Παραδοτέο Π2.2

Τεχνικές και λειτουργικές απαιτήσεις του ICOS και πιλοτική εφαρμογή

Πακέτο Εργασίας	ΠΕ 2
Νο Παραδοτέου	Π2.2 Τεχνικές και λειτουργικές απαιτήσεις του ICOS και πιλοτική εφαρμογή
Επικεφαλής δικαιούχος	ΕΚΕΦΕ «Δημόκριτος»
Συγγραφείς	Μαρία Γκίνη, Κωνσταντίνος Ελευθεριάδης, Ευαγγελία Τζιτζικαλάκη
Συμμετέχοντες	Παν. Κρήτης, ΝΟΑ.
Εσωτερικοί κριτές	Κώστας Ελευθεριάδης
Τύπος Παραδοτέου	Έκθεση
Επίπεδο Διάχυσης	Ανοικτό
Εκτιμούμενη ημερομηνία Παράδοσης	Μήνας 42 | 28/2/2022
Πραγματική ημερομηνία Παράδοσης	Μήνας 42 | 28/2/2022
Έκδοση	v1
Σχόλια	

Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης
ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ & ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ
ΕΙΔΙΚΗ ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ ΕΤΠΑ & ΤΣ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΕΠΑνΕΚ
ΕΠΑνΕΚ 2014-2020
ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΤΙΚΟΤΗΤΑ ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΑ
ΕΣΠΑ 2014-2020
ανάπτυξη - εργασία - αλληλεγγύη

Περιεχόμενα

1 Εισαγωγή 3
2 Διαδικασία επισήμανσης ICOS σταθμού: Διασφάλιση Ποιότητας 4
3 Βήματα προς το σήμανση ενός ICOS σταθμού. 4
4 ICOS Δεδομένα: Παραγωγή και διαχείριση των δεδομένων 5
4.1 Η διαδικασία παραγωγής δεδομένων 6
4.2 Επίπεδα δεδομένων 8
5 Τεχνική Περιγραφή: Οι λειτουργίες της ερευνητικής υποδομής ICOS 9
5.1 Παρατηρήσεις της ατμόσφαιρας 10
5.2 Θεματικό Κέντρο Ατμόσφαιρας: Συντονισμός παρατηρήσεων και επεξεργασία δεδομένων 13
5.3 Τα Κεντρικά Αναλυτικά Εργαστήρια διασφαλίζουν την ακρίβεια των παρατηρήσεων 14
6 Carbon Portal 16
7 Πώς να γίνετε ICOS ERIC μέλος ή παρατηρητής 16
7.1 Απαιτήσεις για να γίνει μία χώρα ή ένας διακυβερνητικός οργανισμός Μέλος ή Παρατηρητής του ICOS **Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.**
7.2 Αιτήσεις μελών και παρατηρητών ....**Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.**
8 Πιλοτική Εφαρμογή 17

1 Εισαγωγή

Η κλιματική αλλαγή φέρνει τεράστιες αλλαγές στη Γη και στη ζωή μας. Για την πρόβλεψη και τον μετριασμό αυτής της αλλαγής, είναι σημαντικό να έχουμε μακροπρόθεσμες και τυποποιημένες μετρήσεις των εκπομπών θερμοκηπικών αερίων, καθώς και της εξέλιξή τους. Το ICOS, Integrated Carbon Observation System, είναι μια Ευρωπαϊκή ερευνητική υποδομή (RI) που παράγει υψηλής ακρίβειας δεδομένα συγκεντρώσεων θερμοκηπικών αερίων. Παρέχει τυποποιημένα και ανοιχτά δεδομένα από 150 σταθμούς μέτρησης, σε 14 ευρωπαϊκές χώρες, που αφορούν στις συγκεντρώσεις των αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα, καθώς και των ροών άνθρακα μεταξύ της Ατμόσφαιρας, της Επιφάνειας της Γης (Οικοσύστημα) και τους Ωκεανούς.

Τα δεδομένα του ICOS οδηγούν στην παραγωγή επιστημονικής γνώσης, η οποία προάγει την εκπλήρωση των Στόχων Βιώσιμης Ανάπτυξης των Ηνωμένων Εθνών (the United Nations' Sustainable Development Goals) και τις κοινωνικές προκλήσεις της Ευρωπαϊκής Ένωσης, ιδίως εκείνες που αφορούν την κλιματική αλλαγή. Το ICOS υποστηρίζει τις προσπάθειες της Ευρωπαικής Ένωσης για συμμόρφωση με τα ψηφίσματα της Συμφωνίας του Παρισιού. Το ICOS υποστηρίζει έτσι τη λήψη πολιτικών και αποφάσεων για την καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής και των επιπτώσεών της. Ταυτόχρονα, προωθεί τις τεχνολογικές εξελίξεις που σχετίζονται με τα αέρια του θερμοκηπίου συνδέοντας μεταξύ του την έρευνα, την εκπαίδευση και την καινοτομία.

