

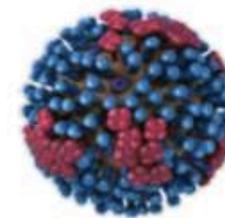
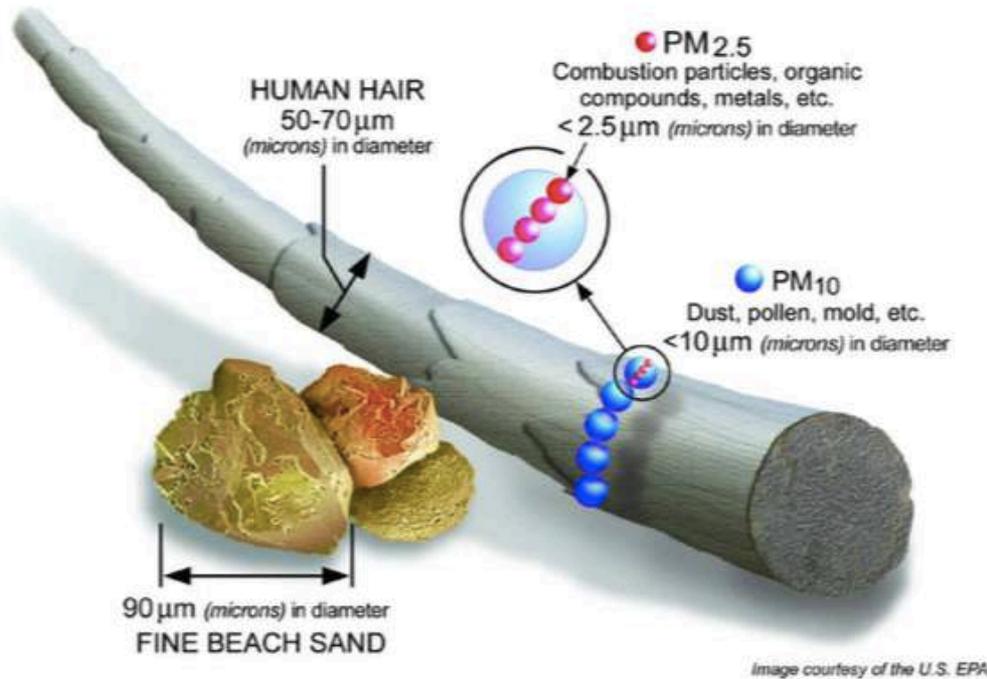


