



Μοντελοποίηση και πειραματική αποτύπωση ηλεκτρικών ιδιοτήτων στρωματώσεων ερημικής σκόνης (Μέδιμνος)



Medimnos

Κωδ. ΟΠΣ (MIS) 5049929

Πληροφορίες <http://members.noa.gr/atrapaio/medimnos/>



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο

Επιχειρησιακό Πρόγραμμα
Ανάπτυξη Ανθρώπινου Δυναμικού,
Εκπαίδευση και Διά Βίου Μάθηση

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



Έγκριση

Τίτλος: Μελέτες Επικύρωσης Ορόσημο 2	
Τεύχος: 1	Αναθεώρηση 0
Συγγραφείς: Δρ. Σ. Α. Μάλλιος, Γ. Παπαγγελής	Ημερομηνία 31/03/2021
Εγκρίθηκε από:	Ημερομηνία έγκρισης
(Ακαδημαϊκό Σύμβουλο) Δρ. Α. παπαϊωάννου	01/04/2021
(Αναπληρωτή Ακαδημαϊκό Σύμβουλο) Καθ. Γ. Χλούπης	01/04/2021

Καταγραφή αλλαγών αρχείου

Αιτία αλλαγής	Αρ. Τεύχους	Αριθμός αλλαγής	Ημερομηνία
Αρχικό κείμενο	1	0	31/03/2021

Περιεχόμενα

1. Σύνοψη	3
2. Μετρήσεις Ατμοσφαιρικού Ηλεκτρικού πεδίου	3
3. Μελέτες διακρίβωσης	4
4. Συμπεράσματα	8
5. Αναφορές	9

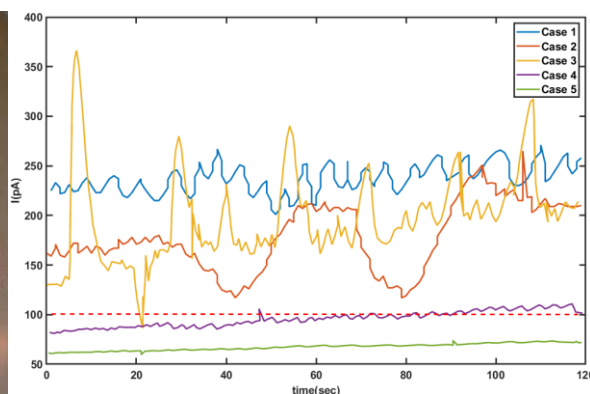
1. Σύνοψη

Κατά την περίοδο αναφοράς, διασφαλίστηκε η αδιάλειπτη λειτουργία του οργάνου μέτρησης του **Ατμοσφαιρικού Ηλεκτρικού πεδίου** σε επίπεδο εδάφους, ολοκληρώθηκαν οι πρώτες μελέτες σχεδιασμού νέου πρότυπου αισθητήρα μέτρησης της **πυκνότητας** (ion density) (*Εικόνα 1*) και, τέλος, διενεργήθηκε εκτενής μελέτη των **μετρήσεων ατμοσφαιρικών ηλεκτρικών παραμέτρων** εντός νεφών σκόνης που πάρθηκαν στο πλαίσιο του προ-παρασκευαστικού ερευνητικού πειράματος του D-TECT στην Αθήνα (*Εικόνα 2*) αλλά και στην Κύπρο (*Εικόνα 3*). Τα αποτελέσματα του θεωρητικού μοντέλου που αναπτύσσεται κατά τη διάρκεια του προγράμματος, αντιπαραβάλλονται διαρκώς με την καθ' ύψος κατανομή των ιόντων και της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου ώστε να διακριβωθεί τόσο η **πιστότητα των μετρήσεων** όσο και η εξαγωγή των **φυσικών συμπερασμάτων** του μοντέλου. Επιπρόσθετα, κατά την καθορισμένη χρονική διάρκεια, εξετάστηκαν οι πιθανές παράμετροι που επιδρούν στις μετρήσεις του ηλεκτρικού πεδίου (ταχύτητα ανέμου, υγρασία, θερμοκρασία) και προγραμματίζεται η συνέχιση των μελετών ως προς την κατάλληλη διάταξη του αισθητήρα ατμοσφαιρικών ιόντων, ώστε να πληροί τις προϋποθέσεις χαμηλού κόστους και φορητότητας σε μετεωρολογικές ραδιοβολήσεις. Η πρόοδος της έρευνας κρίνεται ικανοποιητική και βρίσκεται σε άμεση συνάφεια με τους στόχους και το χρονοδιάγραμμα της Πράξης.

