Κύκλος ενημερωτικών διαλέξεων «Έρευνα στο Τμήμα Φυσικής»

Δορυφόροι-κατάσκοποι της παγκόσμιας μεταβολής

Δημήτρης Μπαλής

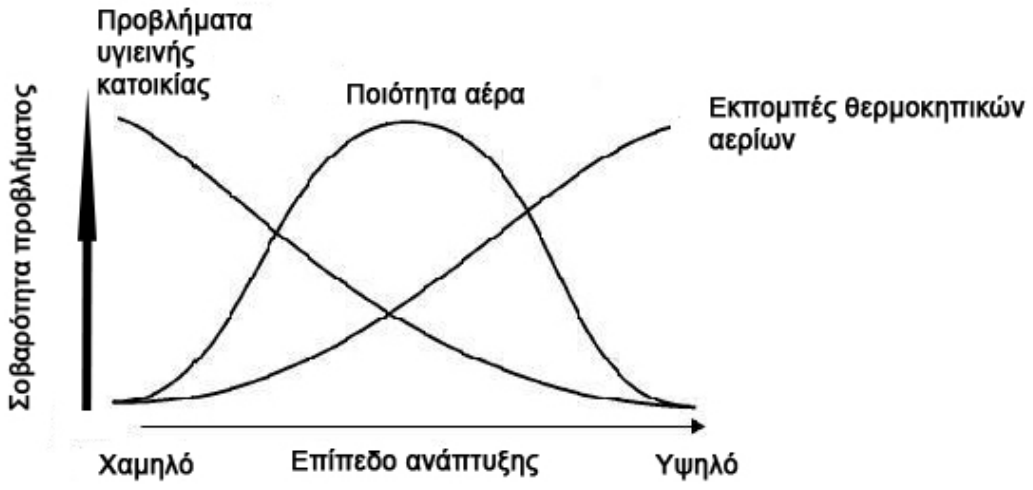
Επίκουρος Καθηγητής

Εργαστήριο Φυσικής της Ατμόσφαιρας, Τμήμα Φυσικής, ΑΠΘ

Δομή παρουσίασης

- Ποιό είναι το πρόβλημα
- Τι «εργαλεία» υπάρχουν για τη διερεύνηση του
- Πως συμβάλλουν οι δορυφόροι και τι δυνατότητες παρέχουν
- Παγκόσμια και περιφερειακά παραδείγματα εφαρμογής
- Η εμπλοκή του Τμήματος Φυσικής

Περιβαλλοντικά προβλήματα και επίπεδο ανάπτυξης



Μετατοπιζόμενες περιβαλλοντικές επιβαρύνσεις

Τοπικές → Παγκόσμιες

Αμεσες → Με καθυστέρηση

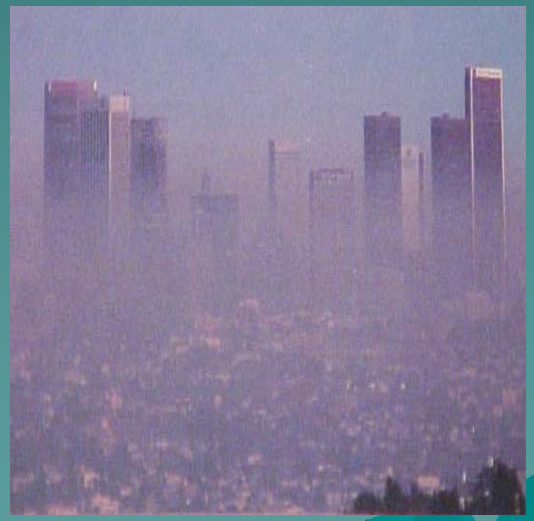
Αμεση απειλή για την υγεία → Απειλή για τα συστήματα υποστήριξης της ζωής

Βικτωριανό Λονδίνο

Βιομηχανική περιοχή στη Γερμανία (1870)

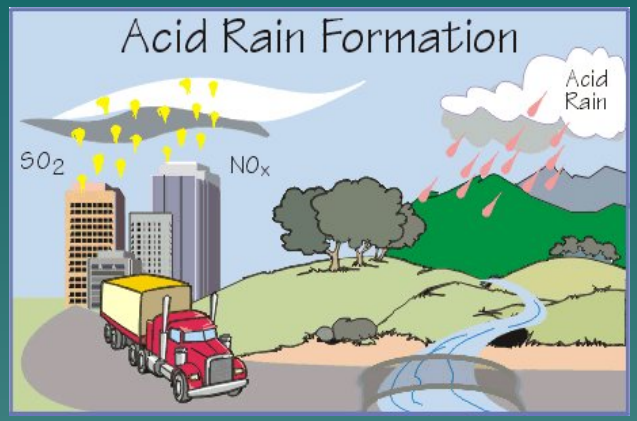
Είναι το πρόβλημα τοπικό?

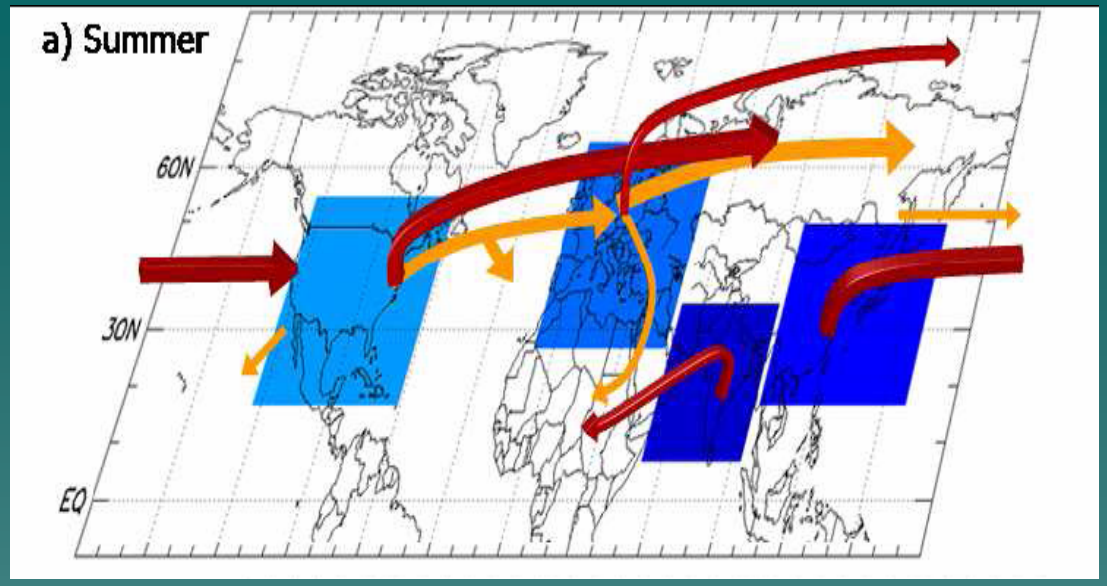
Αιθαλομίχλη στο Πεκίνο 2005



Los Angeles
Φωτοχημική αιθαλομίχλη

Όξινη βροχή

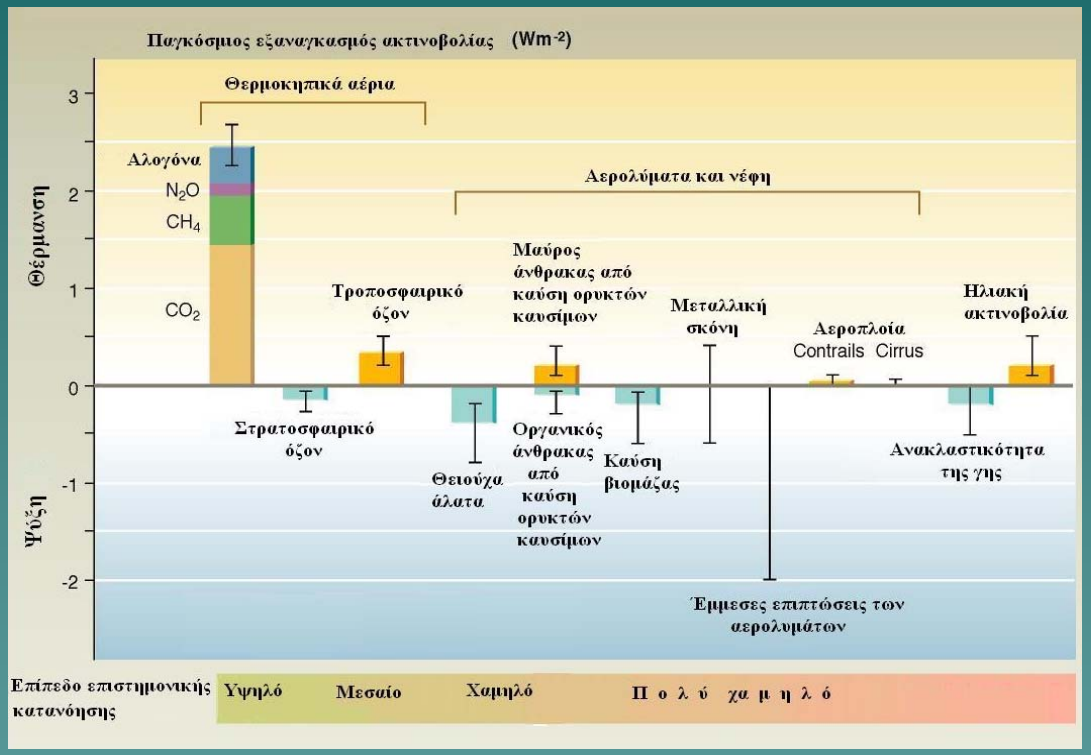


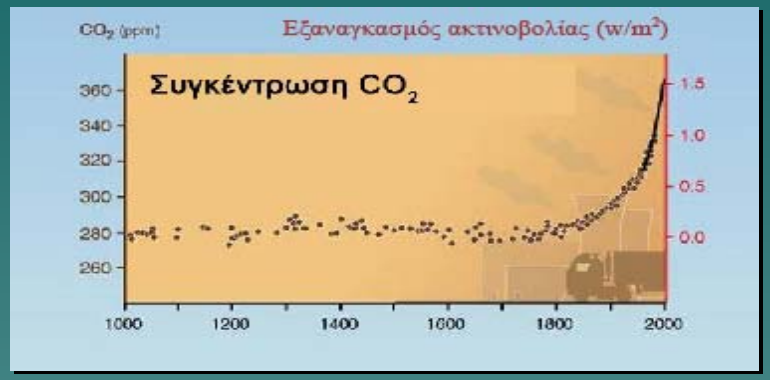


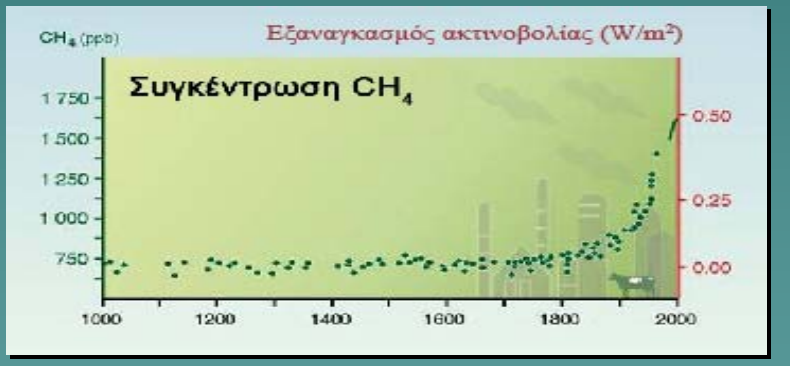
Η αριθμητική επίλυση της εξίσωσης κίνησης του αέρα υπό κατάλληλες συνθήκες προβλέπει ότι οι ρύποι μπορούν να μεταφερθούν σε μεγάλες αποστάσεις!

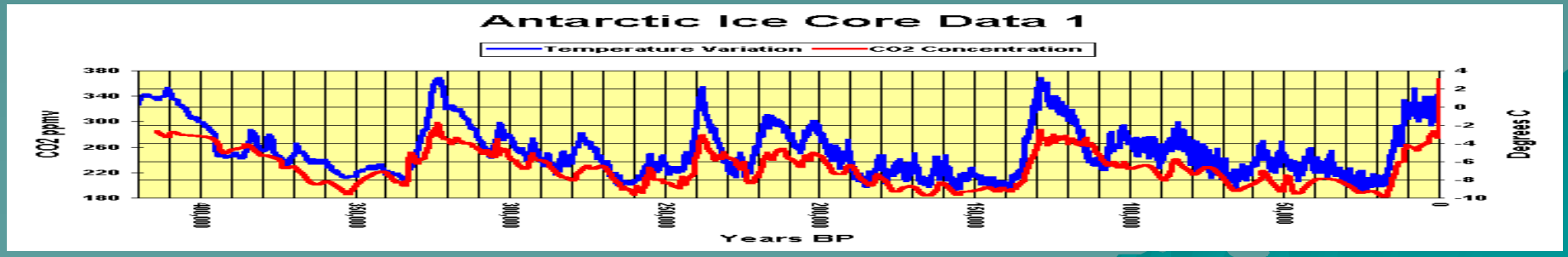
Κάποια αδρανή αέρια μπορούν να καλύψουν σχεδόν όλο τον πλανήτη…

... οπότε μπορούν να οδηγήσουν σε αλλαγές στον ισοζύγιο της ακτινοβολίας









Η κατανόηση φαινόμενων όπως:

Παγκόσμια Θέρμανση και επιπτώσεις

Παγκόσμια σκίαση και επιπτώσεις

Τρύπα του όζοντος στην Ανταρκτική

Μείωση του όζοντος αύξηση της UV-B

Διασυνοριακή-Διηπειρωτική ρύπανση

Απαιτούν σε βάθος χρόνου συνεχείς μετρήσεις της σύστασης της ατμόσφαιρας σε παγκόσμια κλίμακα και με μεγάλη ακρίβεια.

Τι εργαλεία έχουμε για αυτό το σκοπό?

Τι εργαλεία έχουμε?

Τη συγκέντρωση ενός αερίου στην ατμόσφαιρα μπορούμε να την μετρήσουμε με δύο βασικούς τρόπους:

Επι τόπου (in situ)

Η μέτρηση έχει υψηλή ακρίβεια αλλά είναι ενδεικτική για ένα συγκεκριμένο σημείο στο χώρο. Χρήσιμες για τοπικά προβλήματα, δαπανηρές για ανάπτυξη δικτύων με αμφίβολη χρονική και χωρική κάλυψη.

