**, città della Cina.



Mappa di diffusione del virus SARS-CoV-2 ad aprile 2020; le tre tonalità di colore (rosso, verde e viola) indicano i tre sottotipi principali identificati ad aprile 2020 (Fonte immagine: Nextstrain)

# La matematica, un'alleata fondamentale

Di fronte a questa emergenza sanitaria la popolazione mondiale cerca risposte, conforto e informazioni dal Web o dai salotti televisivi e sempre più raramente da fonti autorevoli come riviste scientifiche o da medici che lavorano a stretto contatto con le Istituzioni.



Ad oggi la pandemia è ancora in corso, ma fa meno paura: in questi mesi di confusione e incertezza è stato fondamentale infatti il lavoro di medici specializzati, gli epidemiologi, che, avvalendosi di **dati statistici e modelli matematici**, hanno cercato di analizzare il fenomeno e soprattutto di fornire previsioni sull'andamento della malattia in maniera chiara a chiunque comprenda un po' di **linguaggio matematico**.

# $R_0$

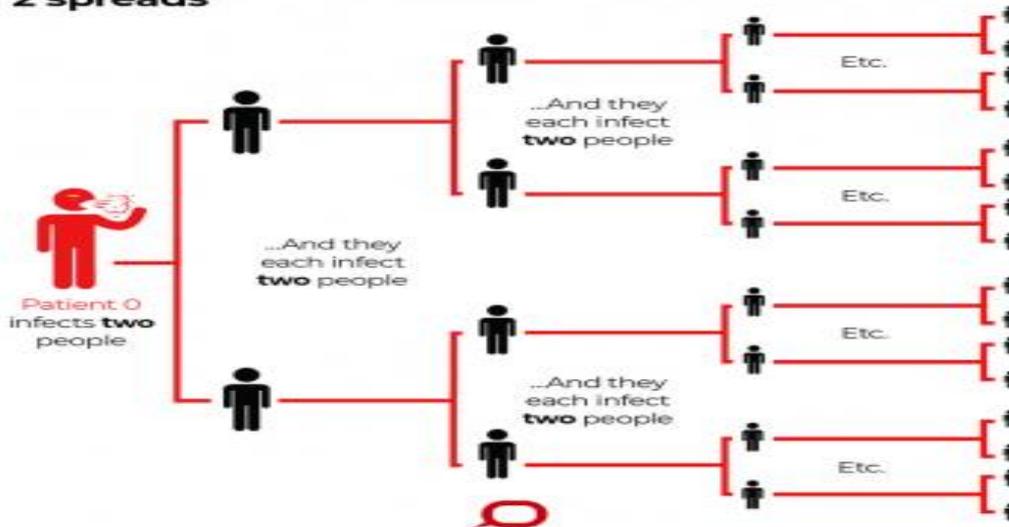
$R_0$ , numero di riproduzione di base, indica, in epidemiologia, il numero di nuovi casi generati in media da un individuo al giorno, durante tutto il proprio periodo infettivo.

Questo numero è un **dato statistico** fondamentale da analizzare all'inizio dell'epidemia poiché consente di conoscere la velocità di diffusione del virus e di sviluppare il modello epidemiologico adatto.

All'inizio dell'epidemia si è stimato un  $R_0$  pari a 2 che ha comportato una crescita esponenziale degli infetti.

Ex.  $y = 2^x$

How a virus with a reproduction number ( $R_0$ ) of 2 spreads



Giorno 0	Giorno 1	Giorno 2	Giorno n
$x=0,$ $y=1$ paziente	$x=1$ $y=2$	$x=2$ $y=4$	$x=n$ $y=2^n$

Il paziente zero



# Contagion, un film attuale

**Contagion** è un film del 2011 diretto da Steven Soderbergh tornato popolare durante la pandemia di COVID-19 poiché presenta svariate analogie con la pandemia in questione. Nel film il virus nasce in Cina, esattamente come è accaduto nella realtà, ma a Hong Kong anziché a Wuhan.



