



H:A:A:R

Ελληνική Εταιρία Έρευνας Αερολυμάτων

Υγιεινή χώρων εργασίας: ποιότητα εσωτερικού αέρα και COVID-19

Πέμπτη, 8 Απριλίου 2021

15.00' – 17.00'

Η κατανόηση του τρόπου μετάδοσης του SARS-COV2 και η αντιμετώπισή του μέσα από την επιστήμη μελέτης του αερολύματος

Κ. Ελευθεριάδης¹, Ε. Διαπούλη¹, Κ. Σιούτας²

¹ Ινστιτούτο Πυρηνικών & Ραδιολογικών Επιστημών & Τεχνολογίας, Ενέργειας & Ασφάλειας, ΕΚΕΦΕ Δημόκριτος

² Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών & Μηχανικών Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Νότιας Καλιφόρνιας, Η.Π.Α.

Εισαγωγή

- Μέχρι σήμερα, η παγκόσμια πανδημία COVID-19 που προκαλείται από τον ιό SARS-CoV-2 είχε ως αποτέλεσμα **περισσότερα από 139 εκατομμύρια** επιβεβαιωμένα μολυσμένα κρούσματα και περισσότερους από **2.85 εκατομμύρια θανάτους** (ΠΟΥ, 2021).
- Μια από τις σημαντικότερες ερωτήσεις που απασχολούν την ιατρική κοινότητα είναι **γιατί είναι τόσο μεταδοτικός ο ιός. Πώς ακριβώς γίνεται η μετάδοσή του;**
- Υπάρχουν οι **άμεσοι ή έμμεσοι τρόποι "επαφής"**, δηλαδή ένα άτομο να αγγίξει τον εαυτό του έχοντας αγγίξει μια μολυσμένη από τον ιό επιφάνεια, είτε η **επαφή από άτομο σε άτομο μεταξύ φορέων και υγιών ατόμων**.
- Η λιγότερο προφανής **αερομεταφερόμενη μετάδοση (airborne transmission)** μπορεί να πραγματοποιηθεί με **δύο διαφορετικούς τρόπους** και **δεν απαιτεί φυσική επαφή** μεταξύ μολυσμένων και ευπαθών ατόμων.

Αερομεταφερόμενη μετάδοση

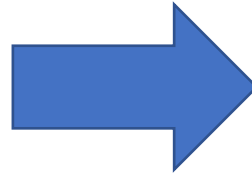
- Κατά τη διάρκεια ενός φταρνίσματος ή βήχα, γίνεται «ψεκασμός σταγονιδίων» συνήθως με **διάμετρο μεγαλύτερη των 5 μm** εκπεμπόμενα **μέσω της εκπνοής από ένα μολυσμένο κρούσμα σε ένα άλλο άτομο.**
- Ένα άτομο επίσης μπορεί να εισπνεύσει **μικροσκοπικά σωματίδια αερολύματος** που αποτελούνται από τα **στερεά κατάλοιπα συστατικά των εξατμισμένων σταγονιδίων φταρνίσματος ή βήχα**, τα οποία είναι αρκετά μικρά (<5 μm) και μπορούν να παραμείνουν στον αέρα για ώρες.
- Η περισσότερη έρευνα για τις **αερομεταφερόμενες ασθένειες** πριν από την τρέχουσα πανδημία είχε επικεντρωθεί σε «βίαια» φαινόμενα εκπνοής, όπως το φτέρνισμα και ο βήχας (π.χ. Lindsley et al. 2013; Bourouiba, et al 2014). Λιγότερη προσοχή έχει δοθεί στη **μετάδοση αερολύματος (aerosol)**, αλλά υπάρχουν σημαντικοί λόγοι να υποψιαζόμαστε ότι αυτός ο **τρόπος μετάδοσης** παίζει πολύ σημαντικό ρόλο στην υψηλή μεταδοτικότητα της COVID-19, λόγω του **μικρού μεγέθους των αερολυμάτων και της δυνατότητας τους να παραμείνουν στον αέρα αρκετές ώρες.**



Αερομεταφερόμενη μετάδοση

- Αλλά εάν τα **προ-ή ασυμπτωματικά μολυσμένα άτομα** δεν φτερνίζονται ή βήχουν, **πώς παράγουν αεροζόλ (αερολύματα);**
- Οι άνθρωποι παράγουν μεγάλες ποσότητες σωματιδίων κάτω των 5 μm καθώς αναπνέουν και μιλούν.

Δεδομένα από 15
επαγγελματίες λυρικούς
τραγουδιστές



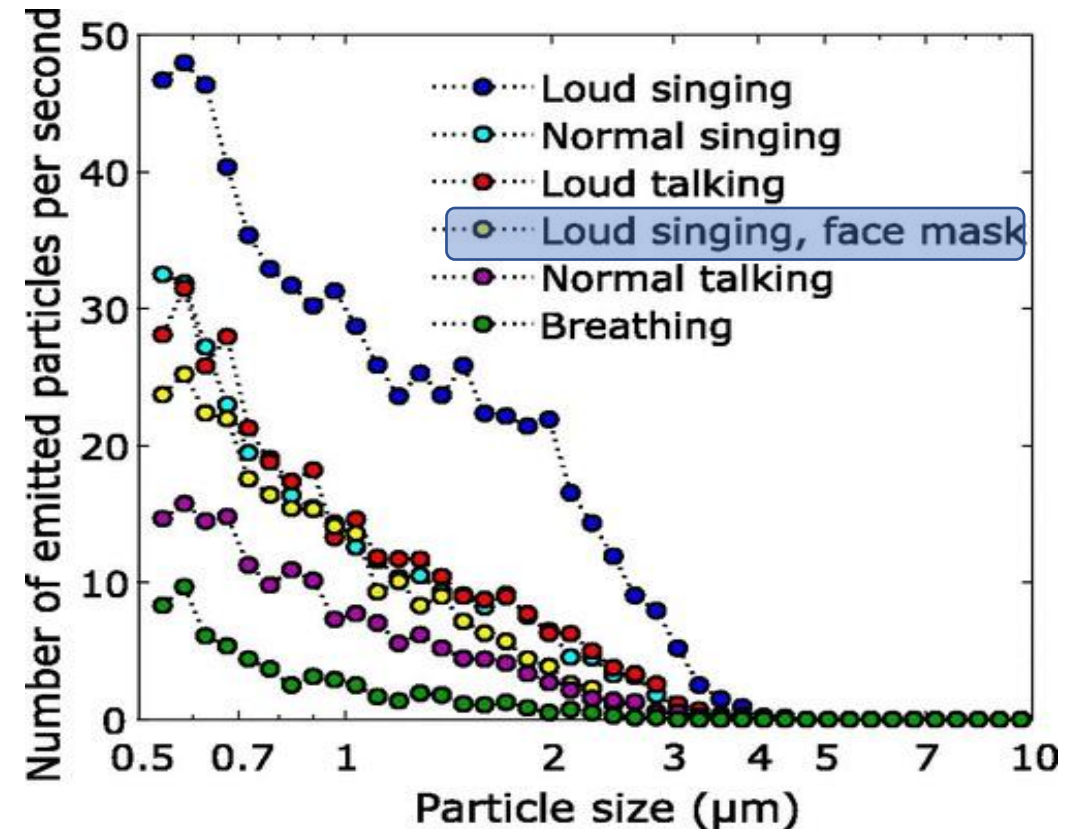
Aerosol Science and Technology

ISSN: (Print) (Online) Journal homepage: <https://www.tandfonline.com/loi/uast20>



Exhaled respiratory particles during singing and talking

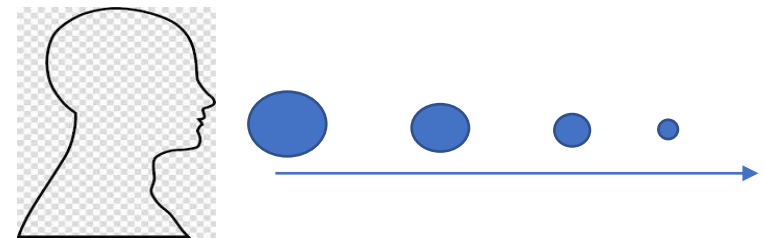
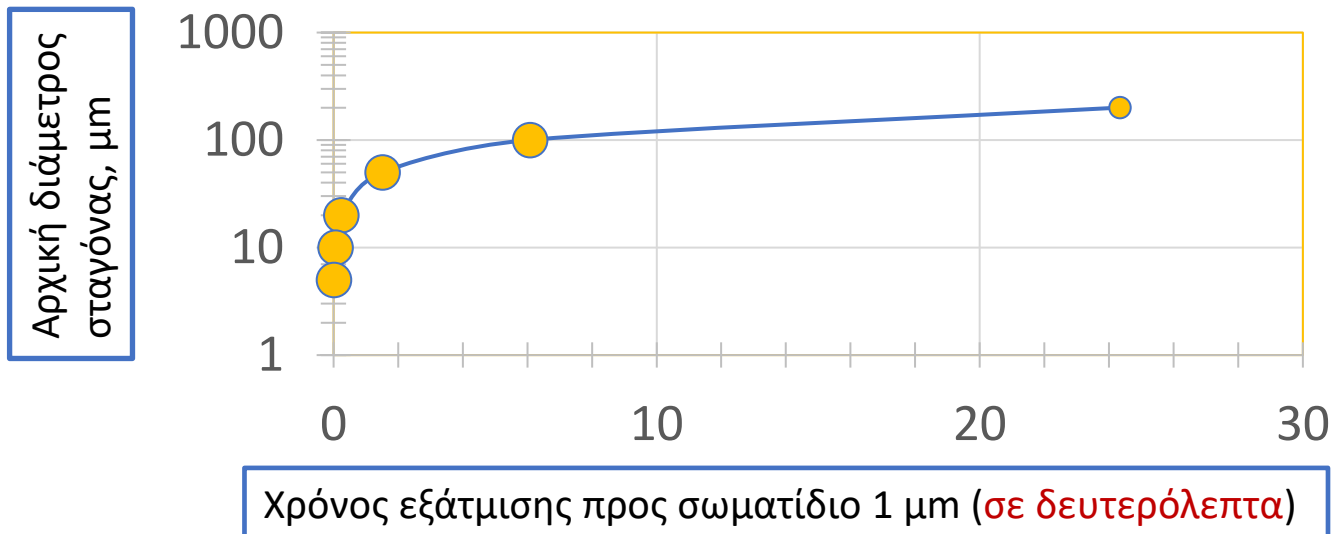
M. Alsvéd, A. Matamis, R. Bohlin, M. Richter, P.-E. Bengtsson, C.-J. Fraenkel, P. Medstrand & J. Löndahl



