

Interreg

Ελλάδα-Κύπρος

Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης



ΜΟΥΣΕΙΑ II



ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΝΩΣΗ



ΔΕΣΜΟΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ



Ιστορικό Μουσείο Κρήτης - Διαδικτυακή Ημερίδα 27/11/2020

ΤΙΤΛΟΣ: ΜΟΥΣΕΙΑ II

Υπότιτλος: Αερομεταφερόμενοι μικροοργανισμοί στο Ιστορικό Μουσείο Κρήτης και μικροβιακές επικαθίσεις σε ευαίσθητα υλικά

Επιστημονική ομάδα: Καθ. Λαζαρίδης Μιχάλης, Καθ. Καλογεράκης Νικόλαος, Αν. Καθ. Κατσίβελα Ελευθερία, Δρ. Γλυτσός Θόδωρος, Δρ. Κοπανάκης Ηλίας, Δρ. Σαριδάκη Αγγελική, Msc. Ραΐση Λουΐζα

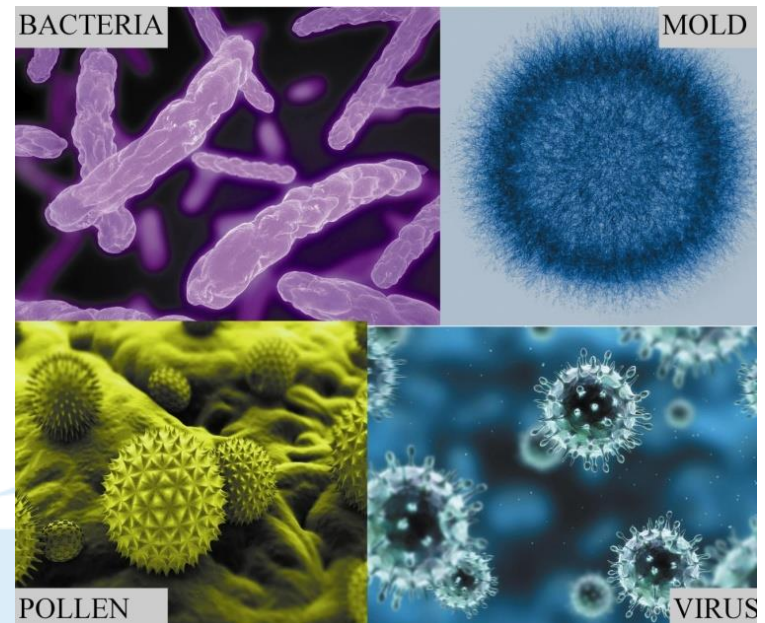
Παρουσίαση Αποτελεσμάτων

Προσδιορισμός της υφιστάμενης κατάστασης της ποιότητας αέρα στους εσωτερικούς χώρους του Ιστορικού Μουσείου Κρήτης (ΙΜΚ) στις καλοκαιρινές μετρήσεις 2018 και 2019
(20/06/18 έως 08/10/18 και 25/06/19 έως 17/09/19)

- Μετρήσεις αερομεταφερόμενων μικροοργανισμών
- Μετρήσεις μικροβιακών επικαθίσεων σε εκθέματα

Βιοαεροζόλ

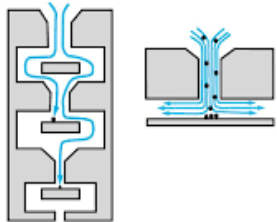
- Αερομεταφερόμενοι ζωντανοί ή νεκροί μικρο-οργανισμοί (π.χ. βακτήρια, μύκητες, ιοί)
- **Βιολογικής προέλευσης** αερομεταφερόμενα αιωρούμενα σωματίδια (π.χ. σπόρια μυκήτων και φυτών, γύρη ανθέων κ.ά.)
- μόρια (π.χ. DNA, RNA)
- πτητικές ενώσεις (προϊόντα μεταβολισμού οργανισμών π.χ. μυκοτοξίνες)



Μεθοδολογία μελέτης βιοαεροζόλ

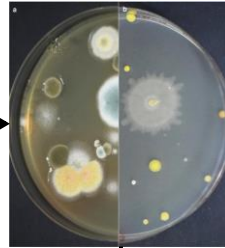


Δειγματολήπτης τύπου Andersen, 6 επιπέδων

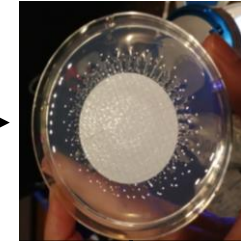


Επιλεκτικά θρεπτικά υποστρώματα

- Ετερότροφα βακτήρια
- Χημειοαυτότροφα βακτήρια
- Οξεοπαραγωγά βακτήρια
- Βακτήρια αποικοδομητές γλυκόζης
- Μύκητες



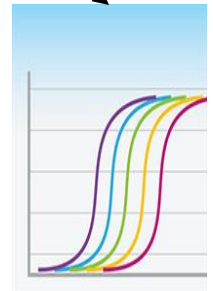
MAS-100



Απομόνωση DNA



NGS



qPCR

Κλασικές μικροβιολογικές αναλύσεις

Μοριακές αναλύσεις



Προσδιορισμός Αερομεταφερόμενων Μικροοργανισμών σε εσωτερικούς χώρους του ΙΜΚ με μικροβιολογικές μεθόδους

- Δειγματοληψία μικροοργανισμών σε αέρια δείγματα
- Καλλιέργεια μικροοργανισμών
- Καταμέτρηση αποικιών
- Υπολογισμός συγκέντρωσης σε μονάδες CFU/m³ αέρα

Ανά ημερομηνία και σημείο πραγματοποιήθηκαν 2 επαναλαμβανόμενες μετρήσεις

MAS-100



Δειγματολήπτες
Μικροβιακού Φορτίου
στον αέρα

Andersen 6-stages



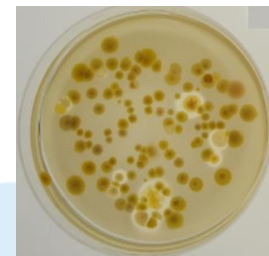
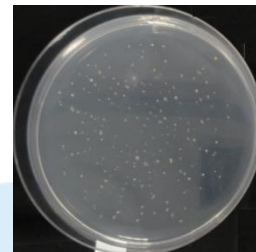
Διαχωρίζει τα
βιοαεροζολ
βάσει της
αεροδυναμικής
διαμέτρου τους
σε 6 επίπεδα

ΔΕΣΜΟΙ
ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ



Προσδιορισμός Αερομεταφερόμενων Μικροοργανισμών σε εσωτερικούς χώρους του ΙΜΚ με μικροβιολογικές μεθόδους

- Ετερότροφα βακτήρια, δυνητικά παθογόνα, ετερόχθονα
- Μεσόφιλοι μύκητες, γρήγορα αναπτυσσόμενοι
- Χημειοαυτότροφα, ολιγότροφα βακτήρια σε υπόστρωμα αλάτων χωρίς επιπλέον πηγή άνθρακα, ανήκουν στη φυσική μικροβιακή σύσταση του αέρα
- Οξεογόνα , ετερότροφα βακτήρια που μεταβολίζουν υδατάνθρακες (π.χ. τη γλυκόζη, την αιθανόλη κ.ά.) δημιουργώντας οξέα, όπως π.χ. οξικό οξύ (π.χ. οξικογόνα Gram(-) αερόβια βακτήρια (acetic acid bacteria), όπως Acetobacter κ.ά.)



Σημεία Δειγματοληψίας στο Ιστορικό Μουσείο Κρήτης



**Αίθουσα Ανδρέα
Καλοκαιρινού
(ισόγειο)**



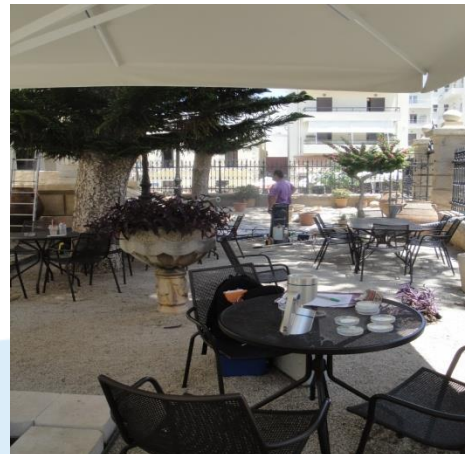
**Αίθουσα Ζ. Πορταλάκη
Βυζαντινές Εικόνες
(1^{ος} όροφος)**



**Αίθουσα Δομίνικου
Θεοτοκόπουλου (El Greco)
(1^{ος} όροφος)**



**Αίθουσα Λαογραφικής Έκθεσης
(2^{ος} όροφος)**



**Εξωτερικό Περιβάλλον
Προαύλιο
(ισόγειο-1^{ος} όροφος)**

ΔΕΣΜΟΙ
ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

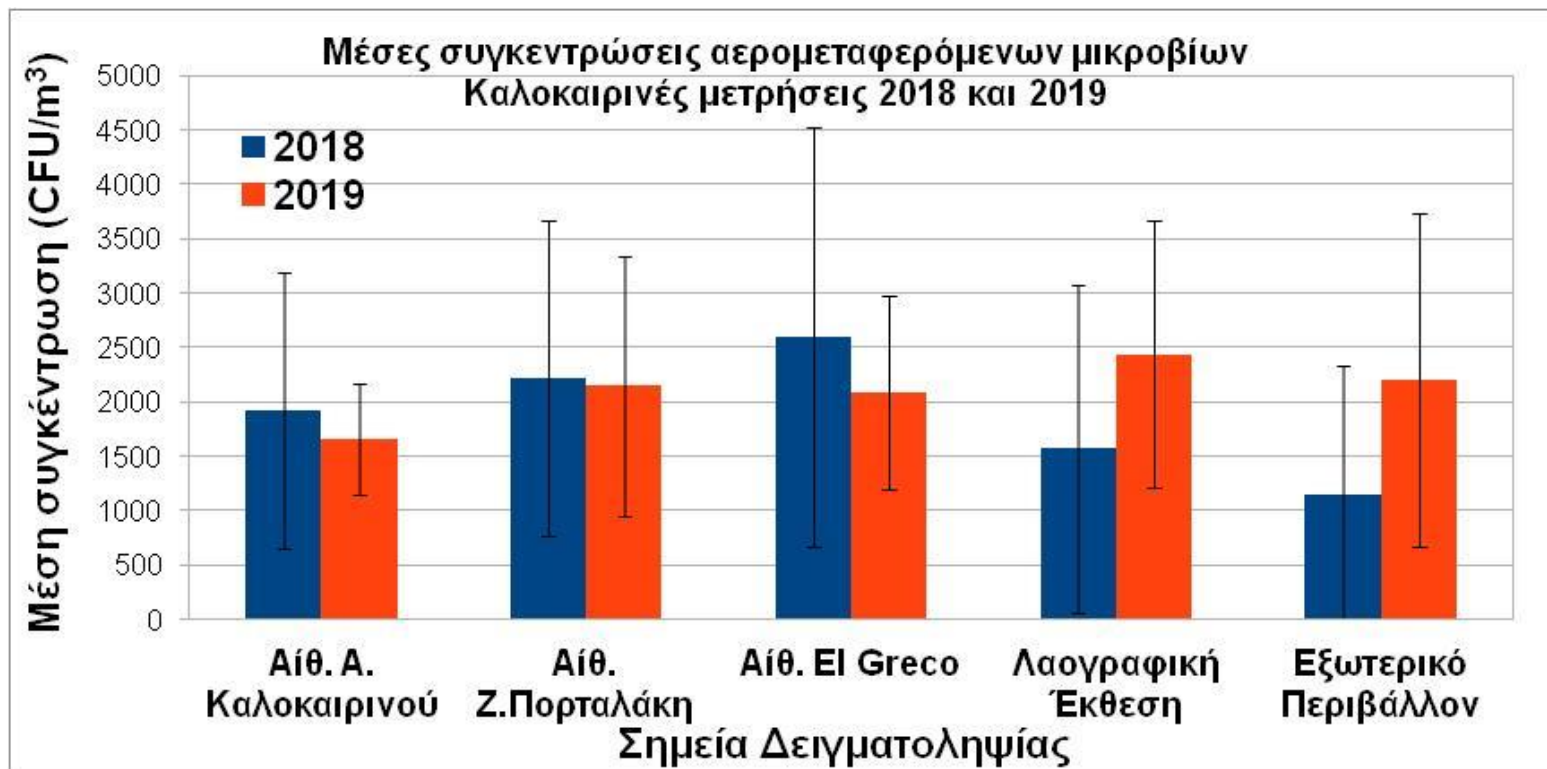
Στοιχεία αερισμού/κλιματισμού, συστημάτων καθαρισμού αέρα αιθουσών ΙΜΚ

Αίθουσα	Όροφος	Όγκος αίθουσας (m ³)	Φυσικός αερισμός (m ³ /h)	Ανακυκλο- φορία αέρα(m ³ /h)	Σύστημα καθαρισμού αέρα
Α. Καλοκαι- ρινού	Ισόγειο	264	150	1.920	4x Daikin ¹
Ζ. Πορτα- λάκη	Πρώτος	218	120	1.920	4x Daikin ¹ 2
El Greco	Πρώτος	233	110	1.220	- ²
Λαογραφι- κή Έκθεση	Δεύτερος	476	750	2.500	7x Daikin ¹