Trasmissione aerea del SARS-CoV-2 negli ambienti chiusi

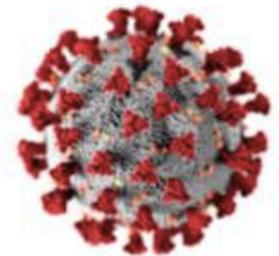
PROF. GIORGIO BUONANNO

Dimensioni di un virus

Virus Size



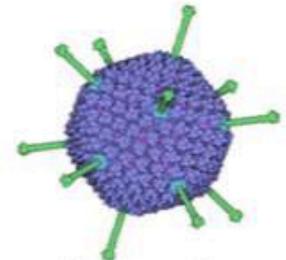
influenza
0.1 μm



SARS-CoV-2
0.12 μm

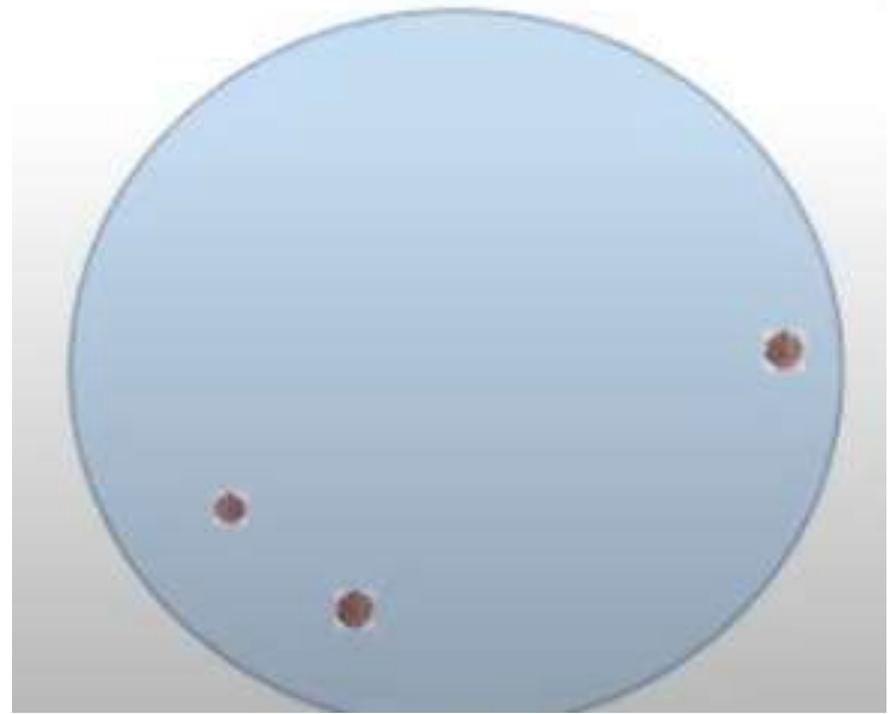
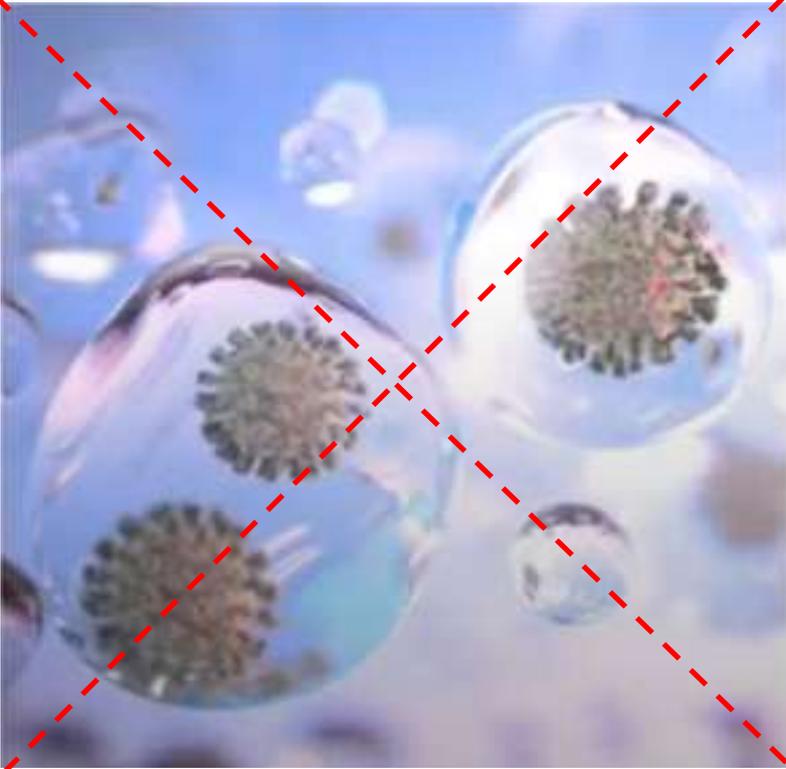