Αερομεταφερόμενη μετάδοση

- Αυτά τα εκπνεόμενα σωματίδια έχουν τυπικά **διάμετρο περίπου 1 μm η μικρότερη**, και επομένως **είναι αόρατα με γυμνό μάτι**.
- Ακόμα και τα μεγαλύτερα σωματίδια που παράγονται από τον βήχα και το φτέρνισμα είτε **πέφτουν στο έδαφος λόγω βαρύτητας μέσα σε λίγα δευτερόλεπτα**, είτε εξατμίζονται σε πολύ μικρότερα μεγέθη, στην περιοχή του 1 μικρομέτρου ή λιγότερο, και **μένουν στον αέρα πολλές ώρες**.

Χρόνος εξάτμισης μιας σταγόνας προς
σωματίδιο 1 μm , σε συνθήκες 20 °C και 50% RH



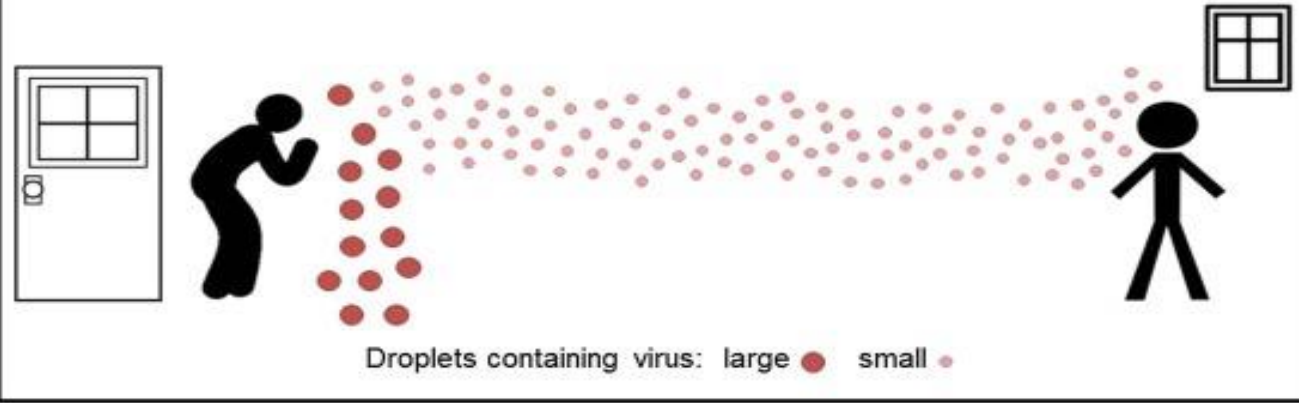
Αερομεταφερόμενη μετάδοση

- Αυτά τα μικρότερα σωματίδια ταξιδεύουν ελεύθερα στον αέρα και μεταφέρουν το ιογενές τους περιεχόμενο εκατοντάδες μέτρα από το σημείο εκπομπής τους.

Πόσο μακριά μπορούν να εκτοξευθούν τα σωματίδια παραγόμενα από βήχα ή φτέρνισμα;

<u>dp (um)</u>	<u>Stopping Distance (cm)</u>
0.1	6.17E-05
0.5	1.54E-03
1	6.17E-03
5	0.15
10	0.61
20	2.47
50	15.4
100	61.7
200	247

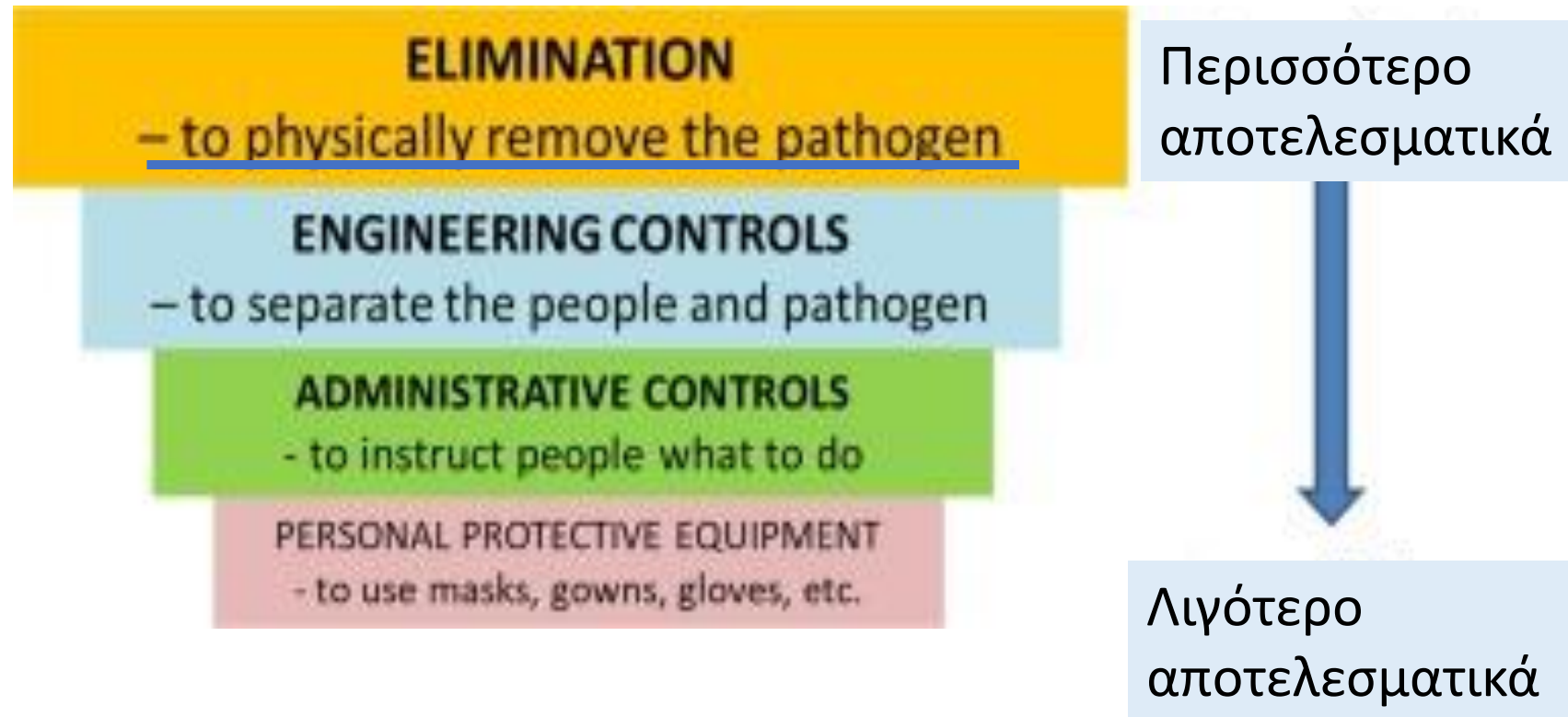
Morawska et al., 2020



Πόσο χρόνο μπορούν να παραμείνουν στον αέρα;

<u>dp (um)</u>	<u>Time (seconds)</u>	<u>Time (hours)</u>
0.1	6.61E+06	1.83E+03
0.5	2.64E+05	7.34E+01
1	6610	1.83E+01
5	2640	7.34E-01
10	661	1.83E-01
20	165	4.59E-02
50	26.4	7.34E-03
100	6.61	1.83E-03
200	1.65	4.59E-04

