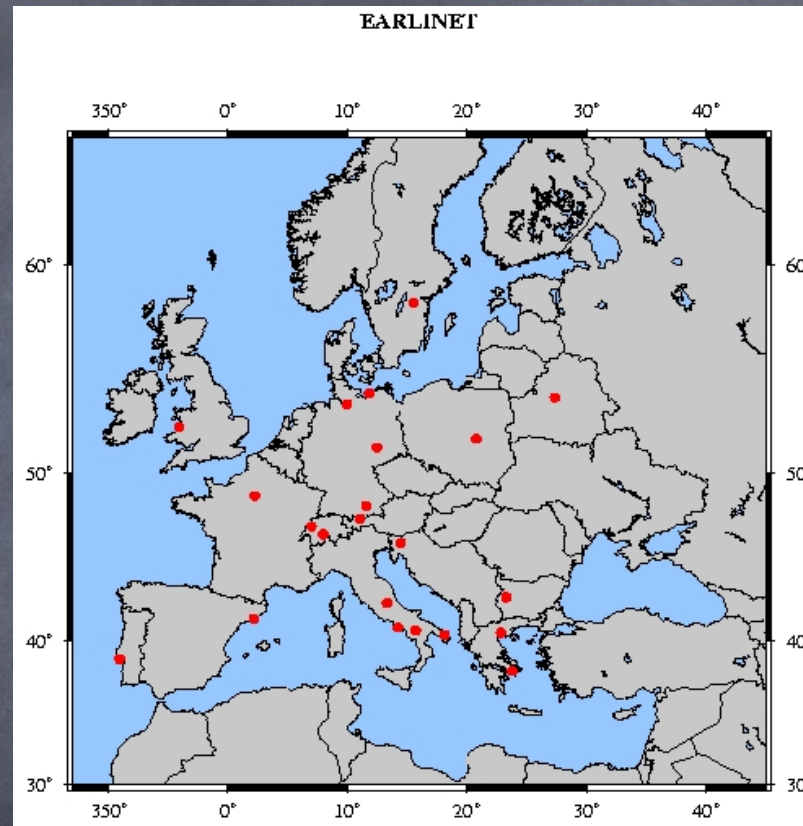


E.A.R.L.I.N.E.T



European Aerosol Research Lidar Network

*LIDAR=Light Detection And Ranging

ΓΙΑΤΙ ΔΗΜΙΟΥΡΓΗΘΗΚΕ ΤΟ EARLINET ???

- Λόγω της συνεχιζόμενης ρύπανσης της ατμόσφαιρας από διαφόρων ειδών ρύπους, δημιουργήθηκε η ανάγκη μελέτης αυτής της ρύπανσης.
- Έτσι αναπτύχθηκαν μέθοδοι που χρησιμοποιούν τα laser και την αλληλεπίδρασή τους με την ατμόσφαιρα (σκέδαση, φθορισμός, απορρόφηση, συντονισμός...) και εφαρμόστηκαν για το σκοπό αυτό.
- Έτσι δημιουργήθηκε και το EARLINET για την καταγραφή των αερολυμάτων στην τροπόσφαιρα.
- Στόχος του EARLINET είναι η μελέτη των οπτικών & των μικροφυσικών ιδιοτήτων των σωματιδίων στην ευρωπαϊκή ήπειρο.

ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ LASER ΚΑΙ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ

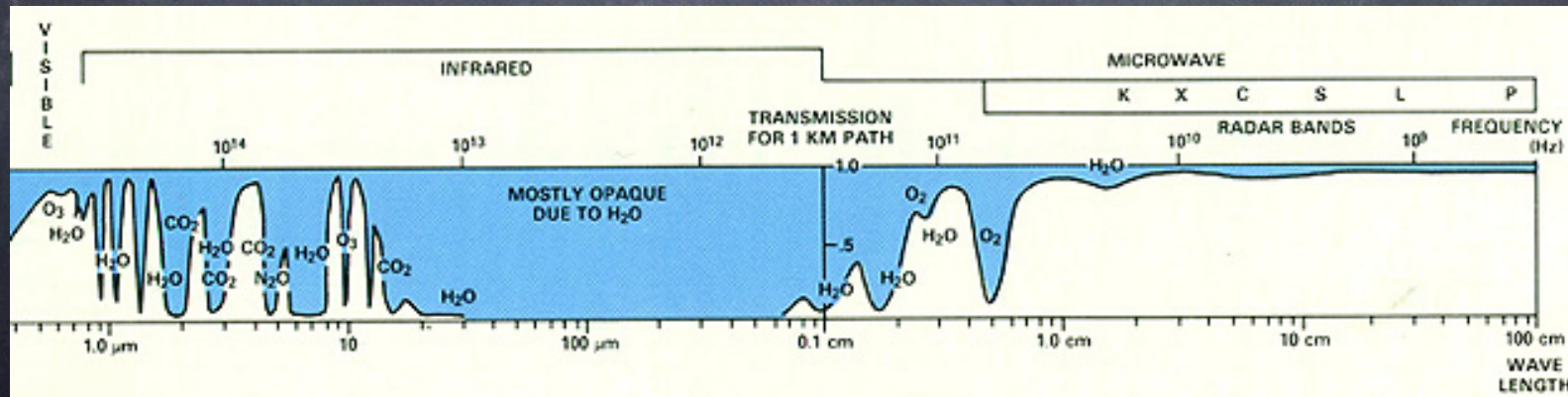
Προυπόθεση ανίχνευσης μακρινού στόχου με χρήση ακτ. LASER είναι η διάδοση του παλμού χωρίς σημαντική εξασθένηση στην ατμόσφαιρα.

