www.filoi-gnhm.gr
Έτος ίδρυσης 1978
Τεύχος 142
ΟΚΤ-ΝΟΕ-ΔΕΚ 2020

οι φίλοι του μουσείου

Τριμηνιαία έκδοση των Φίλων του Μουσείου Γουλανδρή Φυσικής Ιστορίας

ΑΦΙΕΡΩΜΑ:
Ερημική σκόνη

Συμβαίνουν στη γη μας

Θα φανταζόσαστε ποτέ ότι η σκόνη από τη Σαχάρα είναι ευεργετική για το δάσος του Αμαζονίου; Ξέρετε ότι υπάρχει ομάδα Ελλήνων επιστημόνων που ασχολείται με τους κόκκους της σκόνης; Όχι όμως οποιασδήποτε σκόνης, ειδικά της σκόνης από τις ερήμους, της «ερημικής σκόνης». Μελετάει το σχήμα, τον προσανατολισμό και την κίνηση των κόκκων αυτών και την επίδρασή τους στην ποιότητα του εδάφους, στο αναπνευστικό σύστημα του ανθρώπου, στο κλίμα της γης κ.ά.

Δείτε σ' αυτό το τεύχος στοιχεία για την πρωτοπόρα έρευνα της ομάδας ReACT, του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών.

Δείτε ακόμη μια σύντομη αναφορά στο χριστουγεννιάτικο διαδικτυακό μας πρόγραμμα: «Τι συμβαίνει στη γη μας τα Χριστούγεννα;»

Σας ευχόμαστε ΚΑΛΗ ΧΡΟΝΙΑ

22/3/2009, από εκδρομή των Φίλων στην Αίγυπτο. Φωτο: Μαριάνα Δημητρίου

Για μια χούφτα... σκόνης!

των: Ελένης Δρακάκη, Βασιλικής Δασκαλοπούλου, Άννας Γιαλιτάκη, Σταυρούλας Παπαθεοχάρη και Ιωάννας Μαυροπούλου

Η ατμοσφαιρική σκόνη μπορεί να ταξιδεύει σε μεγάλες αποστάσεις, αποτελώντας περίπου τη μισή μάζα των παγκόσμιων εκπομπών αέριων σωματιδίων και μπορεί ταυτόχρονα να επηρεάσει πολλές από τις φυσικές διεργασίες στη γήινη ατμόσφαιρα.

Εισαγωγή

Ερημικές ζώνες που καλύπτουν τεράστιες εκτάσεις στον πλανήτη και ολοένα επεκτείνονται, λόγω της αυξανομένης ανθρώπινης δραστηριότητας, σωματίδια σκόνης που μεταφέρονται με τον αέρα και διασχίζουν ολόκληρους ωκεανούς, επιβλητικές καταιγίδες άμμου και σκόνης που μπορούν να επηρεάσουν το παγκόσμιο κλίμα. Αυτά είναι λίγα μόνο από τα ερωτήματα που μας απασχολούν αναφορικά με την ερημική σκόνη και τα οποία καλείται να απαντήσει η ερευνητική ομάδα ReACT του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών, με επικεφαλής τον Διευθυντή Ερευνών **Δρ. Βασίλη Αμοιρίδη**.

Πώς σχηματίζονται οι έρημοι;

Η απάντηση στην ερώτηση φαντάζει προφανής - παρατεταμένη έλλειψη βροχόπτωσης και ξηρασία έχουν οδηγήσει στην ερημοποίηση εκτάσεων που καλύπτουν το 1/3 περίπου του Πλανήτη. Ωστόσο, το πώς ακριβώς σχηματίζονται τα -σχεδόν- μόνιμα συστήματα αέριας ατμοσφαιρικής κυκλοφορίας (***Εικόνα 1***) που οδηγούν σε αυτήν την ξηρασία, είναι κάπως πιο πολύπλοκο.

Η θέση των ερήμων, έτσι όπως τις γνωρίζουμε σήμερα, καθορίστηκε πριν από περίπου 3 εκατομμύρια χρόνια. Το μέγεθος πολλών από αυτές εξακολουθεί, όμως, να αλλάζει στο πέρασμα των χρόνων. Ο πιο σημαντικός παράγοντας που καθορίζει τον σχηματισμό μίας ερήμου είναι το γεωγραφικό πλάτος - η θέση δηλαδή μιας περιοχής σε σχέση με τον Ισημερινό. Άλλοι παράγοντες που επιδρούν μπορεί να είναι η εγγύτητα των ερημικών περιοχών με τη θάλασσα ή η θέση τους σε σχέση με υψηλές οροσειρές. Γενικά, μπορούμε να διαιρέσουμε τις διάφορες ερήμους σε τρεις κύριες κατηγορίες:

- της ζώνης των υποτροπικών
- των υπήνεμων πλευρών μεγάλων ορέων και οροσειρών
- των ηπειρωτικών ερήμων

Έρημοι της ζώνης των υποτροπικών

Πολλές από τις ερήμους βρίσκονται σε μία ζώνη που εκτείνεται είτε βορειότερα του παράλληλου των 10° βόρεια του Ισημερινού είτε νοτιότερα του παράλληλου των 10° νότια του Ισημερινού. Οι περιοχές αυτές χαρακτηρίζονται από έντονη ξηρασία. Ας δούμε λίγο πιο αναλυτικά γιατί συμβαίνει αυτό. Οι περιοχές αυτές ορίζουν την τροπική ζώνη, στην οποία οι ακτίνες του ήλιου φτάνουν στην επιφάνεια της Γης, διανύοντας την μικρότερη απόσταση, ενώ ταυτόχρονα προσπίπτουν υπό τέτοια γωνία ώστε προκαλείται υπερθέρμανση της περιοχής. Συνεπώς, οι επιφανειακές αέριες μάζες θερμαίνονται περισσότερο από τις αέριες μάζες των γειτονικών περιοχών και ανέρχονται σε μεγαλύτερα ύψη. Καθώς ανέρχονται, το «κενό» που αφήνουν έρχονται να καλύψουν οι αέριες μάζες που βρίσκονται σε βορειότερα ή νοτιότερα γεωγραφικά πλάτη εκατέρωθεν της τροπικής ζώνης, οι οποίες αρχίζουν και κινούνται προς τις τροπικές περιοχές. Παράλληλα, η έντονη θέρμανση στην περιοχή των τροπικών προκαλεί την εξάτμιση του νερού από τους ωκεανούς, τροφοδοτώντας τις εφαπτόμενες αέριες μάζες με υγρασία. Καθώς ο θερμός και υγρός αέρας των τροπικών ανέρχεται, το νερό συμπυκνώνεται και πέφτει και πάλι προς την επιφάνεια της Γης με τη μορφή **υετού** σε μία ζώνη 10° γύρω από τον Ισημερινό. Για αυτό και η τροπική ζώνη χαρακτηρίζεται από περιοχές με έντονη υγρασία και πυκνή βλάστηση. Μετά την βροχόπτωση, οι ξηρές πλέον αέριες μάζες, αρχίζουν την καθοδική τους πορεία περίπου στις 25° - 30° βόρεια και νότια του Ισημερινού (υποτροπική ζώνη), δημιουργώντας μία **ζώνη υψηλών πιέσεων (αντικυκλώνας)**. Αυτή η κυκλική κίνηση των αερίων μαζών δημιουργεί ένα κλειστό κύτταρο ατμοσφαιρικής κυκλοφορίας γνωστό και ως κύτταρο Χάντλεϋ (Hadley) που βρίσκεται μόνιμα πάνω από αυτές τις περιοχές (***Εικόνα 1***).