Το ICOS ενισχύει την επιστημονική επάρκεια και την ανταγωνιστικότητα της Ευρώπης, συγκεντρώνοντας στρατηγικά τις υποδομές που συνδέονται με τις μετρήσεις των αερίων του θερμοκηπίου. Με τη συνεργασία και τη δημιουργία ενός κοινού δικτύου είναι δυνατή η περαιτέρω ενίσχυση της επιστημονικής αριστείας με πιο αποδοτικό τρόπο. Το ICOS διασφαλίζει την παραγωγή υψηλής ποιότητας δεδομένων με ανεξάρτητες, διαφανείς και αξιόπιστες διαδικασίες. Ενώ υποστηρίζει τις προσπάθειες των κυβερνήσεων για μετριασμό της κλιματικής αλλαγής. Επομένως, τα πλεονεκτήματα του να είναι μια χώρα Μέλος ή Παρατηρητής του συστήματος ICOS είναι πολλά.

Το 2022 η Ελλάδα έχει γίνει αποδεκτή στο ICOS μετά απο αίτημα της χώρας. Διαθέτει υποδομές – ερευνητικούς σταθμούς που παράγουν υψηλής ποιότητα δεδομένα, χρησιμοποιώντας τεχνολογίες που πληρούν τις απαιτήσεις του Παγκόσμιου Μετεωρολογικού Οργανισμού (WMO) και εν δυνάμει του Ολοκληρωμένου Συστήματος Παρατήρησης Άνθρακα (ICOS) για την ατμοσφαιρική παρακολούθηση των συγκεντρώσεων των θερμοκηπικών αερίων. Οι τεχνικές και λειτουργικές απαιτήσεις του ICOS συνοψίζονται στην παρούσα έκθεση, η οποία βασίζεται στο ICOS Handbook 2022 (https://www.icos-cp.eu/event/1140) [1]. Στην παρούσα έκθεση παρουσιάζονται και ενδεικτικά αποτελέσματα από τους σταθμούς μέλη του δικτύου ΠΑΝΑΚΕΙΑ.

[1] **Integrated Carbon Observation System (ICOS) Research Infrastructure, ICOS Handbook 2022, ICOS ERIC, Helsinki 2022**

2 Διαδικασία επισήμανσης ICOS σταθμού: Διασφάλιση Ποιότητας

Η συμμόρφωση των σταθμών με τα πρότυπα ICOS είναι υψίστης σημασίας για τους χρήστες των δεδομένων ICOS. Για να εγγυηθεί την αξιοπιστία και την ποιότητα των δεδομένων σε όλους τους σταθμούς, το ICOS έχει σχεδιάσει μια μοναδική διαδικασία διασφάλισης ποιότητας που ονομάζεται πιστοποίηση (labelling) σταθμών. Η διαδικασία αυτή περιλαμβάνει μια σειρά από αυστηρά κριτήρια που πρέπει να πληροί κάθε σταθμός, τόσο για τις μετρήσεις στους σταθμούς όσο και για την παραγωγή και επεξεργασία των δεδομένων. Μόλις ο σταθμός πληροί όλα τα κριτήρια που ορίζονται για έναν σταθμό ICOS, λαμβάνει μια ετικέτα ICOS ως εγγύηση ότι τα δεδομένα που παράγονται είναι της υψηλότερης δυνατής ποιότητας.

Για να ξεκινήσει η διαδικασία, ένας εκπρόσωπος της χώρας, ένα Focal Point (εθνικός συντονιστής) ή εκπρόσωπος της Γενικής Συνέλευσης (General Assembly) ανακοινώνει επίσημα το νέο σταθμό στα Κεντρικά Γραφεία. Κάθε σταθμός ICOS πρέπει να εγκριθεί από το ίδρυμα υποδοχής (host institute) και την εθνική κυβέρνηση (national governance). Ωστόσο, πριν υποβάλει επίσημη αίτηση για να γίνει σταθμός με ετικέτα ICOS, συνιστάται στον ενδιαφερόμενο να επικοινωνήσει με το κατάλληλο Θεματικό Κέντρο (thematic center) για να συζητήσει τον σταθμό όσον αφορά το σχεδιασμό του δικτύου και τα χαρακτηριστικά του σταθμού.

Οι λεπτομερείς διαδικασίες επισήμανσης για κάθε τομέα περιγράφονται σε έγγραφα που δημοσιεύονται στον ιστότοπο του ICOS στη διεύθυνση www.icos-cp.eu/about/join-icos/process-stations

3 Βήματα προς τη σήμανση ενός ICOS σταθμού.

Η διαδικασία επισήμανσης σταθμού ICOS (Εικόνα 1) διαρκεί αρκετούς μήνες και περιλαμβάνει περίοδο δοκιμών και εκπαίδευσης για την εξοικείωση με τη μεθοδολογία που ακολουθείται από το ICOS. Όταν το ICOS λαμβάνει μια αίτηση για την επισήμανση ενός σταθμού, το πρώτο βήμα είναι να αξιολόγηση της τοποθεσίας, της θέσης της υποδομής μέτρησης και άλλων χαρακτηριστικών του σταθμού. Αυτά αξιολογούνται από τα Θεματικά Κέντρα.