↓
λ ακτ. LASER βρίσκεται σε φασματική περιοχή με υψηλή ατμοσφαιρική διαπερατότητα (παράθυρο ατμόσφαιρας)

↓
περιοχές χαμηλής απορρόφησης όπως:
περιοχή ορατού(0.4-0.7μm)
κοντινού **υπερύθρου(0.7-1.5μm)**
μέσου **υπερύθρου(3-5μm) & (9-13μm)**

↓
καθορισμός τύπου LASER

οι **άσπρες** περιοχές δείχνουν τα ατμοσφαιρικά παράθυρα στα οποία η ακτινοβολία δεν αλληλεπιδρά πολύ με τα μόρια του αέρα.



NOMOS Beer-Lambert

$$I(R) = I_0 \cdot \exp[-\alpha R]$$

α : συντ. εξασθένησης ατμ. όπου

$$\alpha = \alpha_{\text{Ray}} + \alpha_{\text{Mie}} + \alpha_{\text{Raman}} + \alpha_{\text{απορ}}$$

*συντελεστές
που σχετίζονται
αντιστοίχα με
τις σκέδασεις
Rayleigh, Mie,
Raman

Σκέδαση Mie → (αιωρούμενα σωματίδια)

Σκέδαση Rayleigh → (μόρια)

Σκέδαση Raman (N₂, O₂, H₂O...) → H₂O, T, O₃

Διαφορική Απορρόφηση (DIAL) → SO₂, O₃, CO₂,
BTX, Hg, HF, HCl, NO_x, CO...

Doppler Lidar (ταχύτητα-διεύθυνση-ανέμου)

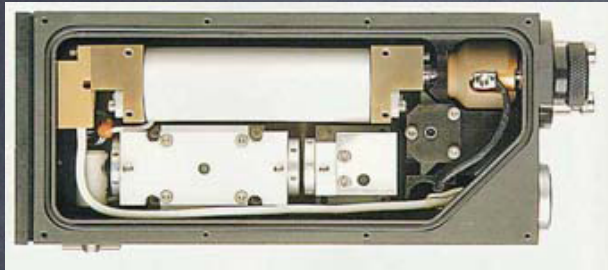
Lidar Επαγόμενου Φθορισμού (LIF) → OH-

ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΙΧΝΕΥΣΗΣ ΡΥΠΑΝΤΩΝ ΜΕ ΧΡΗΣΗ LASER

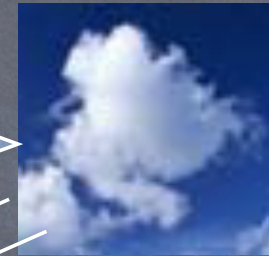
- LIDAR ελαστικής σκέδασης
- LIDAR τύπου Raman
- LIDAR συντονισμού
- LIDAR δύο δεσμών laser
- LIDAR χωριστής εκπομπής-λήψης
- LIDAR απορρόφησης μεγάλων αποστάσεων

ΤΕΧΝΙΚΗ LIDAR

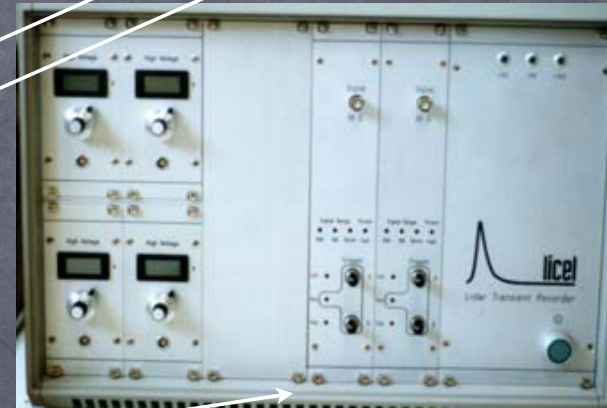
- ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑ (μόρια, άτομα, αερολύματα)