rhinovirus
0.03 μm

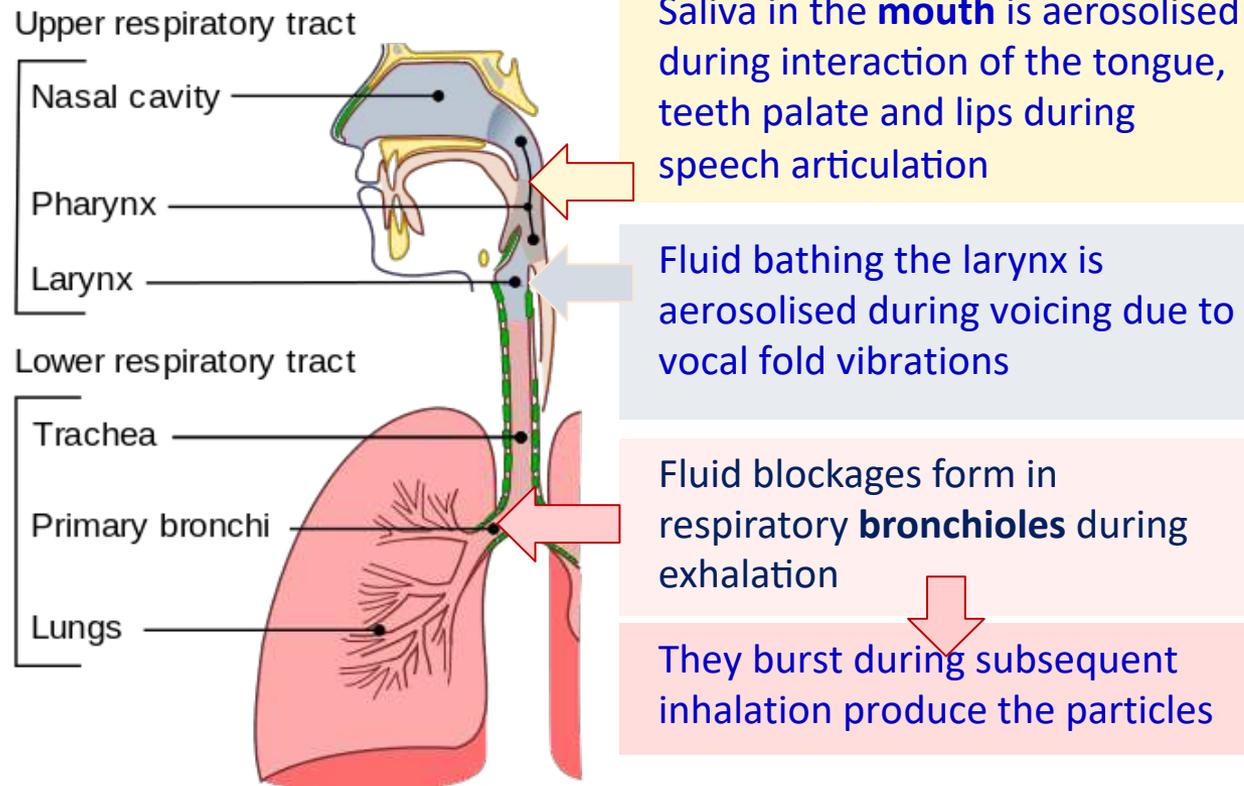


adenovirus
0.1 μm

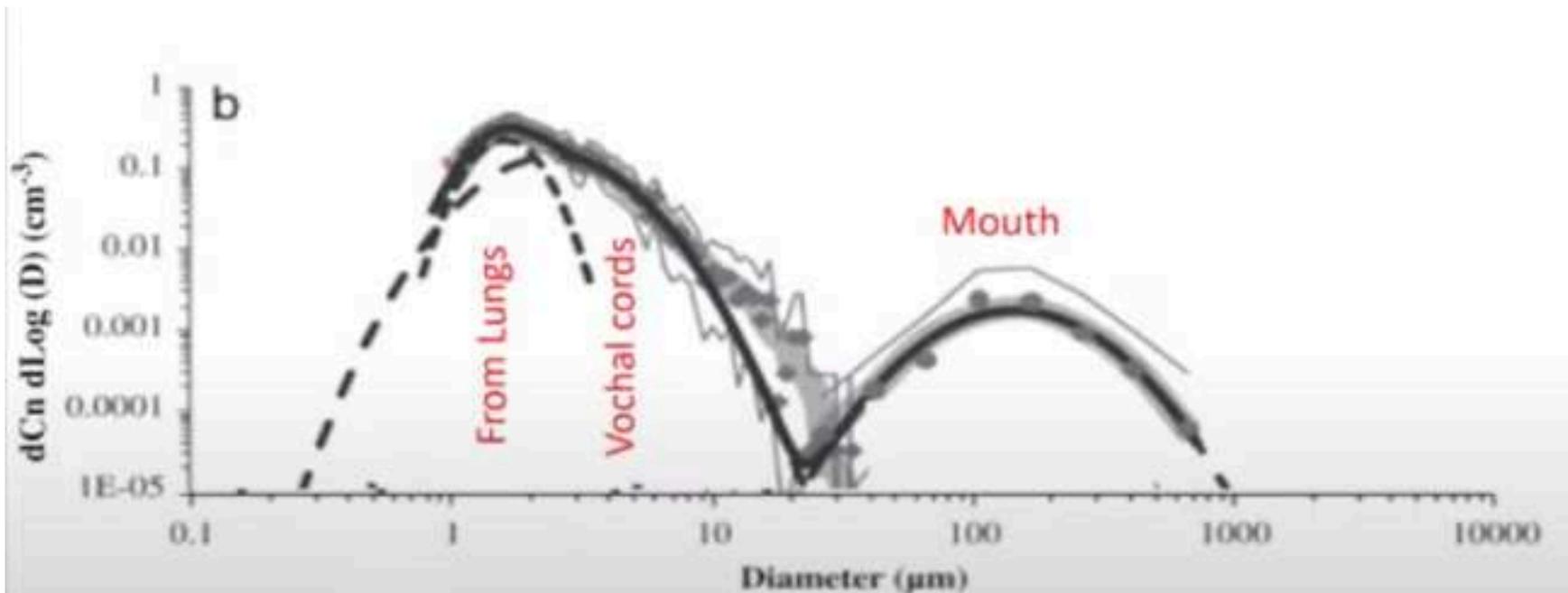
Dimensioni di un virus



L'atomizzazione nel corpo umano



Size distribution and sites of origin of droplets expelled during speaking



From Johnson et al., *J. Aerosol Sci.* (2011)

Black line is best estimate

Emitted respiratory particles when speaking

Il carico virale emesso (quanta)

$$ER_q = c_v \cdot c_i \cdot IR \cdot V_d = c_v \cdot \frac{1}{C_{RNA} \cdot C_{PFU}} \cdot IR \cdot V_d$$