¹ Σύστημα Καθαρισμού Αέρα φωτοκαταλυτικός ιονιστής Daikin.
 Τοποθέτηση 1 μονάδας ανά 65 m³. Διακοπτόμενη λειτουργία

² Σύστημα Καθαρισμού Αέρα με τεχνολογία πλάσματος
 Nonaerus, συνεχόμενη 24-ωρη λειτουργία.
 Τοποθέτηση 02/07/2019-05/09/2019

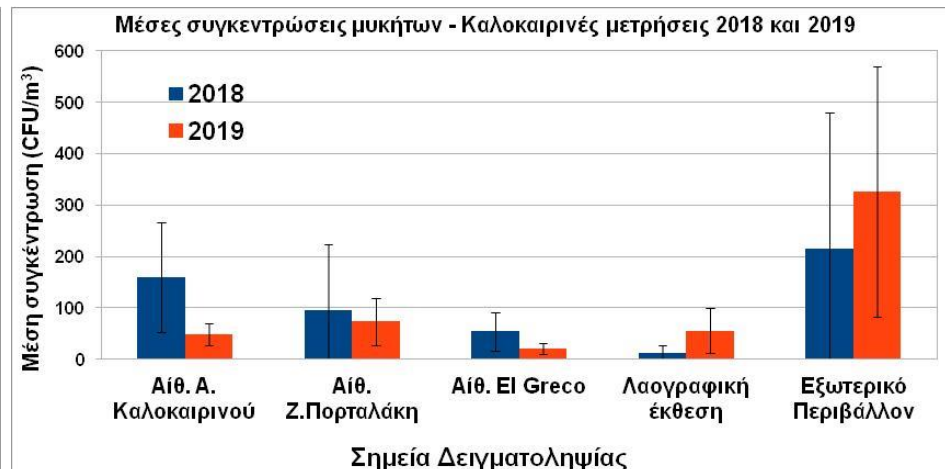
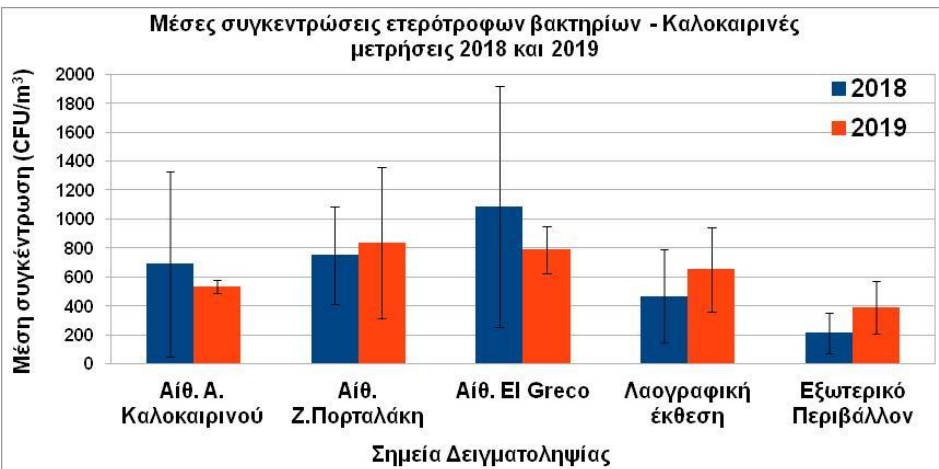
Μέσες συγκεντρώσεις αερομεταφερόμενων μικροβίων στο ΙΜΚ Καλοκαιρινές μετρήσεις 2018 και 2019



- 2018 με διακοπτόμενη λειτουργία ή έλλειψη συστημάτων καθαρισμού αέρα: Συγκεντρώσεις αερομεταφερόμενων μικροοργανισμών στους εσωτερικούς χώρους υψηλότερες του εξωτερικού περιβάλλοντος
- 2018 Αίθουσα El Greco χωρίς σύστημα καθαρισμού αέρα: μετρήθηκαν οι υψηλότερες συγκεντρώσεις
- 2019 με διακοπτόμενη ή συνεχή λειτουργία συστημάτων καθαρισμού αέρα: Συγκεντρώσεις αερομεταφερόμενων μικροοργανισμών στους εσωτερικούς χώρους χαμηλότερες ή ίσες με του εξωτερικού περιβάλλοντος (Εξαιρείται η Λαογραφική Έκθεση: λειτουργούσαν 5 από τα 7 συστήματα)

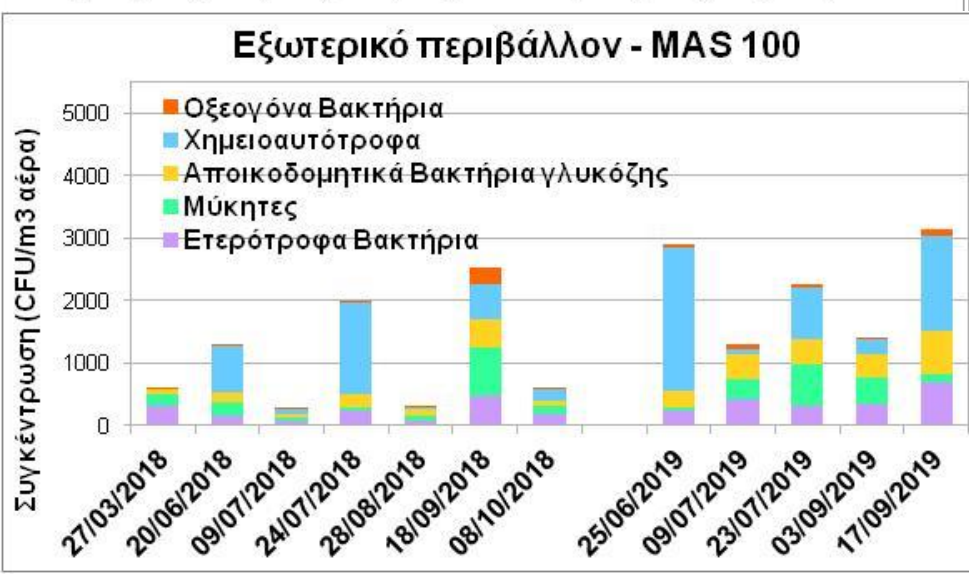
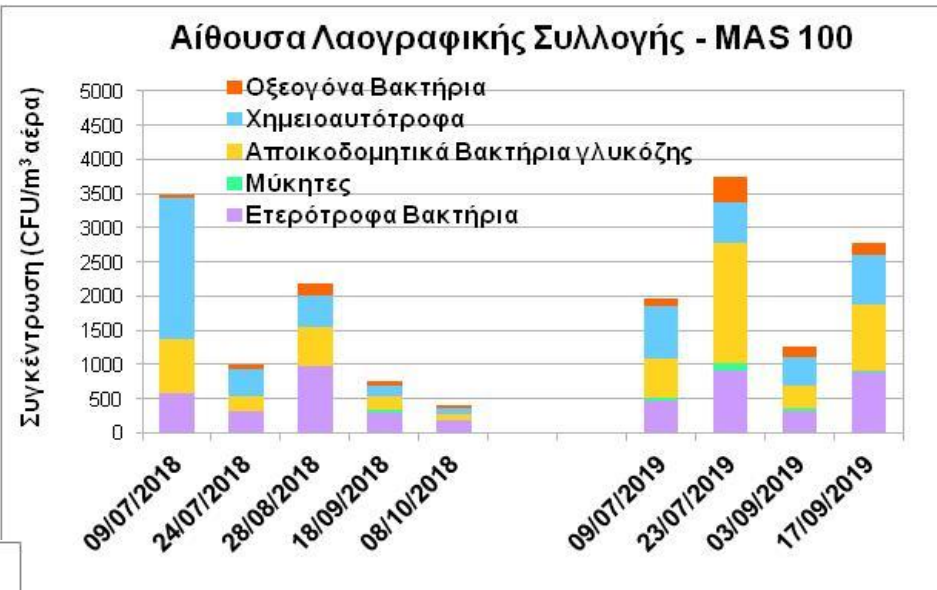
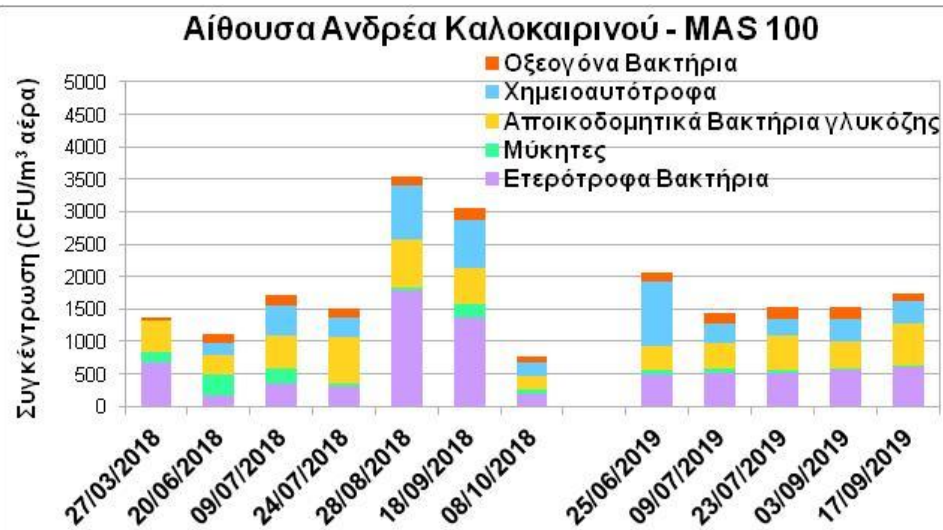
Μέσες συγκεντρώσεις αερομεταφερόμενων ετερότροφων βακτηρίων και μυκήτων στο ΙΜΚ

Καλοκαιρινές μετρήσεις 2018 και 2019



- Κάθε αίθουσα παρουσιάζει διαφορετικές διακυμάνσεις
 - Η μέση συγκέντρωση των ετερότροφων βακτηρίων είναι υψηλότερη στους εσωτερικούς χώρους σε σύγκριση με το εξωτερικό αέρα → **εμπλουτισμός ετερότροφων βακτηρίων**
 - Αντίθετα η μέση συγκέντρωση των μυκήτων χαμηλότερη στους εσωτερικούς χώρους σε σύγκριση με το εξωτερικό αέρα → **παρεμπόδιση εμπλουτισμού μυκήτων, μη ευνοϊκές συνθήκες ανάπτυξης**
 - **2019 με χρήση και βελτιωμένη ρύθμιση συστημάτων καθαρισμού αέρα: Βελτίωση της ποιότητας αέρα εσωτερικών χώρων το 2019**, παρόλο που οι συγκεντρώσεις στο εξωτερικό περιβάλλον ήταν υψηλότερες
- Εξαιρούνται: 1) Αιθ. Λαογραφική Έκθεση: επειδή λειτουργούσαν 5 από τα 7 συστήματα
2) Αιθ. Ζ. Πορταλάκη: 2 δειγματοληψίες χωρίς συστήματα καθαρισμού

Συγκεντρώσεις αερομεταφερόμενων μικροβίων στο ΙΜΚ Καλοκαιρινές μετρήσεις 2018 και 2019



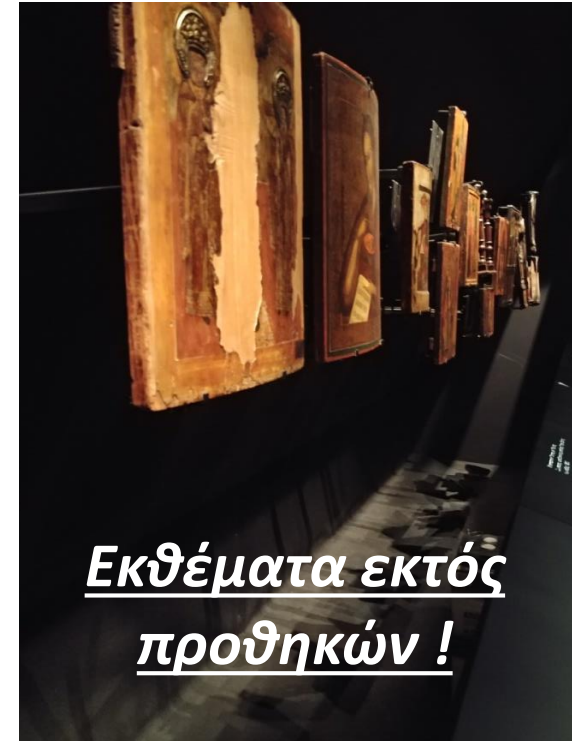
- Υψηλή μεταβλητότητα αερομεταφερόμενων μικροβίων
 - α) στον ατμοσφαιρικό αέρα του εξωτερικού περιβάλλοντος
 - β) σε εσωτερικούς χώρους με συστήματα καθαρισμού αέρα με διακοπτόμενη λειτουργία Daikin και
- Διαφορετική κατανομή μικροβίων στο εσωτερικό και εξωτερικό περιβάλλον
- **Εμπλουτισμός ετερότροφων βακτηρίων, χημειοαυτότροφων και οξεογόνων βακτηρίων στους εσωτερικούς χώρους**