2. Μετρήσεις Ατμοσφαιρικού Ηλεκτρικού πεδίου

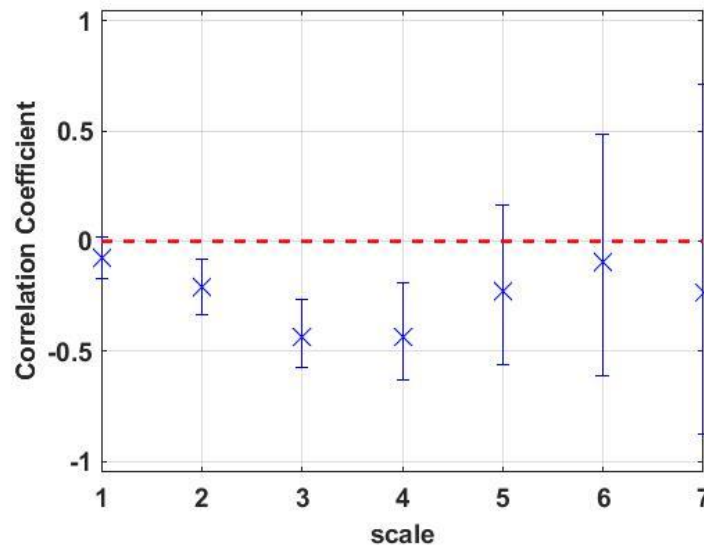
Σε συνάφεια με την περιγραφή των απαραίτητων ενεργειών του Πακέτου Εργασίας 2, όπως αυτό περιγράφεται στην Πράξη, έγινε:

- Τελειοποίηση των πρότυπων αισθητήρων ατμοσφαιρικού ηλεκτρισμού, με το συντονισμό του Αναπληρωτή Ακαδημαϊκού Συμβούλου και
 - τη συμμετοχή του ΥΔ στον διεξοδικό σχεδιασμό της τελικής μορφής του αισθητήρα ιόντων (*Εικόνα 1*) με βάση τις σχεδιαστικές προκλήσεις που αναφέρονται στον Πίνακα 1.



Εικόνα 1: Τυπική υλοποίηση διάταξης μέτρησης ιόντων τύπου Gerdien και απεικόνιση του ρεύματος ηρεμίας για κάθε μία από τις υλοποιήσεις. Η κόκκινη οριζόντια διακεκομμένη γραμμή οριοθετεί το μέγιστο αποδεκτό ρεύμα ηρεμίας.

- II. συμμετοχή του ΥΔ σε τεστ βαθμονόμησης φορητού μίνι ηλεκτρομέτρου τύπου field mill και συνέχεια στο ερχόμενο τρίμηνο αναφοράς, με στόχο τη διακρίβωση της συσχέτισης μεταξύ του μετρούμενου κατακόρυφου ηλεκτρικού πεδίου και της επικρατούσας ταχύτητας ανέμου, όπως αυτή μετρήθηκε με μετεωρολογική ραδιοβολίδα τύπου DFM-09 Graw (Εικόνα 2).