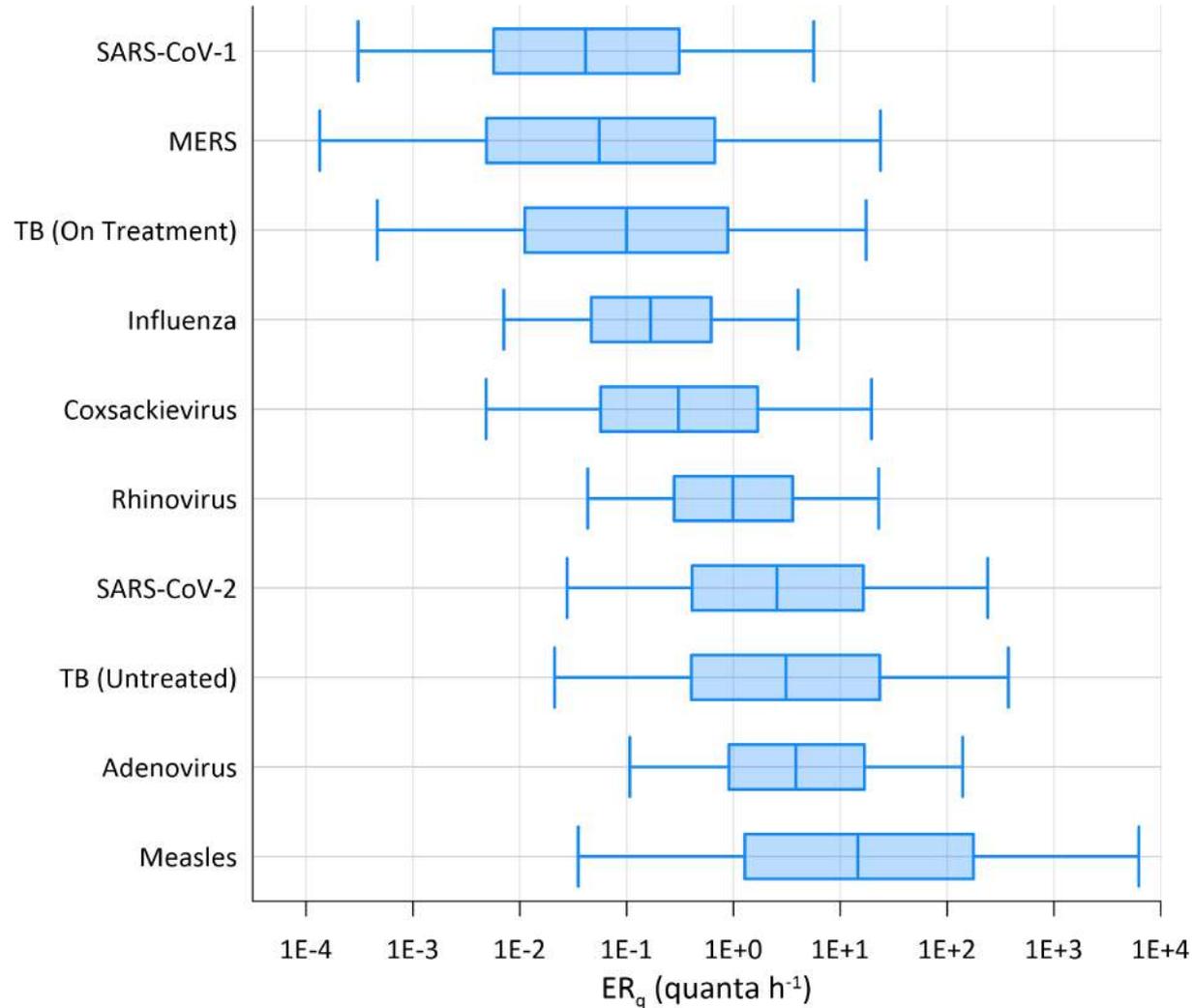
Buonanno et al., 2020. Estimation of airborne viral emission: Quanta emission rate of SARS-CoV-2 for infection risk assessment. *Environment International* 141 - 105794

Morawska et al., 2020. How can airborne transmission of COVID-19 indoors be minimised? *Environment International* 142 – 105832