Τηλεπισκόπηση (remote sensing) μέτρηση από απόσταση

Εχουμε μετρήσεις σε περιοχές χωρίς άμεση πρόσβαση

Μπορούμε ταυτόχρονα να μετρήσουμε περισσότερες από μια παραμέτρους

Μπορούμε να έχουμε παγκόσμια κάλυψη

Αυτοματοποιημένες και μακροπρόθεσμα λιγότερο δαπανηρές

Ενεργή Τηλεπισκόπηση:
Χρήση τεχνητών πηγών ακτινοβολίας

Ήχος: SONAR
Ραδιοκύματα: RADAR (**RA**dio **D**etection **A**nd **R**anging)
Ακτινοβολία laser: LIDAR (**LI**ght **D**etection **A**nd **R**anging)
Λευκό φώς: DOAS (**D**ifferential **O**ptical **A**bsorption **S**pectroscopy)

Παθητική Τηλεπισκόπηση:
Χρήση φυσικών πηγών ακτινοβολίας

Ήλιος
Σελήνη
Αστέρια
Θερμική εκπομπή

Πλατφόρμες

Επίγειες

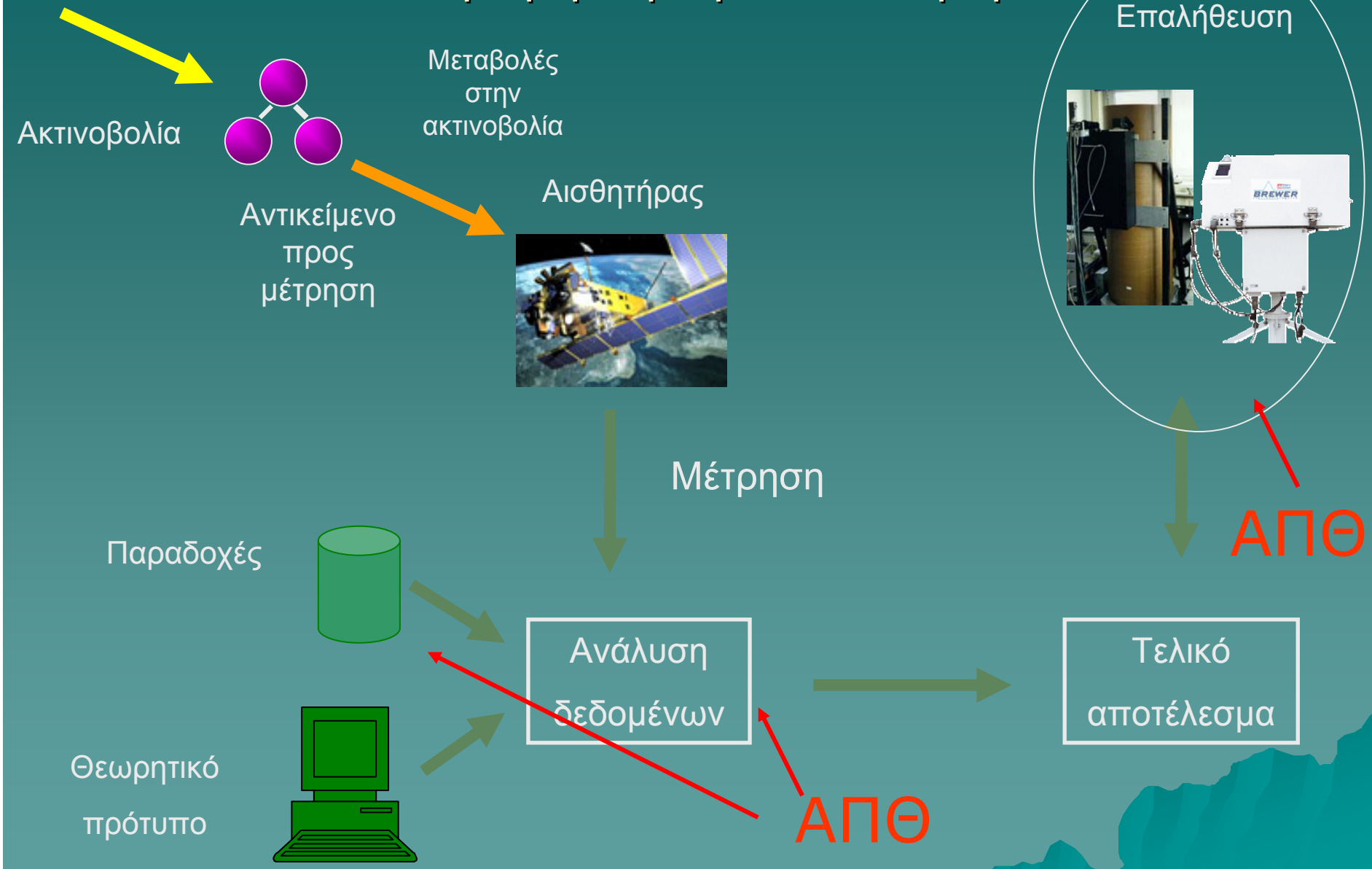
Αεροπορικές

Αερόστατα-μπαλόνια

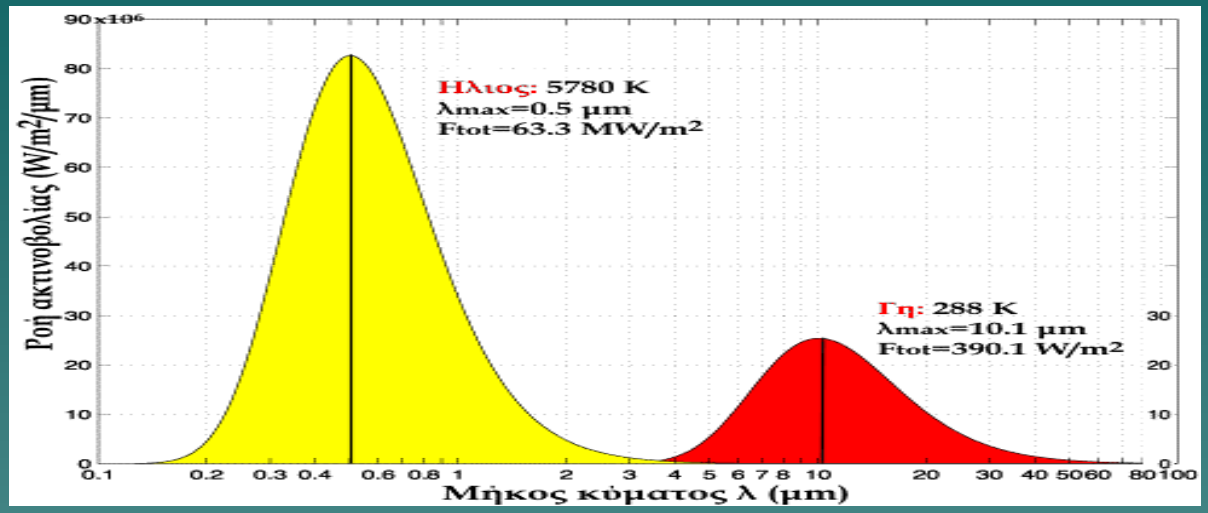
Διαστημικό λεωφορείο

Δορυφόροι

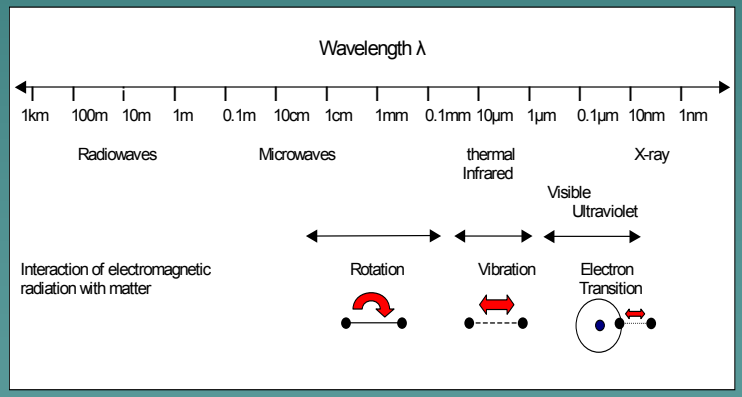
Δορυφορική Τηλεπισκόπηση

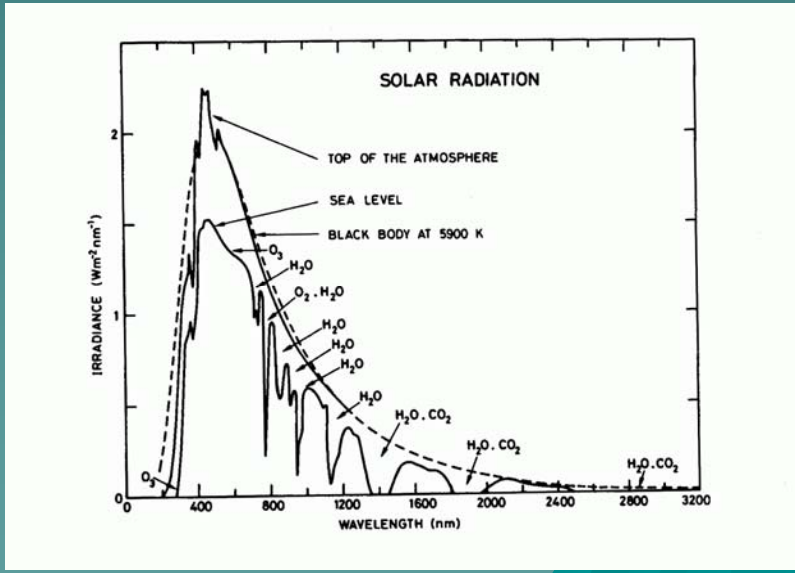


Παθητική τηλεπισκόπηση



$$E_\lambda(T) = \frac{2\pi hc^2}{\lambda^5\left(\exp\left(\frac{hc}{kT\lambda}\right)-1\right)}$$





Απορρόφηση

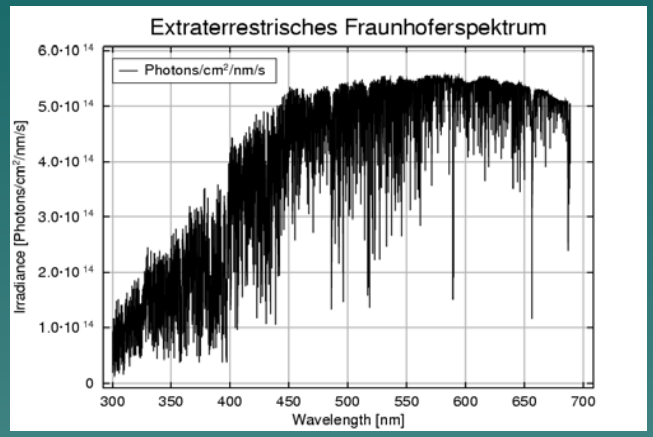
Διέγερση

Επανεκπομπή

Διάδοση ηλιακής ακτινοβολίας στην ατμόσφαιρα

Στο όριο της ατμόσφαιρας

$I_o =$



... Δεν είναι και η καλύτερη δυνατή πηγή...

Γεμάτη γραμμές Fraunhoffer

Περιοδικότητες στην εκπομπή (11ετης κύκλος)

Μεταβαλλόμενη αποσταση Ηλιου-Γης

Μετατόπιση Doppler λόγω περιστροφής

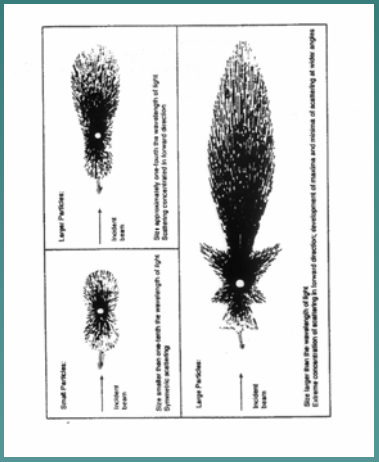
Το φάσμα μεταβάλλεται στον ηλιακό δίσκο

Στην ατμόσφαιρα

απορροφάται

$$dI = -I_0 \, \sigma_a(\lambda) \, n \, ds$$

Σκεδάζεται ελαστικά

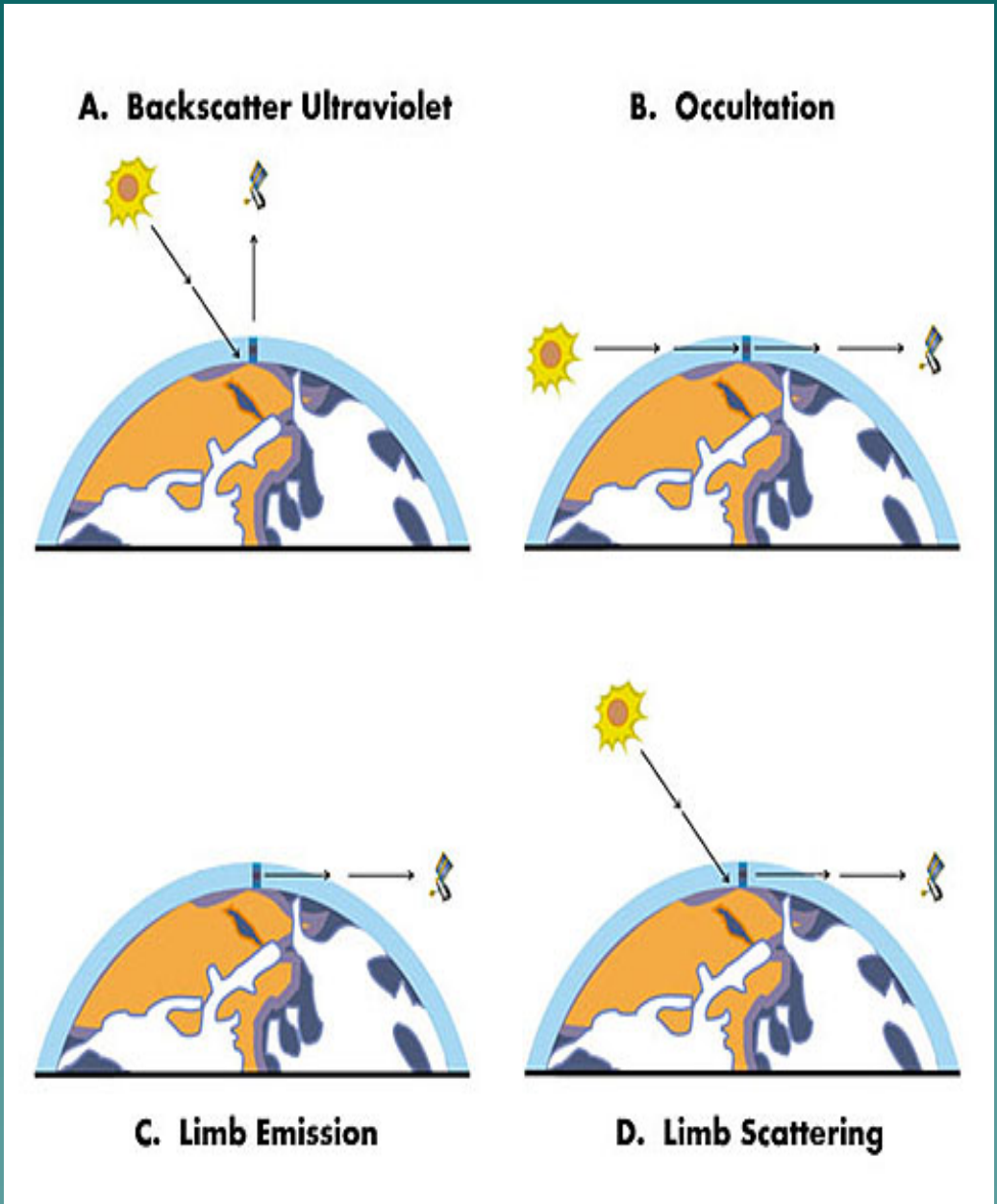


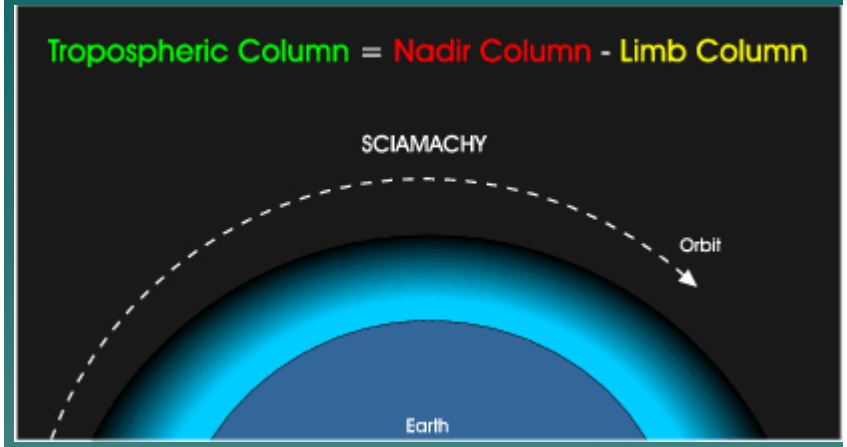
Σκεδάζεται με μετατόπιση του μήκους κύματος