Μερικές από τις πιο γνωστές ερήμους των υποτροπικών είναι η Έρημος Σαχάρα και η Αραβική Έρημος στο βόρειο ημισφαίριο, η Έρημος Ατακάμα και Καλαχάρι, καθώς και οι Αυστραλιανές Έρημοι στο νότιο ημισφαίριο.

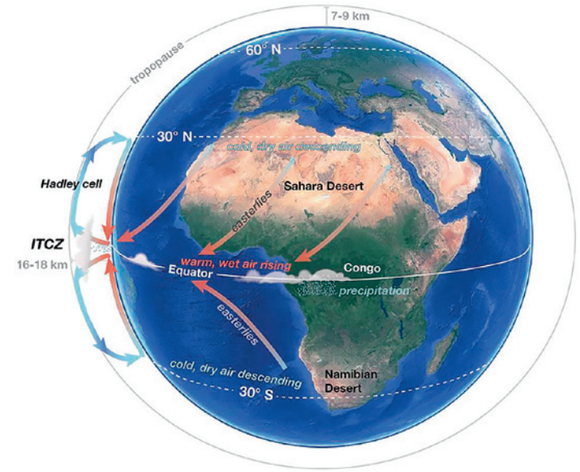
Έρημοι των υπήνεμων πλευρών μεγάλων ορέων και οροσειρών

Σε πολλές περιπτώσεις έρημοι έχουν δημιουργηθεί στην **υπήνεμη** πλευρά μεγάλων ορέων ή εκτεταμένων οροσειρών, καθώς η πλευρά αυτή είναι φτωχή σε βροχόπτωση, εξαιτίας ενός φαινομένου που καλείται ομβροσκιά (rain-shadow) (***Εικόνα 2***). Το φαινόμενο αυτό παρατηρείται όταν υγρές αέριες μάζες πάνω από θαλάσσιες περιοχές, ερχόμενες προς την ξηρά παρεμποδίζονται από τα ψηλά βουνά, και αναγκάζονται σε ανοδική κίνηση. Καθώς ανέρχονται και ψύχονται, το νερό που περιέχουν συμπυκνώνεται, δημιουργώντας βροχοπτώσεις στην **προσήνεμη** πλευρά του όρους, ενώ καταλήγουν ξηρές στην υπήνεμη πλευρά. Η ένταση του φαινομένου είναι συνάρτηση της έκτασης και του ύψους του βουνού, αλλά και της κλίσης της πλαγιάς σε σχέση με την επικρατούσα διεύθυνση του ανέμου. Η επίδρασή του φαινομένου μπορεί να είναι εμφανής αρκετά χιλιόμετρα μακριά από την οροσειρά ή το βουνό, έως ότου να αντισταθμιστεί από την παρουσία άλλων αέριων μαζών.

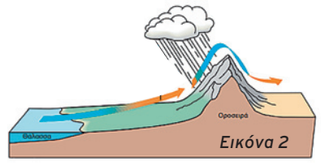
Μερικές από τις πιο γνωστές ερήμους αυτής της κατηγορίας είναι η έρημος της Παταγονίας στη Νότια Αμερική και η έρημος Μοχάβι στην Καλιφόρνια.

Ηπειρωτικές έρημοι

Ακόμη και χωρίς την παρεμβολή οροσειρών στην πορεία τους, οι αέριες μάζες καθώς εισέρχονται όλο και πιο βαθιά στις ηπείρους, γίνονται ολοένα και ξηρότερες εξαιτίας της απόστασης από τις πηγές νερού (π.χ. τους ωκεανούς). Μερικές από τις ερήμους που έχουν σχηματιστεί εξαιτίας αυτού του φαινομένου είναι η έρημος Τακλιμακάν και η έρημος Γκόμπι στην Ασιατική ήπειρο (***Εικόνα 3***).



Εικόνα 1



Σχηματική αναπαράσταση φαινομένου ομβροσκιάς των ορέων (rain-shadow).

Image credits: © http://legacy.cup.gr/Files/files/chapters/biology-3-chap52-sa.pdf

Εικόνα 1: Ζώνη των τροπικών και υποτροπικών περιοχών και αναπαράσταση του κυττάρου Χάντλεϋ (Hadley cell).

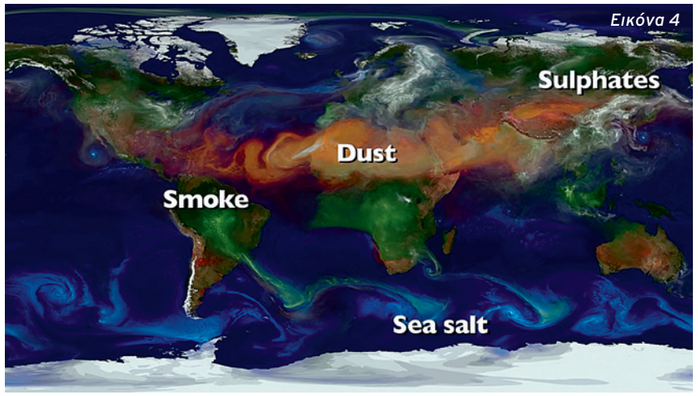
Image credits: © Satellite image of Earth from space courtesy NASA-Goddard Space Flight Center

Από την έρημο στην ατμόσφαιρα!

Πώς λοιπόν καταλήγουν τα σωματίδια σκόνης από την επιφάνεια του εδάφους στην ατμόσφαιρα; Όταν ο άνεμος πνέει πάνω από τις ερήμους, σωματίδια άμμου διαφόρων μεγεθών ανυψώνονται στον αέρα σχηματίζοντας πλέον την «ατμοσφαιρική σκόνη» η οποία διαδραματίζει σπουδαίο ρόλο στο κλιματικό σύστημα, καθώς η ποσότητά της είναι τέτοια ώστε αποτελεί περίπου τη μισή μάζα των παγκόσμιων εκπομπών αέριων σωματιδίων. Η ατμοσφαιρική σκόνη μπορεί να ταξιδεύει σε μεγάλες αποστάσεις (***Εικόνα 4***), και μπορεί ταυτόχρονα να επηρεάσει πολλές από τις φυσικές διεργασίες που λαμβάνουν χώρα στη γήινη ατμόσφαιρα (***Εικόνα 4***). Συγκεκριμένα, η ερημική σκόνη μπορεί να δημιουργήσει νέφη ή να τροποποιήσει τις ιδιότητές τους και να επηρεάσει την ανάπτυξή τους, ενισχύοντας ή καταστέλλοντας τον υετό. Επιπλέον, η ερημική σκόνη σκεδάζει και απορροφά την ηλιακή ακτινοβολία επιδρώντας στο **ενεργειακό ισοζύγιο του Πλανήτη**. Ο κύκλος «ζωής» της ερημικής σκόνης στην ατμόσφαιρα κλείνει με την εναπόθεσή της ξανά στο έδαφος ή στους ωκεανούς. (***Εικόνα 5***).