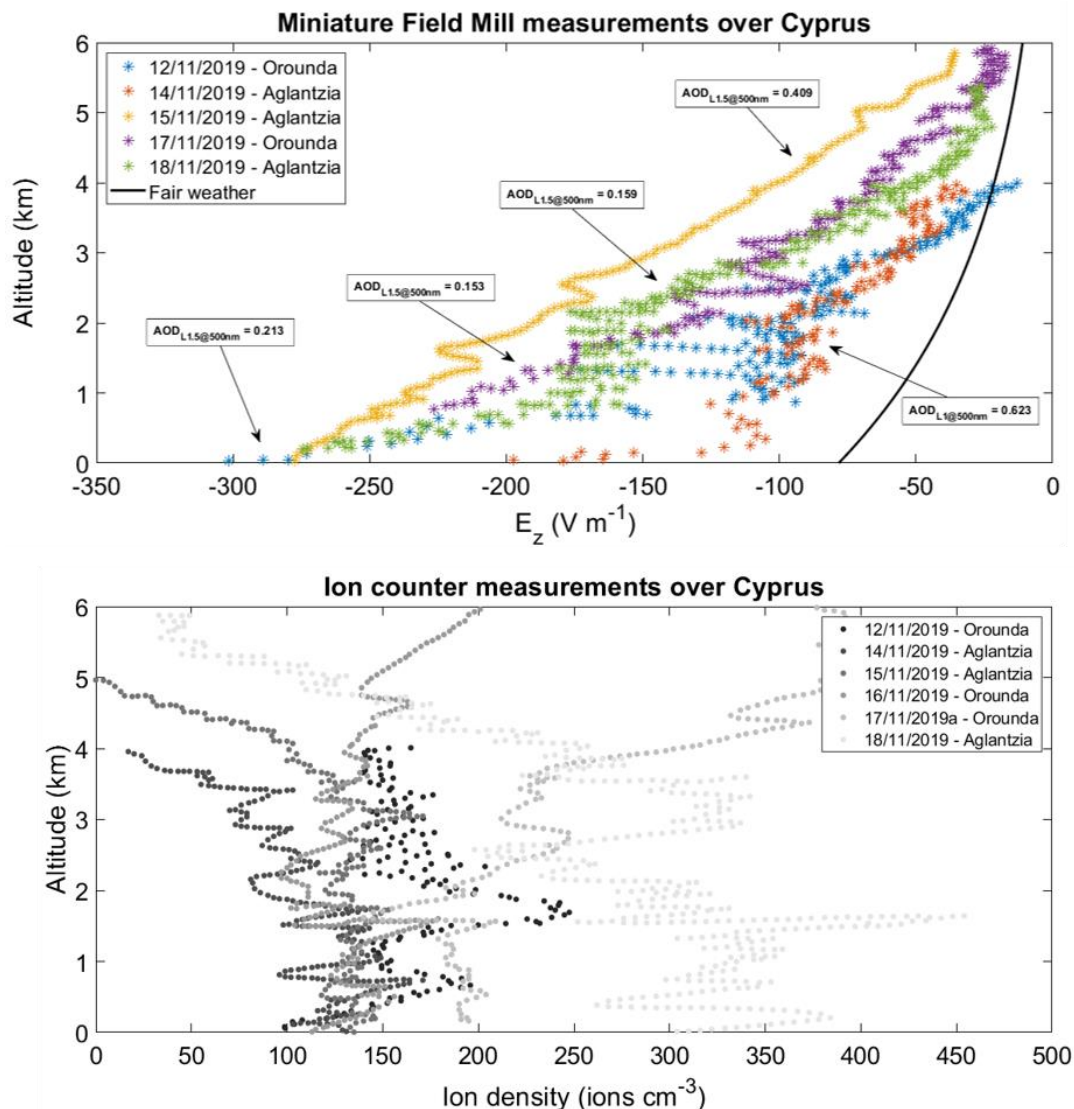


Εικόνα 2: Απεικόνιση της συσχέτισης κατά wavelets του κατακόρυφου ηλεκτρικού πεδίου από την ταχύτητα του ανέμου, όπως αυτά καταγράφηκαν από το φορητό ηλεκτρόμετρο και τη μετεωρολογική ραδιοβολίδα κατά τη διάρκεια των πέντε ραδιοβολήσεων στην Κύπρο. Τα μέτριας περιодικότητας φαινόμενα παρουσιάζουν έντονη αντισυσχέτιση με το ηλεκτρικό πεδίο, πιθανόν διότι μειώνεται η καταγραφική ισχύς του αισθητήρα.

3. Μελέτες διακρίβωσης

Μετρήσεις από την Κύπρο

Κατά τη διάρκεια του πειράματος pre-ASKOS στο πλαίσιο του προγράμματος D-TECT, διεξάχθηκαν το Νοέμβριο του 2019 μετεωρολογικές ραδιοβολήσεις από δύο τοποθεσίες της Κύπρου (Λευκωσία – Ινστιτούτο Κύπρου και Ορούντα – βάση διεξαγωγής πτήσεων UAV του Ινστιτούτου Κύπρου), όπου προσδένονταν πρότυποι αισθητήρες τύπου field mill, κατασκευής σε μικροκλίμακα, σε συνδυασμό με εμπορικούς μετρητές ιόντων, τύπου KT- 401 air ion tester. Τα κατακόρυφα προφίλ της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου και της πυκνότητας ιόντων μέσα σε υπερυψωμένα νέφη σκόνης, αντιπαραβάλλονται με το διαφορετικό οπτικό βάθος των αερολυμάτων (AOD) για τις συγκεκριμένες μέρες, όπως αυτό καταγράφηκε από δύο φωτόμετρα Cimel του δικτύου AERONET της NASA (<https://aeronet.gsfc.nasa.gov/> τελευταία είσοδος: 31/03/2021).

