

ΓΕΝΙΚΗ ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΤΩΝ ΛΕΟΝΤΙΑΩΝ ΜΕΤΕΩΡΙΤΩΝ

Ε. Χριστοπούλου-Μαυρομιχαλάκη και Χ. Πλαϊνάκη

Τομέας Πυρηνικής Φυσικής και Στοιχειωδών Σωματιδίων, Τμήμα Φυσικής, Παν/μιο Αθήνας, Παν/πολη, Ζωγράφου 15771 Αθήνα, emavromi@cc.uoa.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Κάθε Νοέμβριο η τροχιά της γης διασταυρώνεται με τη τροχιά των χαλασμάτων του περιοδικού κομήτη Tempel-Tuttle. Μικροσκοπικοί κόκκοι σκόνης εισβάλλουν στη γήινη ατμόσφαιρα προκαλώντας βροχή μετεωροειδών, οι οποίοι φαίνονται να προέρχονται από την περιοχή του ουρανού που βρίσκεται ο αστερισμός του Λέοντα (Leonid Meteor Shower). Πρόσφατα μία δραστηριότητα των Λεοντιδών Μετεωριτών που παρατηρήθηκε από τη Δυτική Ασία, Ευρώπη και Αφρική σε ένα ηλιακό πλάτος 235.29° που αντιστοιχεί στις 18 Νοεμβρίου 1999, 2h 02m UT. Έφτασε τον ζενιθιακό ωριαίο ρυθμό (ZHR) των 3700 ± 100 μετωρ./ώρα. Είναι από τους πλέον δυνατούς καταγισμούς στην ιστορία των μετεωριτών, με ασυνήθιστη κατανομή μεγέθους και μάζας οι οποίοι έδωσαν πιθανά γεγονότα στη Σελήνη. Προβλέψεις των αστρονόμων Asher και McNaught^[1] (1999) για τις Λεοντίδες που προκύπτουν από τα υπολείματα του κομήτη Tempel-Tuttle δίνουν ένα πρότυπο πρόβλεψης για τις Λεοντίδες των μελλοντικών ετών το οποίο μάλιστα επαληθεύει ικανοποιητικά τον ισχυρό καταγισμό των Λεοντιδών Μετεωριτών του 1869.

^aABSTRACT

Every November 17th or thereabouts, the Earth encounters debris from the periodic comet Tempel-Tuttle. Tiny grains of dust impact the Earth's atmosphere causing a shower of meteors, in which we refer to as the Leonid Meteor Shower after the location in the sky from which they appear to radiate. In this work an overall activity profile of the 1999 Leonid Meteor Shower is presented and compared to last years' Leonid activity as observed from Asian, European and African locations. The producing zenithal hourly rate (ZHR), at the solar longitude of 235.29° corresponding to November 18, 1999, 2h 02 UT, was 3700 ± 100 based on 2.8 min intervals. Predictions for 2000 and beyond Leonid Meteor Showers are made by several astronomers as well as Asher and McNaught^[1], who constructed a model of the Leonid stream which contained a number of filaments or trails. This model has managed to predict the strong outburst for 1869 that should have been visible over western Asia, the Middle East, and eastern Europe.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι τροχιές των μετεωρικών ρευμάτων που προέρχονται από διάττοντες αστέρες διαμορφώνονται από τις παρέλκειες των μεγάλων πλανητών και συχνά συνδέονται με τις τροχιές γνωστών κομητών. Οι κομήτες αποτελούνται από πάγο και σκόνη. Καθώς πλησιάζουν τον ήλιο ο πάγος αρχίζει να εξατμίζεται και κομμάτια σκόνης εκτοξεύονται κατά μήκος της τροχιάς τους μέσα από θερμοπίδακες. Τα μεγαλύτερα κομμάτια του κομήτη παραμένουν κοντά σε αυτόν σχηματίζοντας ένα κώμα σκόνης. Τα μικρότερα κομμάτια (με διάμετρο μικρότερη των 0.1mm) εκτοξεύονται από το κώμα σκόνης και σχηματίζουν την ουρά του κομήτη ενώ τα υπόλοιπα κομμάτια παραμένουν κοντά στην τροχιά του κομήτη. Η ταχύτητα εκτόξευσης των μικρών κομματιών σκόνης είναι μικρή, εντούτοις όμως προκαλεί μεγάλες διαφορές στην περίοδο της τροχιάς τους. Έτσι κατά την επόμενη επιστροφή του κομήτη τα βραδέως κινούμενα σώματα θα επιβραδύνονται, ενώ τα ταχέως κινούμενα θα συνεχίζουν να κινούνται κατά μήκος της τροχιάς του κομήτη. Το αποτέλεσμα αυτής της διαδικασίας είναι η δημιουργία ιχνών τα οποία εκτείνονται πάνω στην τροχιά του κομήτη. Κάθε φορά λοιπόν που η τροχιά της γης διασταυρώνεται με τα ίχνη αυτά παρατηρούμε εκτάκτως πτώση μεγάλου αριθμού μετεώρων, που φαίνονται να πηγάζουν από