Η εναπόθεση αυτή των σωματιδίων σκόνης δρα ευεργετικά, ως μηχανισμός εμπλουτισμού των αντίστοιχων οικοσυστημάτων με θρεπτικά συστατικά λόγω της πλούσιας περιεκτικότητάς τους σε μεταλλικά στοιχεία (π.χ. Φώσφορο, Σίδηρο). Για παράδειγμα, έχουν δείξει πως η έκταση και η παραγωγικότητα σε διοξείδιο του άνθρακα του δάσους του Αμαζονίου, εξαρτάται από την μεταφορά Σαχαριανής σκόνης προς την περιοχή. Αντίθετα, τα μικρότερα σε μέγεθος σωματίδια σκόνης μπορούν να έχουν και μη ευεργετικές ιδιότητες καθώς εισέρχονται στο ανθρώπινο αναπνευστικό σύστημα προκαλώντας αναπνευστικές δυσκολίες, όπως αλλεργικές αντιδράσεις και άσθμα. Επιδρούν έτσι στην ανθρώπινη υγεία, ιδιαίτερα κατά την μεταφορά μεγάλων συγκεντρώσεων σκόνης. Η Ελλάδα είναι συχνός ενδιάμεσος «σταθμός» Σαχαριανής σκόνης, η οποία μάλιστα σε αρκετές περιπτώσεις «κοκκινίζει» τους Ελληνικούς ουρανούς (***Εικόνα 6***).

Όλες οι παραπάνω αλληλεπιδράσεις των σωματιδίων σκόνης με την ατμόσφαιρα, τα χερσαία και θαλάσσια οικοσυστήματα, σχετίζονται με την εξέλιξη του κλίματος της γης. Συνεπώς η κατανόηση των μηχανισμών της μεταφοράς της σκόνης, η συνολική της ποσότητα στην ατμόσφαιρα καθώς και ο προσδιορισμός των χαρακτηριστικών των σωματιδίων (π.χ. η χημική σύσταση, το μέγεθός τους κ.ά.) έχουν ιδιαίτερη σημασία για τον καθορισμό του είδους και του βαθμού της επίδρασης στις διάφορες διεργασίες που διέπουν τα οικοσυστήματα αυτά και την ατμόσφαιρα.

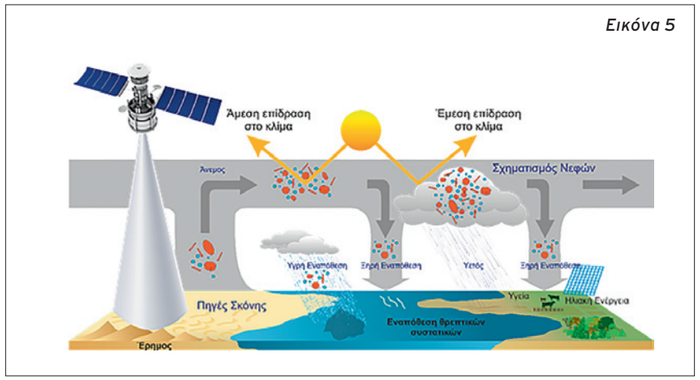


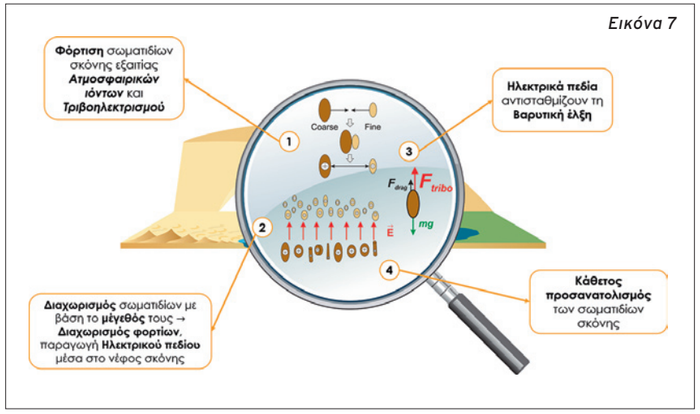
Εικόνα 3: *Γεωγραφική θέση ερήμου Γκόμπι στην Ασιατική ήπειρο.*

Image credits: NOA-ReACT, Cobi desert map: Pinterest and AYAN TRAVEL Co.,Ltd, Tours in Mongolia.

Εικόνα 4: *Η ζώνη της σκόνης: οι έρημοι της βορείου Αφρικής αποτελούν τις μεγαλύτερες πηγές σκόνης στην ατμόσφαιρα, συνεισφέροντας περίπου στο 70% των παγκόσμιων εκπομπών σκόνης. Τα σωματίδια σκόνης παρασύρονται από τους δυνατούς ανέμους κάνοντας υπεραντλαντικά ταξίδια, φτάνοντας μέχρι τα νησιά της Καραϊβικής.*

Image Credits: NASA's Goddard Space Flight Center/Global Modeling and Assimilation Office





Εικόνα 5: *Ο κύκλος «ζωής» της ερημικής σκόνης.*

Image credits: NOA-ReACT

Εικόνα 6: *Η «Μινωική Πορφύρα»: μεταφορά σκόνης από την έρημο Σαχάρας προς την Κρήτη, τον Μάρτιο του 2018, που δημιούργησε αυτό το σχεδόν απόκοσμο τοπίο.*

Image Credits: Dr. Konstantinos Brintakis Bav media.

Εικόνα 7: *Ιδιότητες σωματιδίων σκόνης.*

Image credits: ERC D-TECT/NOA-ReACT.

Και αν μέχρι τώρα τα βλέπουμε όλα λάθος;

Τα σωματίδια της σκόνης που συναντάμε στην ατμόσφαιρα μπορούν να φτάσουν σε διάμετρο έως και το μισό χιλιοστό (μέγεθος γιγάντιο για τα δεδομένα των αερολυμάτων). Τα μεγαλύτερα από αυτά τα σωματίδια αναμένουμε να πέσουν γρηγορότερα στο έδαφος, με αποτέλεσμα να είναι πιο συχνή η παρουσία τους κοντά στις ερήμους, από όπου και εκπέμπονται. Το σχήμα τους είναι ακανόνιστο, καθώς διαμορφώνεται από θραύσματα του ξηρού εδάφους. Έχοντας, όμως τέτοιο σχήμα, είναι πιθανό να αιωρούνται στην ατμόσφαιρα για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα, ενώ εξετάζεται και η πιθανότητα να έχουν προτιμητέο προσανατολισμό (***Εικόνα 7***).

Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι ότι τα μεγάλα σωματίδια της σκόνης (διαμέτρου > 10 μm) φαίνεται να έχουν μεγαλύτερη διάρκεια παραμονής στην ατμόσφαιρα και ταξιδεύουν σε μεγαλύτερες αποστάσεις από ότι μέχρι τώρα πιστεύαμε. Κάτι τέτοιο υποδεικνύει ότι οι φυσικές διεργασίες που καθορίζουν τους τρόπους μεταφοράς των σωματιδίων στην ατμόσφαιρα, είτε υποεκτιμώνται είτε αγνοούνται εντελώς κατά την θεωρητική μελέτη της σκόνης.