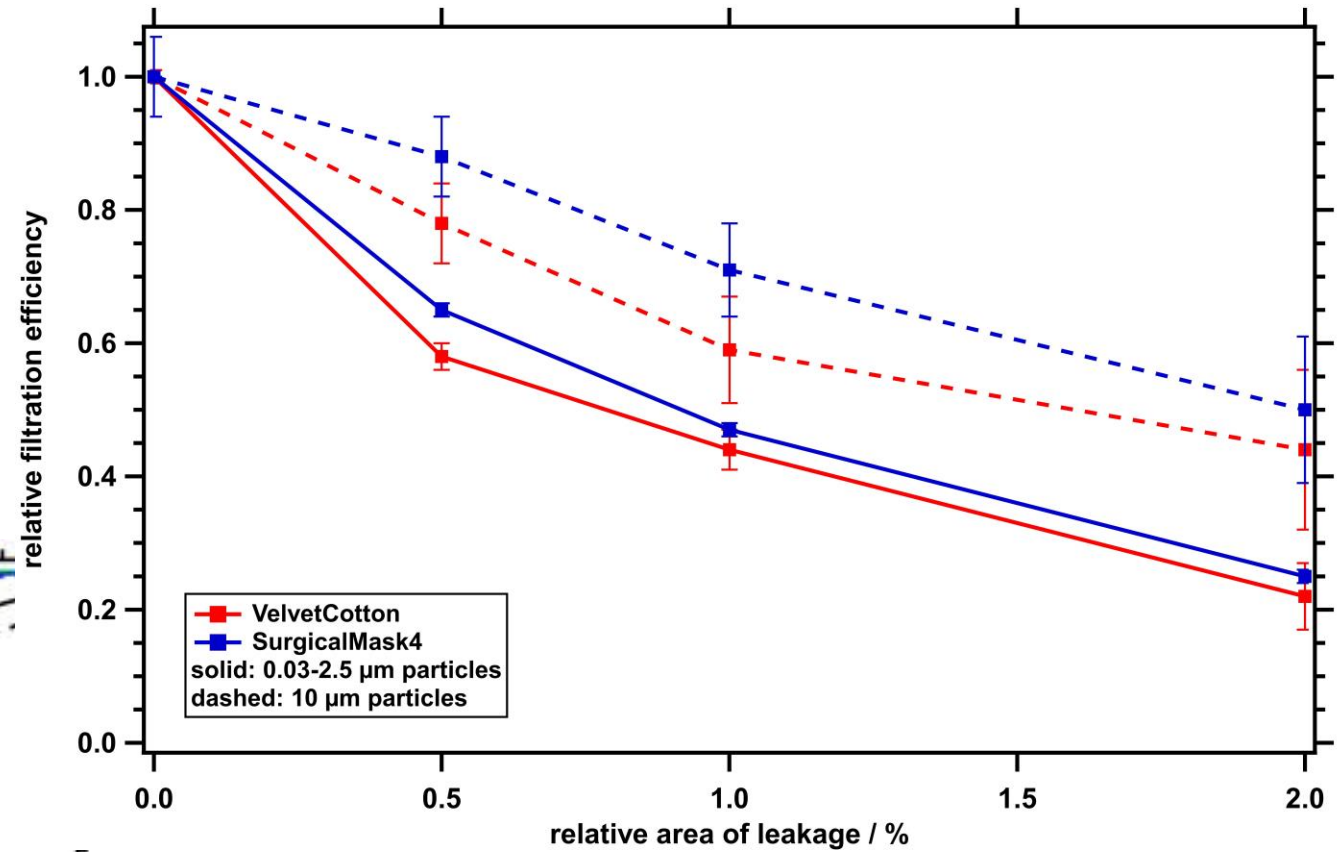
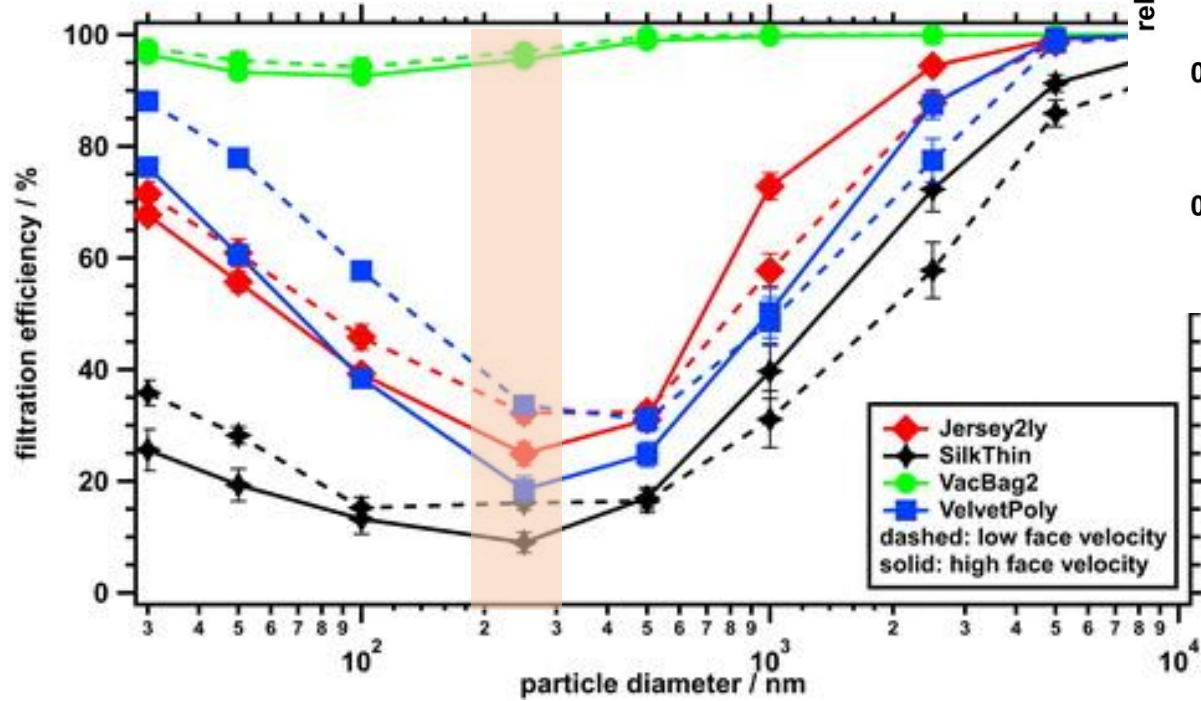
Τι μπορούμε λοιπόν να κάνουμε απουσία ενός αποτελεσματικού και ευρέως διαθέσιμου εμβολίου για την αύξηση της προστασίας του κοινού από τη μόλυνση Covid-19;



Παραδοσιακή **πυραμίδα μέτρων ελέγχου μόλυνσης**, **US Centers for Disease Control** ([CDC, 2015](#)).

Aerosol filtration efficiency of household materials for homemade face masks: Influence of material properties, particle size, particle electrical charge, face velocity, and leaks

Frank Drewnick, Julia Pikmann, Friederike Fachinger, Lasse Moormann, Fiona Sprang & Stephan Borrmann

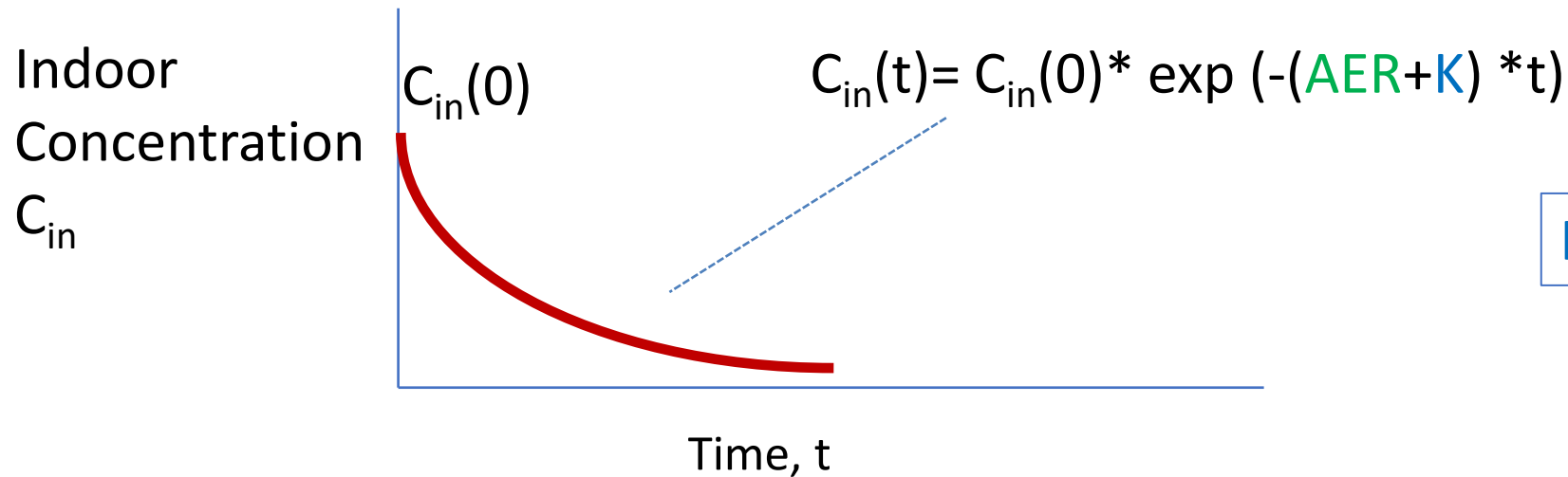


Ένα απλό κενό 2% μεταξύ μάσκας και προσώπου **μειώνει την αποτελεσματικότητα** της μάσκας σε λιγότερο από 30%