Αφού ο Γενικός Διευθυντής (Director General) εγκρίνει την αξιολόγηση σταθμού, ο εγκεκριμένος σταθμός είναι επιλέξιμος να ξεκινήσει το βήμα 2. Αυτό περιλαμβάνει μια ενδελεχή ανάλυση της συμβατότητάς του σταθμού τα πρωτόκολλα και τα πρότυπα μέτρησης του ICOS, το setup των μετρήσεων και τη μεταφορά και ποιότητα δεδομένων. Τα Θεματικά Κέντρα ελέγχουν και υποστηρίζουν τον Κύριο Ερευνητή ενός σταθμού για την εκπλήρωση των απαιτήσεων του ICOS, παρέχοτας επίσης υποστήριξη κατά τη φάση του σχεδιασμού στους νέοεισερχόμενους σταθμούς.

Τέλος, στο τρίτο βήμα, η Γενική Συνέλευση εγκρίνει τον σταθμό με βάση την έκθεση αξιολόγησης που εκπονήθηκε από το Θεματικό Κέντρο και η σύσταση του Γενικού Διευθυντή.

Εικόνα 1: Τα βήματα της διαδικασίας επισήμανσης ενός σταθμού ICOS[1]

Μετά τη λήψη της ετικέτας ICOS, ο σταθμός αποδέχεται την πολιτική που ακολουθεί το ICOS RI για την διαχείριση των δεδομένων και δεσμεύεται να συμμορφώνεται με τις προδιαγραφές σταθμού, τα πρωτόκολλα και τα κριτήρια ποιότητας δεδομένων που χρησιμοποιούνται υπό την εποπτεία του οικείου Θεματικού Κέντρου (Ατμόσφαιρα, Οικοσύστημα, Ωκεανός). Το δίκτυο σταθμών ICOS αποτελείται αυτή τη στιγμή από σχεδόν 150 σταθμούς.

4 ICOS Δεδομένα: Παραγωγή και διαχείριση των δεδομένων

Τα δεδομένα ICOS ακολουθούν τις λεγόμενες αρχές FAIR (Εύρεση, Προσβασιμότητα, Διαλειτουργικότητα, Επαναχρησιμοποιήση). Στην πράξη, οι αρχές FAIR στοχεύουν στο να δώσουν στον χρήστη επαρκή εργαλεία για να κατανοήσει το νόημα των δεδομένων πριν και μετά τη λήψη τους. Για το σκοπό αυτό, το **ICOS Carbon Portal** χρησιμοποιεί την τεχνολογία των ανοιχτών δεδομένων (open data), για την διαχείριση των δεδομένων. Αυτό επιτρέπει στο ICOS να διανέμει τα δεδομένα μέσω συνδέσμων στο Διαδίκτυο, στους οποίους ο χρήστης μπορεί απλά με ένα κλικ για να δει και/ή να κατεβάσει τα δεδομένα. Επίσης, καθιστά δυνατή την επικοινωνία από μηχανή με μηχανή των διαθέσιμων δεδομένων.

Το ICOS χρησιμοποιεί τη Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) ως μορφή άδειας δεδομένων. Η άδεια παρέχει στον χρήστη εκτεταμένα δικαιώματα χρήσης, αναδιανομής και εξαγωγής προϊόντων από τα δεδομένα, υπό την προϋπόθεση ότι η ιδιοκτησία των δεδομένων μεταβιβάζεται και ότι παρέχεται η κατάλληλη απόδοση στον πάροχο δεδομένων. Ο χρήστης συμφωνεί με την άδεια κατά τη λήψη των δεδομένων.

Για την επισύναψη της ιδιοκτησίας, το ICOS χρησιμοποιεί μόνιμα αναγνωριστικά (PID) που βασίζονται στο σύστημα Handle για όλα τα αντικείμενα δεδομένων. Στην κορυφή αυτών, χρησιμοποιεί για τα σύνολα των δεδομένων τα «DataCite Digital Object Identifiers (DOI)». Αυτά προσδιορίζουν μοναδικά κάθε αντικείμενο δεδομένων και μπορεί να γίνεται αναφορά σε αυτά, για παράδειγμα, στις επιστημονικές δημοσιεύσεις. Το PID δημιουργείται αυτόματα όταν υποβάλλονται τα δεδομένα ενώ χρησιμοποιούνται μαθηματικές κρυπτογραφήσεις για να διασφαλιστεί η εγκυρότητα των δεδομένων. Το PID είναι μια διεύθυνση World Wide Web (URL: Uniform Resource Locator) που αναλύεται σε μια λεγόμενη σελίδα προορισμού (landing page) όπου οι χρήστες και οι υπολογιστικές μηχανές μπορούν να έχουν πρόσβαση στα μεταδεδομένα. Στην περίπτωση του ICOS Carbon Portal, η πρόσβαση στον σύνδεσμο ενεργοποιεί τον έλεγχο της αποδοχής άδειας χρήσης. Η χρήση υπολογίζεται κατά τη λήψη των δεδομένων.

Η όλη διαδικασία εγγυάται ότι τα αρχικά δεδομένα και τα δεδομένα λήψης είναι ακριβώς πανομοιότυπα και είναι πάντα διαθέσιμα μαζί με τα σχετικά μεταδεδομένα και ότι ο χρήστης αποδέχτηκε την άδεια χρήσης. Άλλες πύλες μπορούν να χρησιμοποιήσουν το PID και τον σχετικό σύνδεσμο προς τα δεδομένα και να παρέχουν απρόσκοπτη πρόσβαση στο αντικείμενο δεδομένων μέσω του ICOS Carbon Portal.