Τα μέλη της ομάδας ατμοσφαιρικής **τηλεπισκόπησης** ReACT (Remote Sensing of Aerosols, Clouds and Trace Gases) του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών, προσπαθούν να ρίξουν φως στα παραπάνω ερωτήματα, επανεξετάζοντας τις επικρατούσες θεωρίες και επαναπροσδιορίζοντας την αντίληψη σχετικά με τις δυνάμεις που κρατούν τα σωματίδια της σκόνης ψηλά στην ατμόσφαιρα. Στόχος της ομάδας είναι να γίνει καλύτερα κατανοητός ο κύκλος «ζωής» της σκόνης, αλλά και να δημιουργηθούν νέα εργαλεία για τη μελέτη των αλληλεπιδράσεων της σκόνης με το περιβάλλον κατά την παραμονή της στη γήινη ατμόσφαιρα. Πρόσφατη μελέτη αιχμής της ομάδας ReACT (Mallios et. al., 2020) δείχνει πως αν θεωρήσουμε ότι το σχήμα των σωματιδίων σκόνης είναι ελλειψοειδές και όχι σφαιρικό, αυτά μπορούν να παραμείνουν για μεγαλύτερους χρόνους

(η συνέχεια στη σελ. 8)

2021

ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ

Π	1	Πρωτοχρονιά
Σ	2	
Κ	3	
Δ	4	
Τ	5	
Τ	6	Θεοφάνεια
Π	7	
Π	8	
Σ	9	
Κ	10	
Δ	11	
Τ	12	
Τ	13	
Π	14	
Π	15	
Σ	16	
Κ	17	
Δ	18	
Τ	19	
Τ	20	
Π	21	
Π	22	
Σ	23	
Κ	24	
Δ	25	
Τ	26	
Τ	27	
Π	28	
Π	29	
Σ	30	Τριών Ιεραρχών
Κ	31	

ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ

Δ	1	
Τ	2	
Τ	3	
Π	4	
Π	5	
Σ	6	
Κ	7	
Δ	8	
Τ	9	
Τ	10	
Π	11	
Π	12	
Σ	13	
Κ	14	
Δ	15	
Τ	16	
Τ	17	
Π	18	
Π	19	
Σ	20	
Κ	21	
Δ	22	
Τ	23	
Τ	24	
Π	25	
Π	26	
Σ	27	
Κ	28	

ΜΑΡΤΙΟΣ

Δ	1	
Τ	2	
Τ	3	
Π	4	
Π	5	
Σ	6	
Κ	7	
Δ	8	
Τ	9	
Τ	10	
Π	11	
Π	12	
Σ	13	
Κ	14	
Δ	15	Καθαρά Δευτέρα
Τ	16	
Τ	17	
Π	18	
Π	19	
Σ	20	
Κ	21	
Δ	22	
Τ	23	
Τ	24	
Π	25	Εθνική γιορτή
Π	26	
Σ	27	
Κ	28	
Δ	29	
Τ	30	
Τ	31	

ΑΠΡΙΛΙΟΣ

Π	1	
Π	2	
Σ	3	
Κ	4	
Δ	5	
Τ	6	
Τ	7	
Π	8	
Π	9	
Σ	10	
Κ	11	
Δ	12	
Τ	13	
Τ	14	
Π	15	
Π	16	
Σ	17	
Κ	18	
Δ	19	
Τ	20	
Τ	21	
Π	22	
Π	23	
Σ	24	
Κ	25	
Δ	26	
Τ	27	
Τ	28	
Π	29	
Π	30	Μ. Παρασκευή

ΜΑΪΟΣ

Σ	1	Πρωτομαγιά Μ. Σάββατο
Κ	2	Κυριακή του Πάσχα
Δ	3	Δευτέρα του Πάσχα
Τ	4	
Τ	5	
Π	6	
Π	7	
Σ	8	
Κ	9	
Δ	10	
Τ	11	
Τ	12	
Π	13	
Π	14	
Σ	15	
Κ	16	
Δ	17	
Τ	18	
Τ	19	
Π	20	
Π	21	
Σ	22	
Κ	23	
Δ	24	
Τ	25	
Τ	26	
Π	27	
Π	28	
Σ	29	
Κ	30	
Δ	31	

ΙΟΥΝΙΟΣ

Τ	1	
Τ	2	
Π	3	
Π	4	
Σ	5	
Κ	6	
Δ	7	
Τ	8	
Τ	9	
Π	10	
Π	11	
Σ	12	
Κ	13	
Δ	14	
Τ	15	
Τ	16	
Π	17	
Π	18	
Σ	19	
Κ	20	
Δ	21	
Τ	22	
Τ	23	
Π	24	
Π	25	
Σ	26	
Κ	27	
Δ	28	
Τ	29	
Τ	30	

ΙΟΥΛΙΟΣ

Π	1	
Π	2	
Σ	3	
Κ	4	
Δ	5	
Τ	6	
Τ	7	
Π	8	
Π	9	
Σ	10	
Κ	11	
Δ	12	
Τ	13	
Τ	14	
Π	15	
Π	16	
Σ	17	
Κ	18	
Δ	19	
Τ	20	Πεντηκοστή
Τ	21	Αγίου Πνεύματος
Π	22	
Π	23	
Σ	24	
Κ	25	
Δ	26	
Τ	27	
Τ	28	
Π	29	
Π	30	
Σ	31	

ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ

Κ	1	
Δ	2	
Τ	3	
Τ	4	
Π	5	
Π	6	
Σ	7	
Κ	8	
Δ	9	
Τ	10	
Τ	11	
Π	12	
Π	13	
Σ	14	
Κ	15	Κοίμηση Θεοτόκου
Δ	16	
Τ	17	
Τ	18	
Π	19	
Π	20	
Σ	21	
Κ	22	
Δ	23	
Τ	24	
Τ	25	
Π	26	
Π	27	
Σ	28	
Κ	29	
Δ	30	
Τ	31	

ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ

Τ	1	
Τ	2	
Π	3	
Π	4	
Σ	5	
Κ	6	
Δ	7	
Τ	8	
Τ	9	
Π	10	
Π	11	
Σ	12	
Κ	13	
Δ	14	
Τ	15	
Τ	16	
Π	17	
Π	18	
Σ	19	
Κ	20	
Δ	21	
Τ	22	
Τ	23	
Π	24	
Π	25	
Σ	26	
Κ	27	
Δ	28	
Τ	29	
Τ	30	

ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ

Π	1	
Π	2	
Σ	3	
Κ	4	
Δ	5	
Τ	6	
Τ	7	
Π	8	
Π	9	
Σ	10	
Κ	11	
Δ	12	
Τ	13	
Τ	14	
Π	15	
Π	16	
Σ	17	
Κ	18	
Δ	19	
Τ	20	
Τ	21	
Π	22	
Π	23	
Σ	24	
Κ	25	
Δ	26	
Τ	27	
Τ	28	Εθνική γιορτή
Π	29	
Π	30	
Σ	31	

ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ

Δ	1	
Τ	2	
Τ	3	
Π	4	
Π	5	
Σ	6	
Κ	7	
Δ	8	
Τ	9	
Τ	10	
Π	11	
Π	12	
Σ	13	
Κ	14	
Δ	15	
Τ	16	
Τ	17	Πολυτεχνείο
Π	18	
Π	19	
Σ	20	
Κ	21	
Δ	22	
Τ	23	
Τ	24	
Π	25	
Π	26	
Σ	27	
Κ	28	
Δ	29	
Τ	30	

ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ

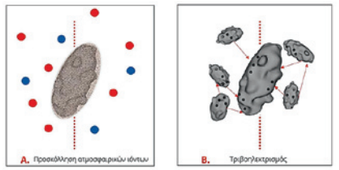
Τ	1	
Π	2	
Π	3	
Σ	4	
Κ	5	
Δ	6	
Τ	7	
Τ	8	
Π	9	
Π	10	
Σ	11	
Κ	12	
Δ	13	
Τ	14	
Τ	15	
Π	16	
Π	17	
Σ	18	
Κ	19	
Δ	20	
Τ	21	
Τ	22	
Π	23	
Π	24	
Σ	25	Χριστούγεννα
Κ	26	Σύναξη της Θεοτόκου
Δ	27	
Τ	28	
Τ	29	
Π	30	
Π	31	

Για εκδηλώσεις του 2021 να επισκέπτεστε την ιστοσελίδα:
filoi-gnhm.gr

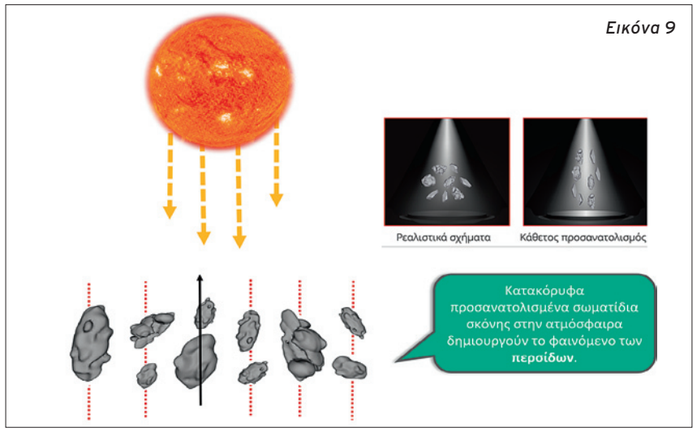
οι φίλοι του μουσείου

(συνέχεια από τη σελ. 5)

Εικόνα 8



Εικόνα 9



Εικόνα 10

Εικόνα 8: Βελτιωμένη προσέγγιση του ακανόνιστου σχήματος της σκόνης με ελλειψοειδή (κόκκινο σχήμα αριστερά), ώστε να προσομοιωθεί η μελέτη της ταχύτητας καθίζησης τους.
Image credits: ERC D-TECT, NOA-ReACT

Εικόνα 9: Προσανατολισμός σωματιδίων σκόνης στην ατμόσφαιρα, πιθανόν εξαιτίας του γήινου ηλεκτρικού πεδίου.
Image credits: ERC D-TECT/NOA-ReACT

Εικόνα 10: το πρότυπο σύστημα lidar WALL-E -και ναι καλά θυμάστε τον γλυκύτατο μικρό της Pixar!- του NOA.
Image credits: NOA-ReACT and Raymetrics S.A lidar manufacturing company, Wall-e sticker full copyrights to Pixar.

στην ατμόσφαιρα, δίνοντας έτσι μία πιθανή εξήγηση των παρατηρήσεων. Είναι ακόμη γνωστό πως τα σωματίδια σκόνης φορτίζονται ηλεκτρικά, καθώς ελεύθερα ιόντα προσκολλώνται στην επιφάνεια τους, ή ανταλλάσσονται μεταξύ τους ως αποτέλεσμα των κρούσεων κατά τη μεταφορά τους από τις ερήμους προς απομακρυσμένες περιοχές.Τα ηλεκτρικά πεδία που πιθανώς αναπτύσσονται με αυτό τον τρόπο μέσα στα νέφη σκόνης, επιδρούν στη μεταφορά των σωματιδίων καθώς τα ωθούν να ταξιδεύουν στις δυναμικές γραμμές του παγκόσμιου γήινου ηλεκτρικού πεδίου (***Εικόνα 8***).

Η ομάδα ReACT ερευνά τα θέματα αυτά στο πλαίσιο του βραβείου εδραίωσης που έχει λάβει από το Ευρωπαϊκό Συμβούλιο Έρευνας (ERC) για το έργο D-TECT (Does dust triboelectrification affect our climate?).

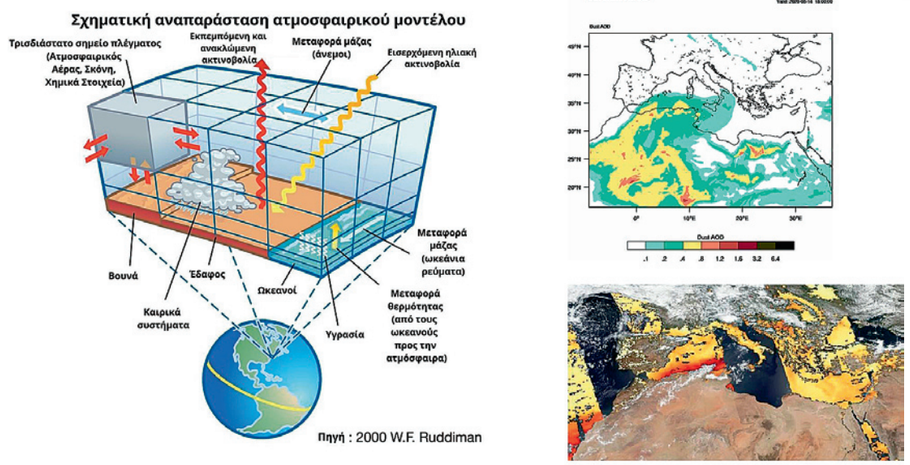
Είναι ενδιαφέρον ότι ανάλογη συμπεριφορά με την επιστημονική υπόθεση του D-TECT για τη σκόνη παρατηρήθηκε πρόσφατα και... σε αράχνες (!), οι οποίες χρησιμοποιούν τον ηλεκτρικά αγώγιμο ιστό τους για να αιωρούνται σε μεγάλες αποστάσεις.

Τέλος, είναι πιθανό τα ατμοσφαιρικά ηλεκτρικά πεδία να προκαλούν έναν ιδιαίτερο προσανατολισμό των μη-σφαιρικών αυτών σωματιδίων της σκόνης κατακόρυφα στην ατμόσφαιρα. Αν αυτό το φαινόμενο επιβεβαιωθεί, θα έχει σοβαρές επιπτώσεις στη διάδοση της ακτινοβολίας στην ατμόσφαιρα αλλά και στον υπολογισμό του ενεργειακού ισοζυγίου, καθώς τα κάθετα προσανατολισμένα σωματίδια λειτουργούν παρόμοια με τις περσίδες σε ένα παράθυρο που όταν ανοίγουν επιτρέπουν τη διέλευση περισσότερου φωτός θερμαίνοντας τον περιβάλλοντα χώρο (***Εικόνα 9***). Αντίστοιχα και τα κάθετα προσανατολισμένα σωματίδια σκόνης επιτρέπουν την διέλευση περισσότερης ηλιακής ακτινοβολίας προς την επιφάνεια του εδάφους.