Απόδοση φιλτραρίσματος αερολύματος (σωματιδίων) από τυπικές μάσκες προσώπου

Η σημασία του εξαερισμού και καθαρισμού αέρα εσωτερικών χώρων

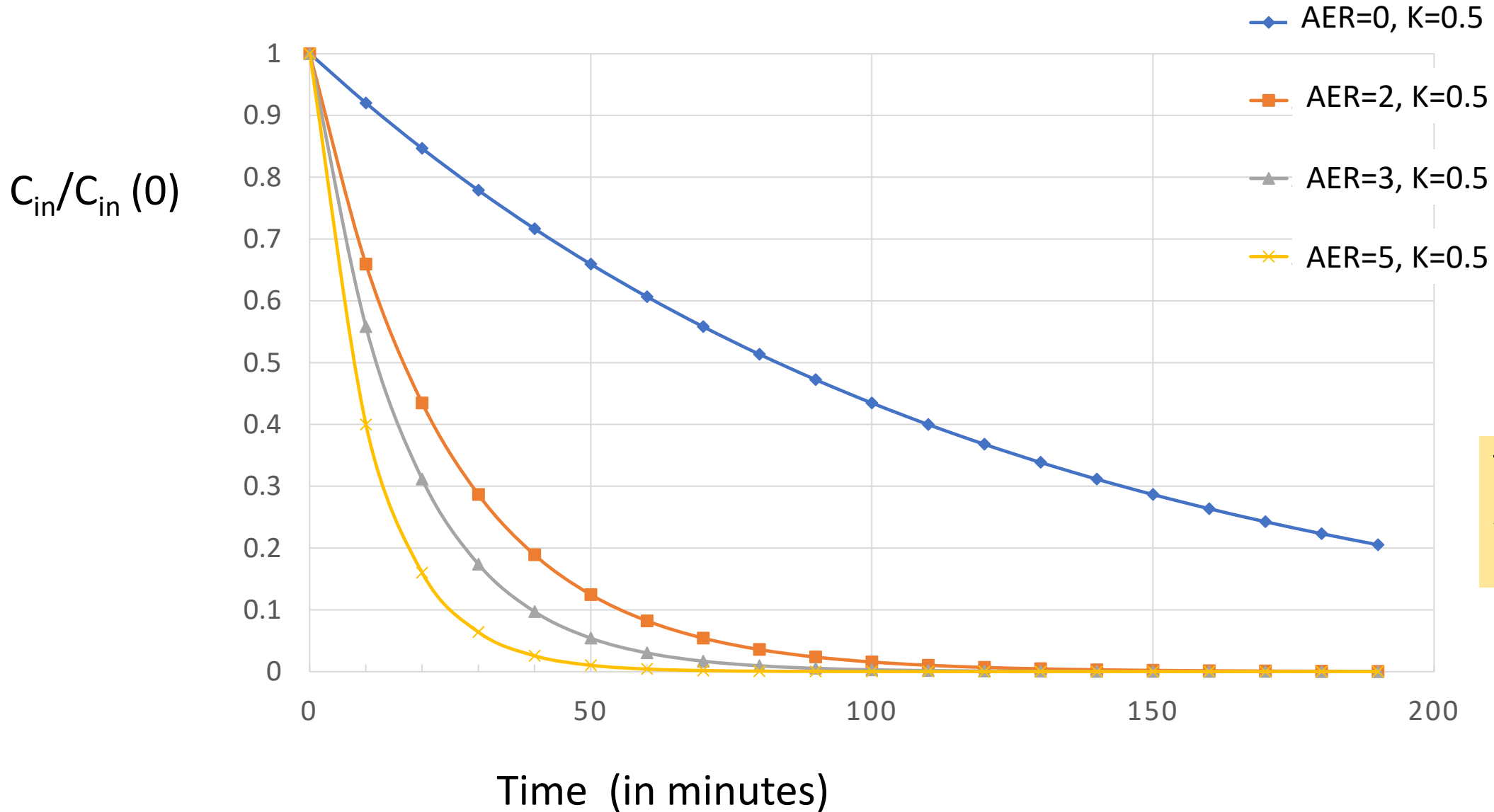
Για κάθε εσωτερικό ατμοσφαιρικό ρύπο, ο ρυθμός μείωσης της συγκέντρωσής του από μια αρχική τιμή $C_{in}(0)$ είναι:



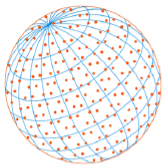
$$AER = \text{Air Exchange Rate} = \frac{\text{Ροή Εξαερισμού ανά Ώρα}}{\text{Όγκος Εσωτερικού Χώρου}}$$

$AER \text{ (hr}^{-1}\text{)}$ είναι επίσης ο **αντίστροφος χρόνος παραμονής** ενός ρύπου σε εσωτερικούς χώρους (AER συνήθως $1 - 2 \text{ hr}^{-1}$)

Μείωση της αρχικής εσωτερικής συγκέντρωσης ως
συνάρτηση του χρόνου για **διάφορες τιμές AER** και
 $K = 0,5 \text{ h}^{-1}$



Τυπικές τιμές
AER ~ 1 to 2
(max) hr⁻¹



Air Recirculation Role in the Spread of COVID-19 Onboard the Diamond Princess Cruise Ship during a Quarantine Period

Orouba Almilaji^{1,2*}

¹ Medical Science and Public Health Department, Bournemouth University, Bournemouth, UK

² Department of Population Health Sciences, School of Population Health & Environmental Sciences, Faculty of Life Science and Medicine, King's College London, London, UK

Special Issue:
Special Issue on COVID-19 Aerosol
Drivers, Impacts and Mitigation (XII)

- Μετά την 5^η ημέρα απομόνωσης στις καμπίνες έχουν εκδηλωθεί πια αρκετά περιστατικά για να κυκλοφορεί ένα ικανό ιικό φορτίο στο κλειστό σύστημα εξαερισμού.

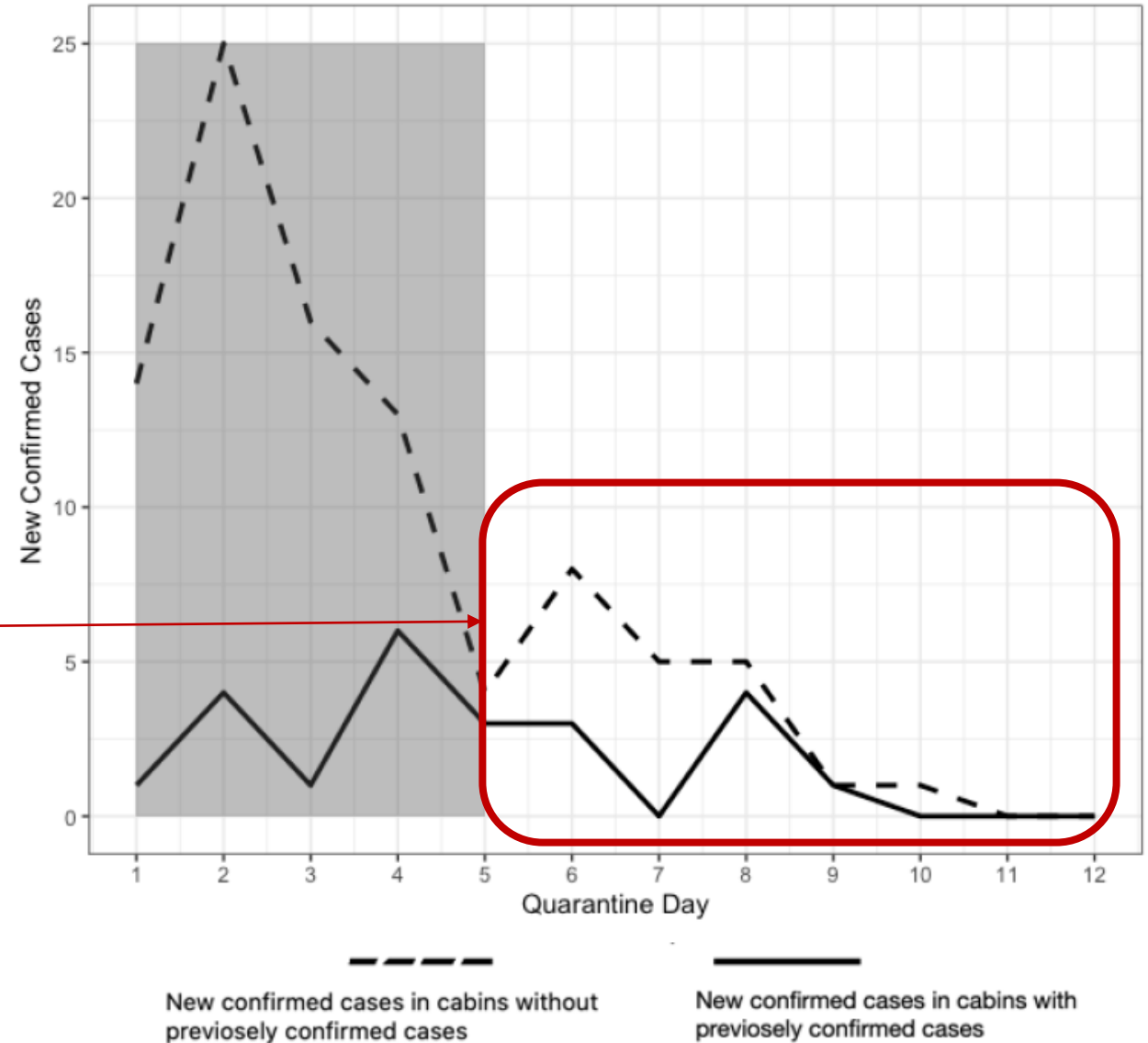


Fig. 1. Observed number of new confirmed cases by quarantine day and per cabins type (data in the grey area was not used in the statistical calculation).