Αίθουσα Ζ. Πορταλάκη έκθεση Βυζαντινών Εικόνων

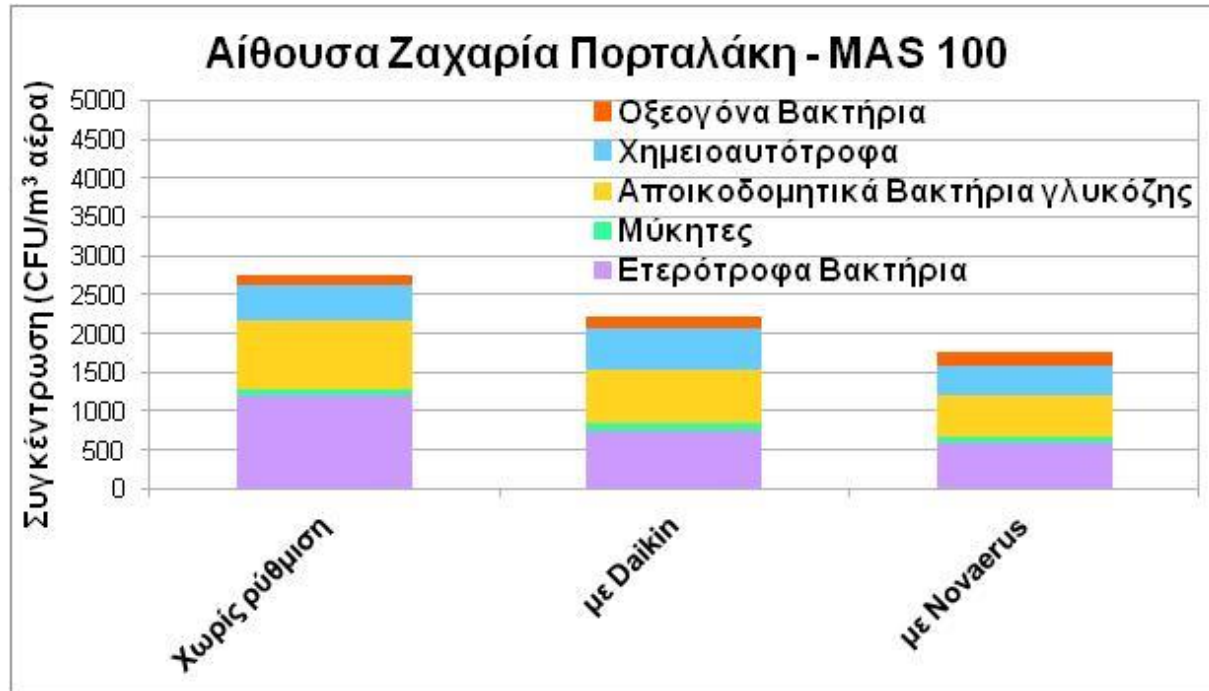


Ρύθμιση όλο
το 24-ωρο
(Novaerus)

Ρύθμιση μόνο στις
ώρες λειτουργίας
του IMK (Daikin)



Μείωση των συγκεντρώσεων των αερομεταφερόμενων μικροβίων με την χρήση συστημάτων καθαρισμού αέρα Καλοκαιρινές μετρήσεις 2019



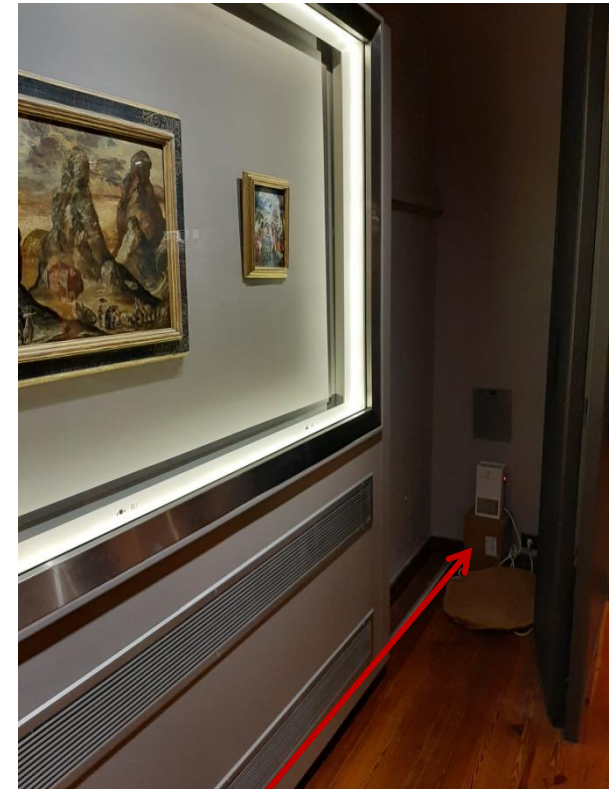
Αίθουσα Ζ. Πορταλάκη (εκθέματα χωρίς προθήκες !)

- **Μέση μείωση επί του συνόλου των μετρηθέντων αερομεταφερόμενων μικροβίων με 24-ωρη λειτουργία (Novaerus): 38 %**
- **Μέση μείωση επί του συνόλου των μετρηθέντων αερομεταφερόμενων μικροβίων με λειτουργία μόνο τις ώρες λειτουργίας του Μουσείου (Daikin): 25 %**

Αίθουσα Δομίνικου Θεοτοκόπουλου (El Greco)



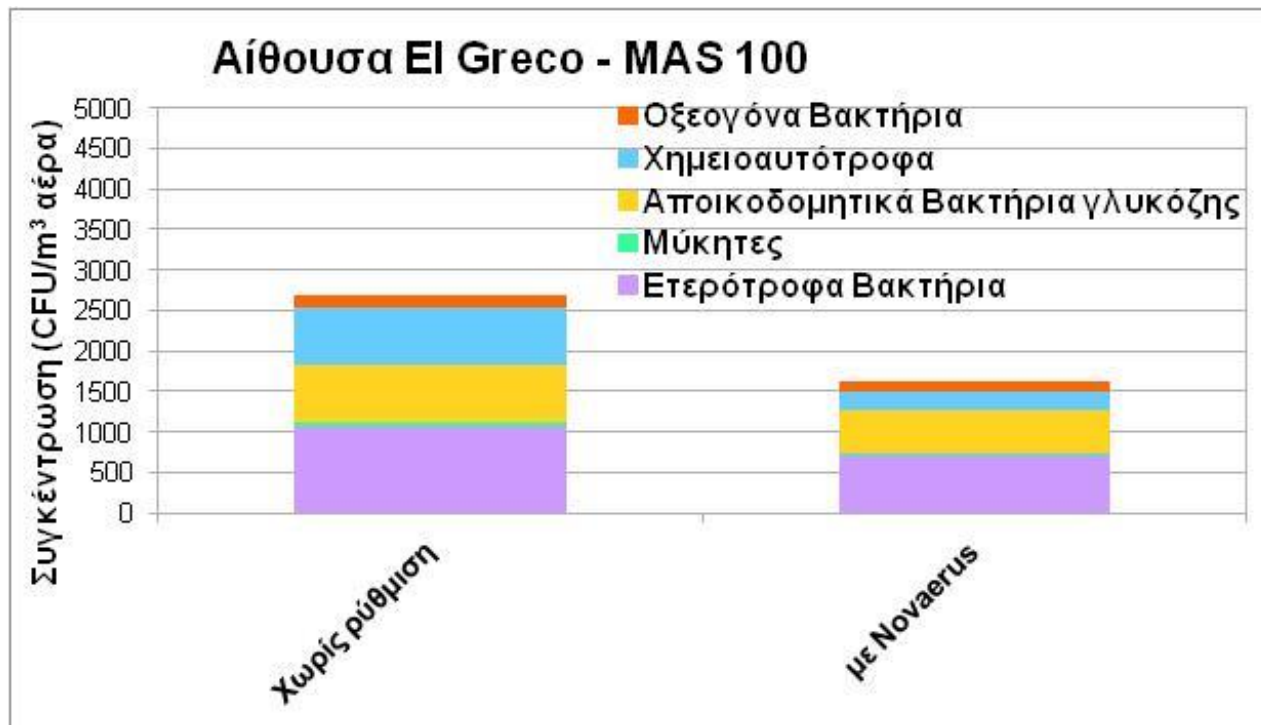
Εκθέματα κυρίως σε προθήκες !



Ρύθμιση όλο
το 24-ωρο
(Novaerus)

ΔΕΣΜΟΙ
ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

Μείωση των συγκεντρώσεων των αερομεταφερόμενων μικροβίων με την χρήση συστημάτων καθαρισμού αέρα Καλοκαιρινές μετρήσεις 2019

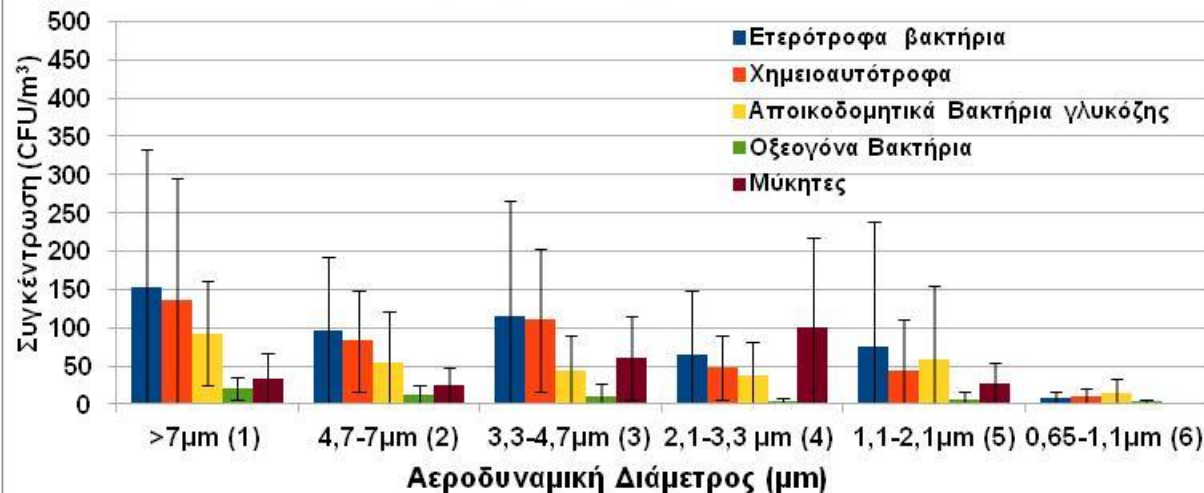


**Αίθουσα El Greco με φύλαξη εκθεμάτων κυρίως σε
προθήκες**

- Βελτιωμένη απόδοση συστημάτων καθαρισμού αέρα
- Μέση μείωση επί του συνόλου των μετρηθέντων αερομεταφερόμενων μικροβίων με συνεχόμενη 24-ωρη λειτουργία (Novaerus): 49 %