Ανακλάται

Εκπέμπεται θερμικά

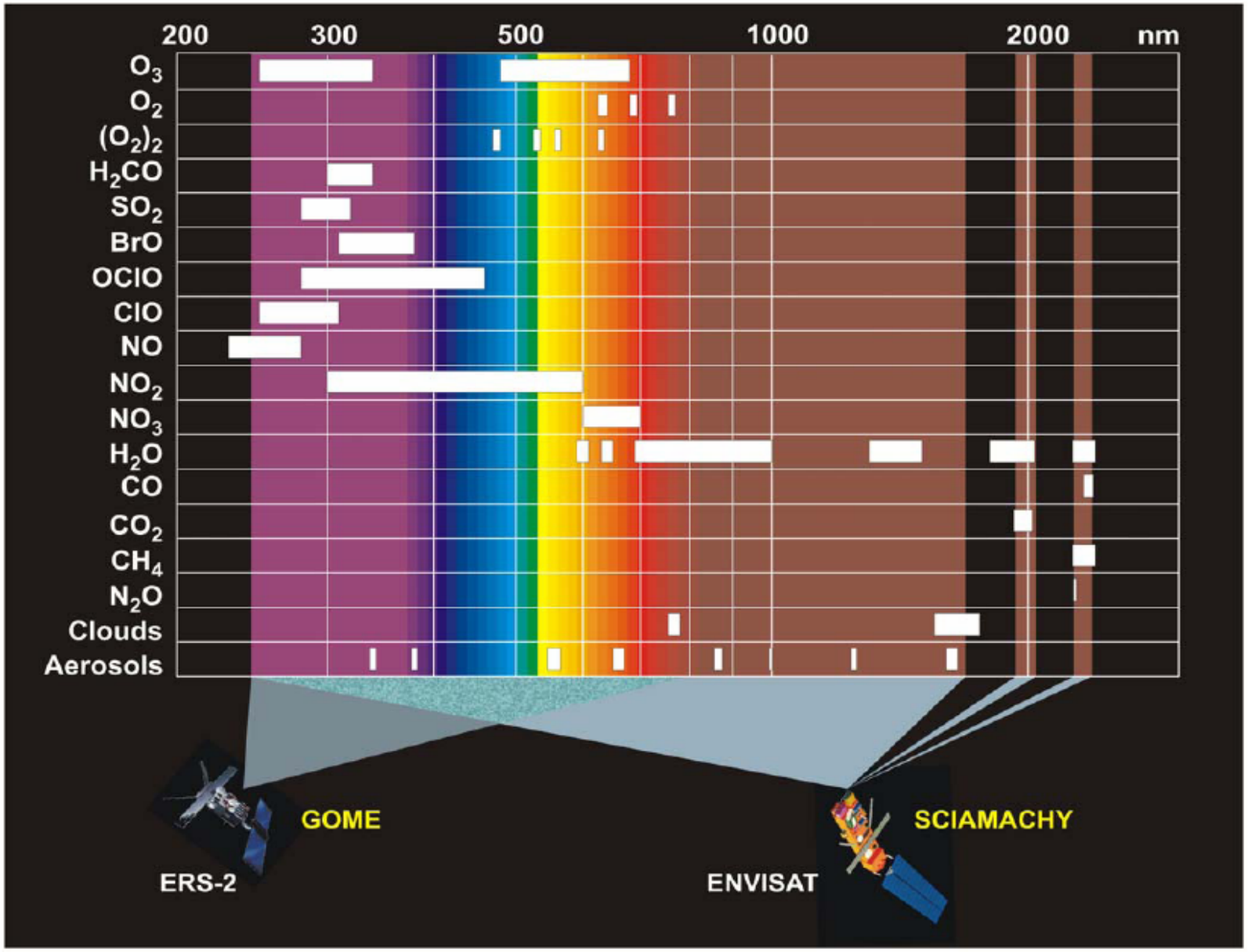
Τί είδους μετρήσεις μπορούμε να κάνουμε



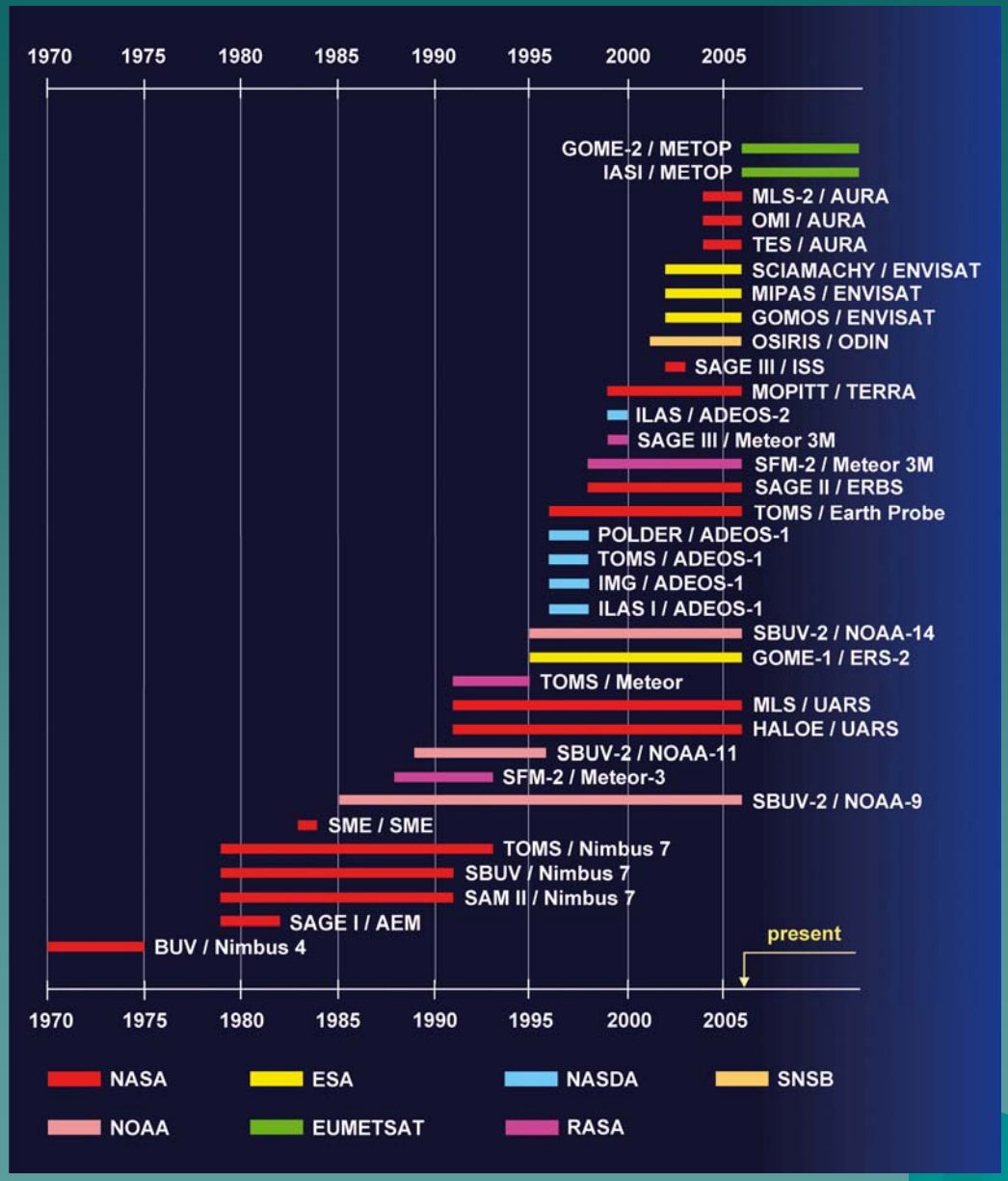


August 30, 1984

August 8, 1991

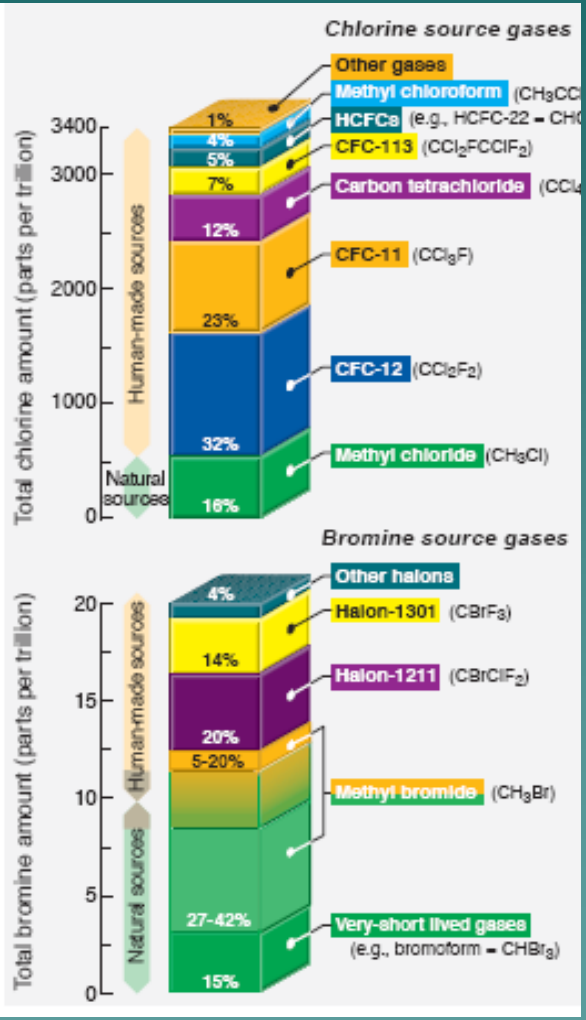

200
300
500
1000
2000
nm
O_3
O_2
$(O_2)_2$
H_2CO
SO_2
BrO
OClO
ClO
NO
NO_2
NO_3
H_2O
CO
CO_2
CH_4
N_2O
Clouds
Aerosols
GOME
ERS-2
SCIAMACHY
ENVISAT

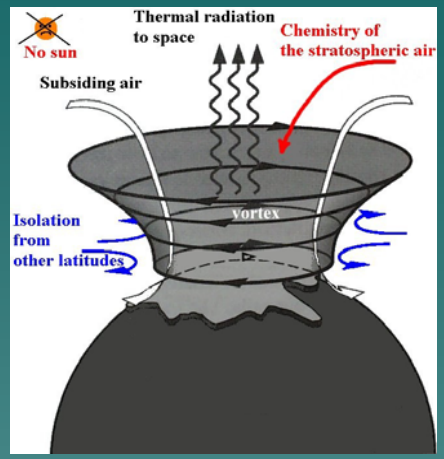
Το ιστορικό

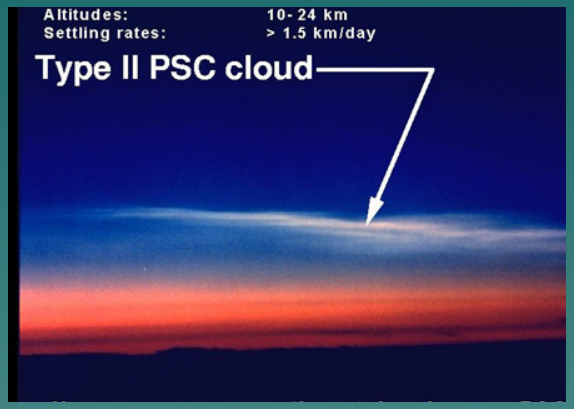

1970
1975
1980
1985
1990
1995
2000
2005
GOME-2 / METOP
IASI / METOP
MLS-2 / AURA
OMI / AURA
TES / AURA
SCIAMACHY / ENVISAT
MIPAS / ENVISAT
GOMOS / ENVISAT
OSIRIS / ODIN
SAGE III / ISS
MOPITT / TERRA
ILAS / ADEOS-2
SAGE III / Meteor 3M
SFM-2 / Meteor 3M
SAGE II / ERBS
TOMS / Earth Probe
POLDER / ADEOS-1
TOMS / ADEOS-1
IMG / ADEOS-1
ILAS I / ADEOS-1
SBUV-2 / NOAA-14
GOME-1 / ERS-2
TOMS / Meteor
MLS / UARS
HALOE / UARS
SBUV-2 / NOAA-11
SFM-2 / Meteor-3
SBUV-2 / NOAA-9
SME / SME
TOMS / Nimbus 7
SBUV / Nimbus 7
SAM II / Nimbus 7
SAGE I / AEM
BUV / Nimbus 4
present
NASA
ESA
NASDA
SNSB
NOAA
EUMETSAT
RASA