Airborne transmission of SARS-CoV-2: The world should face the reality

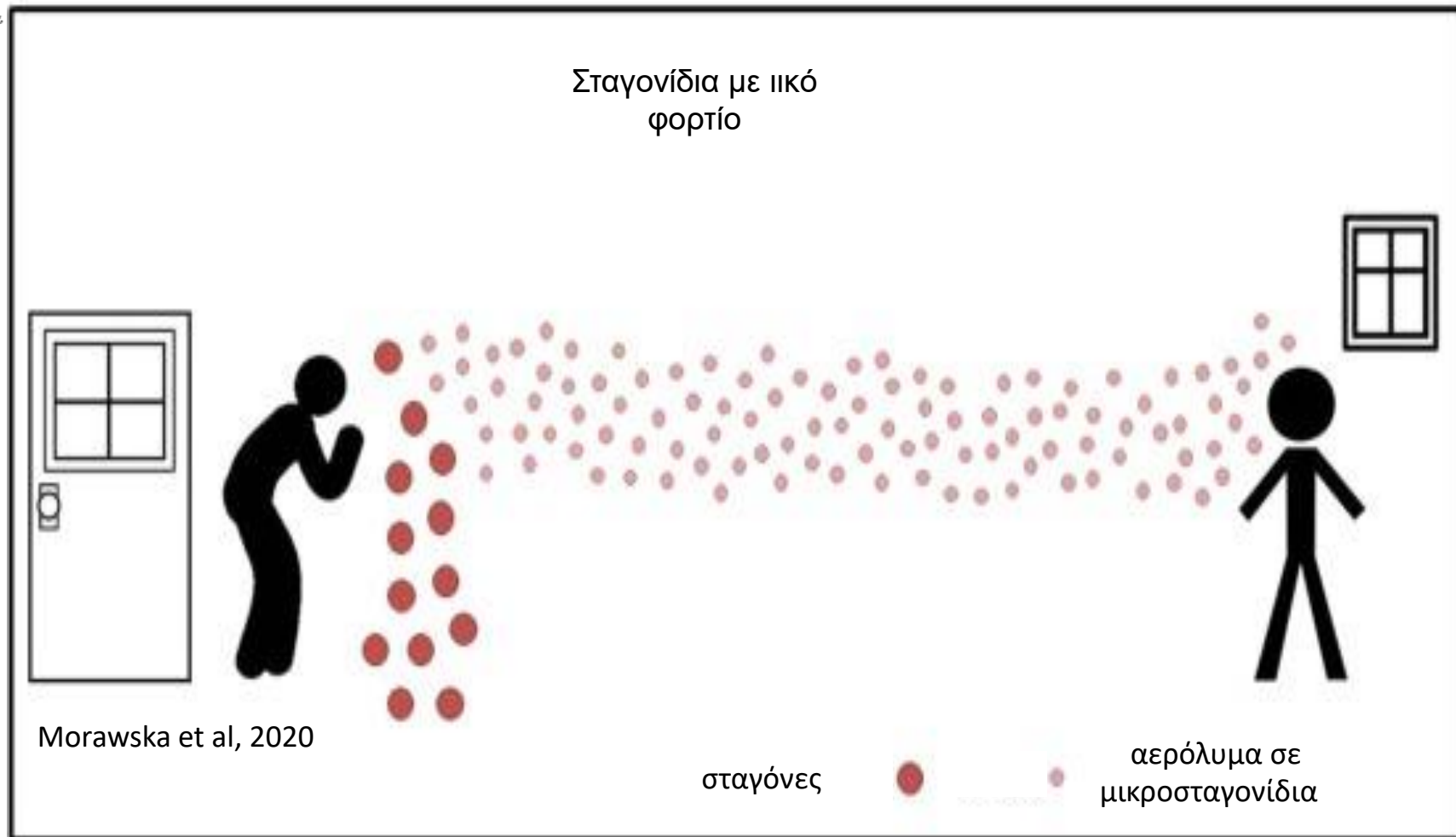
Lidia Morawska^{a,*}, Junji Cao^b

^a International Laboratory for Air Quality and Health (ILAQH), School of Earth and Atmospheric Sciences, Queensland University of Technology, Brisbane, Queensland 4001, Australia

^b Key Lab of Aerosol Chemistry & Physics (KLACP), Chinese Academy of Sciences, Beijing,