συγκεκριμένη περιοχή του ουρανού , το **ακτινοβόλο σημείο (radiant)** και δημιουργούν **βροχή διαπτόντων (meteor showers)** .

Ένας εξασκημένος παρατηρητής μπορεί να διακρίνει στον ουρανό περισσότερα από 1200 τέτοια σημεία , τα οποία είναι ανεξάρτητα της τοποθεσίας , από την οποία γίνεται η παρατήρηση . Από τη θέση του ακτινοβόλου τους σημείου σε σχέση με τους διάφορους αστερισμούς οι βροχές διαπτόντων παίρνουν τις ονομασίες τους , όπως : **Λεοντίδες , Περσείδες , Ανδρομεδίδες , Δρακοντίδες , κ.λ.π.**

ΛΕΟΝΤΙΑΔΕΣ

Οι Λεοντίδες το ρεύμα μετεωροειδών που φτάνει στη γη με διεύθυνση τη διεύθυνση τον αστερισμό του Λέοντα και ακτινοβόλο σημείο το άστρο ζ του Λέοντα, αποτελούν τα “απομεινάρια” του κομήτη **55P/Tempel-Tuttle**^[1,2]. Η τροχιά της γης διασταυρώνεται κάθε χρόνο με τα “χαλάσματα του κομήτη αυτού, τα οποία βέβαια έχουν απομακρυνθεί αρκετά από την τροχιά του ώστε να έλκονται βαρυτικά από τη γη και να εισβάλλουν στην ατμόσφαιρά της. Τα περισσότερα χρόνια οι Λεοντίδες αποτελούν ένα μάλλον ασήμαντο ετήσιο μετεωρικό ρεύμα, καθώς ο ρυθμός πτώσης των μετεωροειδών κυμαίνεται γύρω στους 13 μετεωρίτες την ώρα, στις 17 Νοεμβρίου. Κάθε 33 χρόνια όμως το φαινόμενο κορυφώνεται και ο ρυθμός πτώσης των μετεωροειδών φτάνει τους 100000 μετεωρίτες την ώρα (1833, 1996)^[3].