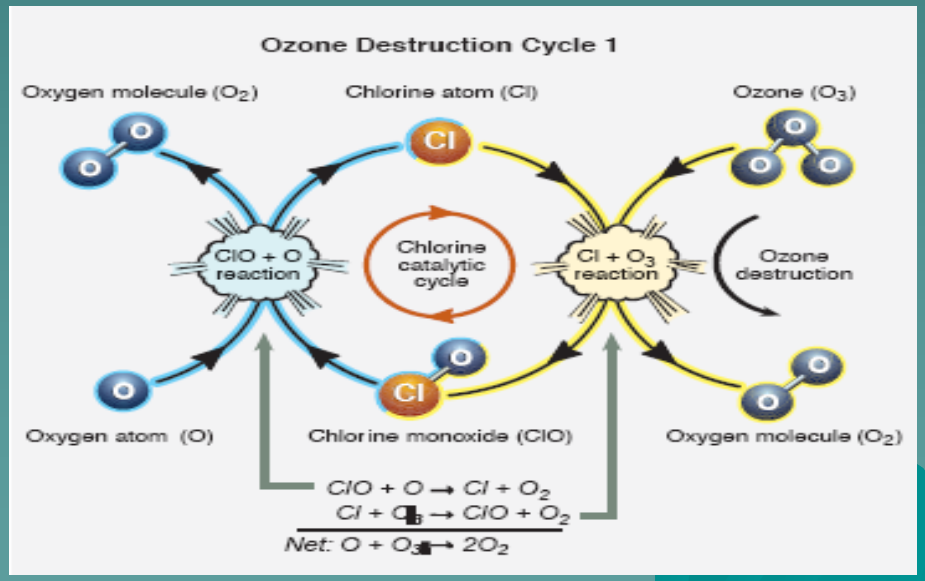
Παραδείγματα εφαρμογής

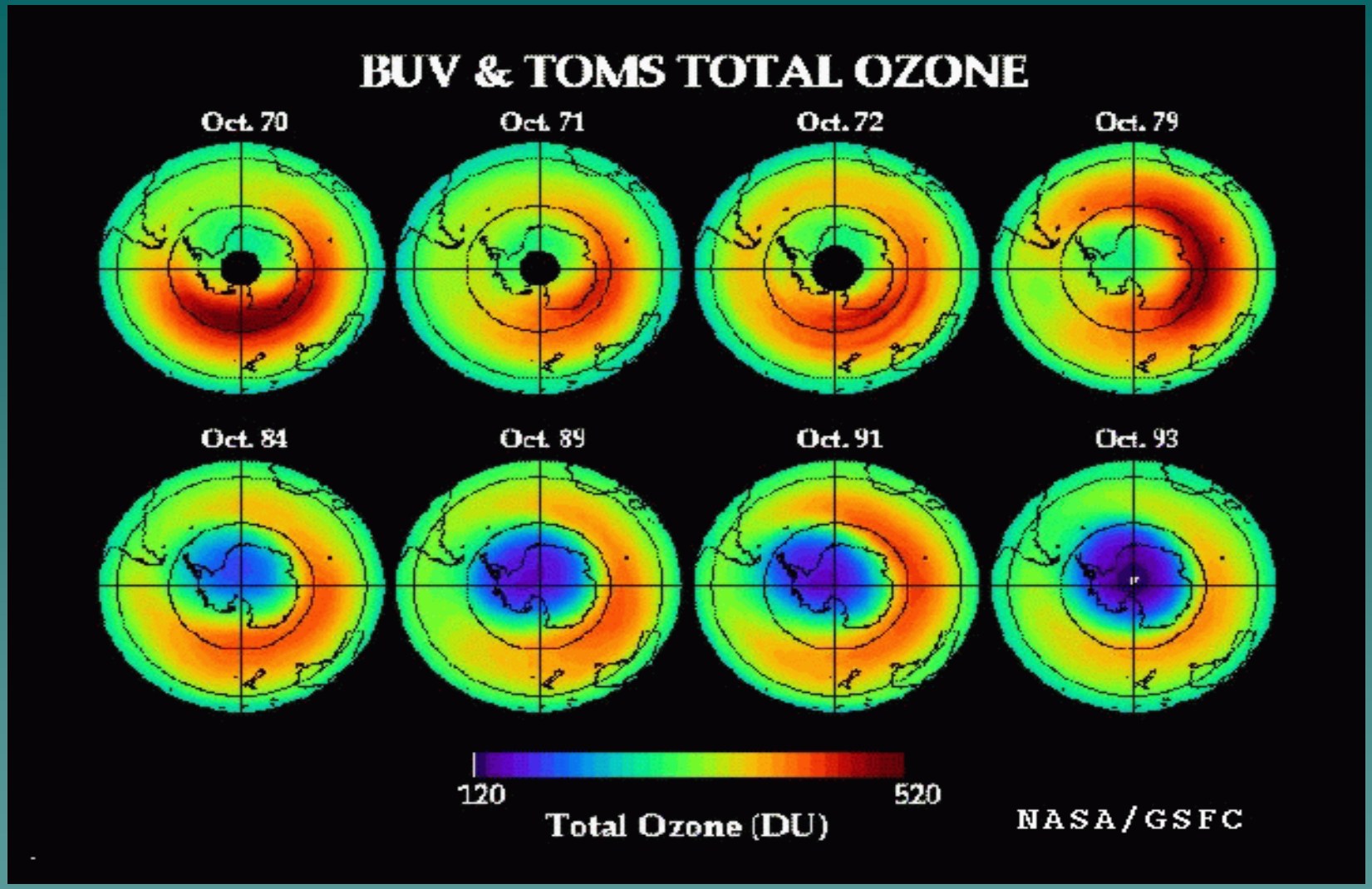
Η μείωση του όζοντος





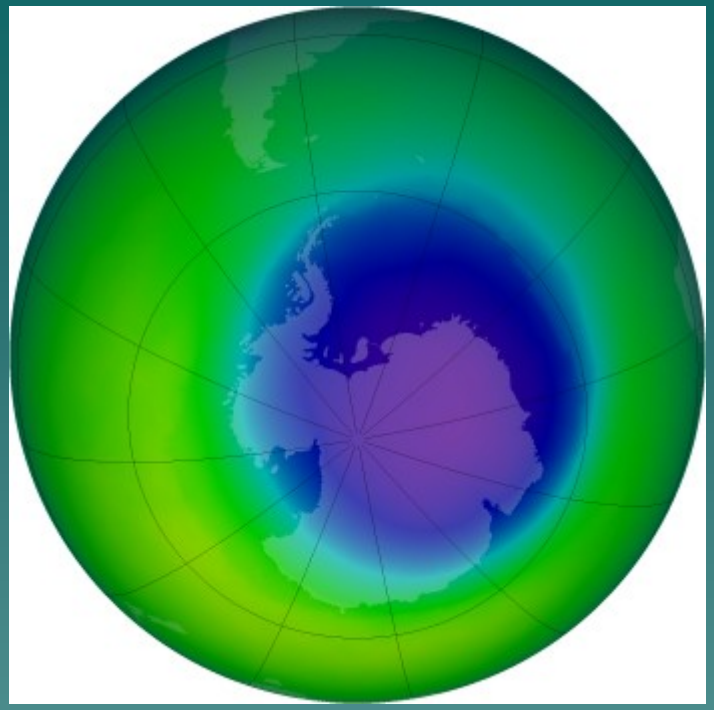


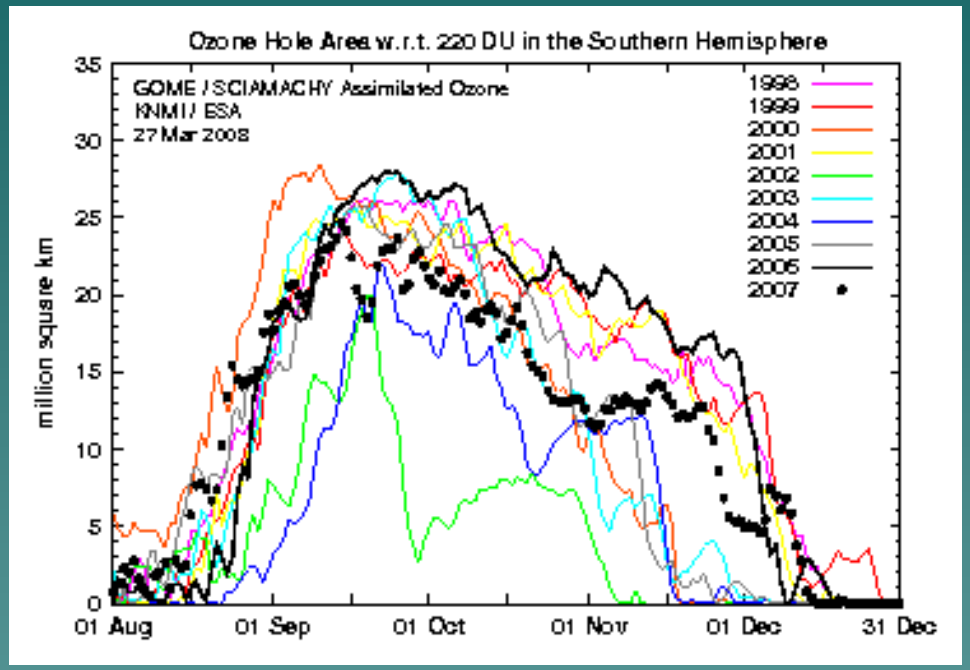




Συστηματικές δορυφορικές μετρήσεις της NASA και της ESA από το 1979 κατέγραψαν την εμφάνιση και την εξέλιξη της τρύπας του όζοντος μέχρι σήμερα

Οκτώβριος 2007

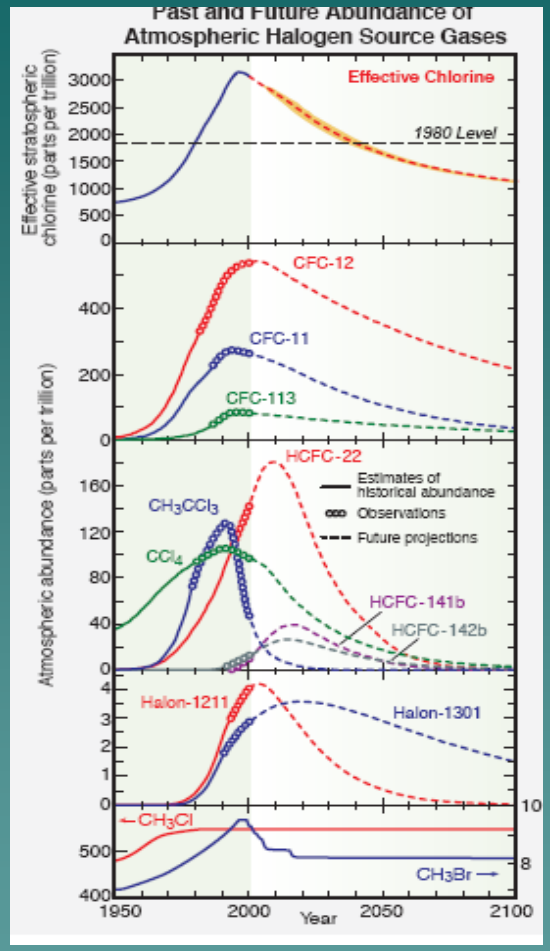




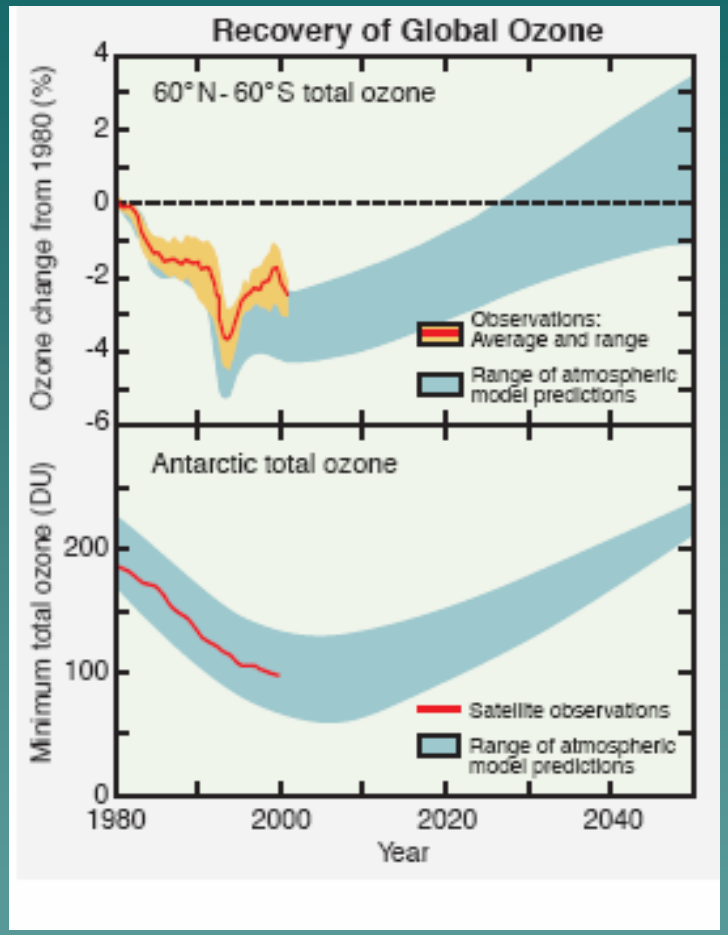
«κι όμως είναι ακόμα εδώ ..»

Το ΑΠΘ σε συνεργασία με τον WMO παρακολουθεί την εξέλιξη του φαινομένου εδω και 10 χρόνια

Πρωτόκολλο του Μοντρεαλ 1987

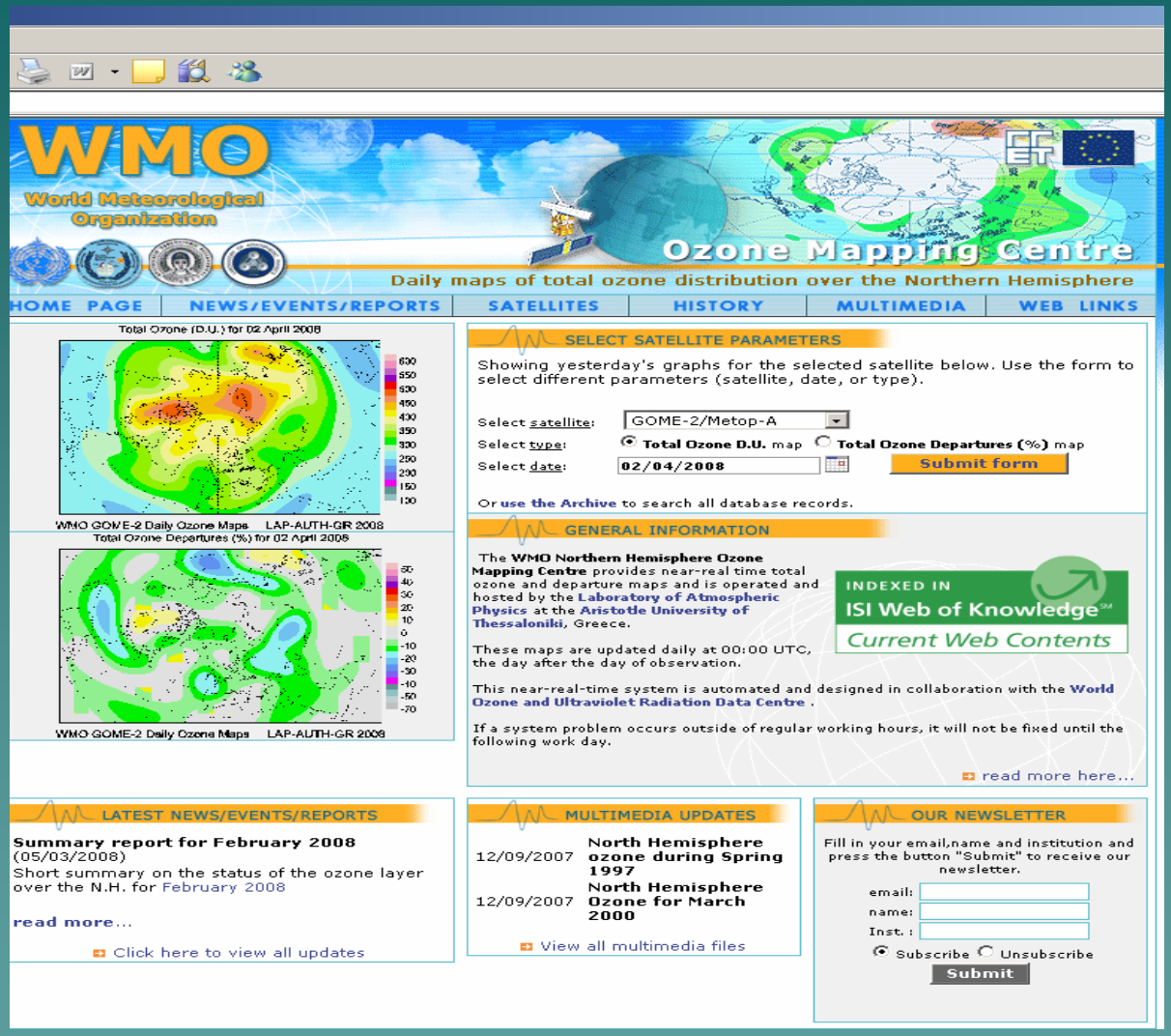


Πιθανή ανάκαμψη το 2060?