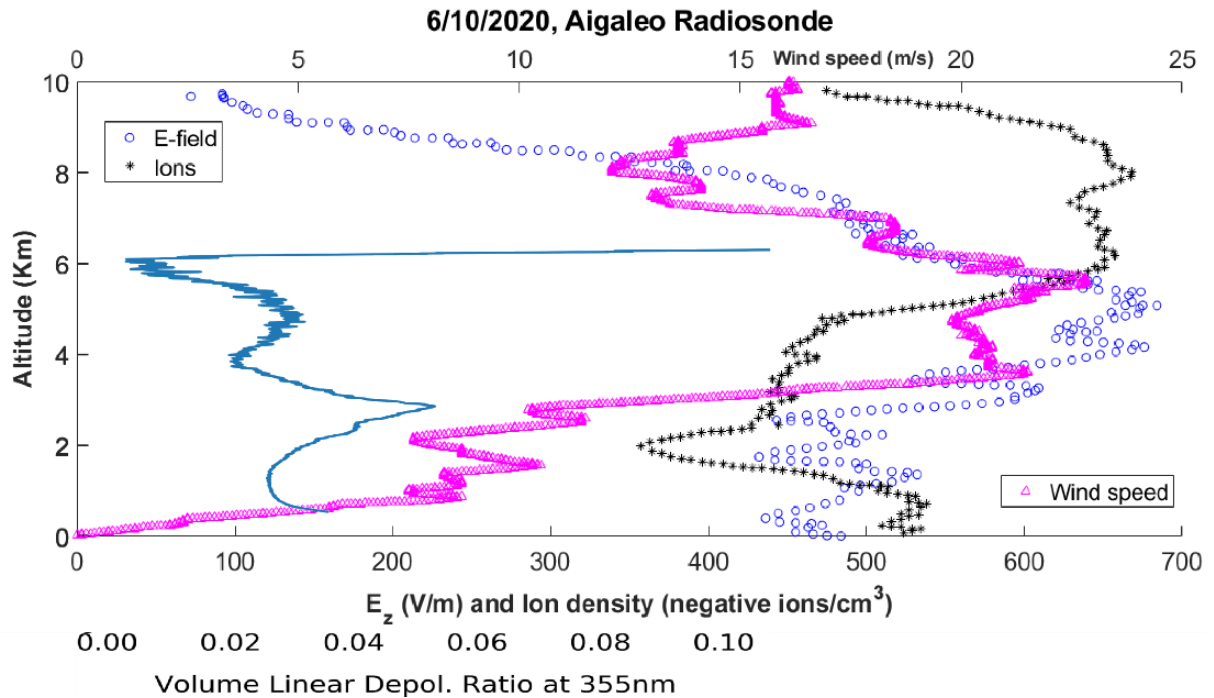


Εικόνα 3: (Επάνω) Κατανομή καθ' ύψος της έντασης της κατακόρυφης συνιστώσας του ηλεκτρικού πεδίου ($V m^{-1}$) κατά τη διάρκεια μετεωρολογικών ραδιοβολήσεων στην Κύπρο, μεταξύ 12/11 και 18/11/2019, σε σύγκριση με το οπτικό βάθος της ατμόσφαιρας και το θεωρητικώς υπολογιζόμενο ηλεκτρικό πεδίο εν αιθρία (μαύρη γραμμή). (Κάτω) Κατανομή καθ' ύψος της πυκνότητας των ατμοσφαιρικών ιόντων ($ions cm^{-3}$) για τις ίδιες ημερομηνίες.