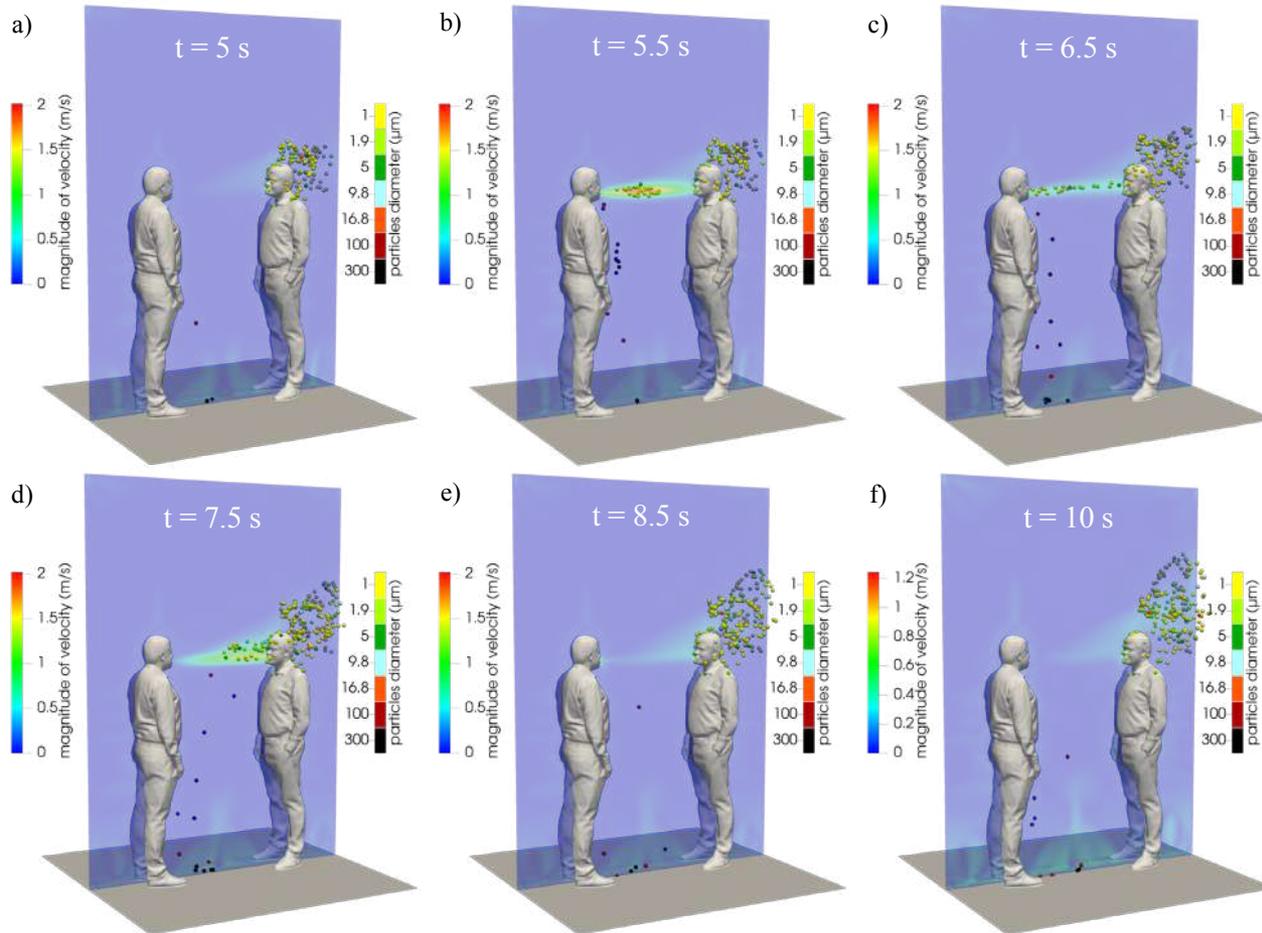
Buonanno et al., 2020. Quantitative assessment of the risk of airborne transmission of SARS-CoV-2 infection: Prospective and retrospective applications, *Environment International* 145 - 106112

Miller et al., 2020. Transmission of SARS-CoV-2 by inhalation of respiratory aerosol in the Skagit Valley Chorale superspreading event, *Indoor Air*, in press