Χρειαζόμαστε συνεχείς μακροχρόνιες παρατηρήσεις υψηλής ακρίβειας και βελτιωμένα θεωρητικά εργαλεία

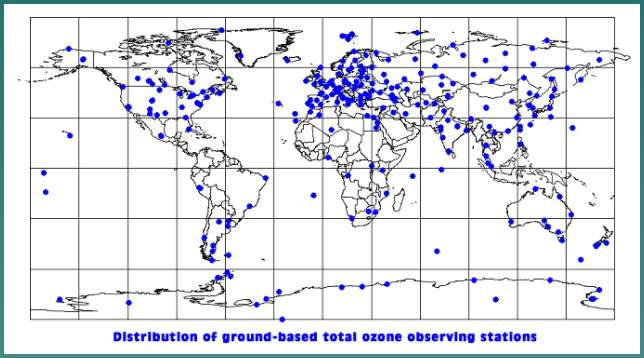
Παρακολούθηση του στρώματος του όζοντος σε πραγματικό χρόνο από δορυφόρους και επίγεια δίκτυα

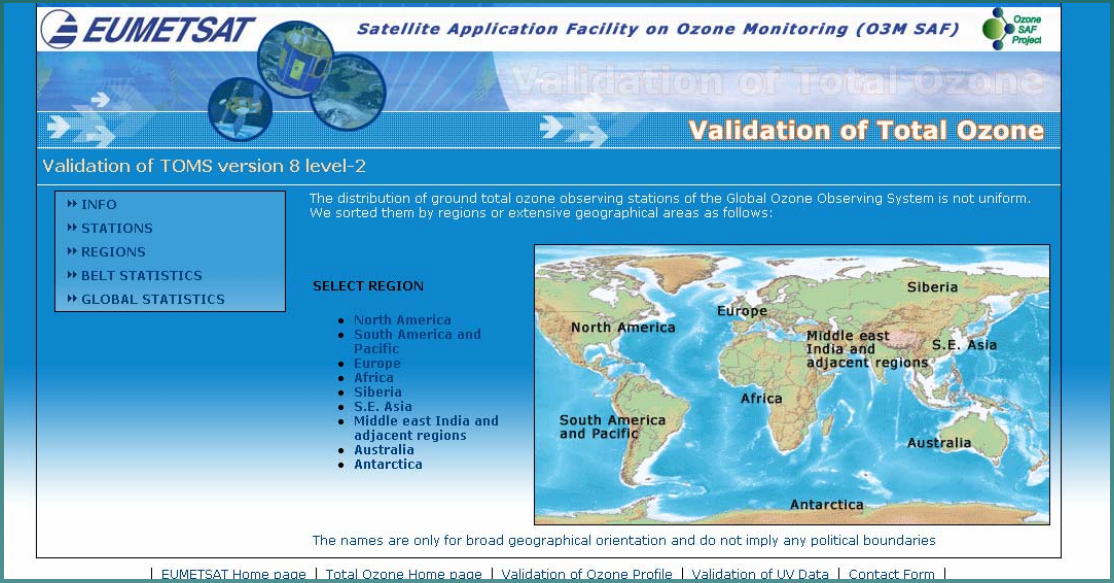


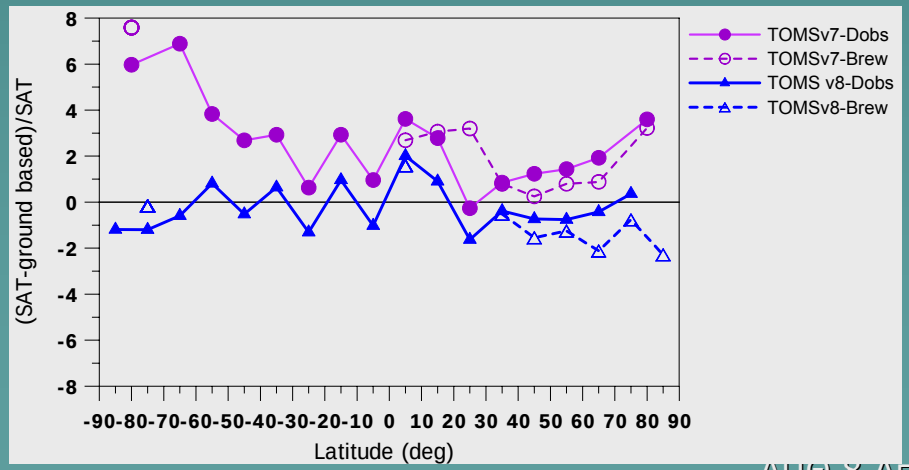
Πληροφόρηση της επιστημονικής κοινότητας απ όλες τις διαθεσιμες πηγές και αξιολόγση των μετρήσεων

http://lap.physics.auth.gr/ozonemaps

Η βελτίωση των αλγορίθμων των δορυφορικών δεδομένων και η συνεχής επαλύθεσή τους είναι απαραίτητη για την βελτιστη πρόγνωση της εξελιξης των φαινομένων:



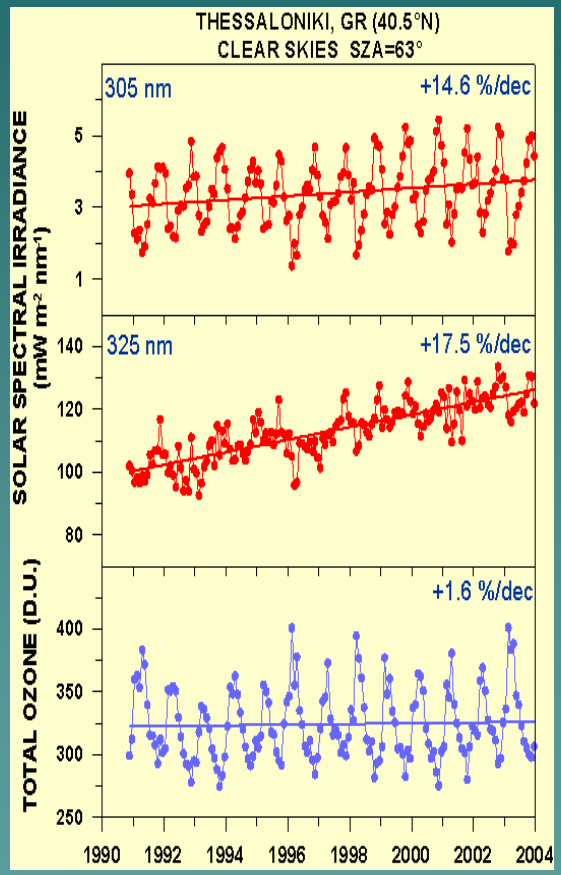


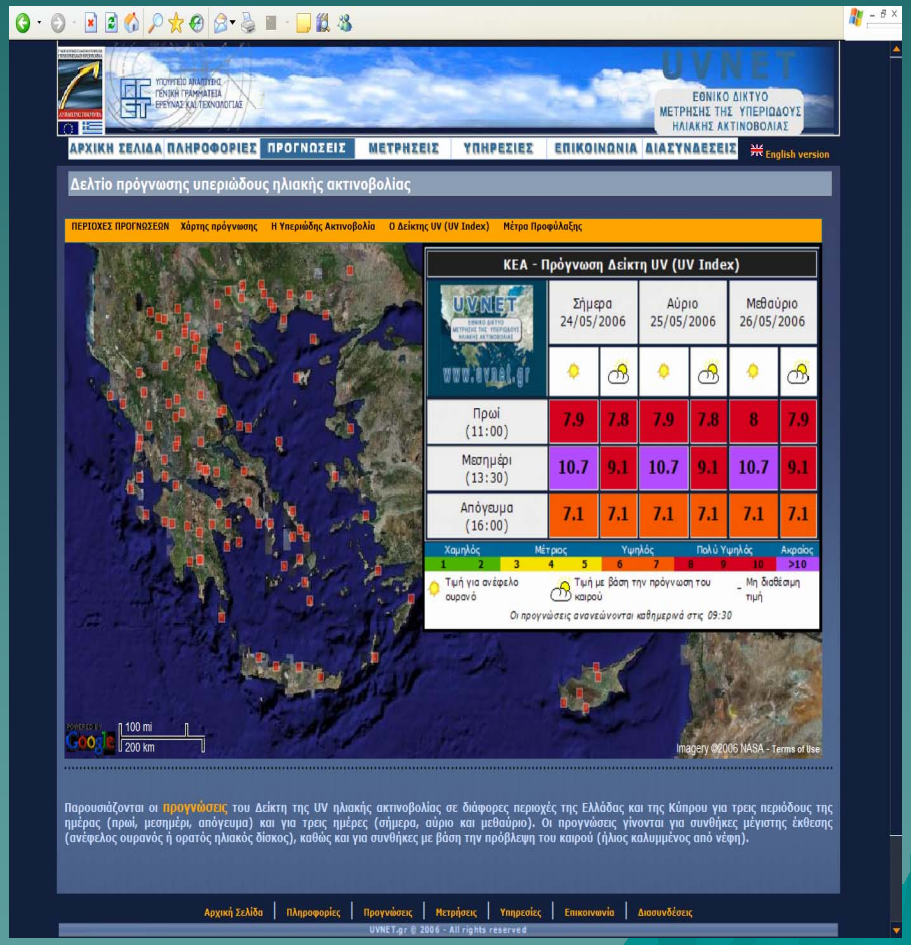


Lap.physics.auth.gr/eumetsat

Στοχος: Σταθερότητα των μετρήσεων
Εντός του 1%

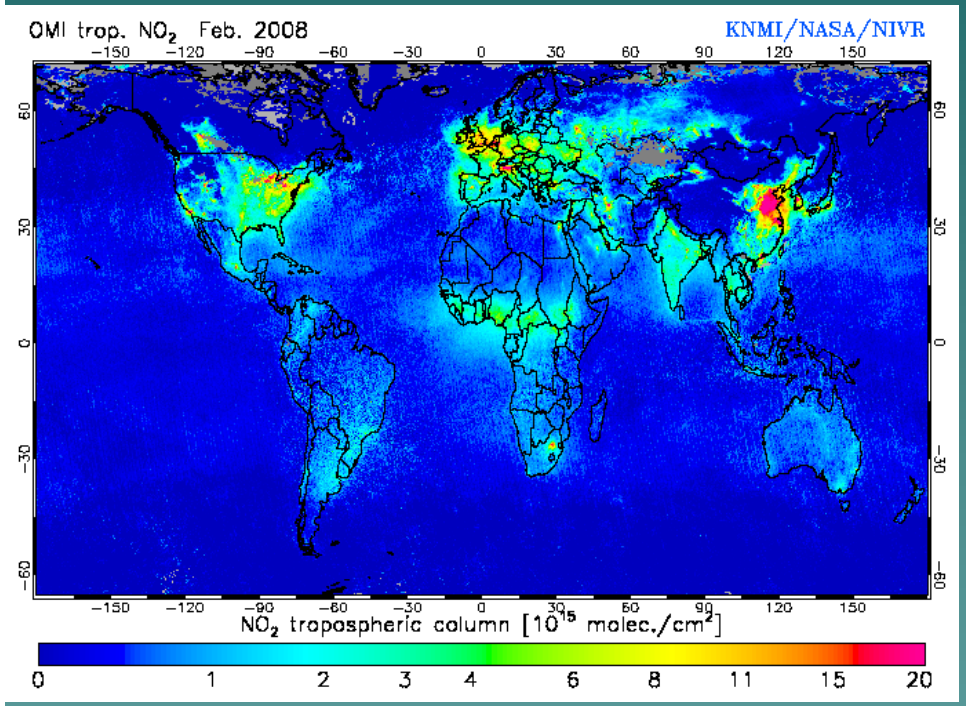
Μείωση όζοντος => αύξηση UV
Είναι η έκθεση στον ήλιο ασφαλής?