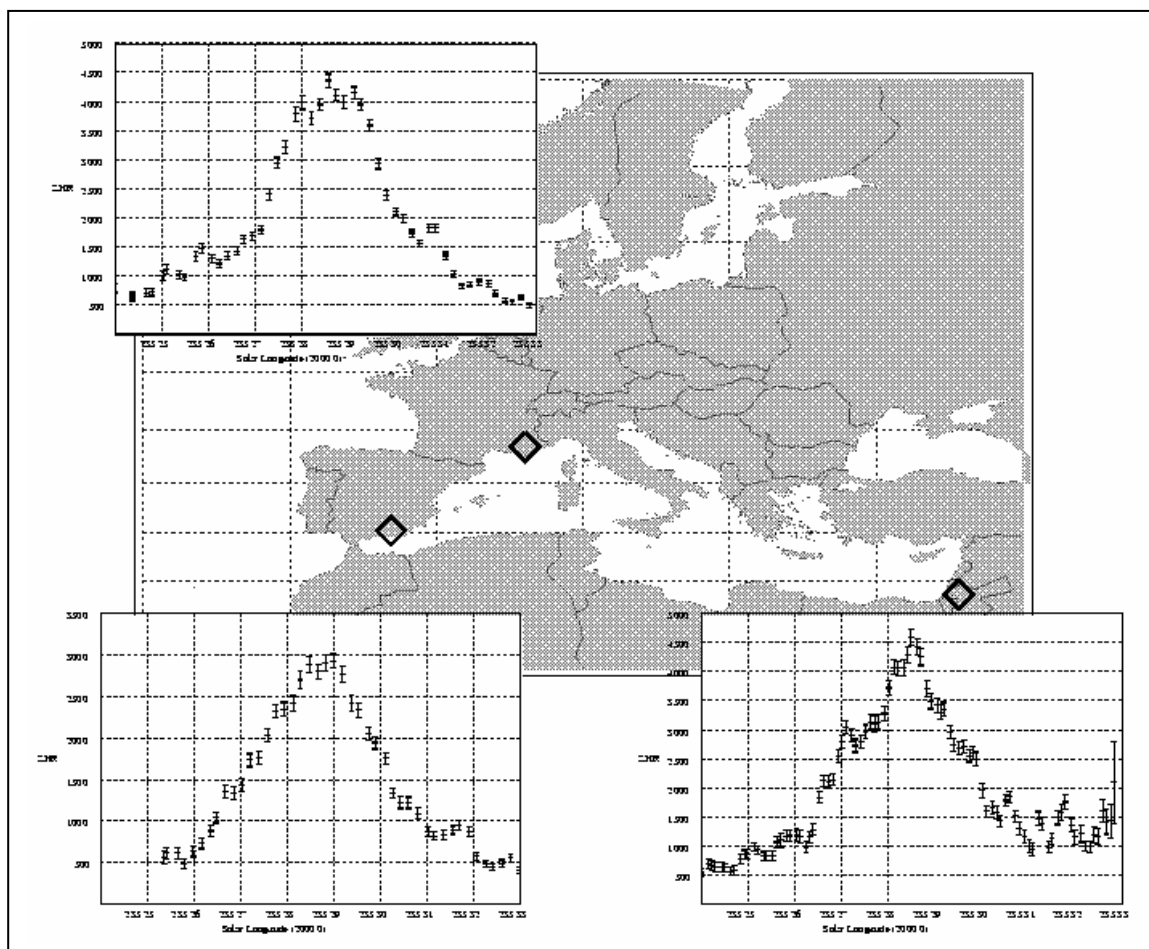
Ένα μετέωρο Λεοντιδών μεγέθους +5 , το οποίο είναι μόλις ορατό με γυμνό μάτι, προκαλείται από έναν μετεωροειδή που ζυγίζει μόλις 0.00006 gr και έχει διάμετρο μόνο 0.5 mm. Οι περισσότερες πάντως Λεοντίδες έχουν διάμετρο μεταξύ 1 mm και 1cm. Ταξιδεύουν με ταχύτητα 71 km/h και έχουν χρώμα πορτοκαλοκίτρινο εξαιτίας των ατόμων Na που περιέχουν. Τα άτομα Fe δίνουν κίτρινο φως όταν ιονιστούν, τα άτομα Mg μπλε-πράσινο φως, τα άτομα Ca προσθέτουν μία μωβ απόχρωση και τα άτομα Si δίνουν κόκκινο φως.

Η πρώτη επιστημονική αναφορά βροχής Λεοντιδών έγινε από τον Alexander von Humboldt, Πρώσο αριστοκράτη εξερευνητή και επιστήμονα.. Κατά τη διάρκεια της εξερεύνησης του Orinoco της Ν. Αμερικής έγινε αυτόπτης μάρτυρας του καταγισμού των Λεοντιδών του 1799. Η επόμενη αναφορά έρχεται από τη Βόρεια Αμερική και αφορά τον καταγισμό Λεοντιδών του 1833^[3]. Το γεγονός αυτό οδήγησε στην αναγνώριση και άλλων Λεοντιδών που είχαν λάβει χώρα κατά τα παρελθόντα έτη και είχαν καταγραφεί ιστορικά μέχρι και το 902 μ.Χ με περίοδο εμφάνισης 33 χρόνια.