Wall-e going home!

Για τη μελέτη του πιθανού προσανατολισμού των σωματιδίων σκόνης, στο πλαίσιο του D-TECT, μέλη της ομάδας ReACT σε συνεργασία με την ελληνική εταιρεία Raymetrics, που ειδικεύεται στον σχεδιασμό συστημάτων ατμοσφαιρικής τηλεπισκόπησης, και με συμβουλευτική από το Ludwig Maximilian University of Munich (LMU), κατασκεύασαν το πρότυπο σύστημα **lidar** (LIght Detection And Ranging) WALL-E (***Εικόνα 10***). Τα αποτελέσματα της έρευνας του ΕΑΑ με τη χρήση του WALL-E είναι κρίσιμα, καθώς οι παρατηρήσεις του αναμένεται να ξετυλίξουν το μεγάλο μυστήριο

Εικόνα 11



Εικόνα 11: Αναπαράσταση του τρισδιάστατου πλέγματος ενός αριθμητικού ατμοσφαιρικού μοντέλου (αριστερά), παράδειγμα πρόβλεψης πεδίου σκόνης για την περιοχή της Μεσογείου από την ομάδας REACT (πάνω δεξιά) και η κατάσταση του πεδίου σκόνης όπως παρατηρήθηκε από το δορυφόρο MODIS την ίδια ημέρα (κάτω δεξιά).
Image credits: 2000 W.F. Ruddiman (αριστερά), NOA-ReACT (πάνω δεξιά), NASA Worldview, part of the NASA Earth Observing System Data and Information System (EOSDIS) (https://worldview.earthdata.nasa.gov/) (κάτω δεξιά)

του προσανατολισμού των σωματιδίων σκόνης.

Το WALL-E, σε λιγότερο από ένα χρόνο από σήμερα, θα μεταφερθεί στο Πράσινο Ακρωτήρι στον Ατλαντικό Ωκεανό για να συμμετάσχει στο Διεθνές πείραμα ΑΣΚΟΣ.

Ο ΑΣΚΟΣ του Αιόλου

Το πείραμα ΑΣΚΟΣ συντονίζεται από τη ReACT, και αποτελεί την επίγεια συνιστώσα παρατήρησης του Διεθνούς πειράματος που διοργανώνει ο Ευρωπαϊκός Οργανισμός Διαστήματος (ΕΟΔ-ESA, European Space Agency). Στόχος του πειράματος είναι η μελέτη των ιδιοτήτων της ερημικής σκόνης αλλά και η διακρίβωση των μετρήσεων της δορυφορικής αποστολής «Αίολος» (Aeolus) υπό την παρουσία αυτών των σωματιδίων. Το πείραμα αποτελείται από τέσσερις συνιστώσες που συντονίζονται αντίστοιχα από το Αεροδιαστημικό Γερμανικό Κέντρο (DLR), τον Γαλλικό Διαστημικό Οργανισμό (CNES), την Εθνική Υπηρεσία Αεροναυπηγικής και Διαστήματος (NASA) και το Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών (NOA). Ο Αίολος είναι ο πρώτος δορυφόρος που πραγματοποιεί μετρήσεις του ανέμου από το διάστημα με σκοπό τη βελτίωση των προγνωστικών μοντέλων καιρού. Οι μετρήσεις του βασίζονται στη χρήση συστήματος **lidar**, και οι πρώτες ενδείξεις από τη χρήση των δεδομένων του δείχνουν σημαντική βελτίωση της πρόγνωσης των τροχιών τυφώνων και καταστροφικών καταιγίδων. Ο ΑΣΚΟΣ προβλέπει τη χρήση προηγμένου εξοπλισμού τηλεπισκόπησης που έχει αναπτυχθεί από το NOA και την Raymetrics, ενώ επίσης θα συμμετάσχουν στο πείραμα, με την παροχή εξειδικευμένου ερευνητικού εξοπλισμού, Ινστιτούτα που απαρτίζουν την Ευρωπαϊκή Υποδομή ACTRIS όπως τα CNR, TROPOS και Cyprus Institute.

Το νησί της επιστήμης

Για τις ανάγκες του έργου D-TECT πραγματοποιούνται επιπλέον συστηματικά μετρήσεις στο νησί των Αντικυθήρων (***Εικόνα 12***), στο πλαίσιο της σύστασης του Παρατηρητηρίου Κλιματικής Αλλαγής ΠΑΓΓΑΙΑ του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών. Η γεωγραφική θέση των Αντικυθήρων κρίθηκε κατάλληλη για τέτοιου είδους μελέτες καθώς το νησί επηρεάζεται πολύ συχνά από επεισόδια μεταφοράς ερημικής σκόνης λόγω της εγγύτητας του στην Αφρικανική ακτογραμμή, ενώ η ανθρωπογενής παρέμβαση είναι αμελητέα. Από τις μετρήσεις της ReACT στα Αντικύθηρα, υπάρχουν ήδη οι πρώτες ενδείξεις για τον κάθετο προσανατολισμό των σωματιδίων της σκόνης.

Τι μέλει γενέσθαι;

Τι μας περιμένει στο μέλλον όμως; Πώς μπορούμε να αξιοποιήσουμε όλη αυτήν την νέα πληροφορία; Τι θα συμβεί με την υπερθέρμανση του πλανήτη; Υπάρχουν και άλλες διεργασίες στη φύση που παραμένουν ανεξιχνίαστες; Οι παρατηρήσεις όπως είδαμε παραπάνω (π.χ. Wall-e, Aeolus) αλλά και τα αριθμητικά μοντέλα αποτελούν χρήσιμα εργαλεία για να δοθούν απαντήσεις σε αυτά τα ερωτήματα. Αριθμητικό μοντέλο καλείται ένας αλγόριθμος ο οποίος χωρίζοντας την ατμόσφαιρα σε μικρά στοιχειώδη κουτάκια, και ξεκινώντας με δεδομένη την κατάσταση της ατμόσφαιρας για μια συγκεκριμένη χρονική στιγμή, μπορεί να περιγράψει την κατάσταση της ατμόσφαιρας σε μεταγε-

νέστερες στιγμές (***Εικόνα 11***). Οι προβλέψεις αυτές των αριθμητικών μοντέλων, μπορούν να εκτείνονται στο χρόνο από μερικές ώρες έως μερικά χρόνια. Το μεγαλύτερο όφελος από την χρήση αριθμητικών μοντέλων είναι η δυνατότητα προσομοίωσης πολλών πιθανών σεναρίων ώστε να εκτιμηθεί ο βαθμός επίδρασης της κάθε παραμέτρου σε μια συγκεκριμένη διεργασία. Για παράδειγμα, όπως είδαμε, μπορούμε να υπολογίσουμε την αλληλεπίδραση της σκόνης με τις ατμοσφαιρικές παραμέτρους θεωρώντας ότι τα σωματίδια είναι ελλειψοειδή αντί για σφαιρικά –κάτι που γνωρίζουμε πως ισχύει από εργαστηριακές μετρήσεις, ή ακόμη εάν θεωρήσουμε ότι τα σωματίδια έχουν έναν συγκεκριμένο προσανατολισμό.