laser



Τηλεσκόπιο



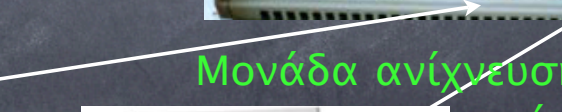
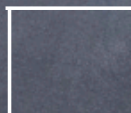
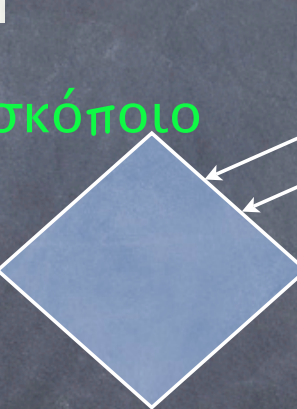
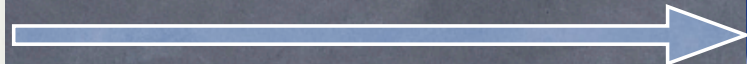
Μονάδα ανίχνευσης-καταγραφής σημάτων



Φασματοφώμετρο

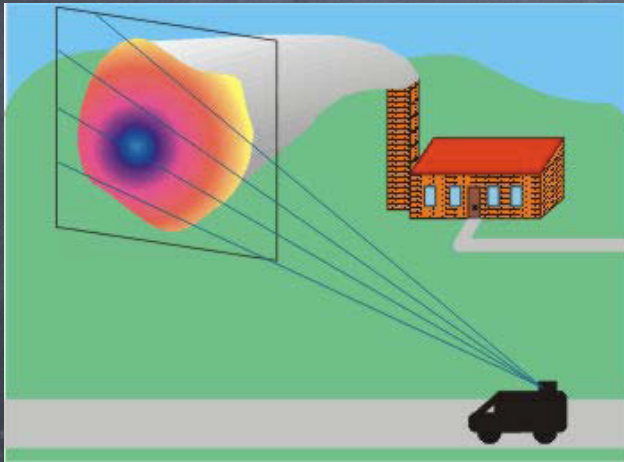


PMTs

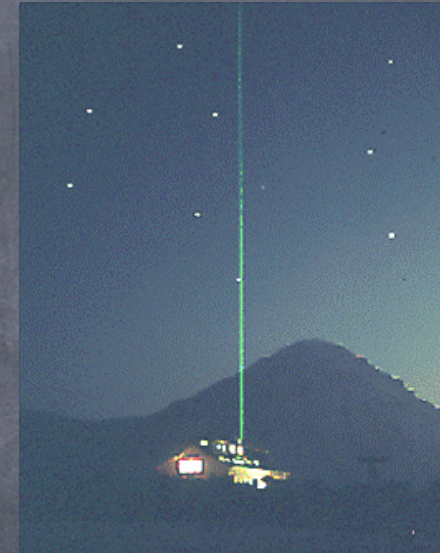


ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΕΧΝΙΚΗΣ LIDAR

- Εκπομπή παλμικής ακτινοβολίας laser στην ατμόσφαιρα και καταγραφή της οπισθοσκεδαζόμενης ακτινοβολίας laser.



Η σκεδαζόμενη ακτινοβολία συλλέγεται από οπτικό τηλεσκόπιο και οδηγείται σε σύστημα λήψης και καταγραφής των σημάτων LIDAR



Αυτή η τεχνική είναι ικανή να καθορίσει την **κατακόρυφη κατανομή** των κυριότερων ρύπων και συστατικών της ατμόσφαιρας με μεγάλη **χρονική(10-30s)** και **χωρική(3-7m)** ακρίβεια

ΕΞΙΣΩΣΗ LIDAR

$$N(\lambda, z) = N_e(\lambda) \cdot (c\tau/2) \cdot \beta(\lambda, z) \cdot A \cdot \eta(\lambda) \cdot \xi(\lambda) \cdot \xi(z) \cdot 1/z^2 \cdot \exp[-2\tau(\lambda, 0, z)]$$

$N(\lambda, z)$: # ανιχνευόμενων φωτονίων στο μήκος κύματος λ από απόσταση z

$N_e(\lambda)$: # εκπεμπόμενων φωτονίων στο μήκος κύματος λ από απόσταση z

A : επιφάνεια λήψης οπτικού τηλεσκοπίου

$\eta(\lambda)$: συντελεστής οπτο-ηλεκτρονικής απόδοσης συστήματος LIDAR

c : ταχύτητα φωτός

τ : διάρκεια παλμού του συστήματος laser

$\xi(\lambda)$: συντελεστής ανακλαστικότητας οπτικού τηλεσκοπίου

$\xi(z)$: γεωμετρικός συντ. επικάλυψης του συστήματος LIDAR στην απόσταση z

$\beta(\lambda, z)$: συντ. οπισθοσκέδασης της ατμόσφαιρας

$\tau(\lambda, 0, z)$: οπτικό πάχος της ατμόσφαιρας από αιωρούμενα σωματίδια(aer), μόρια(mol), και άλλα συστατικά(c) της ατμόσφαιρας.