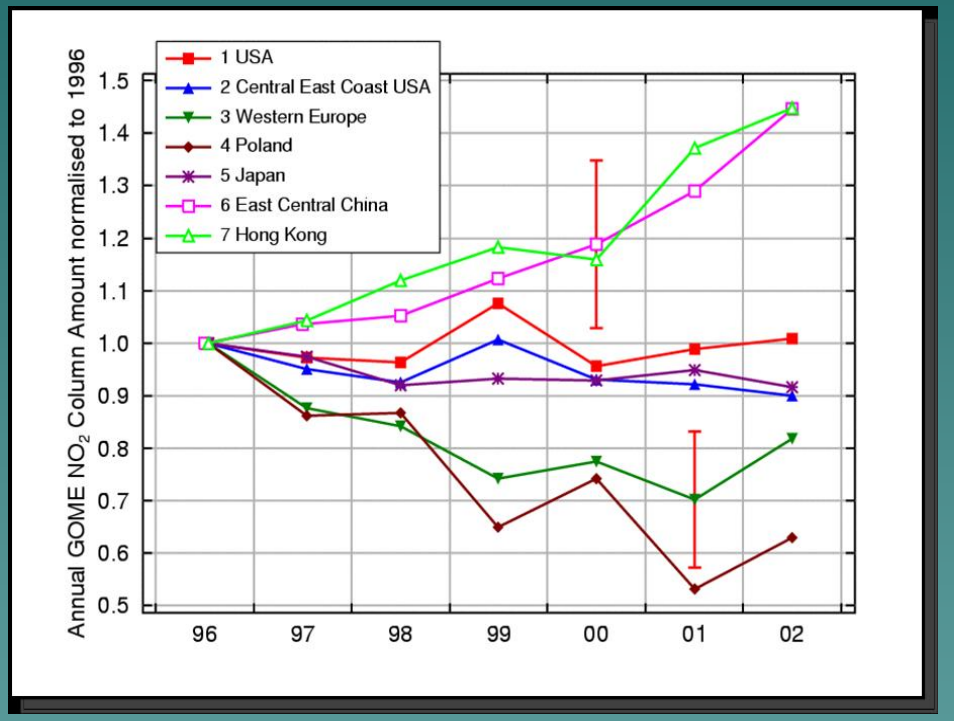


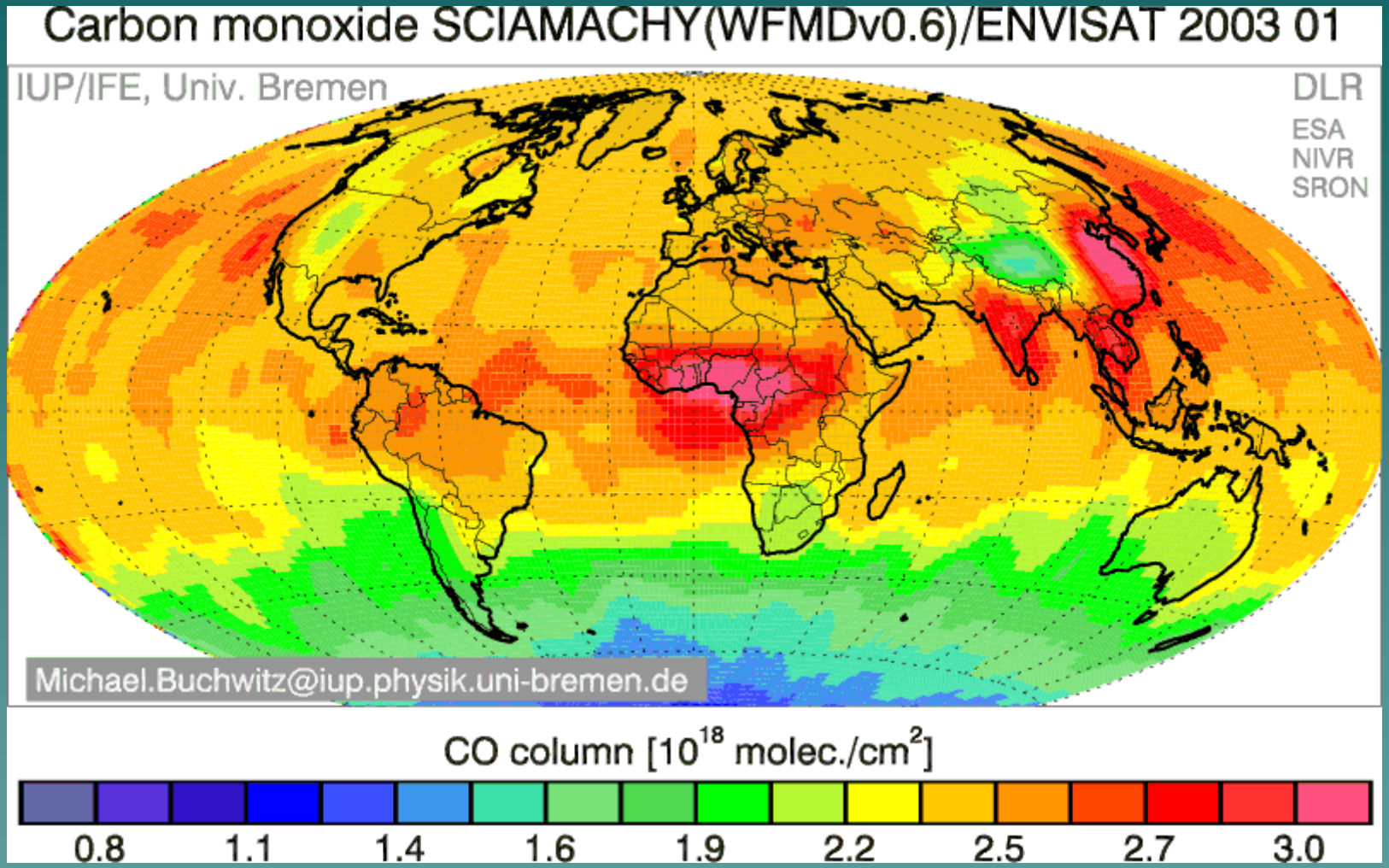


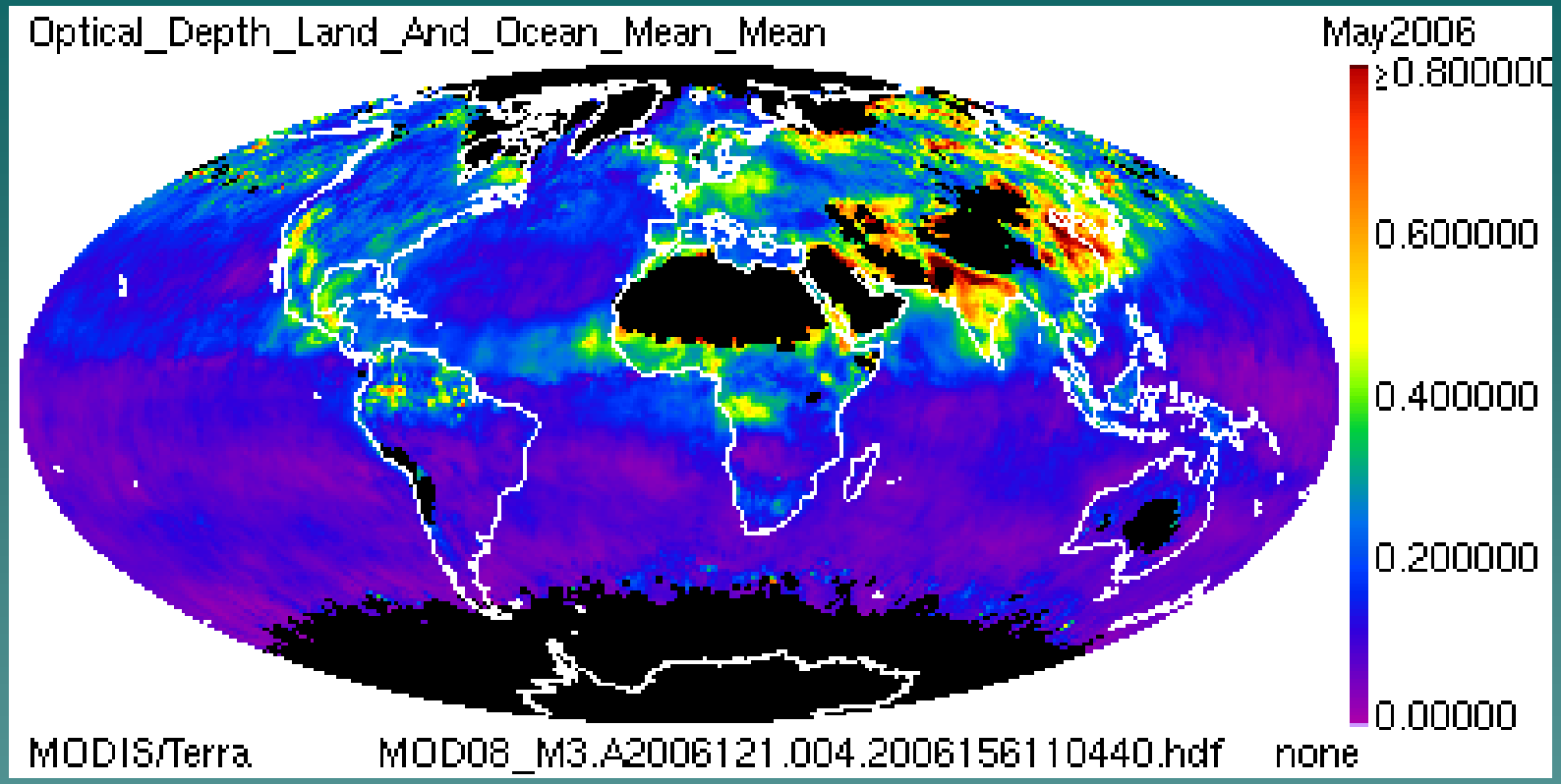
www.uvnet.gr

Η αέρια ρύπανση όπως καταγράφεται από το διάστημα (π.χ NO_2)





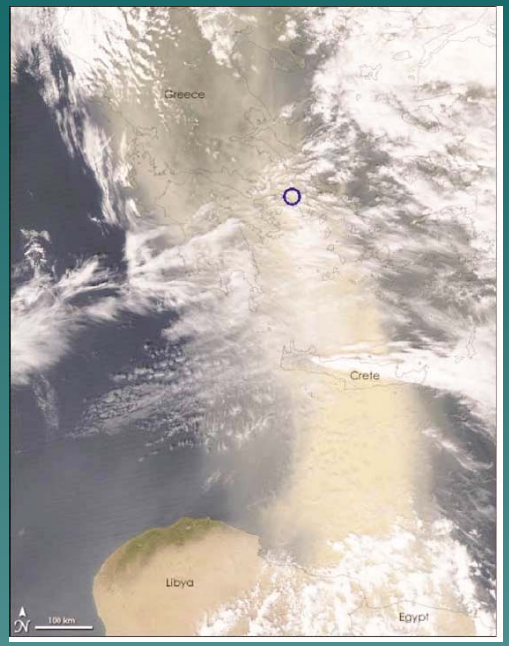

Carbon monoxide SCIAMACHY(WFMDv0.6)/ENVISAT 2003 01
IUP/IFE, Univ. Bremen
DLR
ESA
NIVR
SRON
Michael.Buchwitz@iup.physik.uni-bremen.de
CO column [10^18 molec./cm^2]
0.8
1.1
1.4
1.6
1.9
2.2
2.5
2.7
3.0



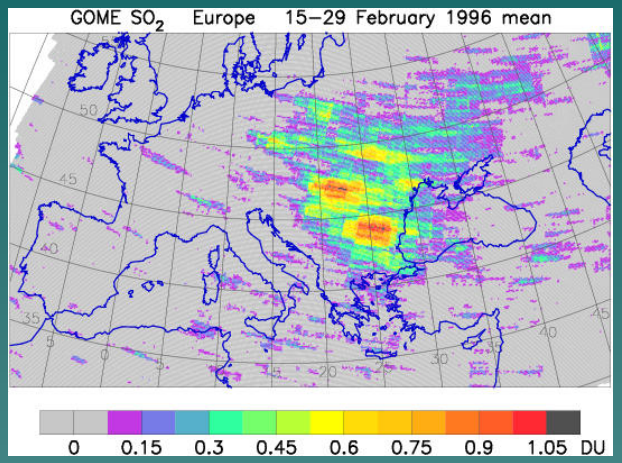
Υπάχουν περιοχές με ραγδαία αύξηση: πλανητική σκίαση