- Από την παραπάνω εικόνα, γίνονται αντιληπτά σημεία συσσώρευσης φορτισμένων σωματιδίων σκόνης τα οποία και αναμένεται να επιδρούν στο μεγάλης κλίμακας πεδίο εντός του νέφους σκόνης.

Μετρήσεις από την Αθήνα

Σε πλήρη συνάφεια της κατατεθείσας Πράξης αναφορικά με τον παραλληλισμό των ενεργειών του ΜΕΔΙΜΝΟΥ με το πρόγραμμα D-TECT, διενεργήθηκε εξειδικευμένη ραδιοβόληση στην Αθήνα κατά τη διάρκεια επεισοδίου σκόνης στις 06/10/2020. Μελετώνται, παράλληλα, και οι οπτικές ιδιότητες του νέφους μέσω δεδομένων του πρότυπου lidar EVE του Εθνικού Αστεροσκοπείου.



Εικόνα 4: Κατανομή καθ' ύψος της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου (μπλε κύκλοι), της πυκνότητας ιόντων (μαύρο), της επικρατούσας ταχύτητας ανέμου και του ποσοστού αποπόλωσης της ακτινοβολίας στα 355nm (μπλε γραμμή). Οι περιοχές συσσώρευσης φορτισμένων σωματιδίων σκόνης συμπίπτουν με τα εκατέρωθεν όρια του νέφους σκόνης μεταξύ 2.5 και 4 km.

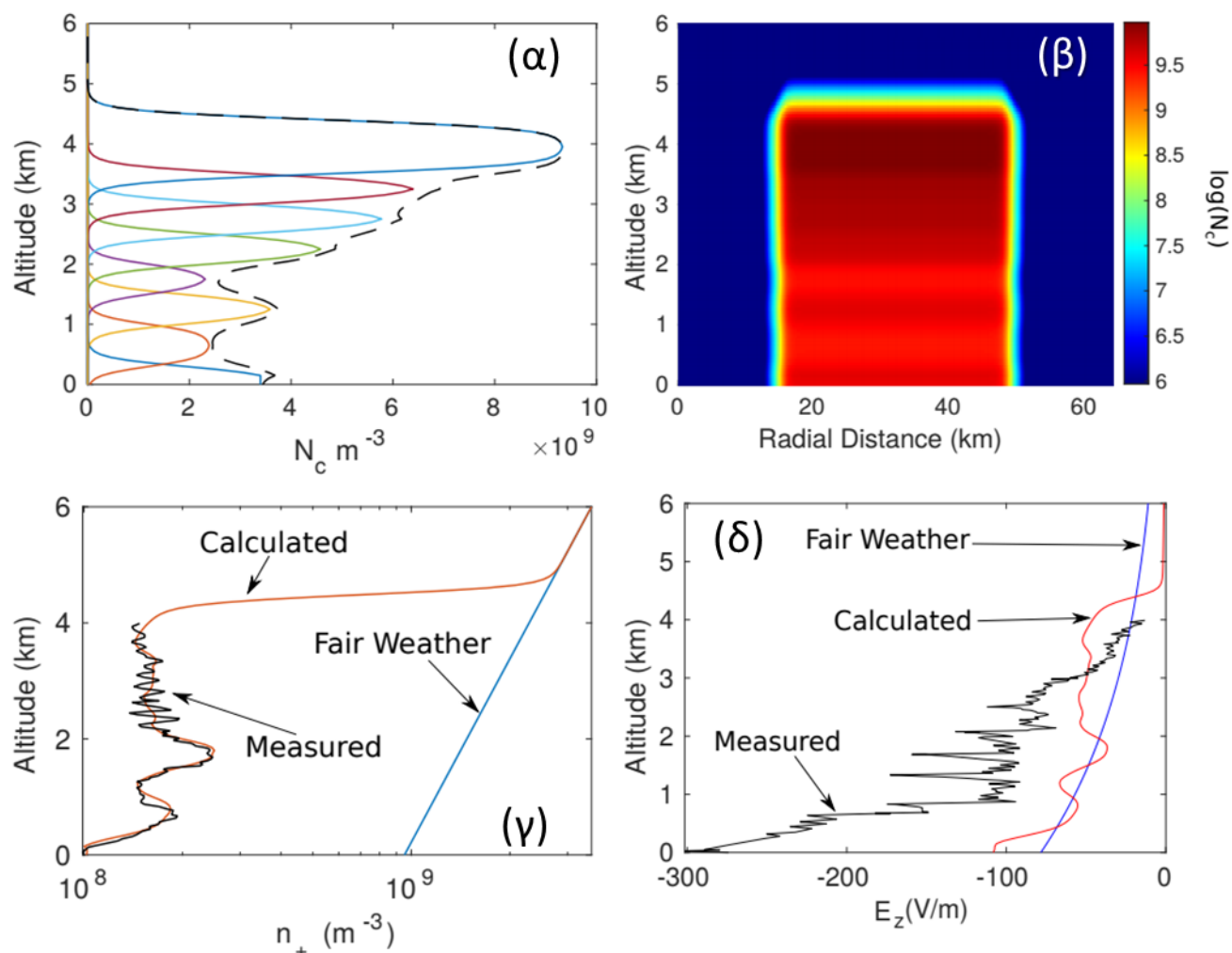
- Τα δεδομένα ηλεκτρικού πεδίου και ιόντων χρησιμοποιούνται αμφότερα για τον υπολογισμό και τη σύγκριση της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου που εξάγεται από το μοντέλο προσκόλλησης των ατμοσφαιρικών ιόντων στα σωματίδια της σκόνης.