Το 1866, 1867 και 1869 οι Λεοντίδες έκαναν και πάλι την εμφάνισή τους παρουσιάζοντας αξιόλογη δραστηριότητα . Εκείνη την εποχή οι αστρονόμοι ανακάλυψαν δύο λαμπρούς κομήτες τους οποίους ονόμασαν Swift-Tuttle και Tempel-Tuttle από τα ονόματα των ανθρώπων που τους εντόπισαν. Οι τροχιές και των δύο κομητών έδειχναν πανομοιότυπες με τις γνωστές τότε βροχές διαπτόντων , τις Περσίδες στην περίπτωση του Swift-Tuttle και τις Λεοντίδες στην περίπτωση του Tempel-Tuttle.^[4] Τότε έγινε πλέον αντιληπτό ότι οι βροχές διαπτόντων συνδέονται άμεσα με τους κομήτες.

Οι αστρονόμοι **D.Asher (Armagh Planetarium)** και **R.McNaught (Australian**

National University) πρόβλεψαν ότι η γη στις 18 Νοεμβρίου 1999 και ώρα 02:08UT θα διασταυρωνόταν με τα χαλάσματα του 1899 του κομήτη Tempel-Tuttle^[1]. Η πρόβλεψη περιλάμβανε και τον Ζενιθιακό Ωριαίο Ρυθμό πτώσης μετεωροειδών (Zenithal Hourly Rate: ZHR) ο οποίος υπολογίστηκε γύρω στους 1500-5000 met/h . Ο ρυθμός αυτός αν και δεν έφτανε σε μέγεθος το ρυθμό του 1996 αποτελεί ένα αξιοσημείωτο νούμερο που καθιστά τον καταγισμό των Λεοντιδών του 1999 ένα σημαντικό αστρονομικό γεγονός . Το γεγονός ότι ο μέγιστος ρυθμός πτώσης των μετεωριτών θα συνέβαινε στις 02:08UT σήμαινε ότι οι



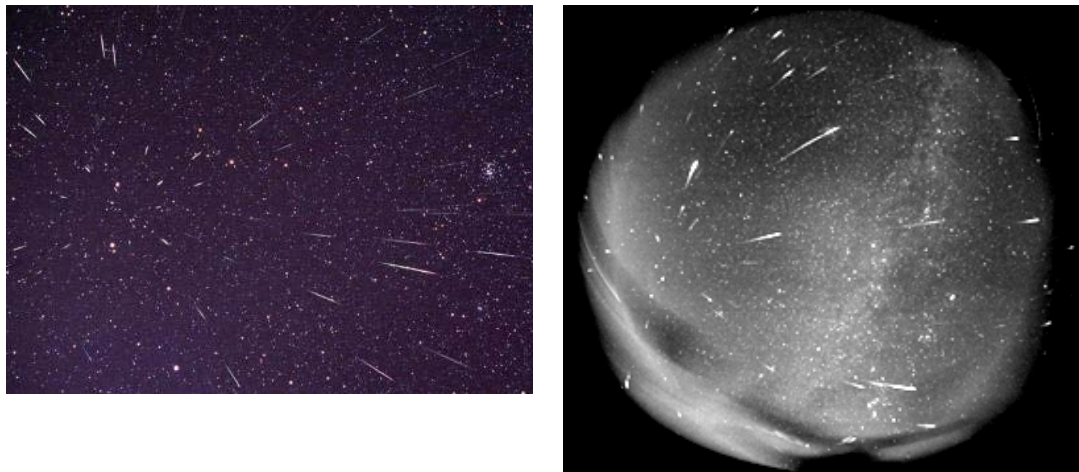
Σχ.1 Παρατηρούμενοι ρυθμοί πτώσης μετεωροειδών όπως αυτοί καταγράφηκαν από παρατηρητές σε τρία διαφορετικά σημεία της γης τη νύχτα της 17^{ης} προς 18^η Νοεμβρίου 1999^[5]