4.1 Η διαδικασία παραγωγής δεδομένων

Το παρακάτω σχηματικό διάγραμμα (Εικόνα 2) δείχνει τους τυποποιημένους τρόπους χειρισμού δεδομένων εντός του ICOS.

1. Τα δεδομένα συλλέγονται σε σταθμούς μέτρησης ICOS. Υπάρχουν σχεδόν 150 σταθμοί σε 14 χώρες, που αποτελούν τα τρία δίκτυα σταθμών: Atmosphere (Ατμόσφαιρα), Ecosystem (Οικοσύστημα) και Ocean I(Ωκεανοι). Ορισμένες τοποθεσίες ή σταθμοί είναι εξοπλισμένοι με έως και 100 όργανα και αισθητήρες συλλογής δεδομένων.

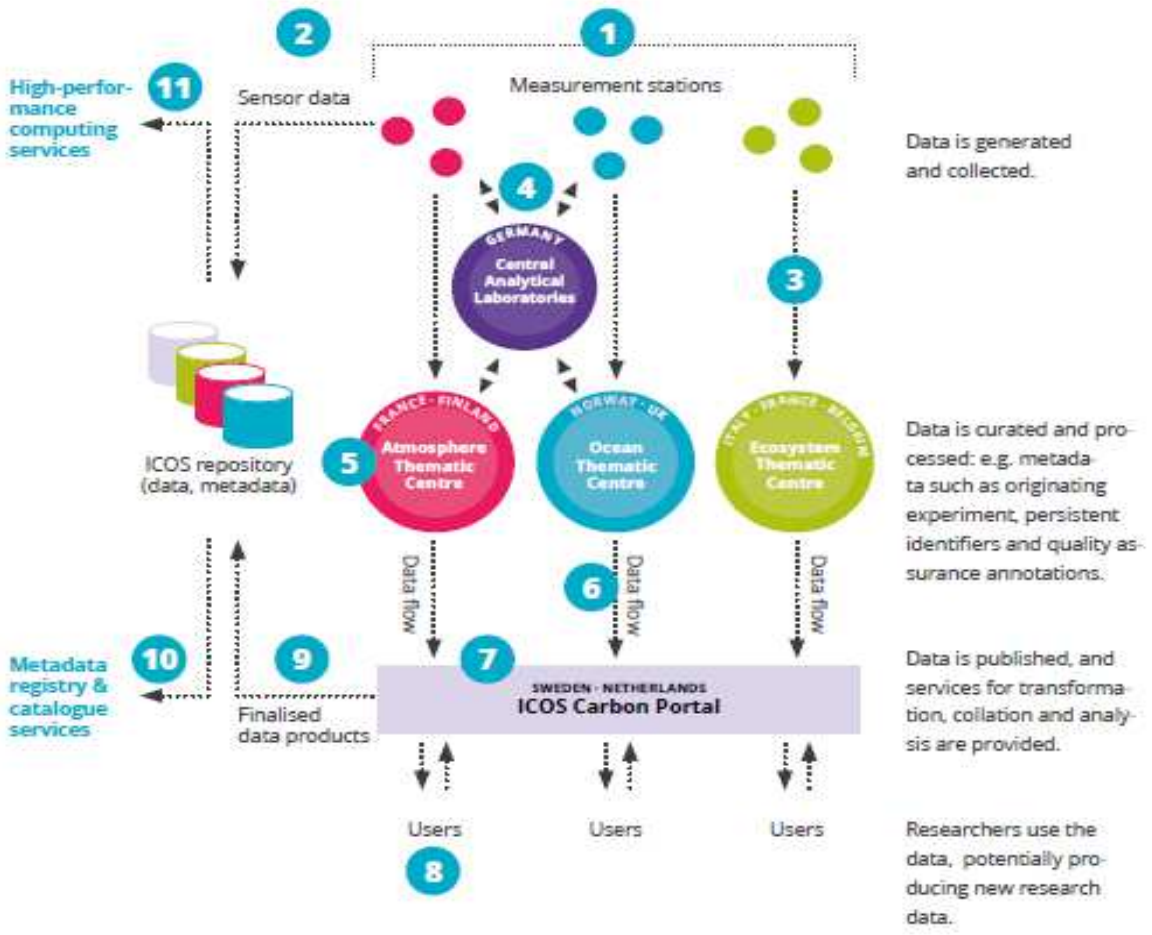
2. Τα «ακατέργαστα δεδομένα (raw data)» αποθηκεύονται σε ασφαλές αποθετήριο το συντομότερο δυνατό. Τα δεδομένα περιβαλλοντικής παρατήρησης είναι πολύ πολύτιμα γιατί εάν χαθούν τα δεδομένα, δεν είναι δυνατό να επιστρέψουμε και να μετρήσουμε εκ νέου. Επομένως, αντίγραφα όλων των «ακατέργαστων» δεδομένων μεταφέρονται σε ασφαλή, μακροπρόθεσμη αποθήκευση σε ένα αξιόπιστο κέντρο δεδομένων. Συνήθως, αυτό γίνεται εντός 24 ωρών από τη συλλογή των δεδομένων.