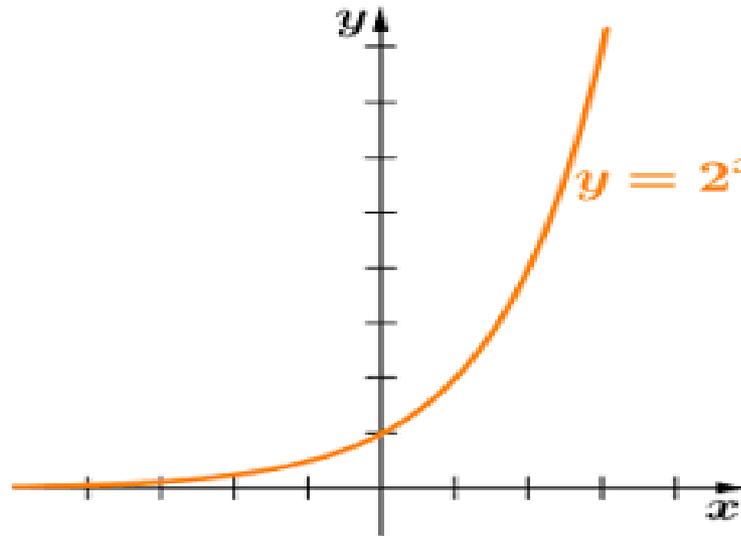
[https://www.youtube.com/watch?v=VrATMF\\_FB9M](https://www.youtube.com/watch?v=VrATMF_FB9M)

In una **scena** la dottoressa Erin Mears (interpretata da Kate Winslet) presenta in maniera molto chiara il numero di riproduzione di base,  $R_0$ .

Per aprire il video cliccare sul tasto destro del mouse e scegliere la voce «apri collegamento ipertestuale»

Nel caso in cui  $R_0$  sia maggiore di 1 il fenomeno epidemico è in fase iniziale, con una **crescita esponenziale di casi**. Per questo il metodo più efficace per descrivere l'epidemia nel primo periodo è il grafico di una funzione esponenziale.

## Modello esponenziale

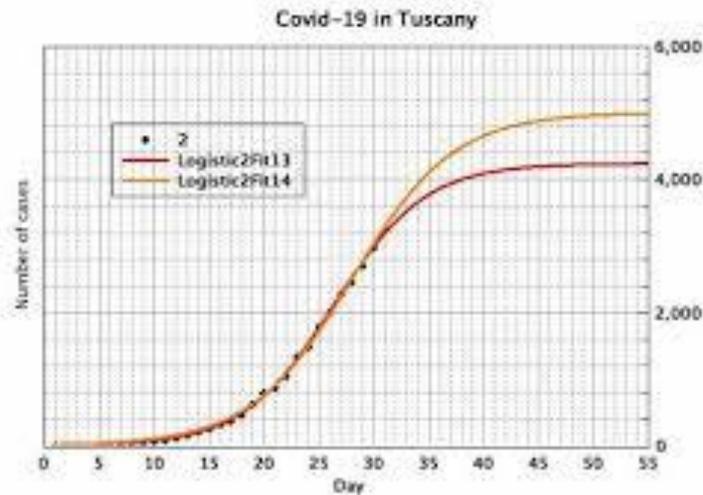
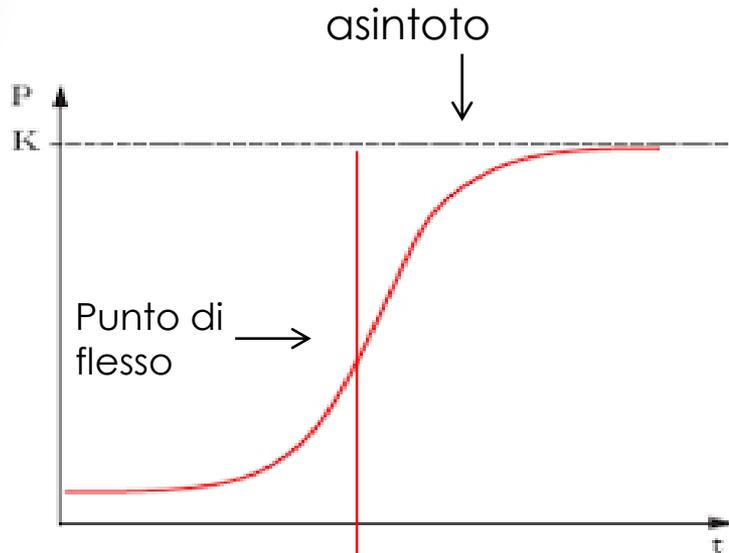


Maggiore  
l' $R_0$ ,  
maggiore la  
velocità di  
crescita  
della curva

Questo modello però, **con l'avanzare dell'epidemia**, risulta **irrealistico** perché mentre la funzione continua a crescere all'infinito, prima o poi il virus colpirebbe l'intera popolazione, esaurendo quindi le sue risorse, oppure la popolazione stessa cercherebbe di impedirne la diffusione.