Η ελλάδα βρίσκεται σε ενα σταυροδρόμι ρύπων

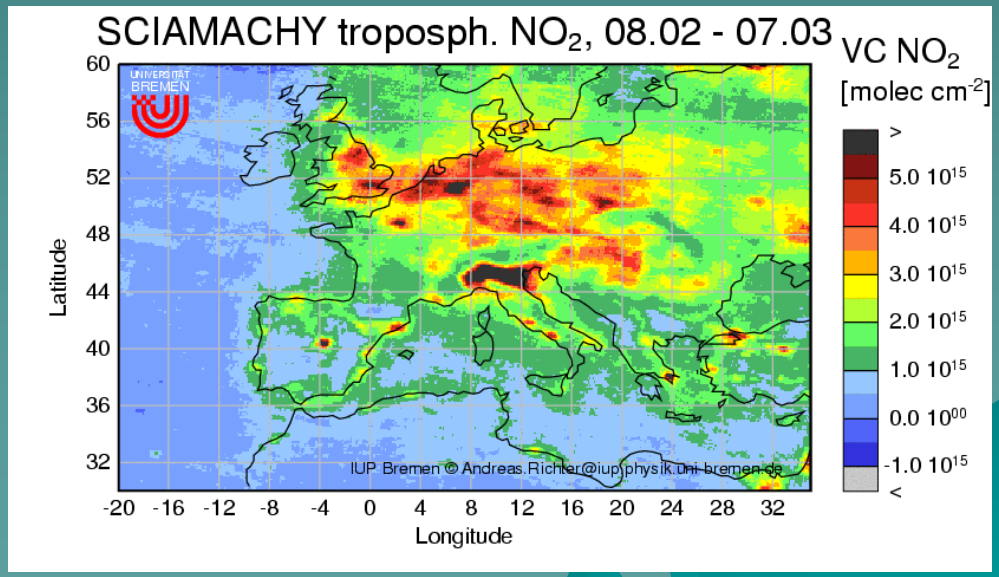
Sahara dust



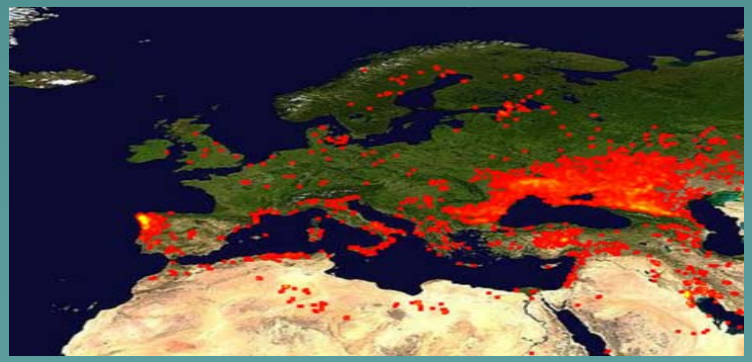
SO_2 from Eastern Europe

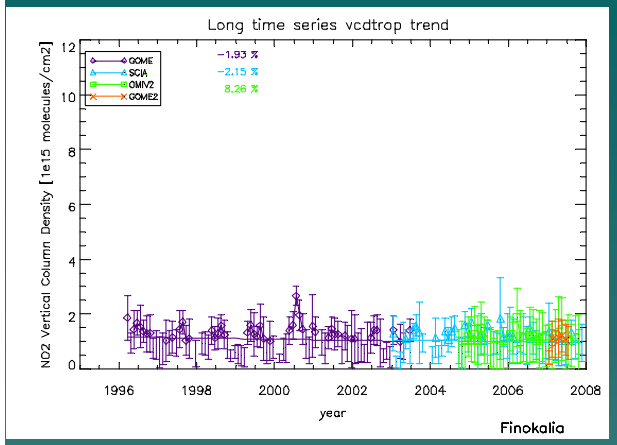


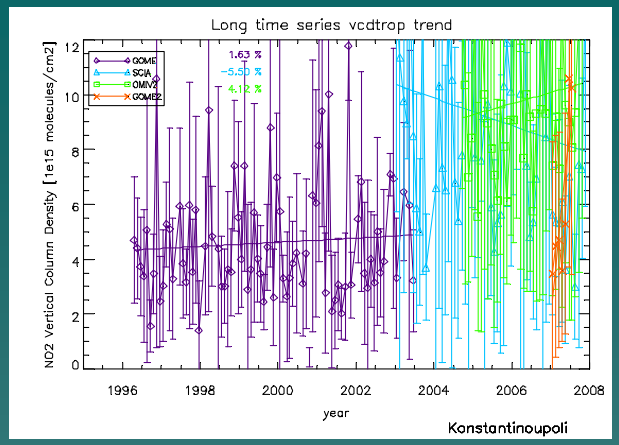
Pollution from Europe

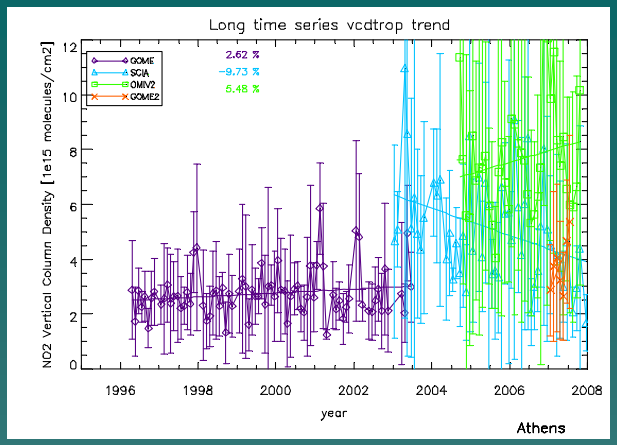


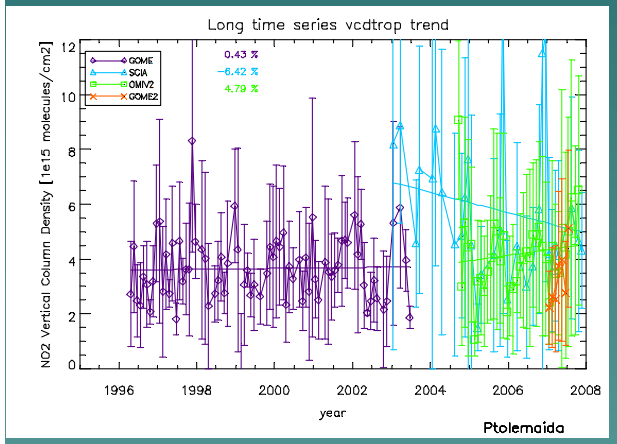
Biomass burning

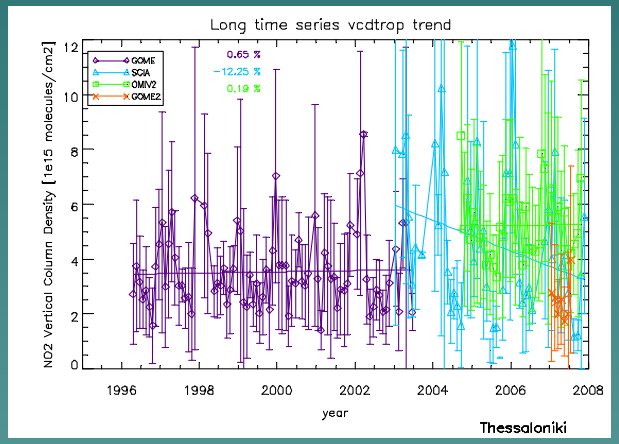


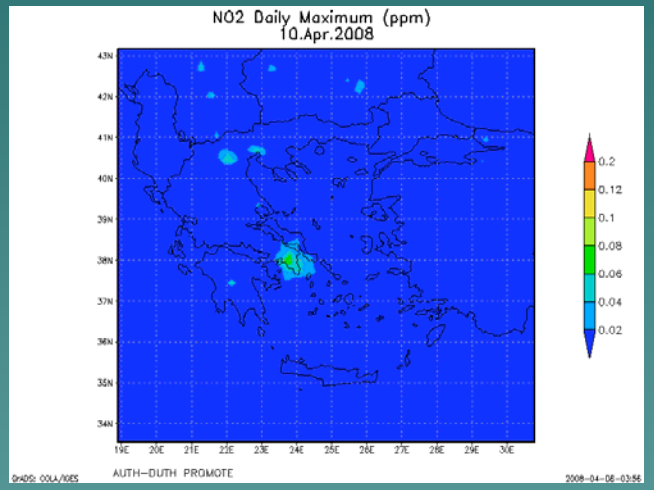








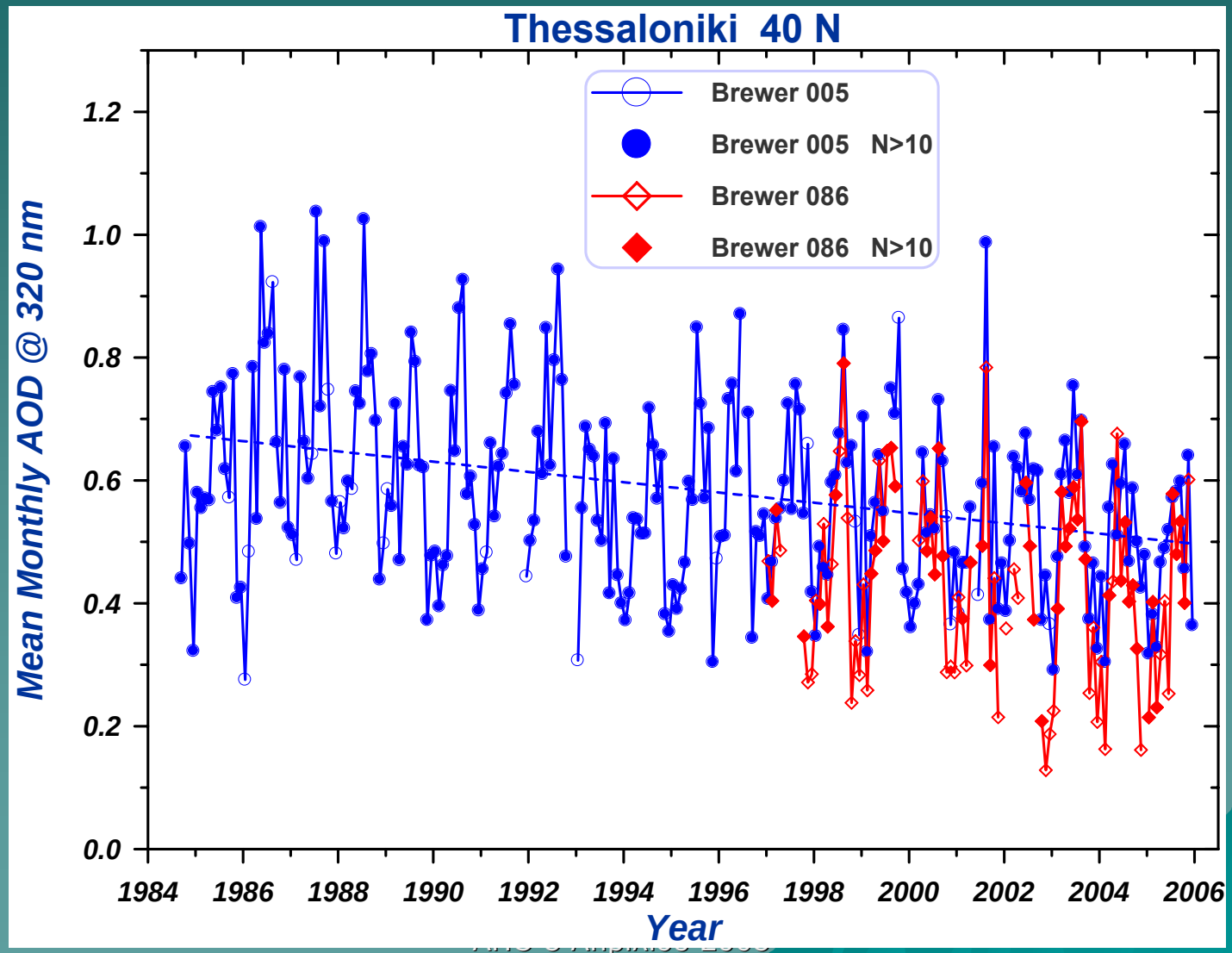




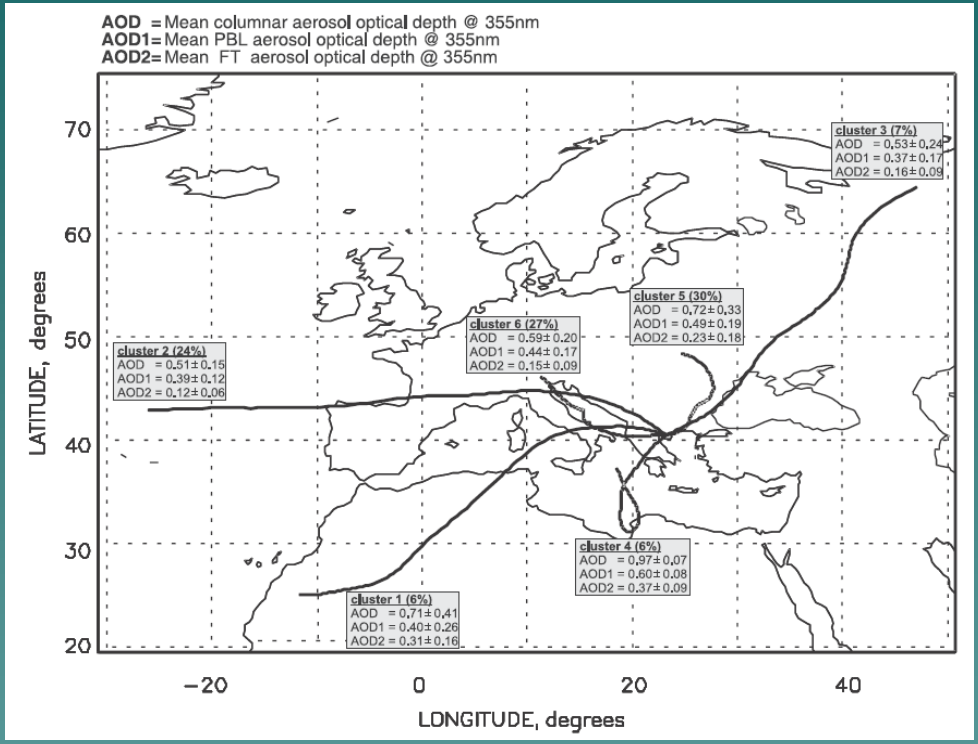
Οι δορυφορικές μετρήσεις βοηθούν να βελτιώσουμε την πρόγνωση των επίπεδων ρύπανσης

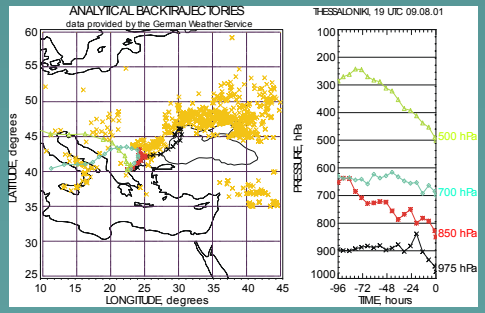
lap.physics.auth.gr/forecasting

Μακροχρόνιες μεταβολές του οπτικού βάθους των αιωρούμενων σωματιδίων

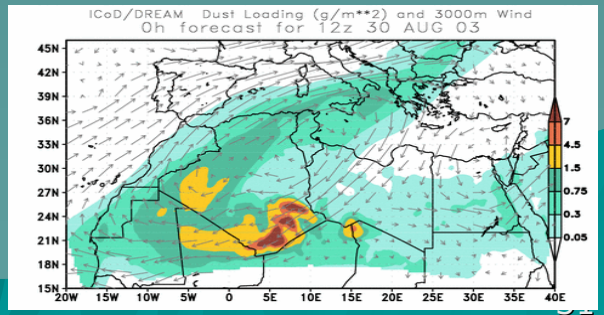


Εξάρτηση από τη πηγή

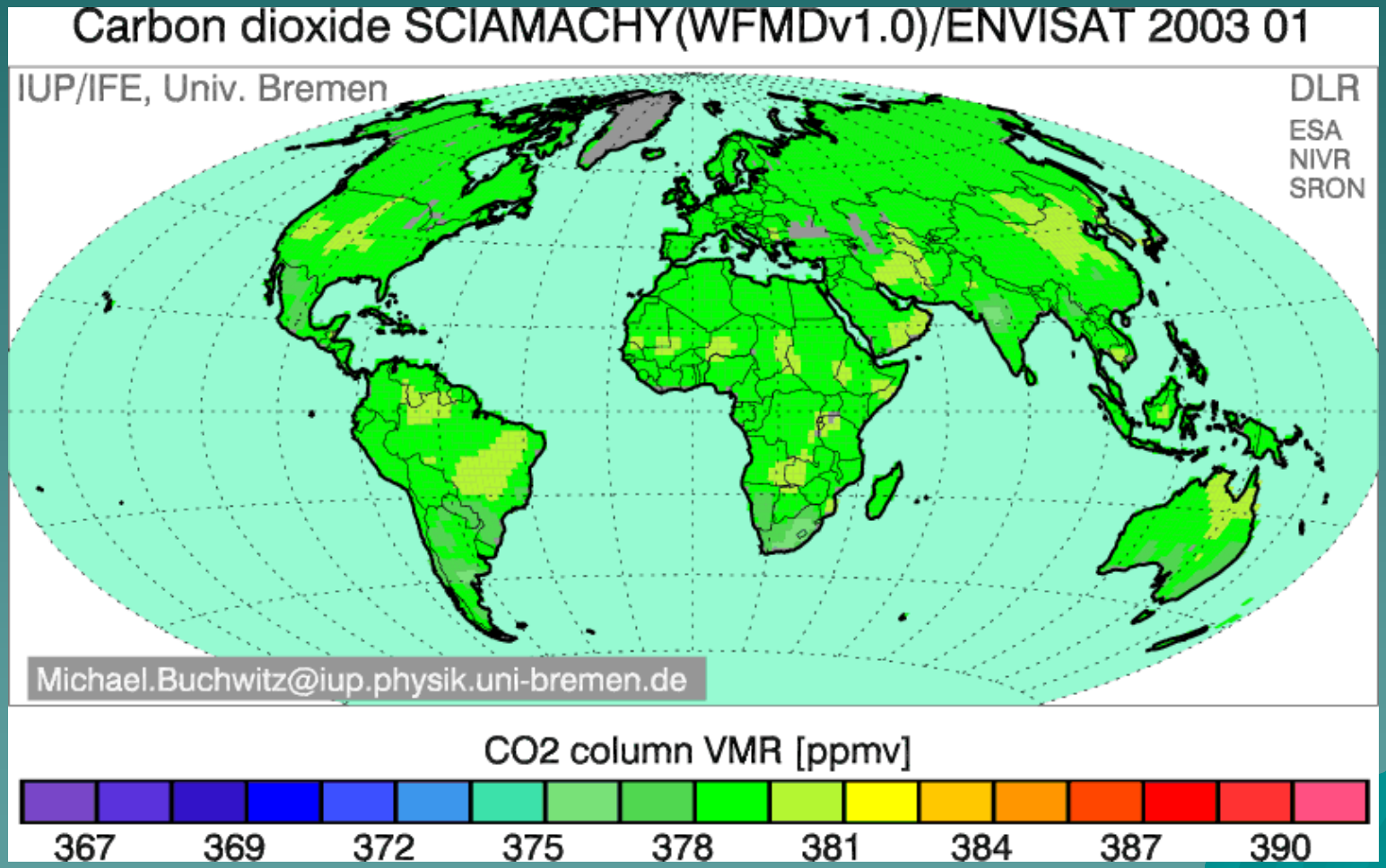




Διαφέρουν και στην ποσότητα και στις ιδιότητες

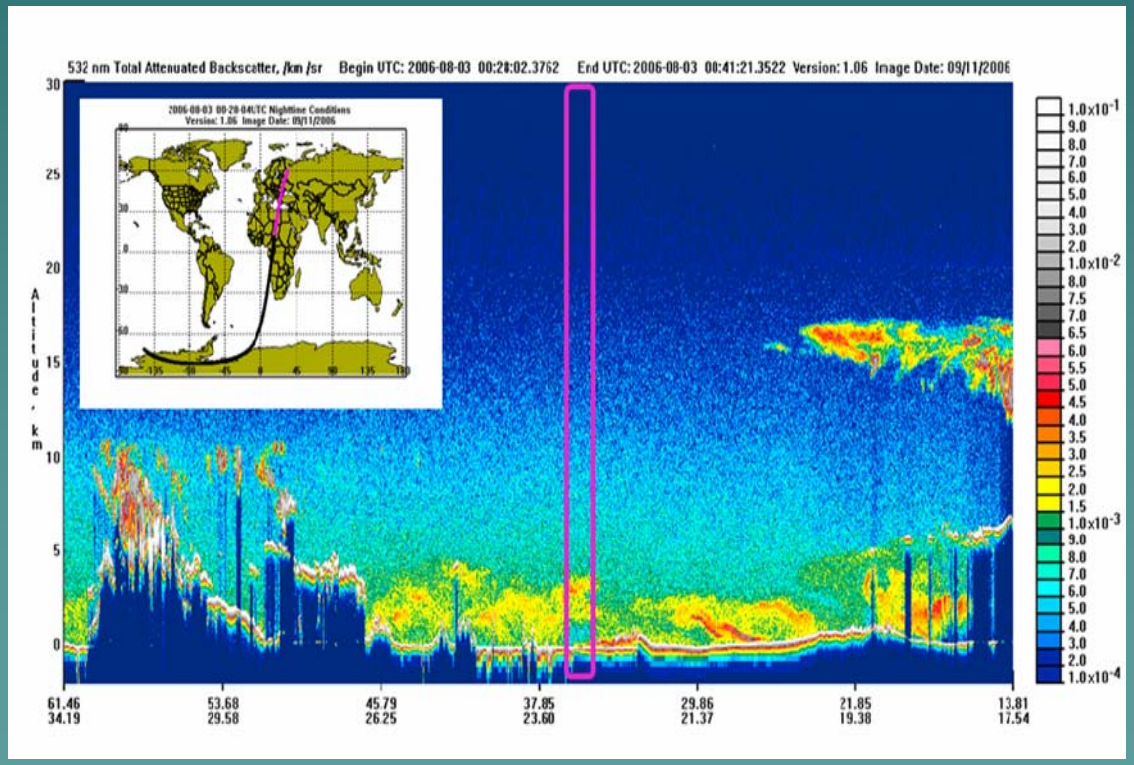


Πρόσφατα καταγράφονται και τα θερμοκηπικά αέρια



Δορυφορικές εφαρμογές ενεργητικής τηλεπισκόπησης με τη χρήση πηγών laser

- LITE (1994 στο διαστημικό λεωφορείο)
- IceSAT-GLAS (σε τροχιά απο το 2003, προβλήματα κατα τη λειτουργία)
- CALIPSO (σε τροχιά από το 2006)