3. Τα δεδομένα παρατήρησης διαβιβάζονται στη συνέχεια στα Θεματικά Κέντρα για περαιτέρω επεξεργασία (expert processing). Κάθε σταθμός στέλνει τα δεδομένα του αισθητήρα του στο σχετικό Θεματικό Κέντρο – Ατμόσφαιρα, Οικοσύστημα ή Ωκεανό – για επεξεργασία και ποιοτικό έλεγχο.

4. Εκτός από τα τρία Θεματικά Κέντρα, τα Κεντρικά Αναλυτικά Εργαστήρια (Central Analytical Laboratory, CAL) αποτελούν μέρος των Κεντρικών Εγκαταστάσεων του ICOS. Το CAL αποτελείται από το Εργαστήριο Φιαλών και Βαθμονόμησης (Flask and Calibration Laboratory) και το Κεντρικό Εργαστήριο Ραδιοανθράκων (Central Radiocarbon Laboratory), τα οποία παρέχουν αναλύσεις αερίων και αέρια βαθμονόμησης.

5. Τα Θεματικά Κέντρα ICOS φροντίζουν και επεξεργάζονται τις παρατηρήσεις ακολουθώντας τυποποιημένες διαδικασίες. Στα Θεματικά Κέντρα ελέγχονται τα δεδομένα, ελέγχονται ποιοτικά και, εάν χρειάζεται, συμπληρώνονται τα όποια κενά. Ορισμένοι τύποι δεδομένων, για παράδειγμα, οι ροές, απαιτούν αρκετά εκτεταμένη επεξεργασία. Τέλος, τα δεδομένα συγκεντρώνονται σε ημίωρο ή ωριαίο μέσο όρο.

6. Τα ποιοτικά ελεγχόμενα δεδομένα παραδίδονται από τα Θεματικά Κέντρα. Όταν τα τελικά δεδομένα είναι έτοιμα μεταφέρονται στην πύλη Carbon Portal. Το πόσο συχνά γίνονται διαθέσιμα νέα δεδομένα ποικίλλει, αλλά ο στόχος είναι να μειωθεί όσο το δυνατόν περισσότερο ο χρόνος μεταξύ συλλογής και κυκλοφορίας.



Εικόνα 2: Σχηματικό διάγραμμα της διαδικασίας παραγωγής ICOS δεδομένων[1]

7. Η πύλη Carbon Portal είναι υπεύθυνη για την οργάνωση και τη φροντίδα όλων των συνόλων δεδομένων ICOS. Το Carbon Portal είναι το «one-stop shop» για προϊόντα δεδομένων ICOS και προσφέρει προηγμένες υπηρεσίες αναζήτησης, οπτικοποίησης και λήψης. Η πύλη είναι επίσης υπεύθυνη για τη διαχείριση όλων των δεδομένων ICOS (όπως η εκχώρηση αναγνωριστικών, DOI, για να γίνεται εύκολη αναφορά τους), για την παρακολούθηση του τρόπου χρήσης των δεδομένων ICOS και για τη μακροπρόθεσμη αρχειοθέτηση. Τέλος, παρέχει και υποστήριξη των χρηστών.

8. Οι χρήστες μπορούν ελεύθερα και ανοιχτά να έχουν πρόσβαση στα δεδομένα ICOS και μπορούν επίσης να συνεισφέρουν. Όλοι όσοι θέλουν να αποκτήσουν πρόσβαση, να δουν ή να κατεβάσουν προϊόντα δεδομένων ICOS είναι ευπρόσδεκτοι να το κάνουν. Οποιαδήποτε χρήση δεδομένων θα πρέπει να αναφέρεται και να αναγνωρίζεται κατάλληλα. Ορισμένοι χρήστες δεδομένων ICOS, συμπεριλαμβανομένων των μοντελιστών της ατμόσφαιρας και του οικοσυστήματος, χρησιμοποιούν επίσης

το Carbon Portal για να διανείμουν τα ερευνητικά τους αποτελέσματα. Οποιοδήποτε προϊόν δεδομένων βασίζεται σε δεδομένα ICOS, θα πρέπει να διατίθεται μέσω της πύλης Carbon Portal.

9. Όλα τα προϊόντα δεδομένων ICOS αποθηκεύονται με ασφάλεια στο αποθετήριο ICOS. Αντίγραφα όλων των προϊόντων δεδομένων που διαχειρίζεται το Carbon Portal αποθηκεύονται με ασφαλή, μακροπρόθεσμο τρόπο στο αποθετήριο ICOS. Αυτό περιλαμβάνει επίσης όλα τα μεταδεδομένα που είναι απαραίτητα για την κατανόηση των ίδιων των δεδομένων. Το αποθετήριο βασίζεται στην υπηρεσία B2SAFE που παρέχεται από την Ευρωπαϊκή Υποδομή Δεδομένων (European Data Infrastructure, EUDAT) Συνεργατική Υποδομή Δεδομένων (Collaborative Data Infrastructure, CDI), η οποία αποτελεί μέρος του Ευρωπαϊκού Ανοικτού Επιστημονικού Νέφους (European Open Science Cloud, EOSC). Τα δεδομένα αναπαράγονται σε αξιόπιστα αποθετήρια στη Φινλανδία και στη Γερμανία, δίπλα στο αντίγραφο στο Carbon Portal και, στις περισσότερες περιπτώσεις, και στα Θεματικά Κέντρα.