# Modello logistico

Grazie ai lockdown e alle forti campagne di sensibilizzazione per l'igiene, il distanziamento sociale e l'uso di mascherine, la popolazione mondiale ha **costretto il virus a cambiare percorso**. La diffusione dell'epidemia, dopo queste misure, è stata infatti più contenuta.



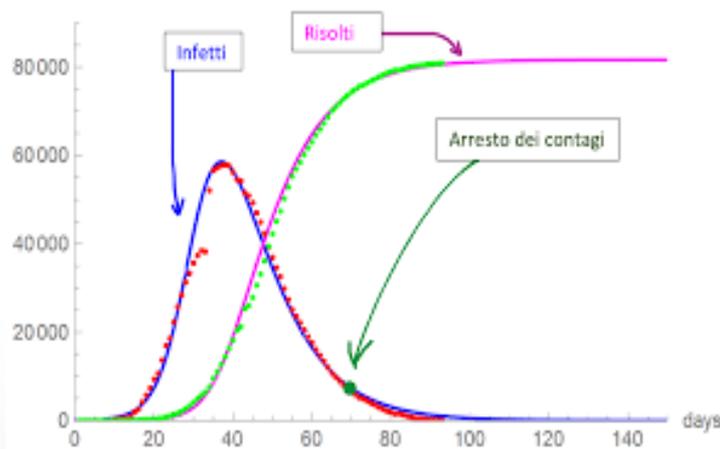
## La curva logistica

La curva esponenziale che ha caratterizzato la prima fase dell'epidemia subisce quindi prima un progressivo rallentamento. Nel momento in cui  $R_0$  si avvicina o è pari a 1, nel punto di flesso, la curva inizia a «virare» e si assesta, raggiungendo una posizione asintotica, senza più crescere. Dalla immagine a destra e dai nuovi bollettini, ci rendiamo conto però che una fase asintotica è assai improbabile per questo virus.

Anche il **modello logistico** infatti presenta dei **limiti** perché, nonostante riesca ad inquadrare bene il rallentamento e un certo assestamento dei contagi, non ammette la possibilità che ci possa essere una regressione della malattia o delle nuove crescite esponenziali.

Gli epidemiologi hanno quindi deciso di utilizzare **altri modelli matematici**, grazie ai quali potrebbe essere più facile prevedere **l'andamento futuro** della malattia

## Modello SIR

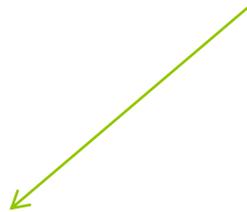


Questo modello epidemiologico, nella curva blu, presenta **tre fasi**: la prima fase è **esponenziale**, la seconda descrive il **picco** della malattia, la terza **l'arresto dei contagi** ( $R_0$  minore di 1). La curva rosa e verde, quella dei casi risolti, descrive una situazione epidemica dove i guariti riescono a rimanere in salute, o perché diventati immuni, o grazie al distanziamento sociale o per mezzo di nuovi farmaci e vaccini.

# Il futuro dipende da noi

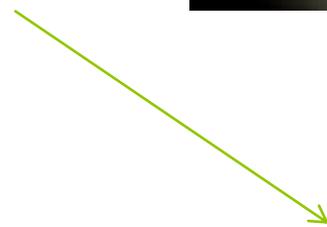
Il modello SIR è dunque quello più auspicabile, ma dipende interamente dalla ricerca scientifica e dal nostro approccio alle direttive delle Istituzioni.

I lockdown sono stati fondamentali per rallentare il numero di contagi giornaliero e per arrivare il più velocemente possibile al picco. Da questo punto in poi gli scenari sono due, e **noi** ne saremo interamente **responsabili**:



## Arresto dei contagi

Se continuiamo a rispettare le norme igieniche, utilizzando mascherine e mantenendo un minimo di distanziamento sociale, la curva dei contagi subirà un arresto come quello previsto dal **modello SIR** e presto potremo tornare alla **vita normale**.



## Tante esponenziali, tanti picchi

Nel caso in cui non rispettassimo queste semplici «regole» osserveremmo delle nuove crescite esponenziali, con più picchi e un aumento di morti.

***Grazie per l'attenzione!***

Irma Ilaria Soranno, Il K