με

$$\beta(\lambda, z) = \beta(\lambda, z)_{\text{aer}} + \beta(\lambda, z)_{\text{mol}}$$

$$\tau(\lambda, 0, z)_{=0 \rightarrow z} = \int [\alpha_{\text{mol}}(\lambda, z') + \alpha_{\text{aer}}(\lambda, z') + \alpha_c(\lambda, z')] dz'$$

και

$\Delta z = (c\tau_L/2)$: χωρική ακρίβεια μέτρησης του συστήματος LIDAR

ΕΙΔΗ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ LIDAR

- Σκέδαση Mie $\beta_{aer} \sim 1/\lambda$
- Σκέδαση Rayleigh $\beta_{aer} \sim 1/\lambda^4$

ελαστική: σταθ. λ
οπισθοσκεδαζόμενη
ακτινοβολία laser

- Σκέδαση Raman

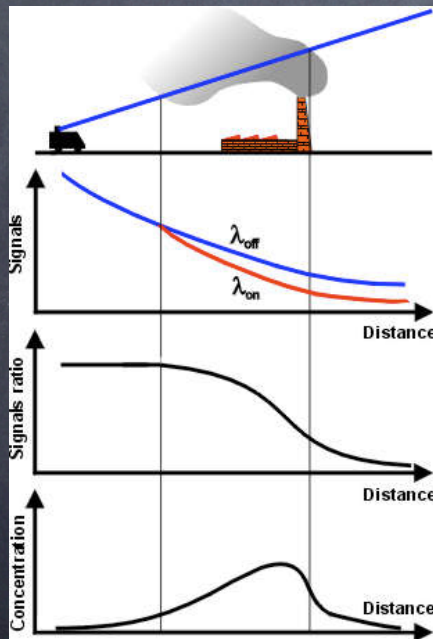
μη ελαστική: αλλαγή του λ
οπισθοσκεδαζόμενη
ακτινοβολία laser



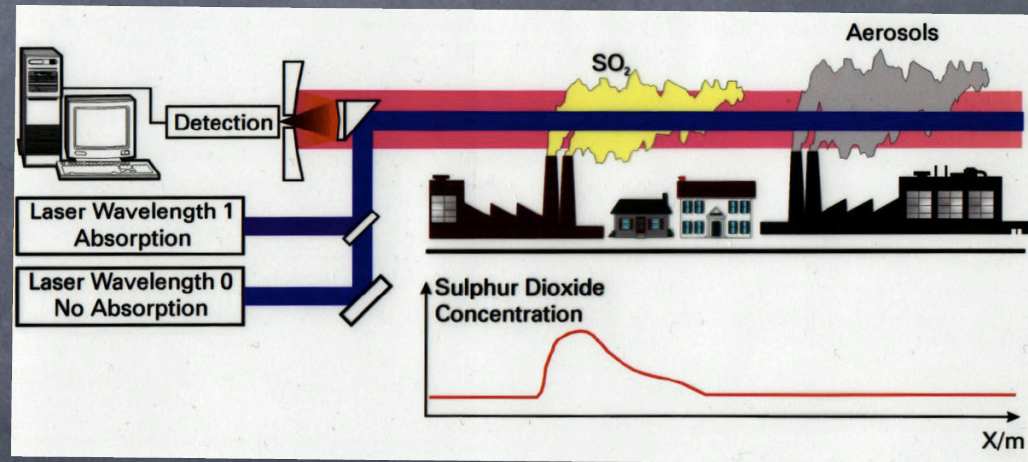
κατηγορία αλληλεπίδρασης ακτινοβολίας-ρυπαντή	μετρούμενος ρυπαντής - συστατικό της ατμόσφαιρας
ελαστική σκέδαση($\lambda_1=\lambda_2$)	αιωρούμενα σωματίδια, ανίχνευση νεφών, δομή ατμόσφαιρας, πυκνότητα ατμόσφαιρας, θερμοκρασία
Μη ελαστική σκέδαση($\lambda_1=\lambda_2+\Delta\lambda_R$)	υδρατμοί, θερμοκρασία, όζον, αερολύματα
διαφορική απορρόφηση DIAL (λ_1, λ_2)	SO ₂ , O ₃ , NO ₂ , NO, CO ₂ , Hg, HCL, NH ₃ , HCs, CO, H ₂ O
σκέδαση συντονισμού	K, Na, Li, Ca, Fe
τεχνική επαγόμενου φθορισμού(LIF)	OH-