Λεοντίδες του 1999, σε αντίθεση με τις Λεοντίδες του 1996 θα μπορούσαν να παρατηρηθούν από την Ευρώπη και τη Μέση Ανατολή. Κατά την περίοδο 10-14 Νοεμβρίου 1999 πολλοί παρατηρητές ανέμεναν δραστηριότητα από τον κομήτη C/1999 J3 Linear του οποίου η τροχιά είχε πλησιάσει κατά πολύ την τροχιά της γης (11 Νοεμβρίου). Μαζί με τις λίγες «Λινεαρίδες» που εμφανίστηκαν τότε ακόμα λιγότερες Λεοντίδες παρατηρήθηκαν σημαίνοντας την έναρξη καταιγισμού Λεοντιδών για το 1999. Στις 15 Νοεμβρίου 1999 στο χρονικό διάστημα 03:00-08:10 UT παρατηρήθηκαν από την ομάδα της Φλόριντα (NASA/USAF/University of Western Ontario Leonid Campaign) 8 Λεοντίδες κατά τις 2 τελευταίες ώρες παρατήρησης. Στις 16 Νοεμβρίου οι ρυθμοί των Λεοντιδών εξακολουθούσαν να είναι χαμηλοί αλλά σταθεροί και δεν ξεπέρασαν τους 10met./h^b. Στις 17 Νοεμβρίου μερικές λαμπρές Λεοντίδες άρχισαν να φαίνονται. Από τα Κανάρια νησιά έρχεται μία αναφορά 28 Λεοντιδών μέσα σε 3.5 ώρες παρατήρησης, ενώ ο λαμπρότερος μετεωροειδής είχε μέγεθος -2. Από τη Virginia αναφέρθηκαν 18 μετεωροειδείς μέσα σε διάστημα παρατήρησης 2 ωρών. Οι 5 από αυτούς ήταν πολύ λαμπροί και πολύχρωμοι, ενώ όλοι άφησαν ίχνη 2-4 sec. Μέχρι τις πρώτες πρωινές ώρες οι ρυθμοί των Λεοντιδών είχαν αρχίσει να αυξάνονται. Την Πέμπτη 18 Νοεμβρίου 1999 ο ρυθμός πτώσης των Λεοντιδών

αυξήθηκε παίρνοντας τη μέγιστη τιμή^[5] του (1800-3600met/h αδιόρθωτο) κατά το χρονικό διάστημα 01:50-02:15UT. Η κορυφή αυτή, η οποία είναι αρκετά οξεία προέρχεται από παρατηρήσεις 1.5 – 3 ωρών γύρω από το χρόνο εμφάνισης του μεγίστου. Σύμφωνα με το IMO(International Meteor Organisation) ένας πρώτος διορθωμένος ωριαίος ζενιθιακός ρυθμός είναι γύρω στους 5400met/h κι αντιστοιχεί σε χρόνο 02:04UT. Ο χρόνος εμφάνισης του μεγίστου που είχε προβλεφθεί από τους Asher και McNaught ήταν 02:08UT πολύ κοντά στην τιμή 02:04UT, γεγονός που επιβεβαιώνει την ορθότητα των προβλέψεών τους. Μετά τους εντυπωσιακούς ρυθμούς της 18^{ης} Νοεμβρίου στο διάστημα 19-20 Νοεμβρίου οι Λεοντίδες είχαν επιστρέψει στους συνηθισμένους ρυθμούς των 10 met/h .

Η καλύτερη ίσως περιοχή για να παρατηρήσει κανείς τις Λεοντίδες του 1999 ήταν η Μέση Ανατολή. Οι αναφορές που προέρχονται από την περιοχή αυτή δείχνουν ότι κατά το μέγιστο οι ρυθμοί έφταναν τους 30-70met/min. Ο ίδιος ο McNaught παρατήρησε κατά το μέγιστο ρυθμό 60met/min. Από την Ευρώπη οι καλύτερες αναφορές έρχονται από την Νότια Ισπανία, καθώς στο μεγαλύτερο μέρος της Ευρώπης επικρατούσε συννεφιά και κακοκαιρία . Οι πιο τυχεροί παρατηρητές μέτρησαν κατά το μέγιστο , ρυθμούς από 10 έως και 40 met/min. Στο σχήμα 1 φαίνεται ο ζενιθιακός ωριαίος ρυθμός των Λεοντιδών 1999 σε τρία διαφορετικά σημεία παρατήρησης.