Κατανομή μεγέθους των αερομεταφερόμενων μικροβίων Εξωτερικό Περιβάλλον

Εξωτερικό Περιβάλλον



➤ **Μέγιστο κατανομής
μεγέθους βακτηρίων: >7 μm**

➤ **Μέγιστο κατανομής
μεγέθους μυκήτων: 2,1-3,3
μm**

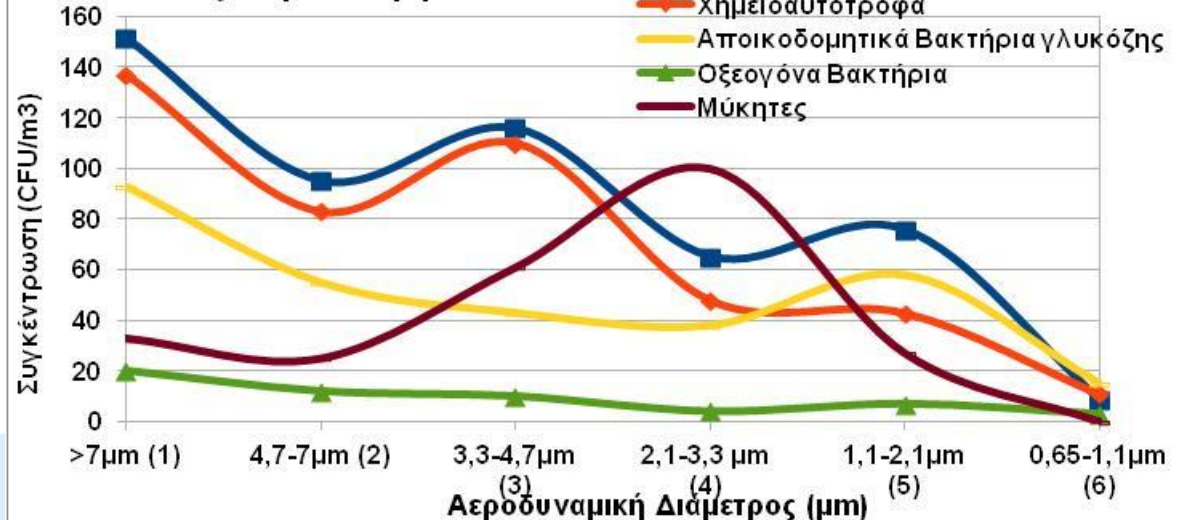
➤ **Κατανομή μεγέθους
βακτηρίων**

- **Ασύμμετρη**
- **Τρικόρυφη ή δικόρυφη ανάλογα με την κατηγορία**

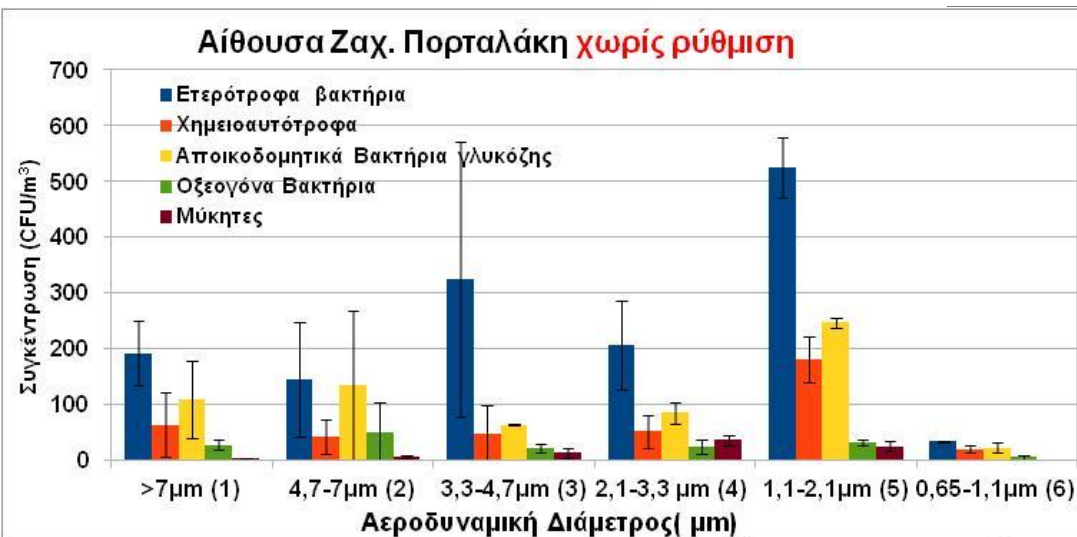
➤ **Κατανομή μεγέθους
μυκήτων:**

- **Σχεδόν συμμετρική**
- **Μέγιστο 2,1-3,3 μm**

Εξωτερικό Περιβάλλον



Κατανομή μεγέθους των αερομεταφερόμενων μικροβίων Εσωτερικό Περιβάλλον χωρίς συστήματα καθαρισμού αέρα

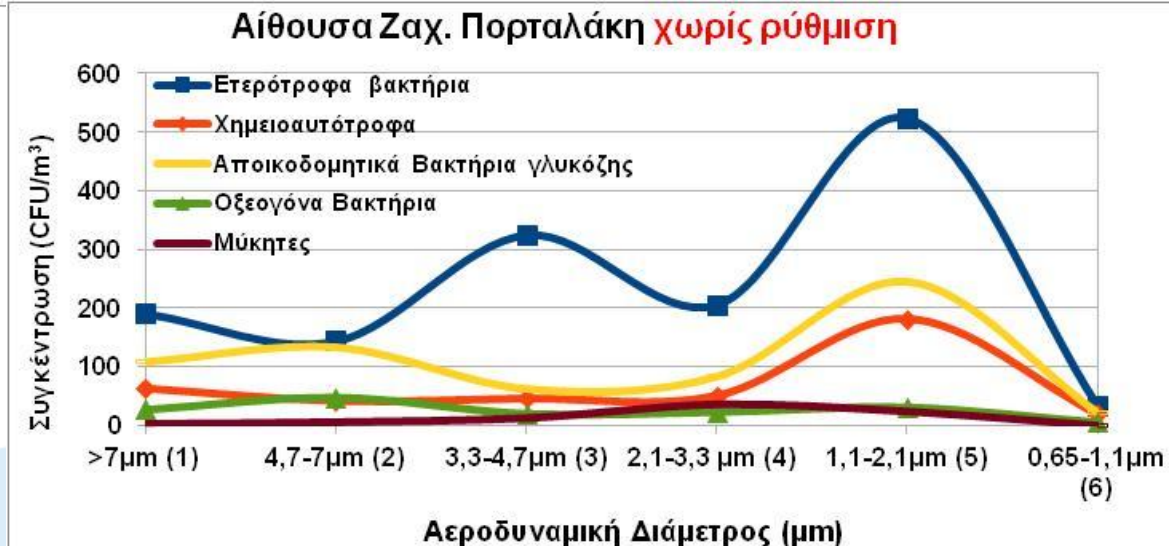


- **Μέγιστο κατανομής μεγέθους ετερότροφων βακτηρίων, Χημειοαυτότροφων και βακτηρίων γλυκόζης : 1,1-2,1 μm**
- **Μέγιστο κατανομής οξεογόνων βακτηρίων: 4,7-7 μm**
- **Μέγιστο κατανομής μεγέθους μυκήτων: 2,1-3,3 μm**

➤ **Κατανομή μεγέθους βακτηρίων διαφέρει από το εξωτερικό περιβάλλον !**

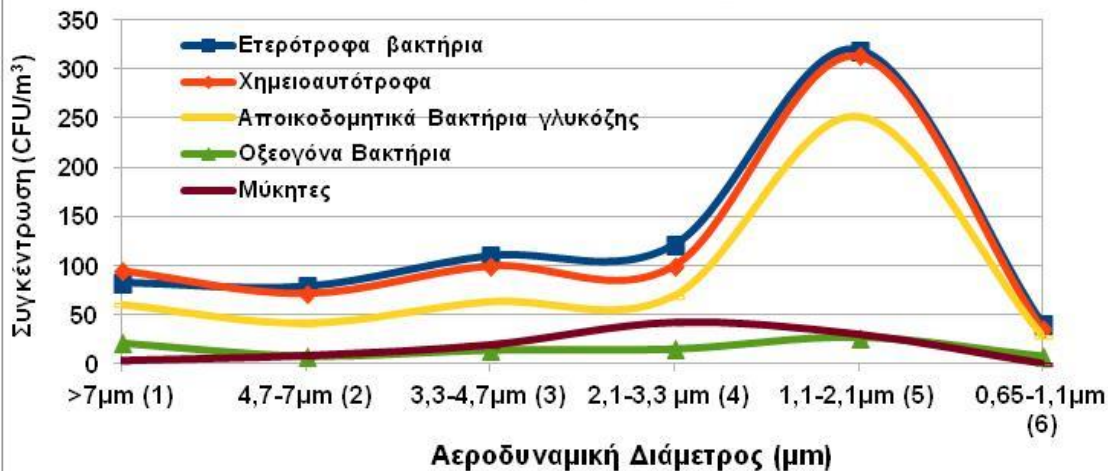
- **Μετακίνηση μέγιστου σε μικρότερα κλάσματα**
- **Κατανομή Οξεογόνων βακτηρίων διαφέρει**

➤ **Κατανομή μεγέθους μυκήτων: Όμοια με το εξωτερικό περιβάλλον**



Κατανομή μεγέθους των αερομεταφερόμενων μικροβίων Σύγκριση συστημάτων καθαρισμού αέρα Daikin και Nonaerus στην Αιθ. Ζ. Πορταλάκη

Αίθουσα Ζαχ. Πορταλάκη με σύστημα Daikin



Με σύστημα Daikin

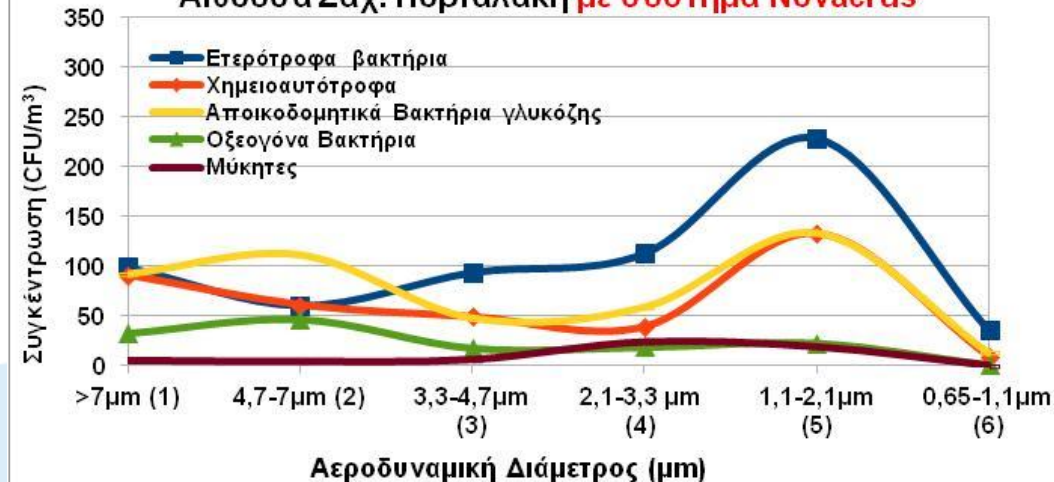
(διακοπτόμενη λειτουργία)

1. Μείωση Βακτηρίων κατά 25 % ,
Δεν επηρεάζεται το μέγιστο στο
κλάσμα 1,1-2,1 μm
2. Εξαφανίζεται το μέγιστο των
οξεογόνων βακτηρίων (4,7-7
μm) – Μείωση Οξεογόνων
Βακτηρίων
3. Η κατανομή μεγέθους μυκήτων:
δεν επηρεάζεται (2,1-3,3 μm)

Με σύστημα Nonaerus (συνεχόμενη
λειτουργία)

1. Μείωση Βακτηρίων κατά 38% ,
Δεν επηρεάζεται το μέγιστο στο
κλάσμα 1,1-2,1 μm
2. Διατηρείται το μέγιστο των
οξεογόνων βακτηρίων (4,7-7 μm)
– Εμπλουτισμός Οξεογόνων
Βακτηρίων
3. Η κατανομή μεγέθους μυκήτων:
δεν επηρεάζεται (2,1-3,3 μm)

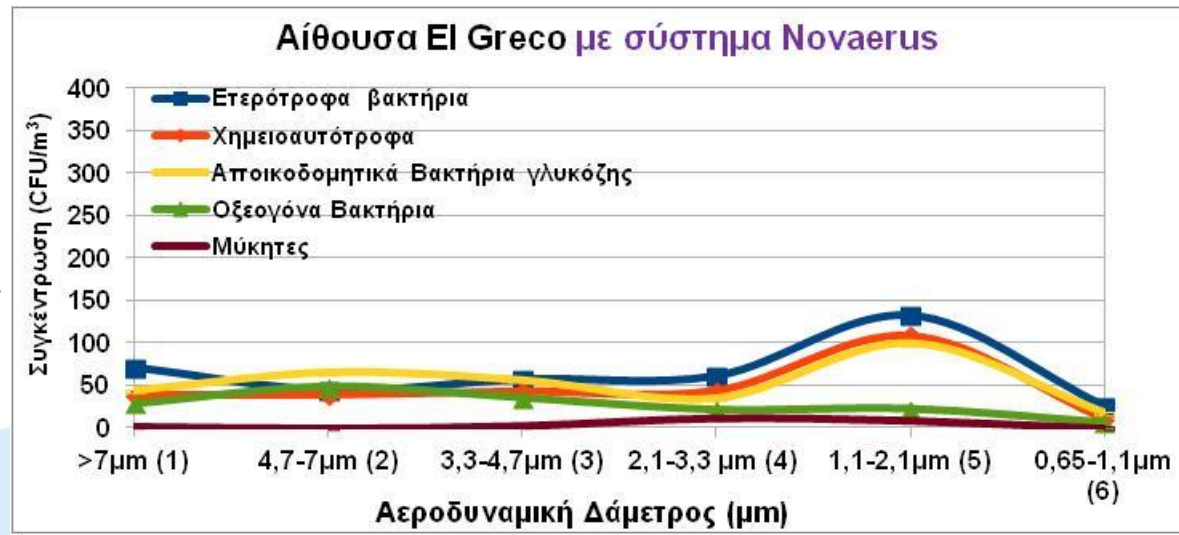
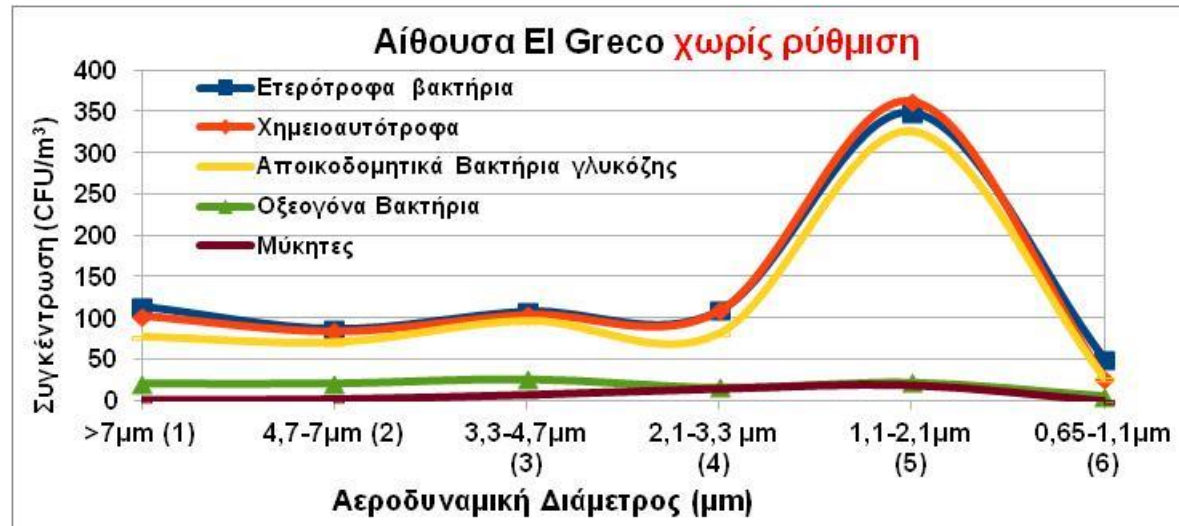
Αίθουσα Ζαχ. Πορταλάκη με σύστημα Nonaerus



Κατανομή μεγέθους των αερομεταφερόμενων μικροβίων Σύγκριση με και χωρίς σύστημα καθαρισμού αέρα Nonaerus στην Αιθ. El Greco

Με το σύστημα Nonaerus

1. με συνεχόμενη λειτουργία
2. με εκθέματα σε προθήκες !