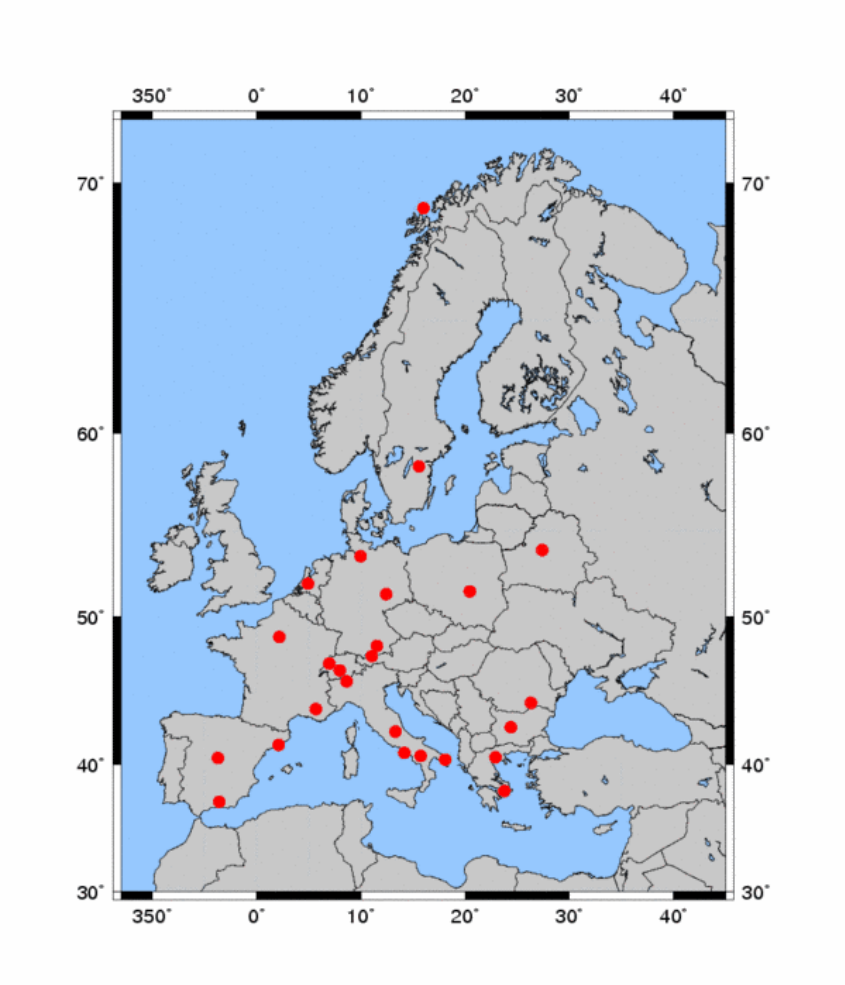


Μπορούμε να μετρήσουμε:

Κατακόρφη κατανομή των οπτικών ιδιοτήτων των αιωρούμενων σωματδίων

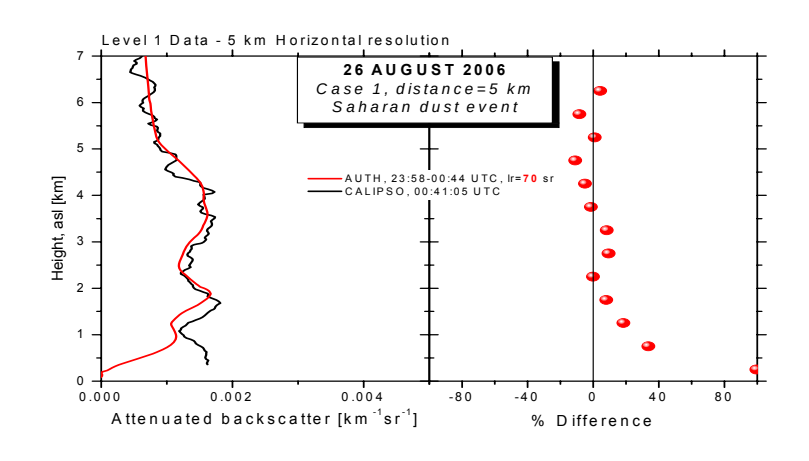
Οπτικές ιδιότητες των νεφών

Δικτύωση και συντονισμένες μετρήσεις

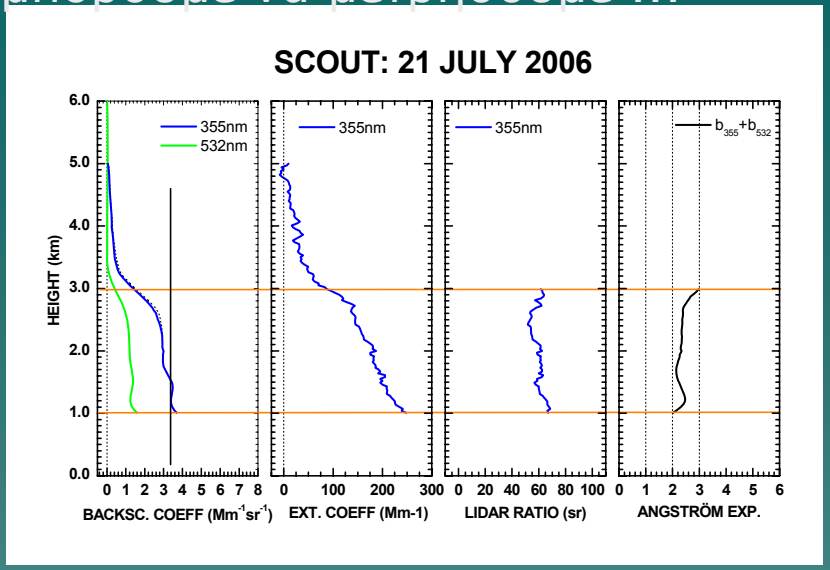


A European Aerosol Research Lidar Network to Establish an Aerosol Climatology: EARLINET

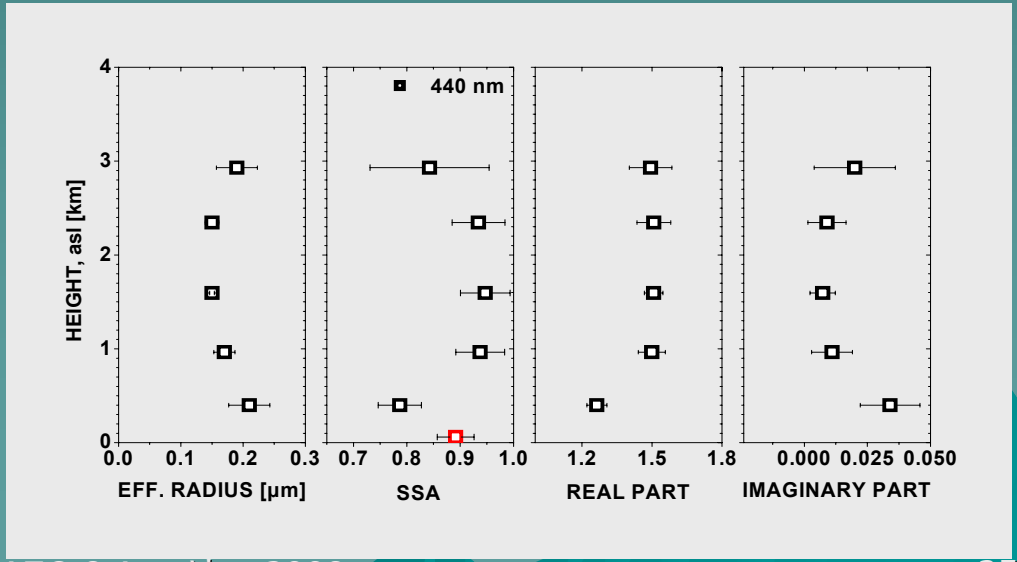
Υποστηριξη του CALIPSO και μελλοντικά της αντίστοιχης αποστολής της ESA

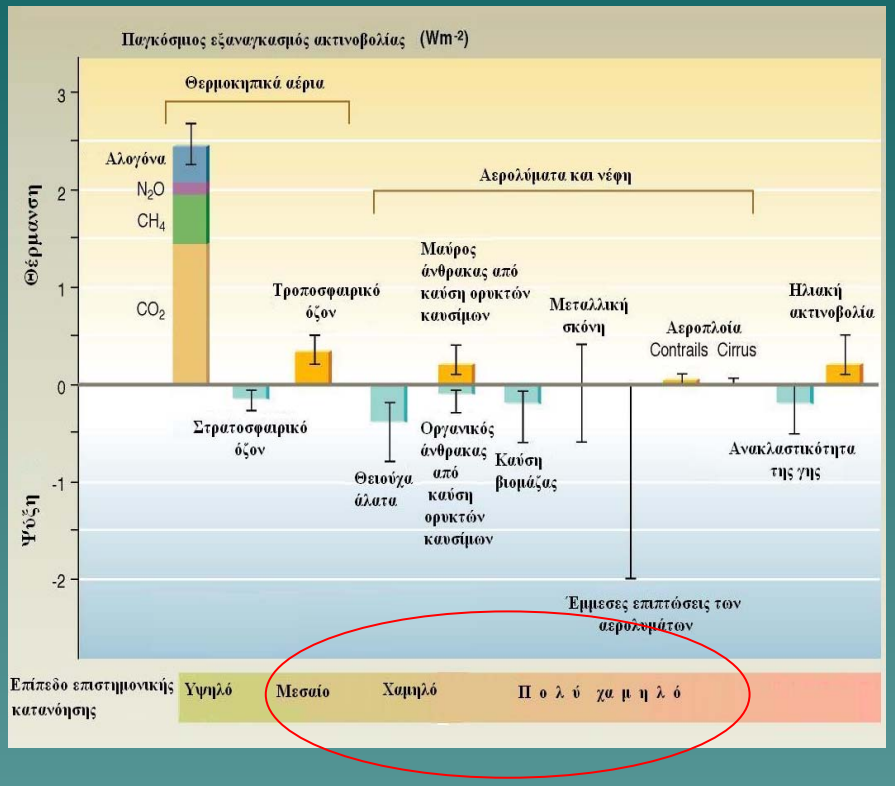


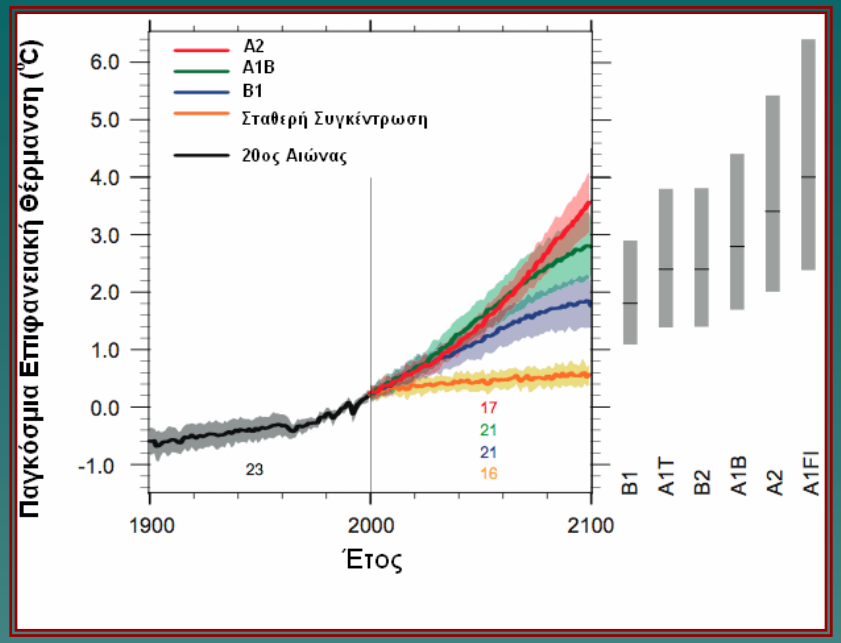
Με μια διαταξη lidar αρχικα μπορόυμε να μετρήσουμε ...

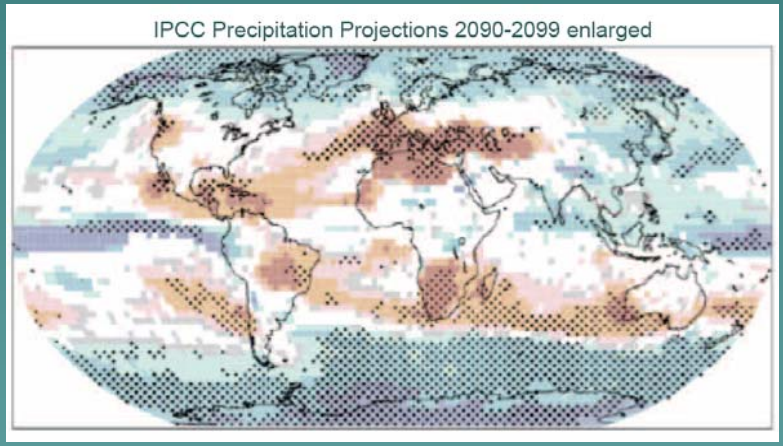


Και με αρκετες παραδοχές και πολύπλοκα μαθηματικά...









Συμπέρασμα:

Ειναι απαραίτητη η καλύτερη κατανόηση των μηχανισμών έτσι ωστε οι προβλεψεις μας να είναι πειστικές. Οι συνεχείς μετρήσεις είναι το κλειδί.

Ευχαριστώ για την προσοχή σας