10. Οι περιγραφές των προϊόντων δεδομένων ICOS και τα περιεχόμενά τους πρέπει να είναι εύκολα προσβάσιμα. Το ICOS λειτουργεί τον δικό του κατάλογο δεδομένων, αλλά υπάρχει ανταλλαγή πληροφοριών σχετικά με όλα τα προϊόντα δεδομένων ICOS και τον τρόπο πρόσβασης σε αυτά και με άλλους παρόχους δεδομένων, συμπεριλαμβανομένων των πυλών περιβαλλοντικών και κλιματικών δεδομένων.

11. Τα δεδομένα ICOS μπορούν να είναι αποτελεσματικά και να αποστέλλονται γρήγορα σε άλλα υπολογιστικά κέντρα. Η συνεργασία του ICOS με τοyw παρόχους της ευρωπαϊκή ηλεκτρονική υποδομής οι πάροχοι που αποτελού μέρος του EOSC, όπως οι EUDAT και EGI, διευκολύνουν τη μεταφορά δεδομένων ICOS προς και από υπολογιστικά κέντρα υψηλής απόδοσης.

4.2 Επίπεδα δεδομένων

Τα δεδομένα ICOS είναι ποσοτικά ή ποιοτικά χαρακτηριστικά μεταβλητών ή σύνολα μεταβλητών που έχουν συλλεχθεί χρησιμοποιώντας αισθητήρες που προτείνονται από το ICOS RI στους σταθμούς ICOS μιας χώρας μέλους ή παρατηρητή του ICOS ERIC. Οι μετρήσεις είναι τυποποιημένες αφού ακολουθώνται συγκεκριμένα πρωτλοκόλλα που έχουν συμφωνηθεί αμοιβαία από τα **Θεματικά Κέντρα (Thematic Centers) και τις Ολομέλειες Σταθμών Παρακολούθησης** (Monitoring Station Assemblies: MSA). Οι κύριοι ερευνητές των σταθμών ICOS είναι υπεύθυνοι για τη Διασφάλιση Ποιότητας στους σταθμούς και για τον αρχικό ποιοτικό έλεγχο (quality control) των δεδομένων. Σε κάθε περίπτωση θα πρέπει να χρησιμοποιούνται τα πρωτόκολλα Διασφάλισης Ποιότητας, που αναπτύσσονται από τα θεματικά κέντρα Ατμόσφαιρα (Atmosphere Thematic Center: ATC), Οικοσύστημα (Ecosystem Thematic Center: ETC) και Ωκεανός (Ocean Thematic Center: OTC) σε συνεργασία με τα MSA.

Δεδομένα επιπέδου 0

Τα δεδομένα επιπέδου 0 (level 0 data), ή τα λεγόμενα «ακατέργαστα δεδομένα (raw data)», είναι πληροφορίες ή αντικείμενα που λαμβάνονται απευθείας από τους αυτοματοποιημένους αισθητήρες χωρίες να έχουν υποστεί καμία μετατροπή. Μπορεί να παρέχουν ποσοτικές ή ποιοτικές πληροφορίες σχετικά με φυσικές μεταβλητές του περιβάλλοντος και μπορεί να έχουν διάφορες μορφές, όπως εικόνες, αρχεία

κειμένου ή φυσικά δείγματα. Για λόγους διαφάνειας και επαναληψιμότητας, όλα τα δεδομένα επιπέδου 0 του ICOS είναι διαθέσιμα κατόπιν της σχετικής άδειας χρήσης δεδομένων ICOS.

Δεδομένα επιπέδου 1

Επίπεδο 1 *Δεδομένα σε σχεδόν πραγματικό χρόνο (Near Real Time data) (L1_NRT):* Τα δεδομένα NRT αναπτύσσονται γενικά για γρήγορη διανομή χρησιμοποιώντας αυτοματοποιημένο ποιοτικό έλεγχο εντός 24 ωρών από τη μέτρηση. Τα δεδομένα NRT ορίζονται ως ένα σύνολο δεδομένων υψηλής ποιότητας που διανέμονται με προεπιλεγμένο τρόπο μέσω του Carbon Portal. Αυτά τα σύνολα δεδομένων έχουν τα δικά τους μεταδεδομένα προέλευσης που περιγράφουν τα ακατέργαστα δεδομένα που χρησιμοποιούνται, τις εκδόσεις του λογισμικού και τα σενάρια, τις ρυθμίσεις και τα αποτελέσματα του αυτόματου ελέγχου ποιότητας.

Επίπεδο 1 *Εσωτερικά ή Ενδιάμεσα Δεδομένα Εργασίας (Internal or Intermediate Working data) (L1_IW):* Τα «εσωτερικά δεδομένα εργασίας» είναι δεδομένα που δημιουργούνται ως ενδιάμεσα στάδια στην επεξεργασία δεδομένων της προετοιμασίας δεδομένων NRT ή Επιπέδου 2 και για το λόγο αυτό δεν αντιμετωπίζονται ως μόνιμα δεδομένα και δεν μοιράζονται εκτός του ICOS RI. Τα δεδομένα επιπέδου 1 χρησιμοποιούνται για εσωτερικούς ποιοτικούς ελέγχους, όπως στην επικοινωνία μεταξύ των Κεντρικών Εγκαταστάσεων και Κύριων Ερευνητών. Κατά την παραγωγή των εσωτερικών δεδομένων εργασίας και μετά από ποιοτικούς ελέγχους, εξάγωνται σημαντικές πληροφορίες για την προέλευση των δεδομένων που πρέπει να γίνουν μέρος των «μεταδεδομένων προέλευσης» των δεδομένων Επιπέδου 2.