- Μείωση Βακτηρίων κατά 49%
- Δεν επηρεάζεται το μέγιστο των βακτηρίων στο κλάσμα 1,1-2,1 μm
- Διατηρείται το μέγιστο των οξεογόνων βακτηρίων (4,7-7 μm) – Εμπλουτισμός Οξεογόνων Βακτηρίων
- Η κατανομή μεγέθους μυκήτων: δεν επηρεάζεται (κλάσμα 2,1-3,3 μm)

Αερομεταφερόμενοι μικροοργανισμοί

Συμπεράσματα μετρήσεων με μικροβιολογικές μεθόδους

Κάθε αίθουσα του Ιστορικού Μουσείου Κρήτης παρουσιάζει διαφορετικές συγκεντρώσεις και διακυμάνσεις αερομεταφερόμενων μικροβίων, οι οποίες εξαρτώνται κυρίως από:

1. Εσωτερικές πηγές εκπομπής

- a) χημική σύσταση / εμβαδόν και πορώδες / ενεργή επιφάνεια εκθεμάτων**
- b) φύλαξη σε προθήκες**
- c) παρουσία επισκεπτών**
- d) δραστηριότητες επισκεπτών (ομιλία, βήχας, φτέρνισμα)**

2. Εξωτερικές πηγές εκπομπής

- a) μικροβιακή σύσταση εξωτερικού αέρα / ροή φυσικού αερισμού**
- b) μικροβιακή σύσταση αέρα ανακυκλοφορίας**

3. Συστήματα Καθαρισμού Αέρα

- a) απόδοση συστημάτων**
- b) ορθή ή ελλιπή χρήση**
- c) διακοπτόμενη – συνεχής λειτουργία**
- d) μηχανισμοί – δυνατότητες συστημάτων**

απομάκρυνσης διαφορετικών μεγεθών αερομεταφερόμενων μικροβίων

Αερομεταφερόμενοι μικροοργανισμοί Συμπεράσματα μετρήσεων με μικροβιολογικές μεθόδους

Κατανομή μεγέθους αερομεταφερόμενων μικροβίων

Εξετάστηκε η κατανομή μεγέθους αερομεταφερόμενων μικροβίων στους εσωτερικούς χώρους του ΙΜΚ και στο εξωτερικό αέρα.

Παρατηρήθηκε ότι

- a) Οι μύκητες διαθέτουν σταθερό μέγιστο στο κλάσμα 2,1-3,3 μm τόσο στο εξωτερικό περιβάλλον όσο και στους εσωτερικούς χώρους. Η κατανομή μεγέθους είναι σχεδόν συμμετρική με μία κορυφή.
- b) Αντίθετα τα αερομεταφερόμενα βακτήρια παρουσιάζουν τελείως διαφορετική κατανομή μεγεθών στο εξωτερικό περιβάλλον και στους εσωτερικούς χώρους του Μουσείου.
 1. Η κατανομή στο εξωτερικό περιβάλλον έχει δύο ή τρεις κορυφές με μέγιστη τιμή στο μεγαλύτερο κλάσμα $> 7 \mu\text{m}$
 2. Αντίθετα η κατανομή στο εσωτερικό περιβάλλον παρουσιάζει κυρίως μία μόνο κορυφή με μέγιστη τιμή σε μικρότερο κλάσμα μεγέθους 1,1-2,1 μm
 3. Τα οξεογόνα βακτήρια παρουσιάζουν σχεδόν μια ισοκατανομή με μία χαμηλή κορυφή στο κλάσμα 4,7-7 μm

Αερομεταφερόμενοι μικροοργανισμοί Συμπεράσματα μετρήσεων με μικροβιολογικές μεθόδους Απόδοση Συστημάτων Καθαρισμού Αέρα

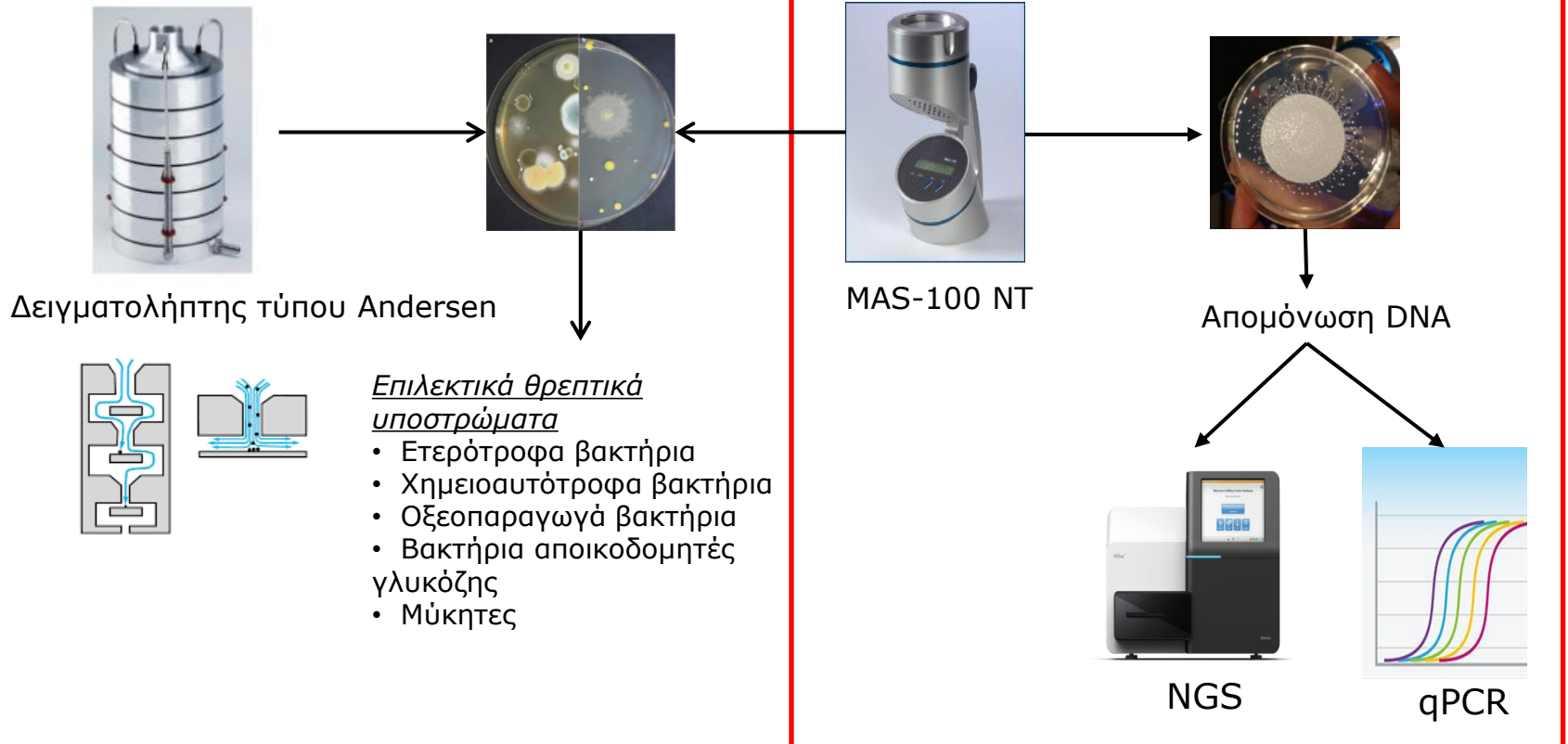
Ελέγχθηκε η απόδοση των Συστημάτων Καθαρισμού Αέρα Daikin και Nonaerus των αερομεταφερόμενων μικροβίων στους εσωτερικούς χώρους του ΙΜΚ

Παρατηρήθηκε ότι

- a) Τα Συστήματα Καθαρισμού του Αέρα, παρόλο που διαφέρουν ως προς τη τεχνολογία και λειτουργία, μειώνουν αισθητά το κλάσμα των αερομεταφερόμενων βακτηρίων μεγέθους 1,1-2,1 μm*
- b) Το σύστημα Daikin με διακοπτόμενη λειτουργία*
 - 1. μείωσε στην αίθουσα Ζ. Πορταλάκη τα αερομεταφερόμενα μικρόβια κατά 25 %*
 - 2. Εξάλειψε την κορυφή των οξεογόνων βακτηρίων στο κλάσμα μεγέθους 4,7-7 μm*
- c) Το σύστημα Nonaerus με συνεχή 24-ωρη λειτουργία*
 - 1. μείωσε στην αίθουσα Ζ. Πορταλάκη τα αερομεταφερόμενα μικρόβια κατά 38 %*
 - 2. Δεν μείωσε την συγκέντρωση και την κορυφή των οξεογόνων βακτηρίων στο κλάσμα μεγέθους 4,7-7 μm*

Μεθοδολογία μελέτης βιοαεροζόλ

Μοριακές αναλύσεις





Δειγματοληψία Βιοαεροζόλ



Αποστειρωμένο φίλτρο πάνω
σε τρυβλίο με άγαρ



Δειγματολήπτης MAS-100 NT

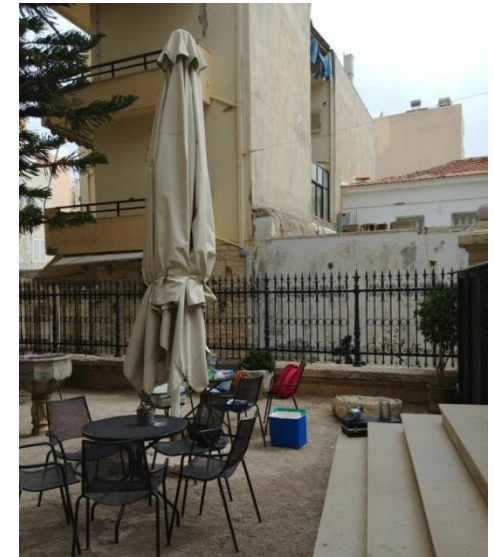
Δειγματοληψίες Βιοαεροζόλ



Αίθουσα El Greco



Αίθουσα Πορταλάκη



Εξωτερικός χώρος

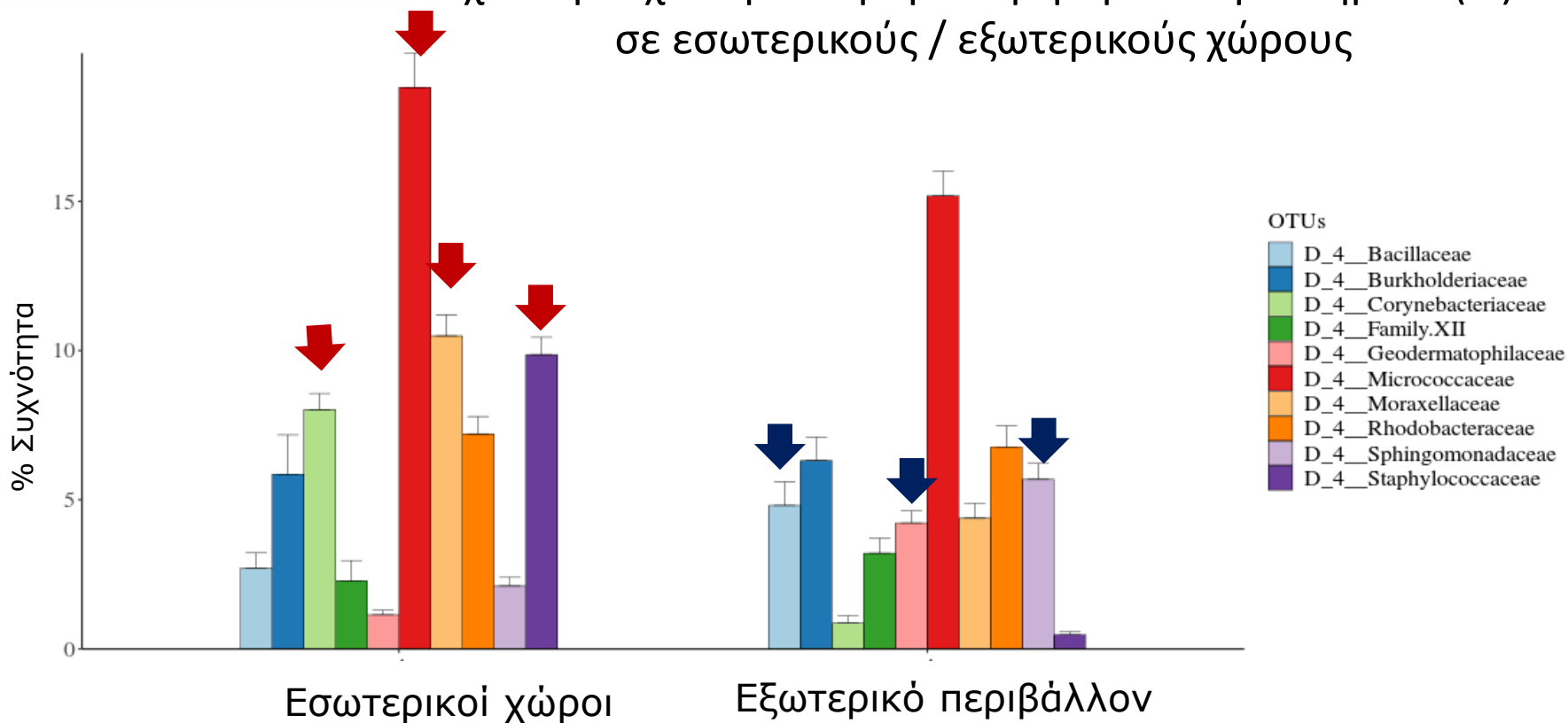
Μοριακή ανάλυση NGS - Next Generation Sequencing Ανάλυση αλληλουχίας DNA νέας γενιάς Δειγματοληψίες Βιοαεροζόλ 2018-2019