Χωρίς μέτρα διαχείρισης αέρα



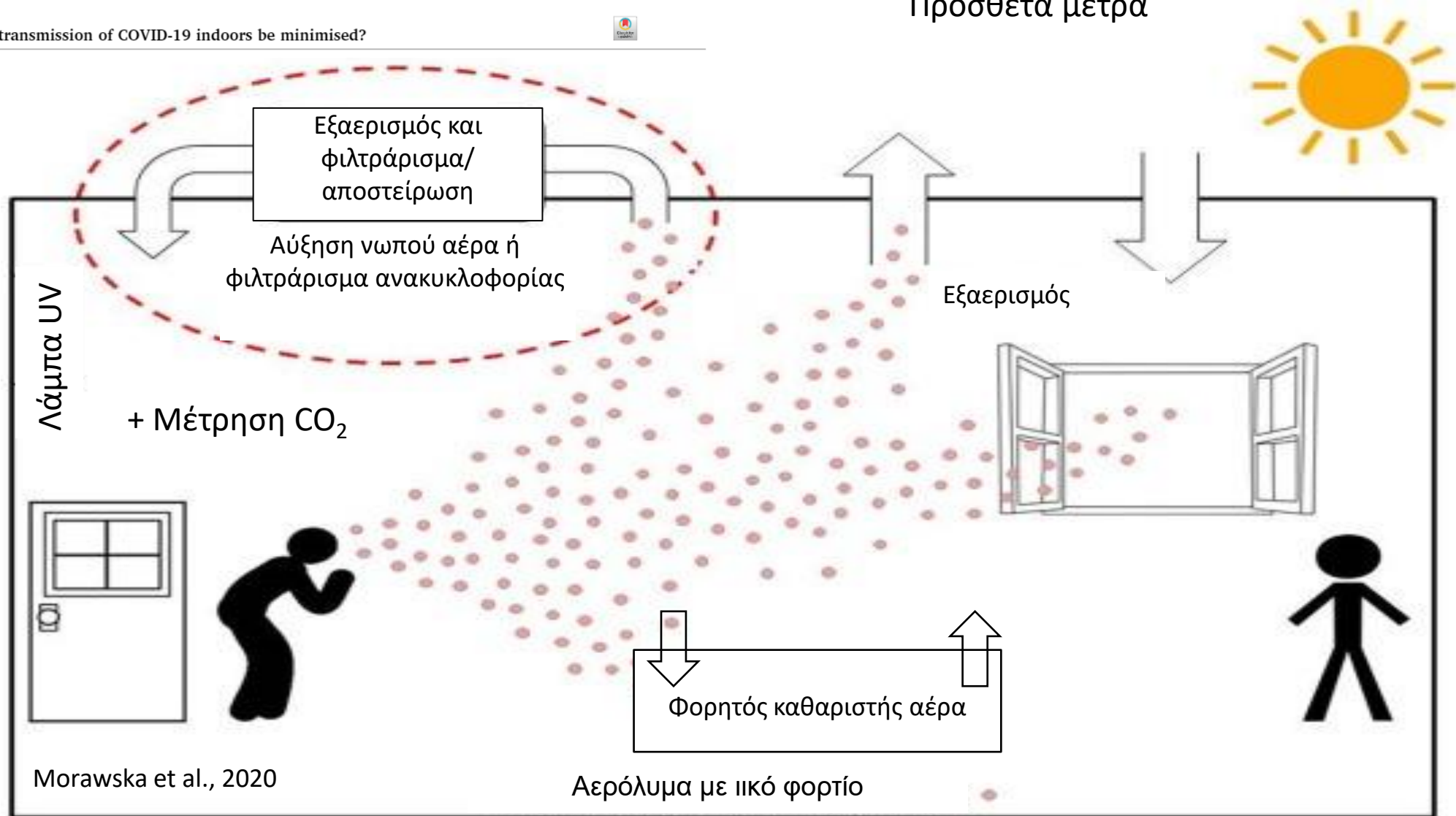


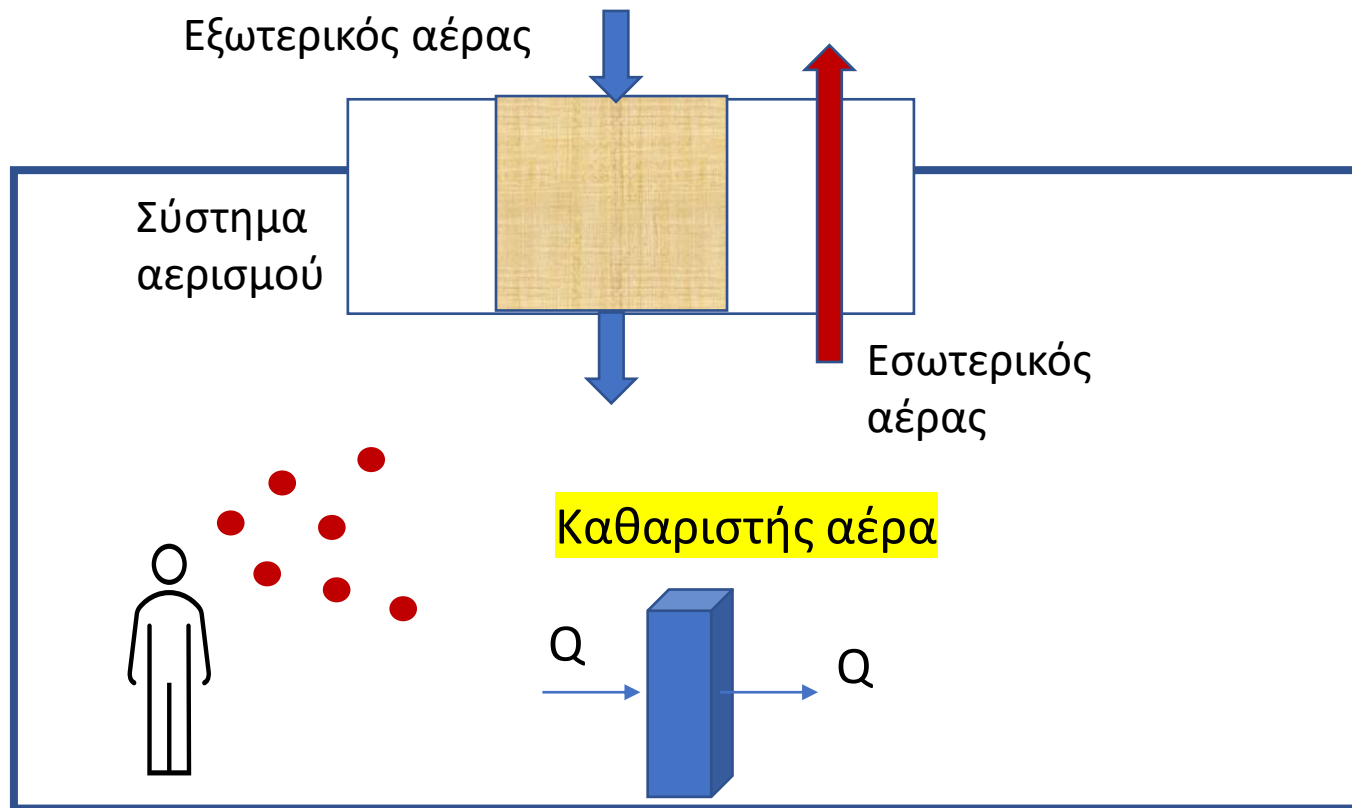
Correspondence

How can airborne transmission of COVID-19 indoors be minimised?

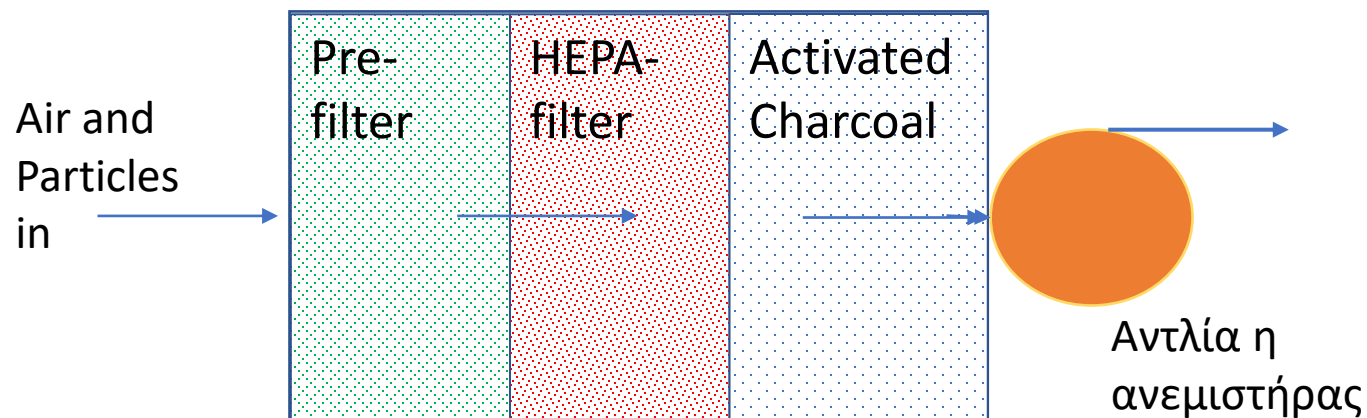
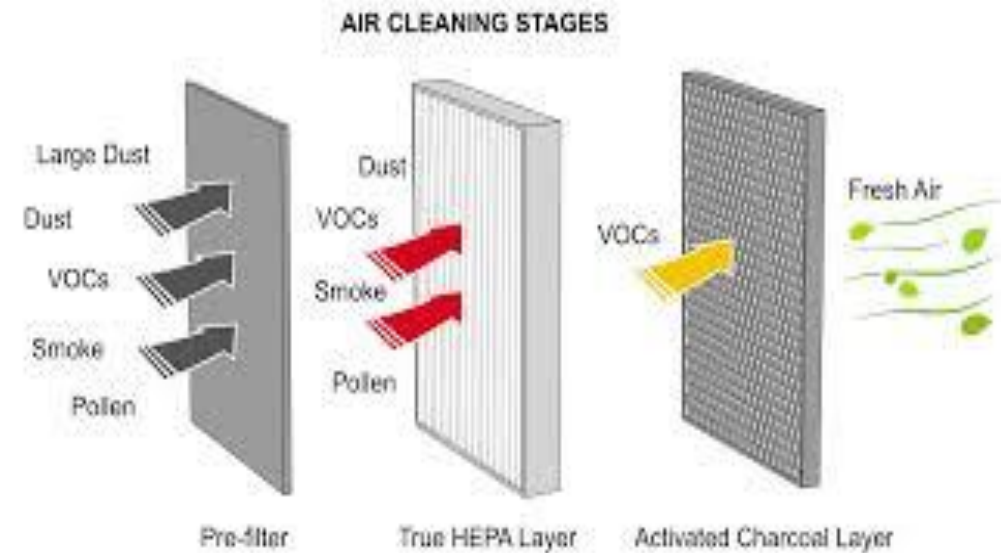


Πρόσθετα μέτρα





Ενίσχυση του συστήματος εξαερισμού με καθαριστές αέρα



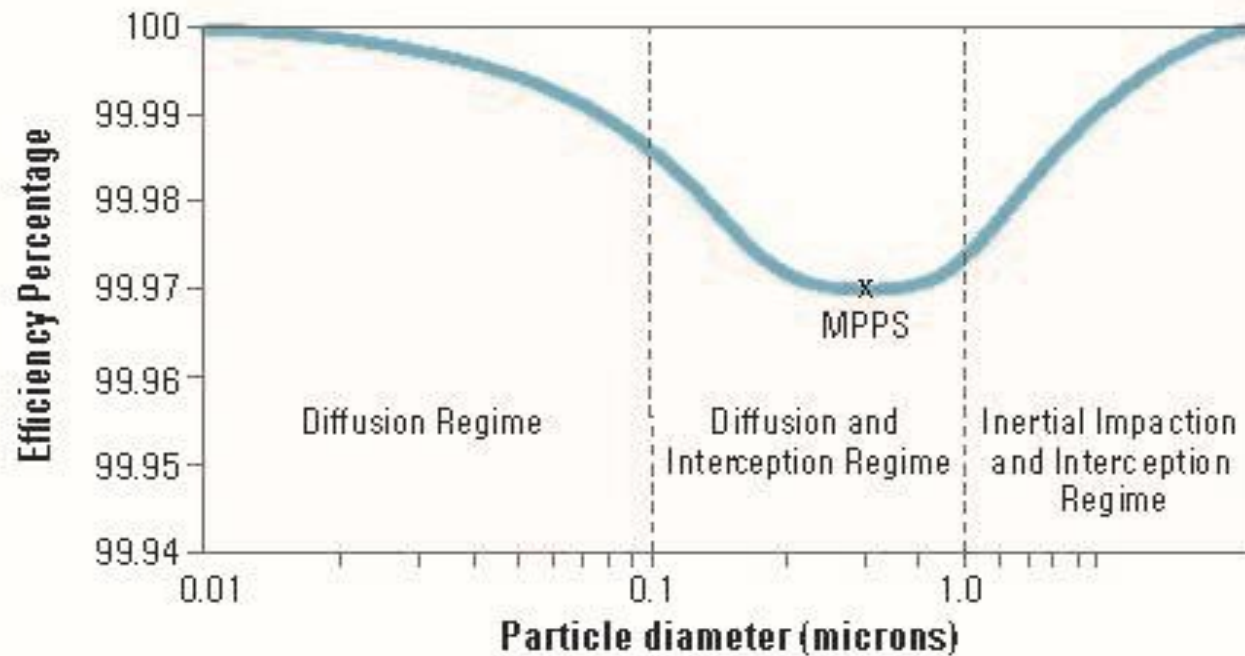
Δεν είναι ιονιστές!