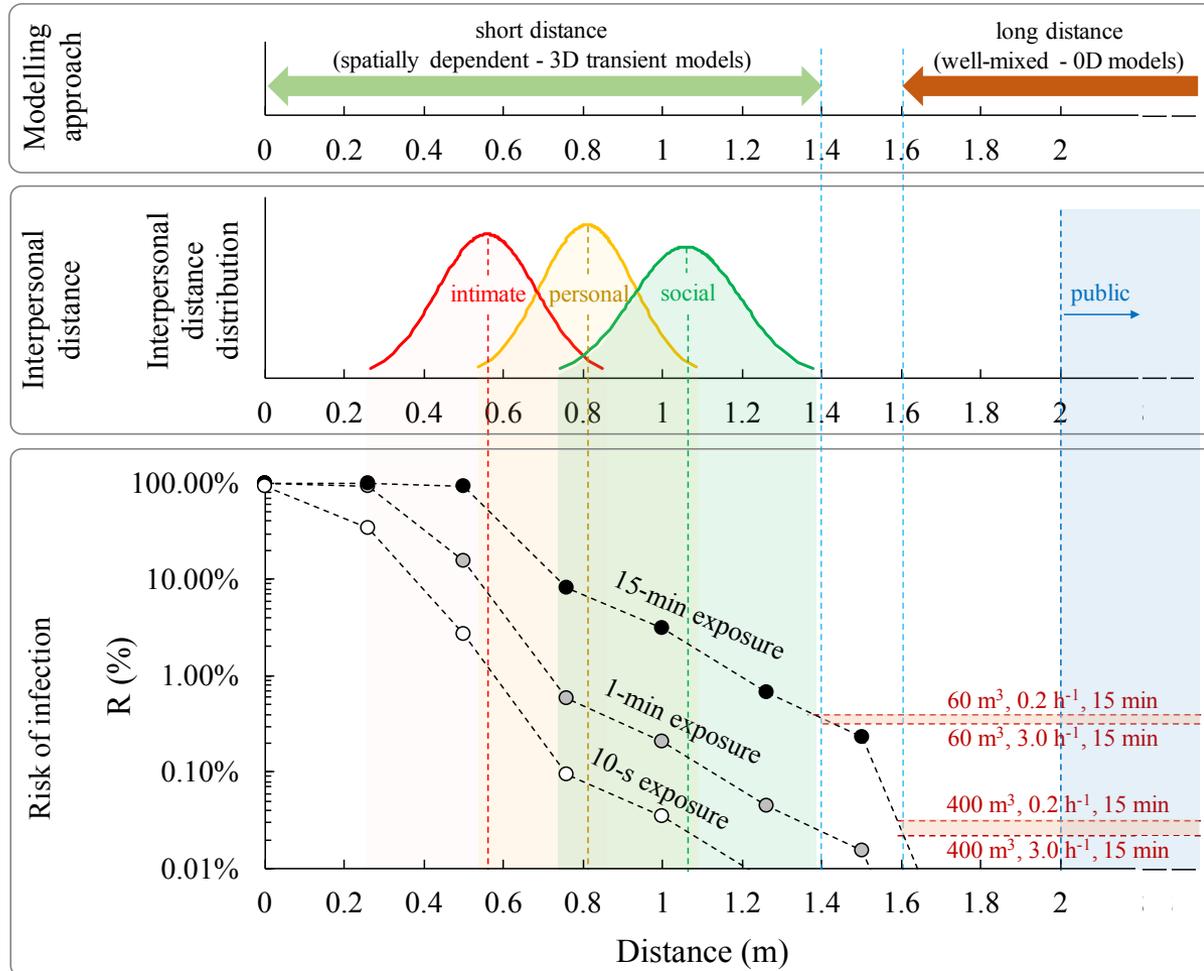
Il carico virale emesso



Close contact

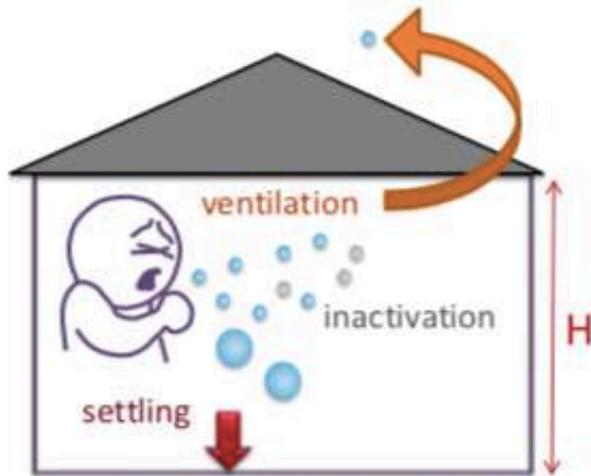


Close contact



Deposizione, ventilazione e inattivazione

Virus Dynamics in Indoor Air



$$\frac{dC_d}{dt} = -\left(\frac{v}{H} + \lambda + k\right)C_d$$

↑
concentration of
infectious virus in
aerosols of diameter d

Labels for the equation terms:
- $\frac{v}{H}$: ventilation (air-exchange)
- λ : settling
- k : inactivation

- Settling velocity v depends on diameter d
- Diameter depends on RH
- Inactivation rate k depends on RH



relative humidity (RH)

Raccomandazioni in Giappone



Prevenzione sulla trasmissione del virus (evitare indoor)

Gli ambienti indoor non sono mai sicuri al 100%

Bisogna evitare:

- Assembramenti
- Di essere senza mascherina
- Indoor
- Scarsa ventilazione
- Prossimità
- Esposizioni prolungate
- Parlare/cantare/strillare



Approccio per la stima del rischio infezione indoor

Novel approach for quantitative assessment of the individual infection risk of airborne transmission of SARS-CoV-2