Οι παρατηρήσεις και τα αριθμητικά μοντέλα αποτελούν δυο συνιστώσες που επωφελούνται η μια από την παρουσία της άλλης. Από την μια οι μετρήσεις δεν μπορούν να καλύψουν όλη την Γη και σε κάθε χρονική στιγμή και από την άλλη η μεγάλη αβεβαιότητα στις προβλέψεις των αριθμητικών μοντέλων μειώνεται καθώς «τρέφονται» από πραγματικές μετρήσεις.

Προς αυτήν την κατεύθυνση, η ομάδα ReACT πέραν της έντονης δραστηριοποίησης στο κομμάτι των παρατηρήσεων, βελτιώνει συνεχώς και τα αριθμητικά μοντέλα πρόγνωσης καιρού και μεταφοράς σκόνης. Συγκεκριμένα, η ομάδα χρησιμοποιεί το μοντέλο WRF-Chem (Weather Research and Forecasting), το οποίο προσομοιώνει την παραγωγή εκπομπής σκόνης, τη μεταφορά της και την αλληλεπίδρασή της με την ακτινοβολία και τα νέφη. Αποτελέσματα του μοντέλου ερημικής σκόνης της ομάδας ReACT παρουσιάζονται στο Μετεωρολογικό Δελτίο του ειδησεογραφικού καναλιού ΣΚΑΪ (***Εικόνα 11***).

Η Οδύσσεια του Άρη

Οι έντονες καταιγίδες ερημικής σκόνης αποτελούν εξαιρετικά συχνό φαινόμενο και στον πλανήτη Άρη, παρόλη την αραιή ατμόσφαιρά του, καλύπτοντας πολλές φορές ολόκληρη την επιφάνειά του πλανήτη. Φαινόμενα τέτοιας έντασης μπορούν να επηρεάσουν σοβαρά μελλοντικές ερευνητικές αποστολές μιας και δεν μπορούν, ακόμη, να προβλεφθούν επιτυχώς. Συνδυάζοντας τις μέχρι τώρα γνώσεις της η ReACT, ευελπιστεί να αγγίξει τα επακόλουθα αυτής της έντονης μεταφοράς σκόνης ανοίγοντας δρόμο στις πλανητικές εφαρμογές.

Ακολουθείστε τη σκόνη!

Η έρευνα που παρουσιάστηκε στο άρθρο είναι εφικτή μέσω των χρηματοδοτήσεων από: Το πρόγραμμα-βραβείο εδραίωσης του Ευρωπαϊκού Συμβουλίου Έρευνας ERC D-TECT που έχει χορηγηθεί στον **Δρ. Αμοιρίδη**. Την χρηματοδότηση της Ευρωπαϊκής Τράπεζας Επενδύσεων στο Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών για το Παρατηρητήριο Γεωεπιστημών και Κλιματικής Αλλαγής Αντικυθήρων

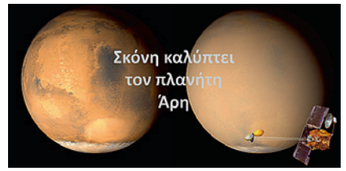


Image credits: NASA/JPL-Caltech/MSSS, 2001
Mars Odyssey sticker: Wikipedia, NOA-ReACT

(ΠΑΓΓΑΙΑ). Τη συμβολή της COSMOTE στη διευκόλυνση των μετρητικών ενεργειών στα Αντικύθηρα με την παροχή της κατάλληλης βάσης δικτύου και λοιπών υποδομών, καθώς επίσης και το Ίδρυμα Σταύρος Νιάρχος (ΙΣΝ) για την Δωρεά για τη διεξαγωγή έρευνας από υποψήφιους διδάκτορες της ομάδας, όσο και για τη διευκόλυνση της προσβασιμότητας στο νησί.

Για να μείνετε ενημερωμένοι:
- https://react.space.noa.gr/, https://www.facebook.com/noa.react
- https://askos.space.noa.gr/
- http://d-tect.space.noa.gr/
- https://www.youtube.com/watch?v=SdMLm5Xajv4&amp%3Bfeature=youtu.be
- https://www.youtube.com/watch?v=SDatEBfbHMk&feature=youtu.be
- https://www.youtube.com/watch?v=OVwnONbc1gc

Video credits: International Network to Encourage the Use of Monitoring and Forecasting Dust Products (inDust), COST Action CA16202.

- https://www.nationalgeographic.com/magazine/2019/05/see-how-spiders-fly-with-electricity-video/

Video credits: National Geographic Magazine

ΓΛΩΣΣΑΡΙ

Ερημική σκόνη: σωματίδια άμμου διαφόρων μεγεθών που ανυψώνονται στην ατμόσφαιρα υπό την επίδραση δυνατών ανέμων.

Ηνεμία: παντελής έλλειψη πνοής ανέμου

Οικοσύστημα: βασική οικολογική μονάδα που αποτελείται από το φυσικό περιβάλλον και τους οργανισμούς που ζουν σε αυτό.

Υετός: κάθε πτώση ή εναπόθεση στο έδαφος προϊόντων του ύδατος (σε υγρή ή στερεά μορφή, επιμερισμένη) που προέρχεται από συμπύκνωση των υδρατμών της ατμόσφαιρας. Κυριότερες μορφές υετού είναι η βροχή, το χιονόνερο, το χαλάζι και το χιόνι.

Αντικυκλώνας: περιοχή όπου επικρατούν υψηλότερες τιμές ατμοσφαιρικής πίεσης από τις γειτονικές περιοχές (πεδίο υψηλού βαρομετρικού ή υψηλό βαρομετρικό).

Υπήνεμη: η πλευρά που βρίσκεται στην αντίθετη πλευρά από την οποία φυσά ο άνεμος

Προσήνεμη: η πλευρά εκτεθειμένη στους ανέμους

Ατμοσφαιρική Τηλεπισκόπηση: επιστήμη και τεχνολογία παρατήρησης των χαρακτηριστικών φαινομένων που διέπουν τη γήινη ατμόσφαιρα εξ' αποστάσεως.

Σκέδαση του φωτός: ο διασκορπισμός των ακτίνων φωτός όταν προσπίπτουν σε μικροσκοπικά σωματίδια. Είναι, ουσιαστικά, η απορρόφηση και επανεκπομπή του φωτός από τα σωματίδια αυτά.

Ενεργειακό Ισοζύγιο του Πλανήτη: η διαφορά ενέργειας μεταξύ της εισερχόμενης και εξερχόμενης ακτινοβολίας στο σύστημα Γη – Ατμόσφαιρα για μια εκτεταμένη χρονική περίοδο. Η ισορροπία μεταξύ Γης και Ατμόσφαιρας αποτελεί έκφανση της αρχής διατήρησης της ενέργειας.

Lidar (Light Detection And Ranging): εκπομπή παλμικής ακτινοβολίας λέιζερ στην ατμόσφαιρα, με στόχο την καταγραφή της ακτινοβολίας που σκεδάζεται από τα σωματίδια προς τα πίσω.