Μέτρηση της κατακόρυφης κατανομής συγκέντρωσης ατμοσφαιρικών ρυπαντών με τη τεχνική διαφορικής απορρόφησης **DIAL** με επιλογή δύο διαφορετικών λ_{on} , λ_{off} με μεγάλη και μικρή απορρόφηση αντίστοιχα και προκύπτει εξίσωση για τη περίπτωση **DIAL**.

$$P_{on}(z)/P_{off}(z) = C \cdot \exp\{-2 \int_{0 \rightarrow z} [\sigma(\lambda_{on}) - \sigma(\lambda_{off})] \cdot n(z') \cdot dz'\}$$



$$\sigma(\lambda_{on}) \gg \sigma(\lambda_{off})$$



$\alpha(\lambda) = \text{συν/τής εξασθένησης} = \sigma(\lambda) N$

$\sigma(\lambda) = \text{ενεργός διατομή απορρόφησης (cm}^{-2}\text{)}$

$N = \text{μέση συγκέντρωση αέριου ρύπου}$

ΧΩΡΙΚΗ ΔΙΑΚΡΙΤΙΚΗ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ LIDAR

εξαρτάται από:

- τη διάρκεια του εκπεμπόμενου παλμού LASER.
- τη συχνότητα δειγματοληψίας του λαμβανόμενου σήματος LIDAR.
- το χρόνο ζωής της διηγεμένης κατάστασης του εμπλεκόμενου ατμοσφαιρικού σκεδαστή κατά τη σκέδαση.

προκύπτει η χωρική διακριτική ικανότητα ΔR :

$$\Delta R = R(t+t_0 - \tau_L) - R(t+t_0) = C(\tau_L)/2$$

$$\tau_L = 10\text{ns} \rightarrow \Delta R = 1.5\text{m}$$

$$\tau_L = 1\text{ns} \rightarrow \Delta R = 15\text{cm}$$

$$\tau_L = 10\text{ps} \rightarrow \Delta R = 0.15\text{cm}$$

$$\tau_L = 100\text{fs} \rightarrow \Delta R = 1.5 \cdot 1/10^5\text{m}$$

αν όμως $\Delta\tau_i < 1\text{ns}$ τότε:

$$\Delta R = C(\Delta\tau_i + \tau_L)/2$$

ΕΠΙΛΥΣΗ ΤΗΣ ΕΞΙΣΩΣΗΣ LIDAR (Klett 1981, 1985)

Από την επίλυση της εξίσωσης LIDAR προκύπτει:

$$\beta_{aer}(z) = -\beta_{mol}(z) + \frac{X(z) \exp \left[-2(S_{aer} - S_{mol}) \int_{z_0}^z \beta_{mol}(\zeta) d\zeta \right]}{\frac{X(z_0)}{\beta_{aer}(z_0) + \beta_{mol}(z_0)} - 2S_{aer} \int_{z_0}^z X(\zeta) \exp[-2(S_{aer} - S_{mol}) \int_{z_0}^{\zeta} \beta_{mol}(z') dz'] d\zeta}$$

$$\mu\epsilon: x(z) = P(z)z^2$$

με την προϋπόθεση ότι:

$$\bullet C(R) = \alpha_{aer}(R) / \beta_{aer}(R) = \text{lidar ratio}$$

Raman lidar

$$\frac{d}{dR} \ln(P \cdot R^2) = \frac{d}{dR} \ln \beta_R - 2\alpha$$

P: μετρούμενη ποσότητα

R: σταθερά Raman

β_R : συντελεστής οπισθοσκέδασης συναρτήσει του ύψους z

α : συντελεστής εξασθένησης (ο μόνος άγνωστος)

*για κάθε β προκύπτει ένα α

$$\alpha_{\lambda_0}^{scat}(z) = \frac{\frac{d}{dz} \left[\ln \frac{N_R(z)}{P_{\lambda_R}(z) z^2} \right] - \alpha_{\lambda_0}^{mol}(z) - \alpha_{\lambda_R}^{mol}(z)}{1 + \left(\frac{\lambda_0}{\lambda_R} \right)^4}$$