Η καρδιά της τεχνολογίας είναι το **HEPA filter** (*see next slide*)

Q : Ροή δειγματοληψίας (m^3/hr)

V: όγκος εσωτερικού χώρου (m^3)

Q/V : very important parameter



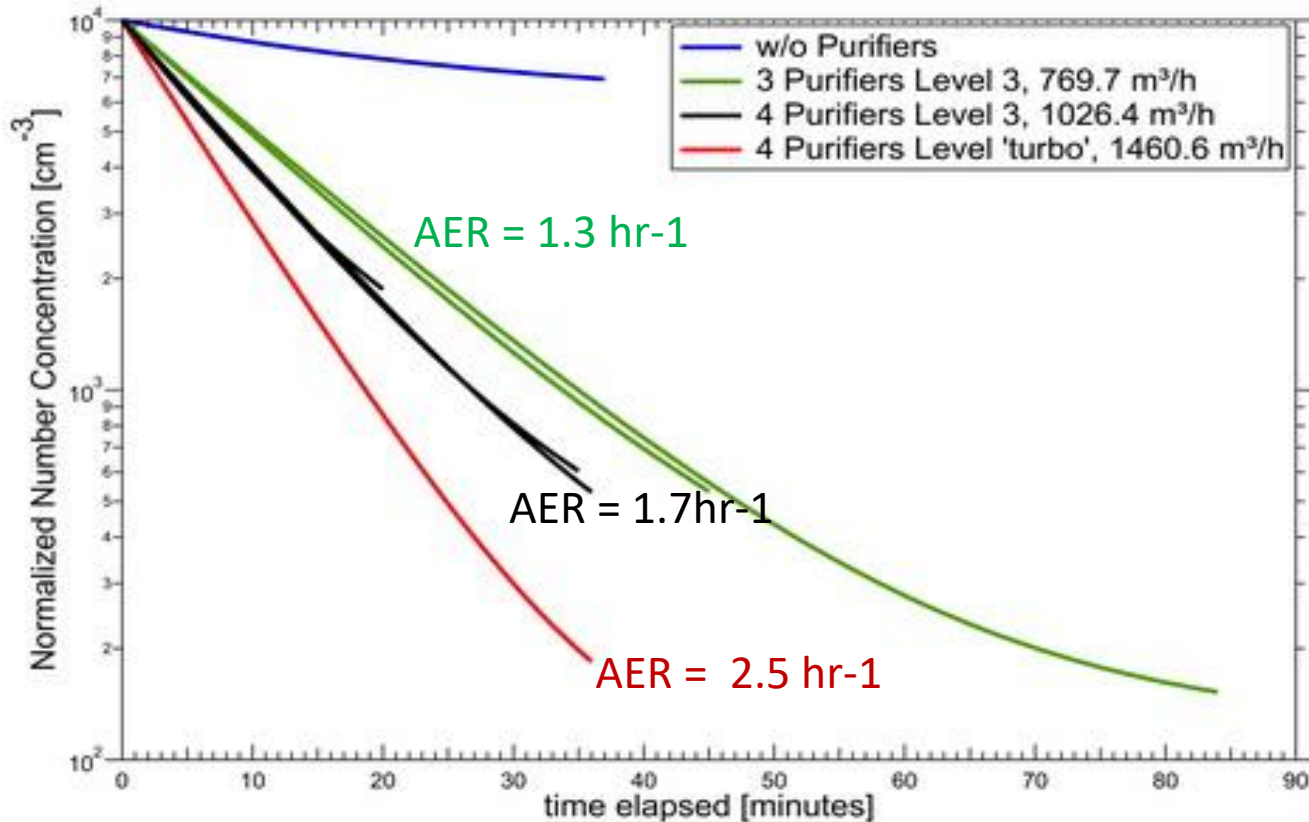
Τα φίλτρα HEPA μπορούν να απομακρύνουν τουλάχιστον το 99.97% της σκόνης, γύρης, μούχλας και βακτηρίων και γενικά τα αιωρούμενα σωματίδια με διάμετρο 0.3 μm .

Η διάμετρος αναφορά των 0.3 μm microns αντιστοιχεί στη χειρότερη περίπτωση των πιο διεισδυτικών σωματιδίων. Τα μεγαλύτερα ή μικρότερα σωματίδια παγιδεύονται με ακόμα μεγαλύτερη απόδοση.

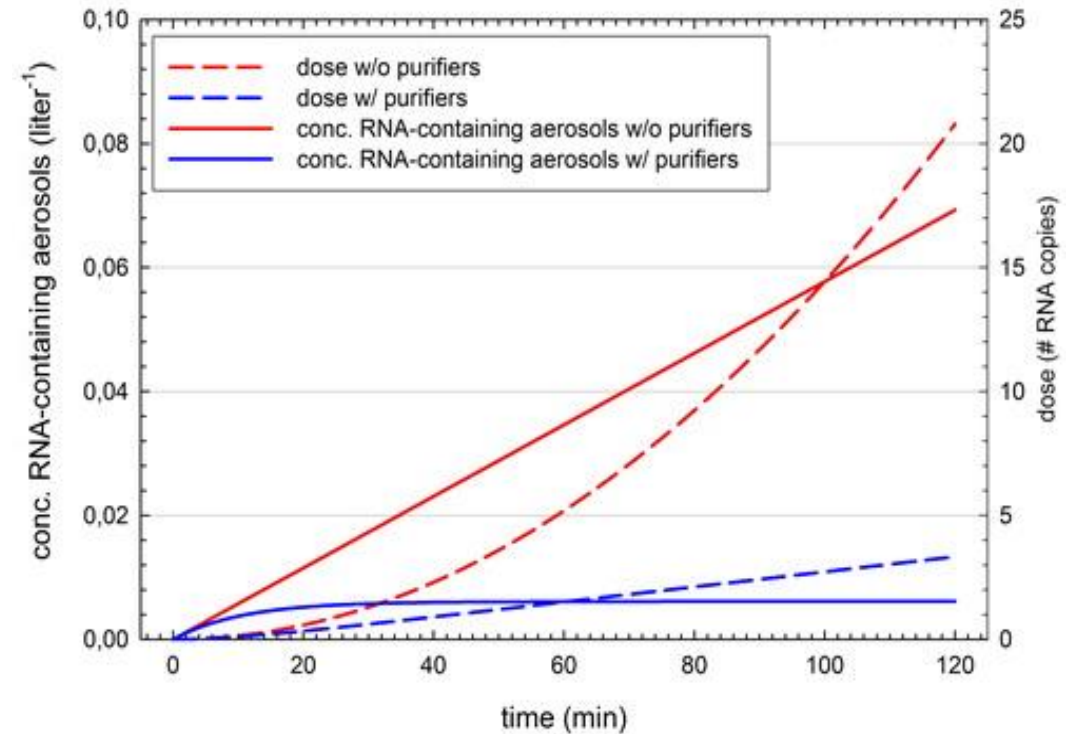
ΠΗΓΗ: US EPA : <https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq/what-hepa-filter-1>

Testing mobile air purifiers in a school classroom: Reducing the airborne transmission risk for SARS-CoV-2

J. Curtius, M. Granzin & J. Schrod



Παρουσία σε κλειστό χώρο ισχυρά μολυσματικού ατόμου



Οι διακεκομμένες γραμμές δείχνουν την εκτιμώμενη εισπνεόμενη δόση ιού από 1 άτομο σε διάστημα 2 ωρών.

- Για μόλυνση υγιούς ατόμου συνήθως απαιτούνται τουλάχιστον **10 – 50 RNA copies**.

Μερικά συμπεράσματα και συστάσεις:

- 1) Η αερομεταφερόμενη μετάδοση είναι πολύ σημαντικός τρόπος (μάλλον ο πιο σημαντικός τρόπος) μετάδοσης της Covid-19.
- 2) Η χρήση μάσκας προσώπου προσφέρει περιορισμένη προστασία, ιδιαίτερα σε εσωτερικούς χώρους με υψηλή συνάθροιση ατόμων.
- 3) Η χρήση καθαριστών αέρα εσωτερικού χώρου και αποτελεσματικών συστημάτων εξαερισμού είναι επιτακτική για την προστασία του κοινού από την Covid19, ειδικά καθώς μπαίνουμε στο χειμώνα, αλλά και το καλοκαίρι όταν πρόκειται για κλιματιζόμενους εσωτερικούς χώρους.
- 4) Η χρήση αυτών των συστημάτων θα πρέπει να συσταθεί από τις αρμόδιες αρχές ως απολύτως απαραίτητη για την δημόσια προστασία σε χώρους όπως ιατρεία, νοσοκομεία, εστίαση, σχολεία, μέσα μαζικής μεταφοράς, πολυκαταστήματα, χώρους εργασίας.
- 5) Επίσης η προστασία αυτών των συστημάτων καθαρισμού δεν είναι μόνο ενάντια στην Covid19, αλλά και εναντίον της γρίπης, αλλεργιών, καθώς και της αέριας ρύπανσης που είναι υπεύθυνη για 8 με 9 εκατομμύρια θανάτους παγκοσμίως κάθε χρόνο.