Δεδομένα επιπέδου 2

Τα δεδομένα επιπέδου 2 (level 2 data) είναι το τελικό σύνολο δεδομένων ICOS RI, το οποίο έχει ελεχθεόι ποιοτικά και δημοσιεύεται από τις Κεντρικές Εγκαταστάσεις, και το οποίο διανέμεται στην συνέχεια μέσω της πύλης Carbon Portal.

Δεδομένα επιπέδου 3

Όλα τα είδη προϊόντων που εκπονούνται από επιστημονικές κοινότητες και βασίζονται εν μέρει ή πλήρως σε προϊόντα δεδομένων ICOS ονομάζονται δεδομένα επιπέδου 3 (level 3 data). Το Carbon Portal θα παρέχει πόρους για την ενσωμάτωση και τη διάδοση προϊόντων Επιπέδου 3, τα οποία θα παρέχονται σε εθελοντική βάση από την ερευνητική κοινότητα ή/και, εάν συμφωνηθεί, από συνεργατικά έργα.

5 Τεχνική Περιγραφή: Οι λειτουργίες της ερευνητικής υποδομής ICOS

Η ερευνητική υποδομή ICOS (ICOS RI) λειτουργεί σε τρεις τομείς: Ατμόσφαιρα, Οικοσύστημα και Ωκεανός. Η τοπική συνεργασία που σχετίζεται με το ICOS καθοδηγείται και διεξάγεται από έναν εθνικό συντονιστή, ο οποίος λειτουργεί επίσης ως το λεγόμενο Focal Point σε σχέση με το ICOS ERIC. Σε πολλές περιπτώσεις, ορίζεται ένας βοηθός για καλύτερη κατανομή του φορτίου εργασίας και την ενασχόληση του

με πρακτικά θέματα. Αυτά τα καθήκοντα εκτελούνται συνήθως ως συνεισφορά σε είδος από ένα από τα συμμετέχοντα ιδρύματα.

Κάθε δίκτυο παρατήρησης (Ατμόσφαιρα, Οικοσύστημα ή Ωκεανός) συντονίζεται και υποστηρίζεται από ένα Θεματικό Κέντρο μέσω υπηρεσιών δεδομένων όπως η επεξεργασία και ο ποιοτικός έλεγχος, η εκπαίδευση και τεχνική βοήθεια για τη διαχείριση του χώρου, η ανάπτυξη και δοκιμή νέων αισθητήρων μέτρησης, η διάταξη του εξοπλισμού, η ανάπτυξη νέων μεθόδων επεξεργασίας δεδομένων. Η Γαλλία και η Φινλανδία φιλοξενούν το Atmosphere Thematic Centre (ATC), η Ιταλία, το Βέλγιο και η Γαλλία το Ecosystem Thematic Center (ETC), η Νορβηγία και το Ηνωμένο Βασίλειο το Ocean Thematic Centre (OTC) και η Γερμανία τα Central Analytical Laboratories (CAL).

Οι Κεντρικές Εγκαταστάσεις διασφαλίζουν ότι όλα τα δεδομένα αντιμετωπίζονται και ελέγχονται ποιοτικά με τους ίδιους αλγόριθμους και αρχειοθετούνται σωστά. Τα ATC, ETC και OTC λαμβάνουν online δεδομένα από τους σταθμούς ICOS, συνήθως σε καθημερινή βάση και σε σχεδόν πραγματικό χρόνο. Αλληλεπιδρούν με την Ολομέλεια Σταθμών Παρακολούθησης, η οποία αποτελείται από τους Κύριους Ερευνητές, ερευνητές και τεχνικούς των σταθμών, σε θέματα που σχετίζονται με το συντονισμό και τη βελτίωση των Εθνικών Δικτύων ICOS.

Εκτός από τη συχνή αλληλεπίδραση μεταξύ τους, τα Θεματικά Κέντρα αλληλεπιδρούν με ερευνητικά ιδρύματα και βιομηχανικούς εταίρους για την τόνωση νέων μεθόδων μέτρησης και ανάπτυξης αισθητήρων για τη διατήρηση της τεχνολογίας αιχμής στο ICOS RI. Οι κεντρικές εγκαταστάσεις προωθούν τη μεταφορά τεχνολογίας, ιδίως προς τις τοπικές spin-off εταιρείες.

5.1 Παρατηρήσεις της ατμόσφαιρας

Οι συγκεντρώσεις αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα ενσωματώνουν όλες τις φυσικές και ανθρωπογενείς ροές, την ατμοσφαιρική χημεία και τις διαδικασίες μεταφοράς. Το ICOS έχει δημιουργήσει ένα δίκτυο ψηλών πύργων, *παράκτιων και ορεινών σταθμών* όπου συλλέγονται δεδομένα για τις συγκεντρώσεις αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα. Το δίκτυο ICOS Atmosphere καλύπτει μεγάλο μέρος της ευρωπαϊκής ηπείρου. Τα δεδομένα αυτά, για παράδειγμα, τροφοδοτούν τα υπολογιστικά μοντέλα για την περιγραφή των πηγών και των καταβοθρών των αερίων του θερμοκηπίου.