N_R : κατακόρυφη κατανομή πυκνότητας αζώτου

λ_R : μήκος κύματος Raman

λ_0 : μήκος κύματος εκπομπής

$$\beta_{\lambda_0}^{scat}(z) = -\beta_{\lambda_0}^{mol}(z) + [\beta_{\lambda_0}^{scat}(z_0) + \beta_{\lambda_0}^{mol}(z_0)] \times \frac{P_{\lambda_R}(z_0) P_{\lambda_0}(z) N_R(z)}{P_{\lambda_0}(z_0) P_{\lambda_R}(z) N_R(z_0)} \times \frac{\exp\left[-\int_{z_0}^z [\alpha_{\lambda_R}^{scat}(\zeta) + \alpha_{\lambda_R}^{mol}(\zeta)] d\zeta\right]}{\exp\left[-\int_{z_0}^z [\alpha_{\lambda_0}^{scat}(\zeta) + \alpha_{\lambda_0}^{mol}(\zeta)] d\zeta\right]}$$

Η μέθοδος Raman είναι εργαλείο για το προσδιορισμό της εξασθένησης χωρίς την επιρροή της οπισθοσκέδασης, τεχνική παρόμοια με την HSRL

Στο δίκτυο EARLINET, χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με την ελαστική οπισθοσκέδαση στο λ υπεριώδους ακτινοβολίας και εφαρμόζεται σε 3 σταθμούς.

Στόχοι

- Οι βασικοί στόχοι του EARLINET είναι η καθιέρωση μιας περιεκτικής και ποσοτικής βάσης στατιστικών στοιχείων της οριζόντιας και κάθετης διανομής των αερολυμάτων στην ατμόσφαιρα σε ευρωπαϊκή κλίμακα που χρησιμοποιεί ένα δίκτυο προηγμένων σταθμών. τηλεπισκόπησης λέιζερ και η χρήση αυτών των στοιχείων για τις μελέτες αφορούν τον αντίκτυπο των αερολυμάτων σε ποικίλα περιβαλλοντικά πρόβληματα.

Επιστημονικά επιτεύγματα

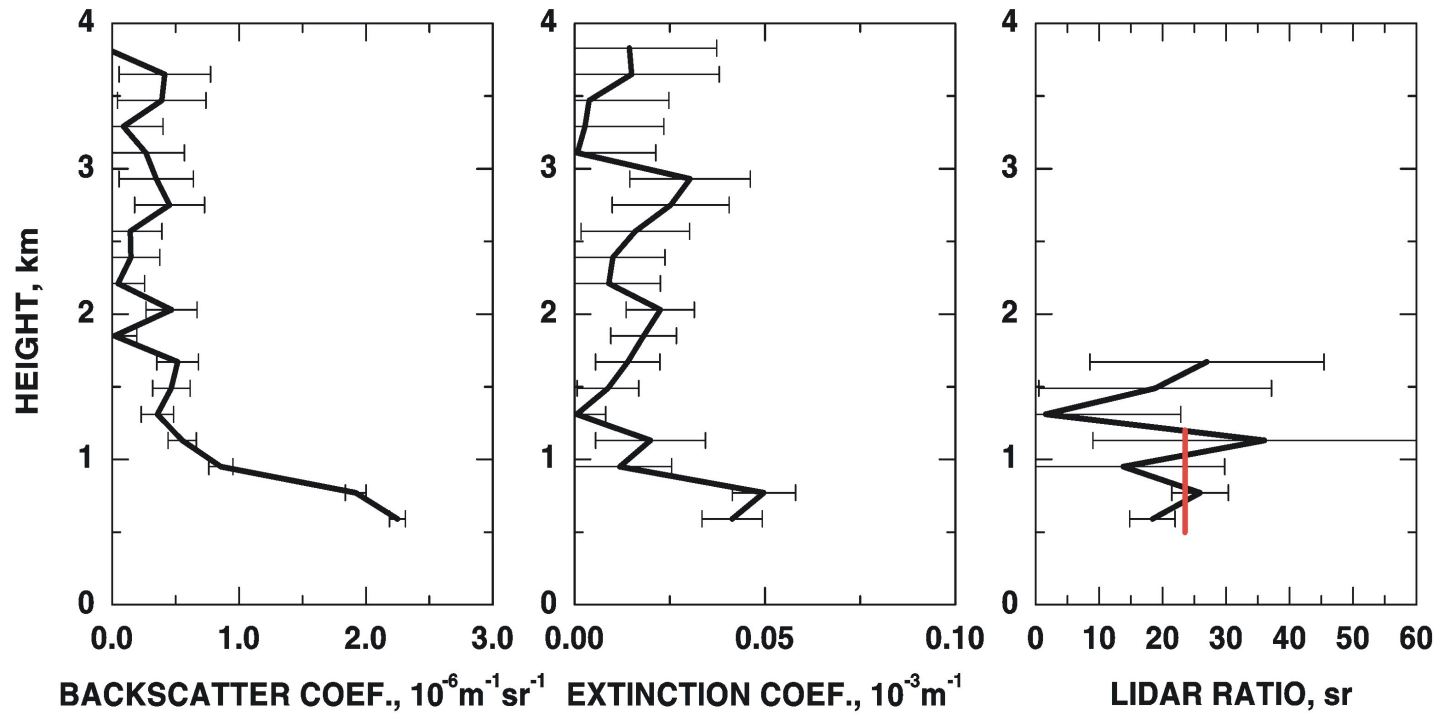
- Το EARLINET είναι το πρώτο δίκτυο LIDAR αερολυμάτων με ακτίνες laser που προσπαθεί να ανακτήσει τα ποσοτικά στοιχεία όσον αφορά την κάθετη διανομή των οπτικών ιδιοτήτων αερολύματος σε μια συστηματική και στατιστικά σημαντική προσέγγιση.