Dust AOD: Οπτικό Βάθος Σκόνης

Τι συμβαίνει στη Γη μας τα Χριστούγεννα;

Σημείο των καιρών: αναπτύξαμε διαδικτυακή εκπαιδευτική δράση

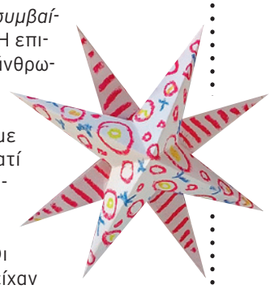
Μια γιαγιά, μια μαμά και τρεις 25άρηδες συμμετείχαν σε τρεις διαδικτυακές δράσεις για γονείς και παιδιά από 4 ετών. Οι συναντήσεις έγιναν 4, 11 και 18/12 ώρες 6:00 - 7:30 μ.μ.

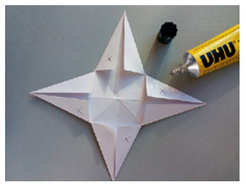
Με τίποτα δεν μπορούμε να πούμε ότι το πρόγραμμα αυτό, αλλά και οποιοδήποτε διαδικτυακό μπορεί να αντικαταστήσει τα ζωντανά εκπαιδευτικά προγράμματα. Ούτε ότι είχαμε πείρα για τη διοργάνωσή του. Προσπαθήσαμε να είναι όσο γίνεται περισσότερο συμμετοχικό, εκπαιδευτικό και διασκεδαστικό. Τα υλικά να βρίσκονται σ' ένα σπίτι, μιας και τα χαρτοπωλεία ήταν κλειστά. Οι πληροφορίες και οι εικόνες να είναι τέτοιες που σπάνια βλέπουμε για τα Χριστούγεννα. Η κάθε συνάντηση είχε ένα ειδικότερο θέμα, αλλά όλες περίπου την ίδια δομή: Αφήγηση με εικόνες, σχόλια, αίνιγμα, χειροτεχνίες, τραγούδια, μαγειρικές που γίνονταν με ζωντανή τηλεδιδασκαλία.

Σχέδια πουλιών από τη Μιρέιγ Μπέσα

Η 1η συνάντηση

είχε θέμα το ίδιο με το σύνολο «*Τι συμβαίνει στη Γη μας τα Χριστούγεννα;*» Η επιστήμη ξεκίνησε επειδή οι άνθρωποι αναρωτιούνται: γιατί άλλοτε έχει κρύο κι άλλοτε ζέστη; γιατί κρεμάμε στολίδια στα δέντρα; γιατί άλλοτε η μέρα είναι μεγάλη κι άλλοτε μικρή; Γιατί ανάβουμε τόσα φωτάκια τα Χριστούγεννα; Οι πρωτόγονοι άνθρωποι είχαν ρολόγια και ημερολόγια; Εδώ τα παιδιά έφτιαξαν επί τόπου δύο ουράνια σώματα.





Η 2η συνάντηση

είχε θέμα: «*Ζώα, Δέντρα και Καρποί παίζουν στο έργο: Χριστούγεννα*». Είναι τυχαίο που το έλατο έχει την τιμητική του τα Χριστούγεννα; Η ελιά στεφάνωνε τους αθλητές στην αρχαία Ελλάδα, λέτε να έχει σχέση και με τα Χριστούγεννα; Χίλιοι, μύριοι καλογέροι σ' ένα ράσο τυλιγμένοι. Στρουμπουλός ή λιγνός ο δικός μας Άγιος Βασίλης; Κι ο μοναχικός κοκκινολαίμης; πουλί ή ταχυδρόμος; Πουλερικό ή χοιρινό για το γιορτινό τραπέζι; Εδώ τα παιδιά έφτιαξαν επί τόπου και πάλι, έναν κοκκινολαίμη κι ένα έλατο.

Η 3η συνάντηση

είχε θέμα: «*Έθιμα, Τραγούδια και Μαγειρικές για τα Χριστούγεννα*». Έλατο, καραβάκι ή εκκλησούλα από ξυλογλυπτική; Κι εκείνο το μωρό γουρουνάκι, σαν ζωντανός σκουπιδοφάγος που μέσα σ' ένα χρόνο γινόταν 300 κιλά; Λέτε να κινδυνεύουμε από τους καλικάντζαρους; Γράφτηκαν χριστουγεννιάτικα τραγούδια από Έλληνες δημιουργούς; Εδώ ακούσαμε και μάθαμε τραγούδια που σπάνια ακούγονται τα Χριστούγεννα, αλλά φέρνουν στη φαντασία τόσο ωραίες εικόνες! Ακόμα διδαχθήκαμε μια εύκολη παιδική συνταγή για τυροπιτάκια.

Συμμετείχαν 27 άτομα, αρκετά από τα οποία ήταν ενήλικες. Αναμενόμενο. Το ωραιότερο σχόλιο που ακούσαμε: «*Όταν είδα αυτό το άστρο νόμιζα πως ήταν πολύ δύσκολο, τώρα όμως που το έφτιαξα είμαι πολύ ευχαριστημένη*».

Το Πρόγραμμα δημιούργησαν και υλοποίησαν εθελοντικά οι: Κωνσταντίνα Σαββαΐδη, Λενιώ Μαργαριτούλη, Γιώργος Μενεγάκης και Δημήτρης Καρατζάς. Κείμενα και συντονισμός Άννα Κ.-Μ.

Η δραστηριότητα αυτή ήταν μια εμπειρία που αποκτήθηκε κάτω από αναγκαστικές συνθήκες. Ωστόσο, είναι μια προοπτική για νέου είδους προγράμματα που μακάρι να μη μας ξαναχρειαστούν.

Δάφνη

Δανάη και Ηλέκτρα

Διομήδης και Φίλιππος

Φίλιππος

Δανάη και Ηλέκτρα

Διομήδης

Φωτογραφίες από τις χειροτεχνίες των παιδιών!

Αν κάνουμε κάποιο προγραμματισμό για **μελλοντικές δράσεις** αναγκαστικά θα είναι πολύ βραχυχρόνιος. Να επισκέπτεστε συχνά το site:

www.filoi-gnhm.gr

Για την έντυπη μορφή του τεύχους αναζητείται χορηγός

ΦΙΛΟΙ μουσείου γουλανδρή φυσικής ιστορίας

Έτος ίδρυσης 1978

ΙΔΙΟΚΤΗΤΗΣ:
ΦΙΛΟΙ ΜΟΥΣΕΙΟΥ ΓΟΥΛΑΝΔΡΗ ΦΥΣΙΚΗΣ ΙΣΤΟΡΙΑΣ
Λεβίδου 13, 145 62 Κηφισιά
ΤΗΛ./ΦΑΞ: 210 8083289, 210 8015870
E-MAIL: info@filoi-gnhm.gr
ΕΚΔΟΤΗΣ: Άννα Κρεμέζη-Μαργαριτούλη, συνεργάστηκε η Κωνσταντίνα Σαββαΐδη
ΔΙΟΡΘΩΣΗ ΚΕΙΜΕΝΟΥ: Αγγελική Βαρελλά
ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ: defrost design

ISSN 2623-4734

WEBSITE: www.filoi-gnhm.gr
Φίλοι Μουσείου Γουλανδρή Φυσικής Ιστορίας
friends_gnhm

ΠΛΗΡΩΜΕΝΟ ΤΕΛΟΣ Ταχ. Γραφείο Κ.Τ.Α Αριθμός Άδειας

ΕΛΤΑ Hellenic Post

Τιμή τεύχους για τα μη μέλη των ΦΙΛΩΝ 1 €