	27/3/18	20/6/18	9/7/18	24/7/18	28/8/18	18/9/18	8/10/18	25/6/19	9/7/19	23/7/19	3/9/19	17/9/19
Εξωτερικός χώρος	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Αιθ. El Greco		+	+	+	+	+	+	+	+			
Αιθ. Ζ. Πορταλάκη		+	+	+	+	+	+	+	+			
Αιθ. Α. Καλοκαιρινού	+									+	+	+

NGS data

Μοριακή ανάλυση Ανίχνευση Οικογενειών Βακτηρίων

Σχετική συχνότητα αερομεταφερόμενων βακτηρίων (%)
σε εσωτερικούς / εξωτερικούς χώρους

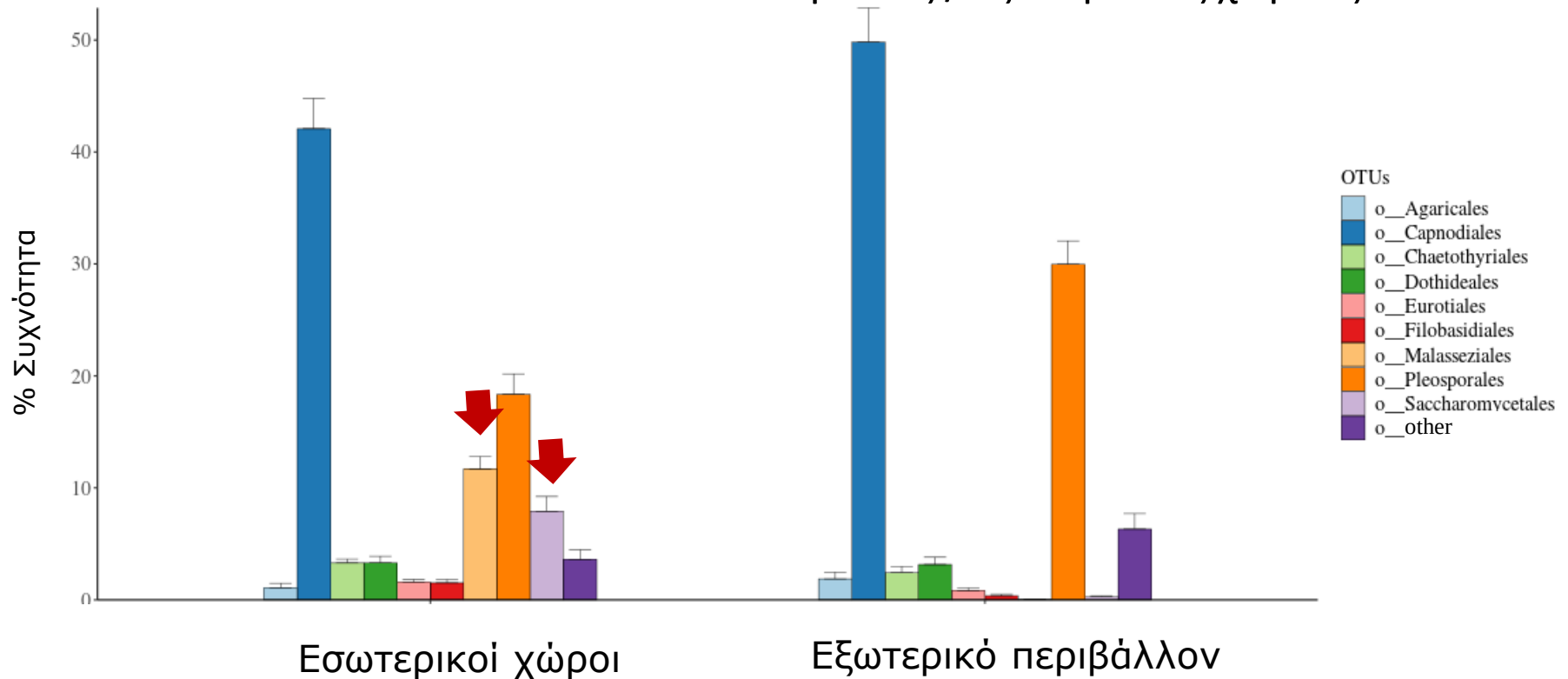


➡ Παρατηρείται εμπλουτισμός συγκεκριμένων οικογενειών βακτηρίων στον αέρα των εσωτερικών χώρων του μουσείου (*Micrococcaceae*, *Corynebacteriaceae*, *Moraxellaceae*, *Staphylococcaceae*)

➡ Αντίθετα άλλες οικογένειες βακτηρίων ανιχνεύονται με υψηλότερη σχετική συχνότητα στον αέρα του εξωτερικού περιβάλλοντος (*Bacillaceae*, *Geodermatophilaceae*, *Sphingomonadaceae*)

Μοριακή ανάλυση Ανίχνευση Τάξεων Μυκήτων

Σχετική συχνότητα αερομεταφερόμενων μυκήτων (%)
σε εσωτερικούς / εξωτερικούς χώρους

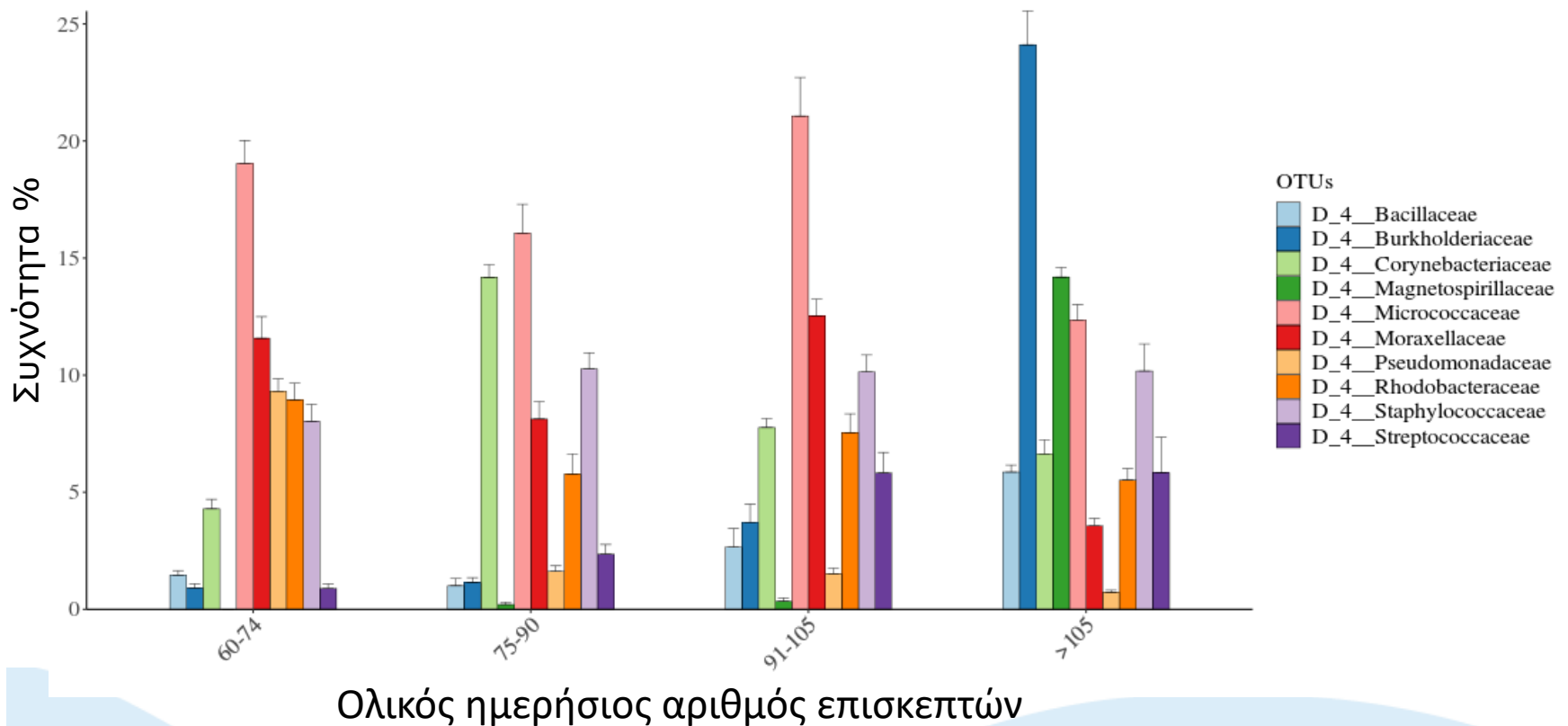


Παρόλο που οι αερομεταφερόμενοι μύκητες στον αέρα των εσωτερικών χώρων του μουσείου ανιχνεύθηκαν με χαμηλότερη σχετική συχνότητα σε σχέση με τον αέρα του εξωτερικού περιβάλλοντος,

➔ παρατηρήθηκε εμπλουτισμός δύο συγκεκριμένων τάξεων μυκήτων που ανήκουν στην ανθρώπινη χλωρίδα (*Malasseziales* και *Saccharomycetales*) και δεν εμφανίζονται στον αέρα του εξωτερικού περιβάλλοντος

Μοριακή ανάλυση Ανίχνευση Οικογενειών Βακτηρίων

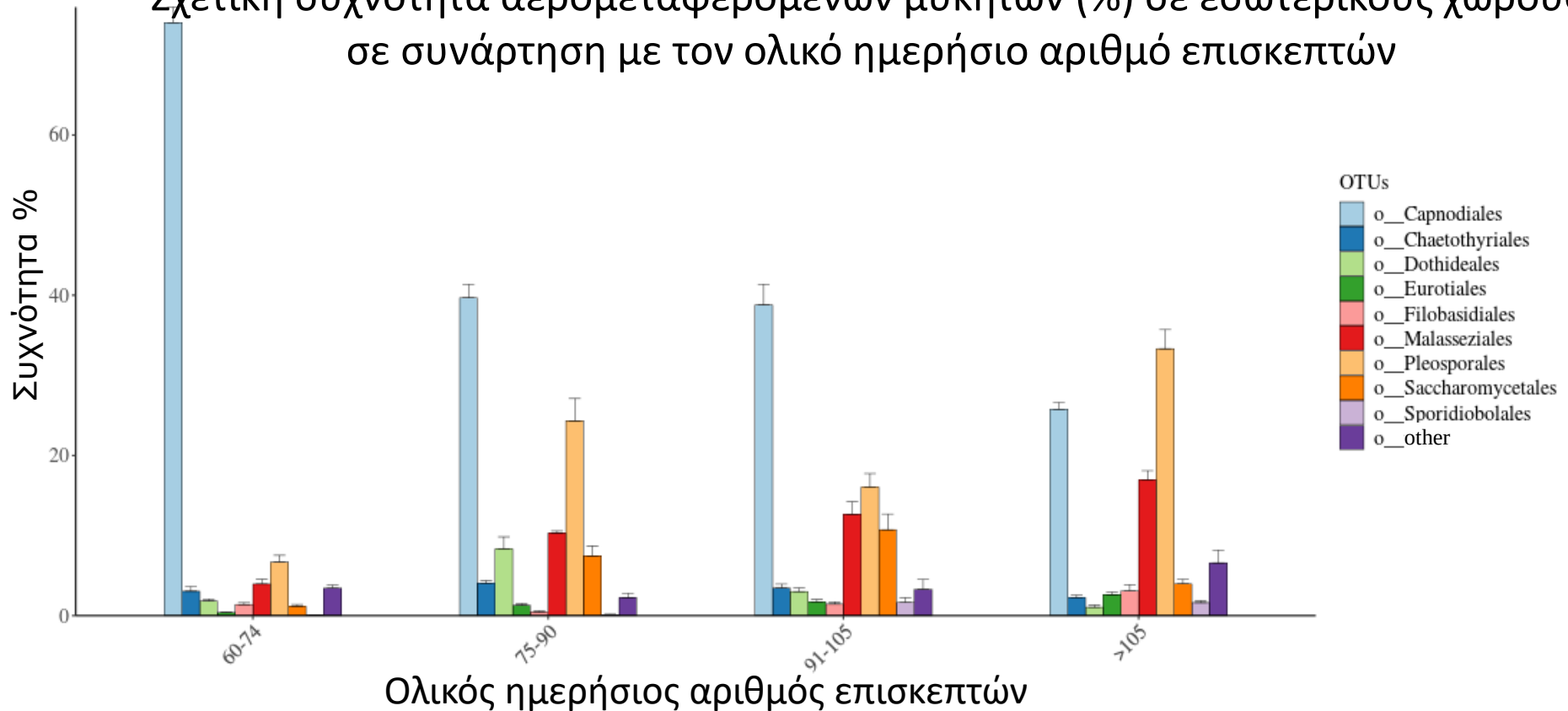
Σχετική συχνότητα αερομεταφερόμενων βακτηρίων (%) σε εσωτερικούς χώρους σε συνάρτηση με τον ολικό ημερήσιο αριθμό επισκεπτών