Πίνακας 1: Σχεδιαστικές ιδιαιτερότητες του νέου αισθητήρα ιόντων

Σχεδιαστική απαίτηση	Επεξήγηση
Βάρος	Επειδή το συγκεκριμένο σύστημα θα ενσωματωθεί σε εναέρια πλατφόρμα (ραδιοβολίδα) για λόγους ασφαλείας απαιτείται το βάρος του να είναι χαμηλότερο από το βάρος της ραδιοβολίδας
Κόστος	Πρόκειται για αναλώσιμο και θυσιαζόμενο είδος, το κόστος τους δεν θα πρέπει να είναι απαγορευτικό για τη λήψη συνεχόμενων μετρήσεων
Χαμηλός θόρυβος	Προκαθορίζουμε ως κατώφλι θορύβου το δεκαπλάσιο του κατωφλίου θορύβου του τελεστικού ενισχυτή εισόδου που χρησιμοποιούμε. Οποιαδήποτε τιμή ηρεμίας (μηδενική διέγερση) μεγαλύτερη του κατωφλίου θορύβου καθιστά την σχεδιαστική προσέγγιση ακατάλληλη
Μηχανική αντοχή	Με δεδομένο ότι ο κορμός της μετρητικής διάταξης θα πρέπει να είναι συμμετρικού προφίλ, να φέρει ενσωματωμένο ανεμιστήρα αναρρόφησης αλλά θα πρέπει ταυτόχρονα να δίνει τη δυνατότητα στήριξης των υπόλοιπων υποσυστημάτων, καταλήγουμε σε σωληνωτό προφίλ αγωγίμου υλικού (μεταλλικό) ή τουλάχιστον αγωγίμης εσωτερικής επιφάνειας.