Probability of infection
“Four step approach”

quanta emission rate

exposure to quanta concentration

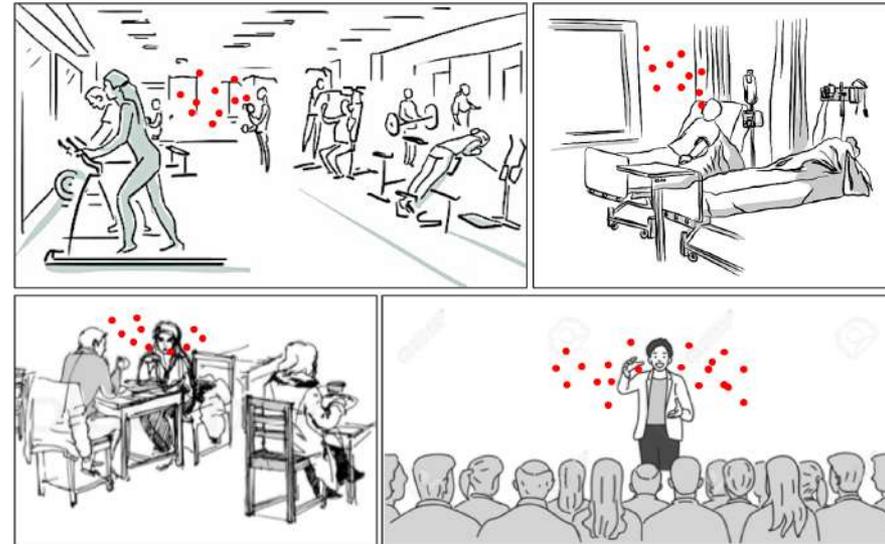
dose of quanta received

dose-response model

Occurrence of the probability of infection

Estimate of the Individual infection risk

Application of the approach to prospective and retrospective assessments



- Determination of the maximum exposure time to guarantee an acceptable individual infection risk
- Identification of “superspreading event”

Come minimizzare il rischio a scuola: classe di 50x3 m³,
25 studenti, insegnante infetta su 2 ore che spiega ad alta voce,
ventilazione naturale, tempo esposizione 300 min

	Rischio individuale infezione (%)	Massimo numero di persone contagiate	Numero massimo di persone per avere $RO < 1$
1 Zero precauzioni	15	12	2
● Ventilazione forzata (3 vol/h)	4.3	4	5
2 Mascherine	7.6	7	3
● Microfono (bassa voce)	2.7	1,4	9
● Mascherine + Ventilazione forzata	2.2	2	11
3 Mascherine + ventilazione forzata + microfono	0,8	0,4	30 > 25



Costi ventilazione vs dispositivi protezione individuale

Livello di protezione basso

- si può utilizzare un purificatore dell'aria di prestazioni medie (1.4 vol h^{-1}) oppure l'adozione di mascherine chirurgiche.
- il costo del purificatore risulta inferiore a 1000 €, comprensivo dei costi di esercizio (circa 150 €). Il costo di 25 mascherine chirurgiche per 25 studenti per 200 giorni scolastici è pari a 2500 €.

Livello di protezione elevato

- si può utilizzare un impianto di ventilazione meccanica controllata (10 vol h^{-1}) oppure l'adozione di filtri facciali (FFP2/N95).
- il costo dell'impianto risulta inferiore a 5000 €, comprensivo dei costi di esercizio (circa 1000 €). Il costo di 25 filtri facciali per 25 studenti per 200 giorni scolastici è pari a 15000 €.

In entrambi i casi si può raggiungere con la ventilazione controllata lo stesso livello di rischio rispetto ai sistemi di protezione individuale (che ovviamente non sono controllabili) con un costo totale (impianto + esercizio) pari ad un terzo.

Rischio individuale e capienza massima nei principali mezzi di trasporto



Tracing surface and airborne SARS-CoV-2 RNA inside public buses and subway trains

Teresa Moreno^{1,2,3}, Rosa María Pintos^{1,2}, Albert Bosch³, Natalia Moreno³, Andrés Alastuey⁴, María Cruz Mingullón⁵, Eduard Anfruns-Estrada⁶, Susana Gaix⁷, Cristina Fuentes⁸, Giorgio Buonanno^{9,10}, Luca Stabile¹¹, Lidia Morawska¹², Xavier Querol¹

¹ Institute of Environmental Assessment and Water Research (IDAEA), Spanish Research Council (CSIC), Jordi Girona 18,36, 08034 Barcelona, Spain
² Pascale Virus Laboratory, Dept. Genetics, Microbiology and Statistics, University of Barcelona, Avda. Diagonal 645, 08028 Barcelona, Spain
³ Department of Civil and Mechanical Engineering, University of Guelph and Institute Guelph, Canada, G1G
⁴ International Laboratory for Air Quality and Health, Queensland University of Technology, Brisbane, Australia