Τον Νοέμβριο του **1996** η τροχιά της γης διασταυρώθηκε με τα ίχνη του κομήτη 55P/Tempel-Tuttle από το 1899. Ο καταιγισμός των Λεοντιδών ήταν έντονος και ορατός από τις δυτικές Η.Π.Α. Το 1999 η τροχιά της γης διασταυρώθηκε και πάλι με τα ίχνη του κομήτη 55P/Tempel-Tuttle από το 1899, όμως η απόσταση της τροχιάς του πλανήτη μας από τα παραπάνω ίχνη ήταν πολύ μεγαλύτερη με αποτέλεσμα το φαινόμενο να είναι λιγότερο έντονο. Το **1997** δεν εμφανίστηκαν Λεοντίδες. Το **1998** οι Λεοντίδες εμφάνισαν πολύ μικρότερη δραστηριότητα από τις αντίστοιχες του 1999 , που ήταν αναμενόμενο , αφού η γη δεν πέρασε κοντά από κάποιο ίχνος σκόνης του κομήτη.^[6,7] Εν τούτοις υπήρξε κάποια μικρή δραστηριότητα , που οφειλόταν σε παλαιότερο υλικό, όπως φαίνεται στο σχήμα 2.



Σχ. 2: Οι Λεοντίδες Μετεωροειδείς του 1999(α) και 1998(β) αντίστοιχα.

ΠΡΟΒΛΕΨΕΙΣ

Οι Asher και McNaught μετά από αναλυτικούς υπολογισμούς κατόρθωσαν να προβλέψουν την εμφάνιση Λεοντιδών μέσα στα επόμενα χρόνια . Για τους υπολογισμούς

αυτούς έλαβαν υπ' όψη τους τη σκόνη που είχε εκτοξευθεί από τον κομήτη 55P/Tempel-Tuttle , κατά τα παρελθόντα έτη , καθώς αυτός περνούσε από το περιήλιό του .^[8]

Οι προβλέψεις των Λεοντιδών Μετεωριτών για τα επόμενα έτη 2000-2002 δίνονται αναλυτικά στον Πίνακα Ι. Η 1^η στήλη δίνει την ημερομηνία και ώρα του μεγίστου ρυθμού πτώσης των Λεοντιδών και 2^η στήλη δίνει τον αριθμό των περιστροφών της σκόνης, κατά μήκος της τροχιάς της, πριν την εκτόξευση. Η 3^η στήλη δίνει το ρυθμό πτώσης των μετεωροειδών, υπό καθορισμένες συνθήκες παρατήρησης (σκοτεινή τοποθεσία, χωρίς σεληνόφως, αστερισμός του Λέοντα πάνω από τον ορίζοντα) που είναι και ο ζενιθιακός ωριαίος ρυθμός (Z.H.R.). Σε έτη κατά τα οποία οι προβλεπόμενοι ρυθμοί είναι χαμηλοί η δραστηριότητα των Λεοντιδών δύναται να ενισχυθεί από παλαιά σκόνη υποβάθρου κατά μερικές εκατοντάδες μετεωρίτες την ώρα. Η 4^η στήλη δίνει το βαθμό παρεμβολής της σελήνης στις παρατηρήσεις και η 5^η στήλη τις περιοχές απ' όπου οι Λεοντίδες θα είναι ορατές. Συγκεκριμένα αναφέρουμε ότι το 2000 η γη θα περάσει από τα ίχνη σκόνης του 1733 και στη συνέχεια από αυτά του 1866. Εξ αιτίας όμως των κακών συνθηκών παρατήρησης (σελήνη) ίσως να μην εμφανισθεί καταγισμός Λεοντιδών. Το 2001 η γη θα περάσει κοντά στα ίχνη σκόνης του 1866. Ο καταγισμός θα είναι ορατός από την Α. Ασία, Αυστραλία, Δυτικό Ειρηνικό. Ένα δευτερεύον μέγιστο (οφειλόμενο στα ίχνη του 1767) θα φαίνεται