Μελέτη διακρύβωσης του μοντέλου με τις μετρήσεις

Στα πλαίσια του ΜΕΔΙΜΝΟΥ έχει αναπτυχθεί ένα νέο 3D μοντέλο που εξαρτάται από το χρόνο, το οποίο λαμβάνει υπόψη διάφορες ατμοσφαιρικές διεργασίες. Το μοντέλο που έχει υλοποιηθεί είναι σε θέση να υπολογίσει με συνέπεια τη δυναμική χρονική εξέλιξη της ατμοσφαιρικής αγωγιμότητας και του ατμοσφαιρικού ηλεκτρικού πεδίου, υποθέτοντας μια κατανομή στατικών σωματιδίων σκόνης. Επιπρόσθετα, σύγκριση μεταξύ των αποτελεσμάτων του μοντέλου και των κατανομών της μετρούμενης πυκνότητας ιόντων και της ισχύος του ηλεκτρικού πεδίου καθ' ύψος πραγματοποιήθηκαν κατά τη διάρκεια του έργου (λεπτομέρειες στο άρθρο *Mallios et al., 15th COMECAP proceedings, 2021*). Το νέφος σκόνης εισάγεται στο μοντέλο ως υπέρθεση στρωμάτων (Εικόνα 5α, β). Η οριζόντια έκταση του λοφίου σκόνης είναι 32 χλμ. και οποιαδήποτε περαιτέρω αύξηση δεν επηρεάζει τα αποτελέσματα στο κέντρο του λοφίου. Υποθέτοντας ότι η ακτίνα σωματιδίων είναι η ίδια σε όλα τα στρώματα, δηλαδή ίση με 0,1 μm, τα υψόμετρα και οι κατακόρυφες εκτάσεις των στρωμάτων έχουν τροποποιηθεί με τέτοιο τρόπο ώστε η υπολογισμένη κατανομή θετικών ιόντων σταθερής κατάστασης να είναι πολύ κοντά στη μετρημένη (βλ. Εικόνα 5γ). Σημειώνουμε ότι τα ίδια αποτελέσματα μπορούν να ληφθούν χρησιμοποιώντας οποιαδήποτε τιμή ακτίνας σωματιδίων, αρκεί το προϊόν μεταξύ της αριθμητικής πυκνότητας και της ακτίνας των σωματιδίων να παραμένει σταθερό (δηλαδή καθώς αυξάνεται η ακτίνα των σωματιδίων, η αριθμητική πυκνότητα μειώνεται και το αντίστροφο). Αυτό πηγάζει από το γεγονός ότι οι ρυθμοί προσκόλλησης ιόντων είναι ανάλογοι προς το προϊόν μεταξύ της ακτίνας σωματιδίων και της πυκνότητας του αριθμού σωματιδίων. Η πυκνότητα ιόντων είναι χαμηλότερη από την τιμή του άνεφου καιρού, από την τιμή σε συνθήκες αιθρίας, όπως αναμενόταν, επειδή τα ιόντα προσκολλούνται σε σωματίδια σκόνης και χάνονται.



Εικόνα 5: Σύγκριση των αποτελεσμάτων του μοντέλου με μετρήσεις: (α) Κατακόρυφη κατανομή της αριθμητικής πυκνότητας των σωματιδίων σκόνης στο κέντρο του νέφους, (β) διατομή της αριθμητικής πυκνότητας των σωματιδίων σκόνης με το ύψος, (γ) κατακόρυφη κατανομή της πυκνότητας θετικών ιόντων στο κέντρο του νέφους, (δ) Κατανομή καθ' ύψος της έντασης του κατακόρυφου ηλεκτρικού πεδίου.

- Αν και μπορεί να επιτευχθεί πολύ καλή συμφωνία για την κατανομή της θετικής πυκνότητας ιόντων (Εικόνα 5γ), αυτό δεν ισχύει για το την ένταση του κατακόρυφου ηλεκτρικού πεδίου (Εικόνα 5δ). Η υπολογιζόμενη κατανομή του ηλεκτρικού πεδίου διαφέρει σημαντικά από αυτήν που λαμβάνεται από τις μετρήσεις.

4. Συμπεράσματα

- Χρησιμοποιήθηκαν μετρήσεις τόσο στην Κύπρο όσο και στην Αθήνα.
- Το 3D μοντέλο που έχει υλοποιηθεί στα πλαίσια του προγράμματος είναι σε θέση να υπολογίσει με συνέπεια τη δυναμική χρονική εξέλιξη της ατμοσφαιρικής αγωγιμότητας και του ατμοσφαιρικού ηλεκτρικού πεδίου, υποθέτοντας μια κατανομή στατικών σωματιδίων σκόνης.
- Η μελέτες διακρίβωσης κατέδειξαν τη συμφωνία παρατηρήσεων και προσομοιώσεων.
- Σε μελλοντικά ερευνητικά βήματα, στοχεύουμε να μελετήσουμε εκτενώς όλους τους πιθανούς λόγους για τη διαφορά που παρατηρείται μεταξύ της καταγεγραμμένης και της αναμενόμενης κατανομής Ez (λεπτομέρειες *Mallios et al., 15th COMECAP 2021*), για την καλύτερη κατανόηση της δυναμικής των ηλεκτρικών ιδιοτήτων των σωματιδίων σκόνης.

5. Αναφορές

S.A. Mallios, G. Papangelis, G. Hloupis, A. Papaioannou, V. Daskalopoulou and V. Amiridis **Electrical Properties of Transported Dust Layers due to Atmospheric Ion Attachment to Dust Particles**, Proceedings of the 15th COMECAP International Conference, 2021