- Όσον αφορά την ανάπτυξη των μεθοδολογιών για το δίκτυο LIDAR με ακτίνες Laser αερολύματος τα σημαντικότερα επιτεύγματα του EARLINET είναι:

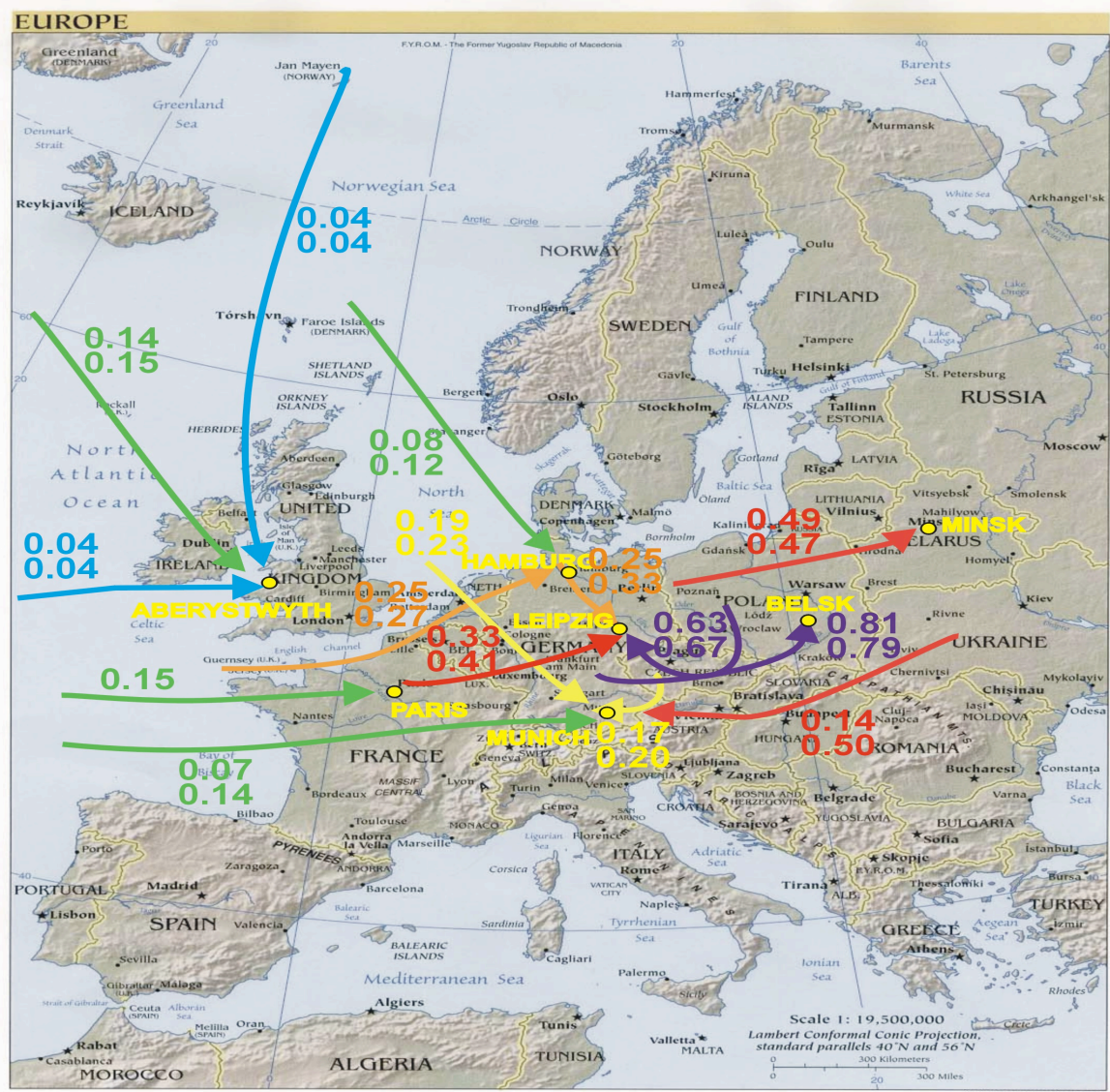
- 1. Προηγμένα συστήματα LIDAR με ακτίνες laser για κανονική χρήση εφαρμόζονται τελικά σε 22 μόνιμους και 3 προσωρινούς σταθμούς σε 12 ευρωπαϊκές χώρες συμπεριλαμβανομένων των πρόσφατα συνδεδεμένων κρατών. Ένα μεγάλο μέρος από την Ευρώπη καλύπτεται έτσι από το δίκτυο παρατήρησης.
- 2. Διευθύνθηκε ένα εκτενές πρόγραμμα εξασφάλισης ποιότητας σε επίπεδα αλγορίθμου οργάνων και ανάκτησης.
- 3. Οι προγραμματισμένες μετρήσεις γίνονται 3 φορές την εβδομάδα και αποτελούν το 30% των συνολικών μετρήσεων και συλλέγονται στο κανονικό πρόγραμμα, το υπόλοιπο αφιερώνεται στις πρόσθετες μελέτες για τυχόν “έκτακτο φαινόμενο”.
- 4. Κοινή βάση δεδομένων όλων των σταθμών.
- 5. Περίπλοκοι αλγόριθμοι αναπτύσσονται για να εξαγάγουν πληροφορίες για τις μικροφυσικές ιδιότητες των αερολυμάτων.
- 6. Χρησιμοποιείται laser Nd YAG (νεοδημίου).
- 7. Η κάθετη δομή στρώματος είναι εξίσου σημαντική όποτε τα στρώματα με τις διαφορετικές ιδιότητες αερολύματος υπάρχουν. Ένα δίκτυο LIDAR με ακτίνες laser είναι ένα πολύτιμο όργανο για επίγεια ανάκτηση των δορυφορικών δεδομένων της διανομής αερολύματος.