Άλλες δράσεις:

- Ενημερωτικό video 18 λεπτών σε συνεργασία με την **ΕΝΘΕ - Εταιρεία Νοσημάτων Θώρακος Ελλάδος**

<https://www.youtube.com/watch?v=CTQKnRoYk0w&feature=youtu.be&fbclid=IwAR1oQrcdjBpN1NrxBJIXmRYivhXNPWirxTh7CAkr6jEyzG3oIVgEi-jkOpY>

- Επιστολή στον Πρωθυπουργό , τον Υπουργό Υγείας και τον Πρόεδρο του ΕΟΔΥ



Η σημασία του εξαερισμού και του καθαρισμού αέρα εσωτερικού χώρου στην αποτελεσματική αντιμετώπιση του Covid19

Constantinos Sioutas, ScD, Fred Champion Professor, Department of Civil & Environmental Engineering, University of Southern California, 3620 South Vermont Avenue, Los Angeles, CA 90089, USA

Μέχρι σήμερα, η παγκόσμια πανδημία COVID-19 που προκαλείται από τον ιό SARS-CoV-2 είχε ως αποτέλεσμα περισσότερα από 47 εκατομμύρια επιβεβαιωμένα κρούσματα και περισσότερους από 1.2 εκατομμύριο θανάτους (έκθεση του ΠΟΥ, 2020). Μια από τις σημαντικότερες ερωτήσεις που απασχολούν την ιατρική κοινότητα είναι γιατί είναι τόσο μεταδοτικός ο ιός. Πώς ακριβώς γίνεται η μετάδοση του COVID-19; Υπάρχουν οι άμεσοι ή έμμεσοι τρόποι "επαφής», δηλαδή ένα άτομο να αγγίξει τον εαυτό του έχοντας αγγίξει μια μολυσμένη από τον ιό επιφάνεια, είτε η επαφή από άτομο σε άτομο μεταξύ φορέων και υγιών ατόμων. Η λιγότερο προφανής airborne transmission (μετάδοση μέσω αέρα) μπορεί να πραγματοποιηθεί με δύο διαφορετικούς τρόπους και δεν απαιτεί φυσική επαφή μεταξύ κρουσμάτων και υγιών ατόμων. Κατά τη διάρκεια ενός φταρνίσματος ή βήχα, γίνεται «ψεκασμός σταγονιδίων» συνήθως με διάμετρο μεγαλύτερη των 5 μm εκπεμπόμενα από τον φορέα του ιού σε ένα άλλο άτομο (1).

Ένα άτομο επίσης μπορεί να εισπνεύσει μικροσκοπικά σωματίδια αερολύματος που αποτελούνται από τα στερεά κατάλοιπα συστατικά των εξατμισμένων σταγονιδίων φταρνίσματος ή βήχα, τα οποία είναι αρκετά μικρά (<5 μm) για να παραμείνουν στον αέρα για ώρες. Η περισσότερη έρευνα για τις αερομεταφερόμενες ασθένειες πριν από την τρέχουσα πανδημία είχε επικεντρωθεί σε «βίαια» φαινόμενα εκπνοής, όπως το φτέρνισμα και ο βήχας. Λιγότερη προσοχή έχει δοθεί στη μετάδοση αερολύματος (aerosol), αλλά υπάρχουν σημαντικοί λόγοι να υποψιαζόμαστε ότι αυτός ο τρόπος μετάδοσης παίζει σημαντικό ρόλο στην υψηλή μεταδοτικότητα του COVID-19. Χρειάστηκε χρόνος για τους aerosol experts να πείσουν την ιατρική κοινότητα ότι, λόγω του μικρού μεγέθους των αερολυμάτων και της δυνατότητας τους να παραμείνουν στον αέρα αρκετές ώρες, σε συνδυασμό επίσης με την ανεπαρκή γνώση για την μετάδοση του COVID-19 μέσω σταγονιδίων, απαιτείται επανεξέταση του τρόπου με τον οποίο διαδίδεται ο COVID-19. Η κρίσιμη στιγμή ήρθε με τη δημοσίευση ενός "challenge document" με τίτλο "Είναι ώρα να αντιμετωπιστεί η μεταβίβαση μέσω του αέρα του COVID-19." την 6η Ιουλίου, απευθυνόμενο στον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας, υπογεγραμμένο από 239 διακεκριμένους aerosol επιστήμονες από όλο τον πλανήτη. (2) Τρεις μήνες αργότερα, η θέση του ΠΟΥ έχει αλλάξει και αναγνωρίζουν ότι η αερομεταφερόμενη μετάδοση μπορεί να παίζει σημαντικό ρόλο.

Αλλά εάν οι προ συμπτωμάτων ή ασυμπτωματικοί φορείς του ιού δεν φτερνίζονται ή βήχουν, πώς παράγουν αεροζόλ (αερολύματα); Οι άνθρωποι παράγουν μεγάλες ποσότητες σωματιδίων κάτω των 5 μm καθώς αναπνέουν και μιλούν. Αυτά τα εκπεμπόμενα σωματίδια έχουν τυπικά διάμετρο περίπου 1 μm η μικρότερη, και επομένως είναι αόρατα με γυμνό μάτι. Οι περισσότεροι άνθρωποι που δεν είναι εξοικειωμένοι με τα αερολύματα δεν γνωρίζουν καν ότι υπάρχουν. Ακόμα και τα μεγαλύτερα σωματίδια που παράγονται από τον βήχα και το φτέρνισμα είτε πέφτουν στο έδαφος λόγω βαρύτητας μέσα σε λίγα δευτερόλεπτα, είτε εξατμίζονται σε πολύ μικρότερα μεγέθη, στην περιοχή του 1 μικρομέτρου ή λιγότερο, και μένουν στον αέρα πολλές ώρες. Αυτά τα μικρότερα σωματίδια ταξιδεύουν ελεύθερα στον αέρα και μεταφέρουν το ιογενές τους περιεχόμενο δεκάδες μέτρα από το σημείο εκπομπής τους.

Τι μπορούμε λοιπόν να κάνουμε ελλείψει ενός αποτελεσματικού και ευρέως διαθέσιμου εμβολίου για την αύξηση της προστασίας του κοινού από τη μόλυνση Covid-19? Τα μέτρα που έχουν

- Επιστολή (position letter) της **Hellenic Association for Aerosol Research** στην Καθημερινή και στην ιστοσελίδα της εταιρίας:

<https://www.kathimerini.gr/society/561246478/poia-metra-proteinoy-n-oi-eidiko-i-gia-toys-kleistoys-choroys/>

<http://hellenic-aerosol.org/covid19>

The screenshot shows a web browser window with the URL http://hellenic-aerosol.org/covid19/15_facing_covid_19. The browser's address bar shows "Not secure | hellenic-aerosol.org/covid19/15_facing_covid_19". The website's header features the logo "H:A:A:R" and a language selector set to "ENG". A navigation menu on the left includes links for "ΣΧΕΤΙΚΑ", "ΜΕΛΗ", "ΚΑΤΑΣΤΑΤΙΚΟ", "ΙΑC 2022", and "COVID-19". Below the menu, there are sections for "ΑΝΑΚΟΙΝΩΣΕΙΣ", "ΕΡΓΑΣΙΑ", "ΣΥΜΜΕΤΟΧΗ", and "ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ". The main content area is titled "Αντιμετώπιση του Covid-19" and contains the following text:

Η σημασία του εξαερισμού και του καθαρισμού αέρα εσωτερικού χώρου στην αποτελεσματική αντιμετώπιση του Covid-19

Πριν από την τρέχουσα πανδημία, η έρευνα για τις ασθένειες που μεταδίδονται μέσω του αέρα είχε επικεντρωθεί σε «βίαια» φαινόμενα εκπνοής, όπως το φτέρνισμα και ο βήχας. Τα σταγονίδια που εκπέμπονται με το φτέρνισμα, το βήχα αλλά και την ομιλία ενός ατόμου (1,2) και φέρουν τον ιό χάνουν ένα μεγάλο ποσοστό του νερού τους και σε κλάσματα του δευτερολέπτου μετά την εκπομπή τους συρρικνώνονται σε μικροσκοπικά σωματίδια αερολύματος με διάμετρο λίγα μικρόμετρα (ή ακόμα λιγότερο) (2).

At the bottom left, there is a copyright notice: "© 2012–2021 Ελληνική Εταιρία Έρευνας Αερολυμάτων. All rights reserved. [Terms and conditions](#)".