Παρατηρείται σαφής εμπλουτισμός συγκεκριμένων οικογενειών βακτηρίων στον αέρα των εσωτερικών χώρων του μουσείου (*Bacillaceae*, *Bulkholderiaceae*, *Streptococcaceae*) με αυξανόμενο αριθμό επισκεπτών

Μοριακή ανάλυση Ανίχνευση Τάξεων Μυκήτων

Σχετική συχνότητα αερομεταφερόμενων μυκήτων (%) σε εσωτερικούς χώρους σε συνάρτηση με τον ολικό ημερήσιο αριθμό επισκεπτών



Δεν παρατηρήθηκε μια σαφής τάση συσχέτισης της σχετικής συχνότητας των αερομεταφερόμενων μυκήτων με αυξανόμενο αριθμό επισκεπτών στον αέρα των εσωτερικών χώρων του μουσείου

Συμπεράσματα των μοριακών αναλύσεων των αερομεταφερόμενων μικροβίων

- Οι αερομεταφερόμενοι μικροοργανισμοί **ποικίλλουν ποιοτικά** ανάλογα με το χώρο και την ημερομηνία δειγματοληψίας
- Πολλοί από τους μικροοργανισμούς που ταυτοποιήθηκαν στον αέρα **προσδιορίστηκαν και στις μικροβιακές επикаθίσεις των έργων τέχνης**, όπως θα δειχθεί στη συνέχεια
- Μικροοργανισμοί που **ανήκουν στην ανθρώπινη μικροβιακή χλωρίδα** εμφανίζονται σε υψηλότερα ποσοστά στα δείγματα των εσωτερικών χώρων
- Ο **αριθμός των επισκεπτών επηρεάζει το προφίλ** κυρίως των αερομεταφερόμενων βακτηρίων
- Τα κύρια αποτελέσματα των μοριακών αναλύσεων **είναι σε συμφωνία με τα αποτελέσματα των μικροβιολογικών καλλιιεργειών**

Μεθοδολογία μοριακής ανάλυσης μικροβιακών επικαθίσεων σε εκθέματα



Εκθέματα

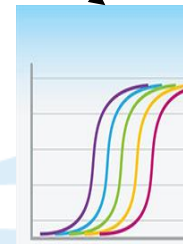


Δειγματοληψία μικροβιακών
επιχρισμάτων

Απομόνωση DNA



NGS



qPCR



Μοριακή ανάλυση μικροβιακών επικαθίσεων

Δειγματοληψίες μικροβιακών επικαθίσεων



Παναγία Γλυκοφιλούσα,
τέλη 15ου αιώνα
(αιθ. Ζ. Πορταλάκη)



Τοιχογραφία, 13ος αιώνας
Διάδρομος – είσοδος αιθ.
Ζ. Πορταλάκη



Χριστός Ένθρονος,
17ος αιώνας
(αιθ. El Greco)

Μοριακή ανάλυση μικροβιακών επικαθίσεων

Δειγματοληψίες μικροβιακών επικαθίσεων (2)



Επιτύμβια στήλη
(εξωτερικός χώρος)



Ξυλόγλυπτο ακρόπρωρο
(αιθ. Α. Καλοκαιρινού)

Δειγματοληψίες σε διαφορετικές αίθουσες, με διαφορετικά υλικά επιφάνειας

Μοριακή ανάλυση μικροβιακών επικαθίσεων

Δειγματοληψίες μικροβιακών επικαθίσεων (3)



Άποψη του Όρους και της Μονής Σινά,
El Greco, 1570

Δεν ανιχνεύθηκαν μικροοργανισμοί σε κανένα από τα 7 δείγματα που ελήφθησαν από το συγκεκριμένο πίνακα που φυλάσσεται σε ειδική προθήκη !

Μοριακή ανάλυση μικροβιακών επικαθίσεων

Δειγματοληψίες μικροβιακών επικαθίσεων (4)

Τοποθέτηση και συλλογή φίλτρων για μελέτη των επικαθίσεων μετά από 12 και 18 μήνες



Αίθ. Ζ. Πορταλάκη



Αίθ. El Greco



Αίθ. El Greco

Μοριακή ανάλυση μικροβιακών επικαθίσεων

Κυριότερα βακτηριακά γένη που ανιχνεύθηκαν πάνω σε έργα τέχνης

Βασίλειο	Φύλο	Ομοταξία	Τάξη	Οικογένεια	Γένος	
Bacteria	Actinobacteria	Actinobacteria	Micrococcales	Micrococcaceae	<i>Kocuria</i>	*
Bacteria	Firmicutes	Bacilli	Bacillales	Staphylococcaceae	<i>Staphylococcus</i>	*
Bacteria	Proteobacteria	Alphaproteobacteria	Rhodobacterales	Rhodobacteraceae	<i>Paracoccus</i>	*
Bacteria	Firmicutes	Bacilli	Lactobacillales	Streptococcaceae	<i>Streptococcus</i>	*
Bacteria	Firmicutes	Bacilli	Bacillales	Bacillaceae	<i>Bacillus</i>	*
Bacteria	Actinobacteria	Actinobacteria	Micrococcales	Micrococcaceae	<i>Micrococcus</i>	*
Bacteria	Actinobacteria	Actinobacteria	Corynebacteriales	Corynebacteriaceae	<i>Corynebacterium</i>	*
Bacteria	Proteobacteria	Gammaproteobacteria	Pseudomonadales	Moraxellaceae	<i>Acinetobacter</i>	*
Bacteria	Proteobacteria	Alphaproteobacteria	Azospirillales	Azospirillaceae	<i>Skermanella</i>	

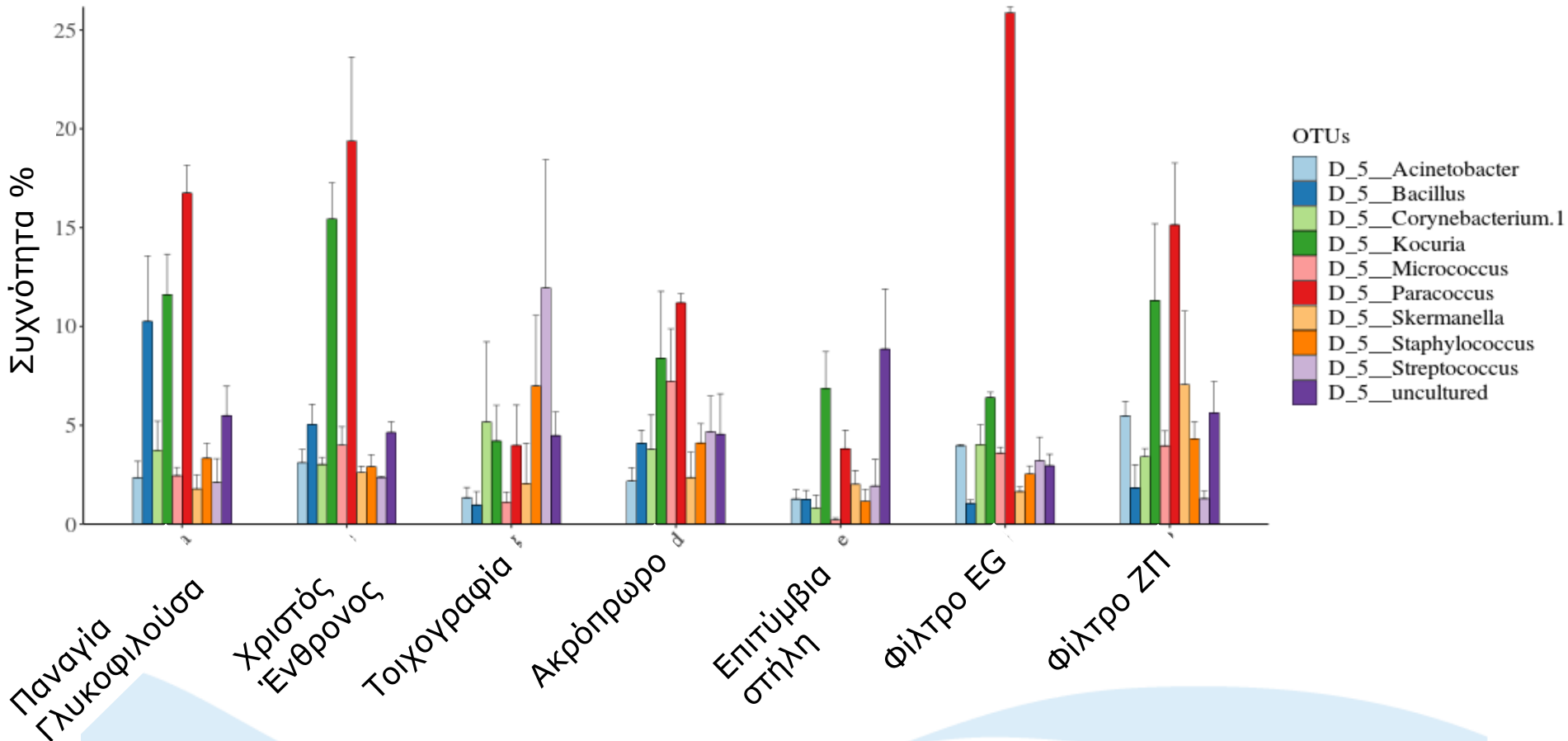
*** Δυνητικά σχετιζόμενα με τον άνθρωπο**

- Όλες οι οικογένειες βακτηρίων που ανιχνεύθηκαν στις επικαθίσεις των έργων τέχνης, είναι ίδιες με αυτές που ανιχνεύτηκαν στα αερομεταφερόμενα βακτήρια !

- Εξαίρεση αποτελεί η οικογένεια *Azospirillaceae* που ανιχνεύτηκε μόνο στις επικαθίσεις (χημειοετερότροφα βακτήρια αφομοίωσης αζώτου)

Μοριακή ανάλυση μικροβιακών επικαθίσεων

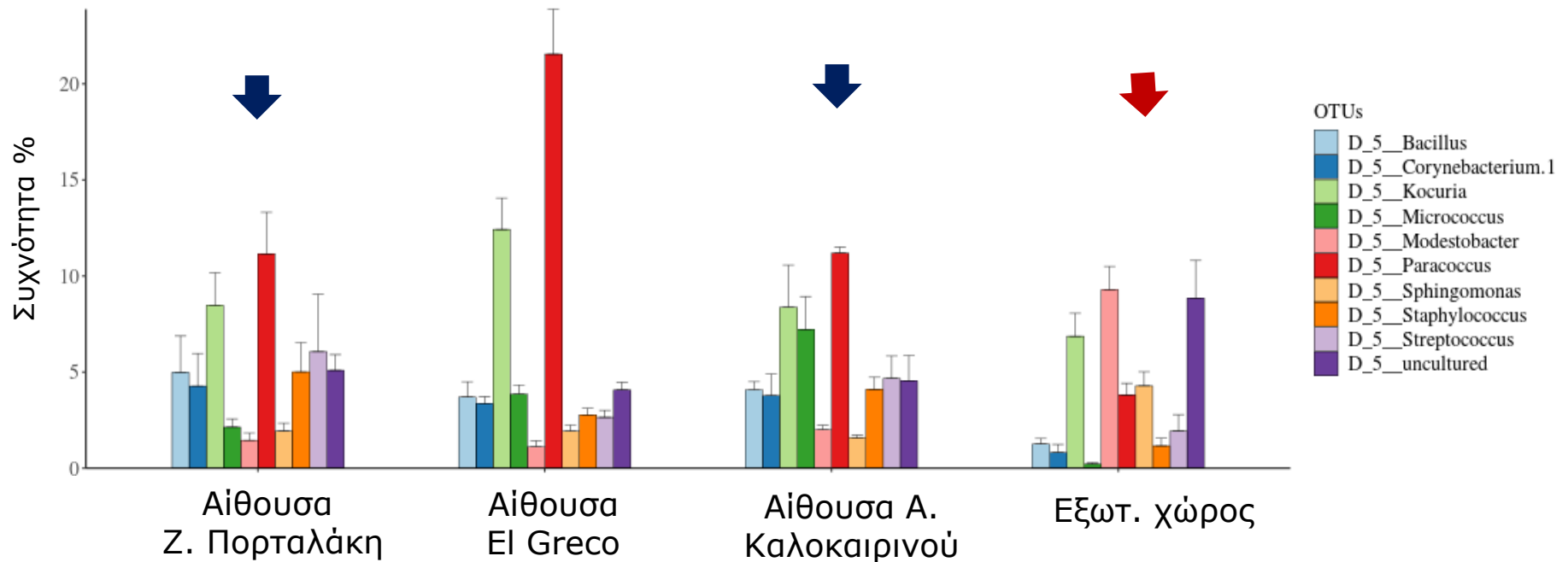
Σχετική συχνότητα βακτηριακών γενών (%)
ανά έργο τέχνης