ABERYSTWYTH, 355 nm

16 August 2001



resolution: 180 m, 32 min



Optical depth

< 0.05

0.05–0.15

0.15–0.25

0.25–0.35

0.35–0.50

> 0.50

ΘΕΤΙΚΑ ΤΕΧΝΙΚΗΣ LIDAR ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΣΥΜΒΑΤΙΚΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΩΝ ΡΥΠΩΝ

- Μέτρηση από απόσταση χωρίς αλλοίωση του μετρούμενου δείγματος.
- Μετρήσεις με μεγάλη χωρική(5-1000m) και χρονική(1-10s) ακρίβεια.
- Μέτρηση σε πολύ μεγάλες αποστάσεις(από μερικά μέτρα έως 100-120χλμ).
- Μέτρηση σε πραγματικό χρόνο και συνεχή καταγραφή της κατακόρυφης και οριζόντιας κατανομής ρύπων με παράλληλη λήψη μερτήσεων σε 1-2 και 3 διαστάσεις στο χώρο.
- Ικανότητα μέτρησης πολλαπλών ρυπαντών ταυτόχρονα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Α. ΣΕΡΑΦΕΤΙΝΙΔΗΣ, ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΟΠΤΟΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ,ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΣΥΜΜΕΤΡΙΑ 1988
- Ο.ΣΒΕΛΤΟ, ΑΡΧΕΣ ΤΩΝ LASER,ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΣΥΜΜΕΤΡΙΑ 1989
- Μ. YOUNG, ΟΠΤΙΚΗ ΚΑΙ LASER, ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΤΗΣ 1988
- ΣΗΜΠΛΗΡΩΜΑΤΙΚΕΣ ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ “ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΩΝ LASER ΣΤΗ ΒΙΟΪΑΤΡΙΚΗ ΚΑΙ ΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ”, Α.ΠΑΠΑΓΙΑΝΝΗΣ, Μ. ΜΑΚΡΟΠΟΥΛΟΥ
- ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΑΣΚΗΣΕΙΣ ΟΠΤΟΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ-ΦΥΣΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΩΝ LASER, Α.ΠΑΠΑΓΙΑΝΝΗΣ, ΧΡ. ΓΕΜΕΝΕΤΖΗΣ, Α ΣΕΡΑΦΕΤΙΝΙΔΗΣ, Γ. ΤΣΑΚΝΑΚΙΣ ΕΜΠ 2007
- WWW.EARLINET.ORG
- The German Aerosol Lidar Network: Methodology, Data, Analysis. - J. Bösenberg, MPI-No317, February 28, 2001.
- A European Aerosol Research Lidar Network to Establish an Aerosol Climatology - Jens Bösenberg, MPI-No348, Hamburg, September 2003.
- WWW.WIKIPEDIA.COM
- WWW.BABELFISH.ALTAVISTA.COM