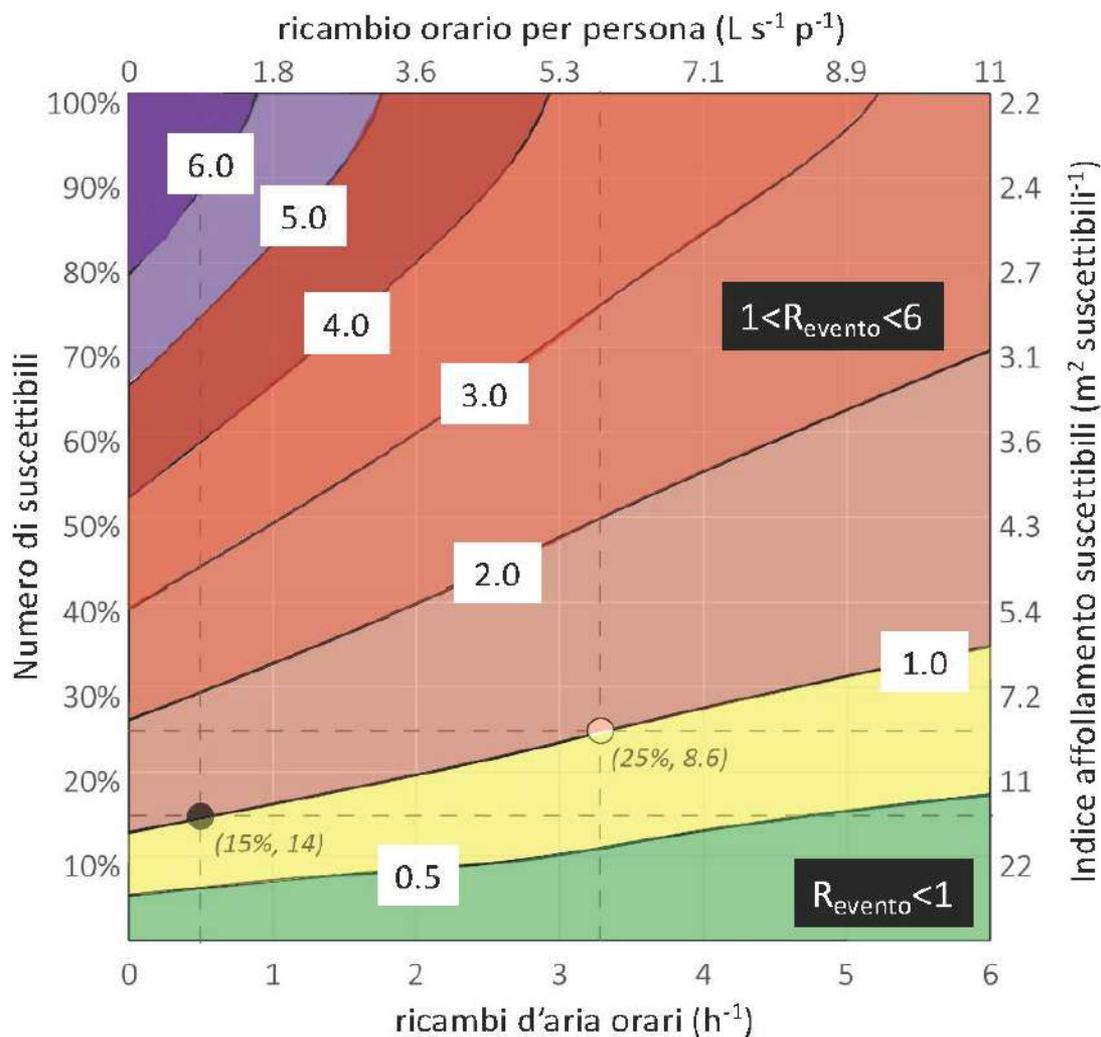


Tempo esposizione (min)	Prevalenza infezione**	Rischio individuale (%)*		Capienza massima per avere R _t < 1 (%)*	
		Senza mascherine	Con mascherine	Senza mascherine	Con mascherine
30	Bassa	0.2	0.1	25	49
	Media	0.5	0.2	11	22
	Alta	0.7	0.4	8	15
45	Bassa	0.2	0.1	100	100
	Media	0.4	0.2	63	100
	Alta	0.6	0.3	43	85
120	Bassa	0,4	0,2	22	44
	Media	0,7	0,4	13	26
	Alta	1,1	0,6	8	17
180	Bassa	0.3	0.2	71	100
	Media	0.6	0.3	36	70
	Alta	1.0	0.5	24	47

R_t in ristoranti



Volume = 640 m³
 Tempo di esposizione = 1.5 ore



100 anni fa...