Πίνακας 1. Προβλέψεις Λεοντιδών για τα έτη 2000-2002

Ημερομηνία /ώρα	Αριθμός περιστροφών	Ρυθμός (met/h)	Παρεμβολή σελήνης	Περιοχή ορατότητας
2000 18 Νοεμβρίου 03:44 UT	8	30?	Μέτρια	Δ.Αφρική, Δ.Ευρώπη,B A +N.Αμερική
2000 18 Νοεμβρίου 07:51 UT	4	20?	Μέτρια	B+Κεντρική Αμερική,BΔ+N. Αμερική
2001 18 Νοεμβρίου 10:01 UT	7	1500?	Ασήμαντη	B+Κεντρική Αμερική
2001 18 Νοεμβρίου 17:31 UT	9	15000	Ασήμαντη	Αυστραλία, Α.Ασία
2001 18 Νοεμβρίου 18:19 UT	4	15000	Ασήμαντη	Δ.Αυστραλία A+NA+Κεντ ρική Ασία
2002 19 Νοεμβρίου 04:00 UT	7	15000	Έντονη	Δ.Αφρική, Δ.Ευρώπη BA& N.Αμερική, B.Καναδάς
2002 19 Νοεμβρίου 10:36 UT	4	25000	Έντονη	B.Αμερική

από την Αμερική. Το 2002 πάλι η γη θα περάσει κοντά στα ίχνη σκόνης του 1866 . Ο καταιγισμός θα είναι ορατός από την Αμερική ενώ δευτερεύων καταιγισμός (οφειλόμενος στα ίχνη του 1767) θα φαίνεται από την Δυτική Ευρώπη καθώς και από την Δυτική Αμερική.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ο καταιγισμός των Λεοντιδών μετεωριτών, τα περισσότερα χρόνια αποτελεί ένα ασήμαντο ετήσιο μετεωρικό ρεύμα, καθώς ο ρυθμός πτώσης τους κυμαίνεται γύρω στους 13 μετεωρ.την ώρα. Κάθε 33 χρόνια όμως, όση είναι δηλαδή και η περίοδος περιστροφής του κομήτη γύρω από τον ήλιο, το φαινόμενο κορυφώνεται και ο ρυθμός πτώσης των μετεωροειδών αυξάνεται σημαντικά.

Το 1999 ο ζενιθιακός ωριαίος ρυθμός(ZHR) που αντιστοιχούσε σε ηλιακό μήκος 235.29^0 έφτασε στις 02:02UT τους $3700 + 100$ μετ. την ώρα. Οι Λεοντίδες τότε μπορούσαν να παρατηρηθούν από την Ασία, την Ευρώπη και την Αφρική.

Σύμφωνα με τις προβλέψεις μέσα στα επόμενα χρόνια αναμένουμε καταιγισμούς Λεοντιδών, οι οποίοι άλλοτε θα είναι ορατοί και έντονοι, ενώ άλλοτε όχι εξαιτίας της παρεμβολής της σελήνης. Το Νοέμβριο του 2000 αναμένουμε χαμηλό ρυθμό πτώσης Λεοντιδών, το 2001 λίγο μεγαλύτερο, ενώ το 2002 αναμένεται έντονο το φαινόμενο παρόλο που η επιρροή της σελήνης στις παρατηρήσεις θα είναι έντονη.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Asher, D.:1999a, Personal Communications.
- [2] Kondrat'eva, D.E. and Reznikov,E.A.:1985: Comet Tempel-Tuttle and the Leonid Meteor Swarm. *Sol. Syst. Res.* 19, 96
- [3] Asher, D.:1999b, The Leonid Meteor Storms of 1833 and 1966, *Mon. Not. R. Astr. Soc.* 307, 919
- [4] Brown, P.:1999, Evolution of Two Periodic Meteoroid Streams: The Perseids and Leonids. *Ph. D. Thesis*, Univ. of Western Ontario, London, Ont., 171
- [5] Arlt, R., Rubio, L.B., Brown, P., and Gyssens, M.: 1999, First global analysis of the 1999, Leonid Storm, *WGN* 27, 6, 286
- [6] Arlt, R.: 1999, Global Analysis of the 1998 Perseid Meteor Shower, *WGN* 27, 237
- [7] Arlt,R and Brown, P.:1999, Bulletin 14 of the International Leonid Watch: Final Results of the 1998 Leonid Meteor Shower. *WGN* 27, 267
- [8] McNaught, R.H. and Asher, J.D.: 1999b, Variation of Leonid Maximum Times with Location of Observer. *Meteorit. Planet. Sci.* 34, 975