- Τα βακτηριακά γένη που ανιχνεύθηκαν στα διαφορετικά έργα τέχνης στους εσωτερικούς χώρους του μουσείου παρουσιάζουν διαφορετική σχετική συχνότητα

Μοριακή ανάλυση μικροβιακών επικαθίσεων

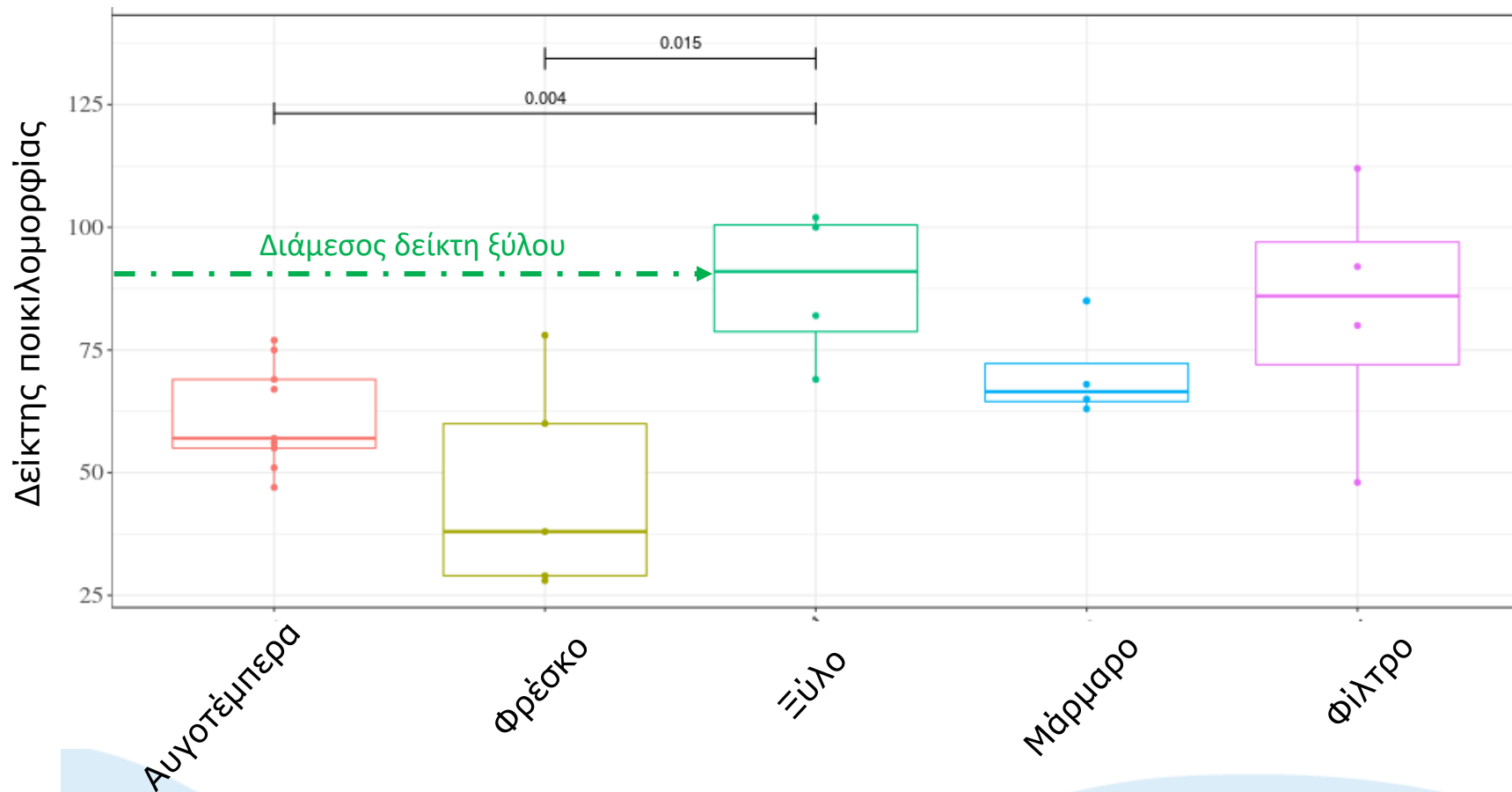
Σχετική συχνότητα βακτηριακών γενών (%)
ανά αίθουσα



➡ Τα βακτηριακά γένη που ανιχνεύθηκαν σε έργα τέχνης στους εσωτερικούς χώρους του μουσείου και εξετάζονται ανά αίθουσα βρίσκονται σε πλήρη συσχέτιση μεταξύ τους, ιδιαίτερα Αιθ. Ζ. Πορταλάκη και Αιθ. Α. Καλοκαιρινού με συστήματα καθαρισμού αέρα Daikin

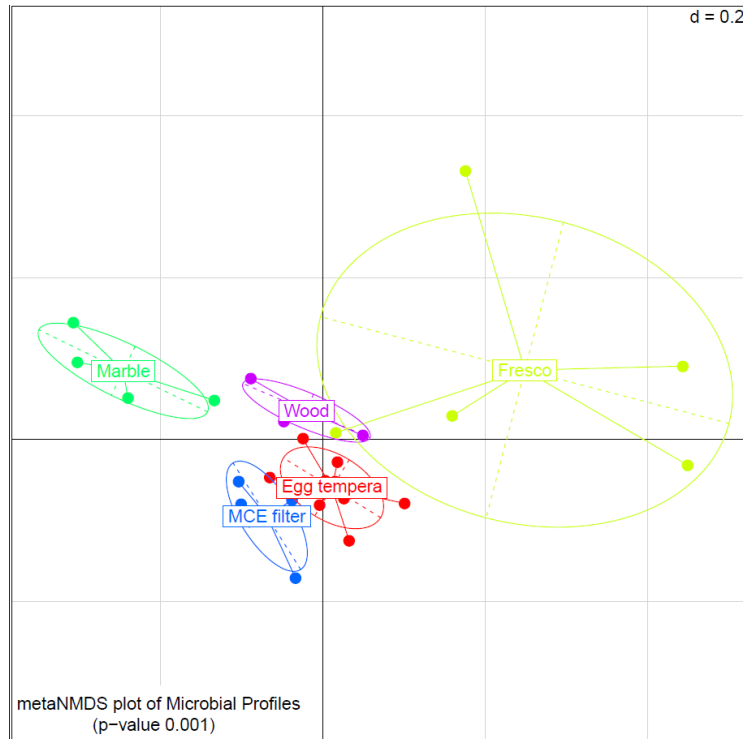
➡ *Αντίθετα η σχετική συχνότητα των βακτηριακών γενών είναι διαφορετική στο έργο τέχνης που εκτίθεται στο εξωτερικό περιβάλλον*

Ποικιλομορφία βακτηρίων ανά υλικό της επιφάνειας των εκθεμάτων

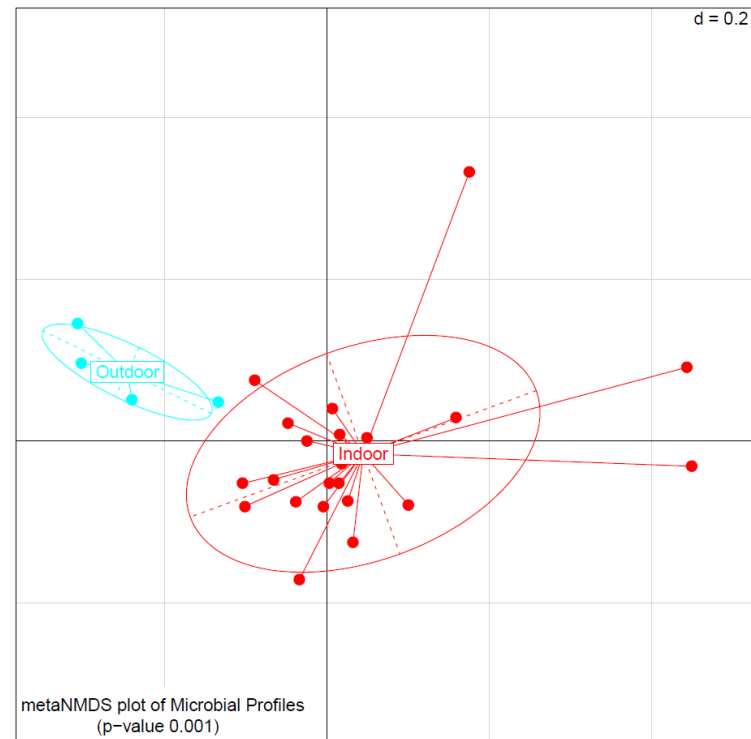


- Στατιστικά μεγαλύτερη ποικιλομορφία βακτηρίων παρατηρείται στα δείγματα του ξύλου σε εκθέματα, ακολουθούμενη από τα δείγματα των φίλτρων που εκτέθηκαν 12 μήνες

Απεικόνιση των μοριακών χαρακτηριστικών των δειγμάτων σε δύο διαστάσεις



Σε σχέση με το υλικό επιφάνειας



Σε σχέση με τον τόπο δειγματοληψίας

- Παρατηρήθηκε ένας σαφής διαχωρισμός των μοριακών χαρακτηριστικών των βακτηριακών επικαθίσεων τόσο ανάμεσα στα διάφορα υλικά των εκθεμάτων όσο και μεταξύ των επικαθίσεων στο εσωτερικού του ΙΜΚ και του εξωτερικού περιβάλλοντος

Συμπεράσματα μοριακών αναλύσεων μικροβιακών επικαθίσεων σε έργα τέχνης

- Τα βακτήρια που ανιχνεύθηκαν στα έργα τέχνης που μελετήθηκαν **ποικίλλουν** ανάλογα με το έργο τέχνης, την χημική σύσταση και τα χαρακτηριστικά της επιφάνειας του υλικού
- Στατιστικά **μεγαλύτερη ποικιλομορφία βακτηρίων** παρατηρείται στα δείγματα του **ξύλου** σε σχέση με την αυγοτέμπερα και τα υλικά της τοιχογραφίας
- Τα επίπεδα των βακτηρίων από την επιφάνεια του **πίνακα του El Greco ήταν μη ανιχνεύσιμα** πιθανότατα λόγω συντήρησης και φύλαξης σε ειδική προθήκη
- Οι βακτηριακές επικαθίσεις στους εσωτερικούς χώρους ήταν σε πλήρη συσχέτιση μεταξύ τους, ενώ διέφερε η συχνότητα τους με εκείνη στο εξωτερικό περιβάλλον
- Τα περισσότερα βακτήρια στα έργα τέχνης των εσωτερικών χώρων ανήκουν στην **ανθρώπινη μικροβιακή χλωρίδα**
- Η πλειονότητα των βακτηρίων με υψηλή συχνότητα που ταυτοποιήθηκαν **στις επικαθίσεις των εκθεμάτων ήταν τα επικρατέστερα και στα δείγματα αέρα**

Προστασία και ανάδειξη της πολιτιστικής κληρονομιάς Ελλάδας & Κύπρου σε μουσειακές συλλογές - ΜΟΥΣΕΙΑ II

ΕΥΧΑΡΙΣΤΟΥΜΕ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΡΟΣΟΧΗ ΣΑΣ



Επιστημονική ομάδα:

Καθ. Λαζαρίδης Μιχάλης¹, Καθ. Καλογεράκης Νικόλαος¹, Αν. Καθ.
Κατσίβελα Ελευθερία², Δρ. Γλυτσός Θόδωρος¹, Δρ. Κοπανάκης Ηλίας¹,
Δρ. Σαριδάκη Αγγελική¹, Msc. Ραϊση Λουΐζα^{1,2}

¹Εργαστήριο Αιωρούμενων Ατμοσφαιρικών Σωματιδίων, Σχολή Μηχανικών
Περιβάλλοντος, Πολυτεχνείο Κρήτης

²Εργαστήριο Περιβαλλοντικής Χημείας και Βιοχημικών Διεργασιών, Τμήμα
Ηλεκτρονικών Μηχανικών, Ελληνικό Μεσογειακό Πανεπιστήμιο