Πως λειτουργεί ένας σταθμός ICOS για την ατμόσφαιρα

Κάθε σταθμός ICOS Atmosphere αποτελεί ένα παρατηρητήριο, το οποίο έχει ιδρυθεί για τη συνεχή μέτρηση των συγκεντρώσεων των αερίων θερμοκηπίου (CO_2, CH_4) και άλλων ιχνοαερίων (για παράδειγμα, CO), τα οποία είναι αποτέλεσμα περιφερειακών και παγκόσμιων επιφανειακών ροών καθώς και πολύπλοκων μηχανισμών ατμοσφαιρικής μεταφοράς.

Μια τοποθεσία που επιλέγεται για την εγκατάσταση ενός σταθμού Atmosphere θα πρέπει να είναι αντιπροσωπευτική μιας περιοχής αποτυπώματος άνω των 10 000 km^2. Οι σταθμοί ICOS Atmosphere είναι εξοπλισμένοι με όργανα που διατίθενται στο εμπόριο ενσωματωμένα σε ένα ψηφιακό σύστημα ελέγχου που λειτουργεί από το εξατομικευμένο λογισμικό ICOS ATC. Οι σταθμοί ICOS κατηγοριοποιούνται σε δύο κατηγορίες: Κατηγορία 1 και Κατηγορία 2. Οι σταθμοί κατηγορίας 1 περιλαμβάνουν πλήρη εξοπλισμό

για τη μέτρηση του πλήρους συνόλου των ατμοσφαιρικών παραμέτρων ICOS. Οι σταθμοί κλάσης 2 περιλαμβάνουν εξοπλισμό για τη μέτρηση ενός προκαθορισμένου υποσυνόλου.

Μπορεί να προκύψει η προσθήκη νέων οργάνων στην υπάρχουσα δομή του σταθμού ICOS Atmosphere, για τη μέτρηση πρόσθετων ειδών αερίου (για παράδειγμα, N2O) ή η αντικατάσταση των υπαρχόντων οργάνων με πιο προηγμένα σε μεταγενέστερη ημερομηνία. Οι υποχρεωτικές παράμετροι που μετρά κάθε κατηγορία σταθμών στο δίκτυο ICOS Atmosphere παρατίθενται στον Πίνακα 1. Οι απαιτήσεις για ποιότητα και συμβατότητα δεδομένων είναι οι ίδιες για τους σταθμούς ICOS Class 1 και Class 2.

Πίνακας 1: Λίστα παραμέτρων που μετρώνται στους ICOS σταθμούς για την Ατμόσφαιρα (ICOS Atmosphere)[1]

CATEGORY	GASES, CONTINUOUS SAMPLING	GASES, PERIODICAL SAMPLING	METEOROLOGY, CONTINUOUS	EDDY FLUXES
Class 1 Mandatory parameters	CO_2, CH_4, CO: at each sampling height	CO_2, CH_4, N_2O, SF_6, CO, H_2, ^{13}C and ^{18}O in CO_2: sampled every three days at highest sampling height ^{14}C (radiocarbon integrated samples): at highest sampling height	Air temperature, relative humidity, wind direction, wind speed: at highest and lowest sampling height* Atmospheric Pressure Planetary Boundary Layer Height**	
Class 2 Mandatory parameters	CO_2, CH_4: at each sampling height		Air temperature, relative humidity, wind direction, wind speed: at highest and lowest sampling height* Atmospheric Pressure	
Recommended parameters***	^{222}Rn, N_2O, O_2/N_2 ratio CO for Class 2 stations	CH_4 stable isotopes, O_2/N_2 ratio for class 1 stations: weekly sampled at highest sampling height		CO_2: at one sampling height

* Atmospheric temperature and relative humidity recommended at all sampling heights.
** Only required for continental stations.
*** Recommended for its scientific value but support from ATC in terms of protocols, database, spare analyser will not be ensured as long as the parameters are not mandatory.

Στο μέλλον, επιπλέον σταθμοί με πιο τοπικό αποτύπωμα και με τις ίδιες απαιτήσεις ακρίβειας όπως οι κύριοι σταθμοί ICOS, για παράδειγμα, σταθμοί που βρίσκονται σε περιοχές με υψηλές τοπικές εκπομπές (για παράδειγμα μεγάλες πόλεις), ενδέχεται να ενσωματωθούν στο δίκτυο. Το εκτιμώμενο κόστος εξοπλισμού και οι απαιτήσεις προσωπικού για την εγκατάσταση και λειτουργία των σταθμών ICOS Atmosphere παρέχονται στους Πίνακες 2 και 3, αντίστοιχα.

Πίνακας 2: Εκτιμώμενο κόστος εξοπλισμού (k€) για έναν ICOS σταθμό για την Ατμόσφαιρα (ICOS Atmosphere)[1]

CATEGORIES	DESCRIPTION	EQUIPMENT COST (k€)		
		Class 2	Class 1	Class 1 'Extended'*
Meteorological parameters	At 3 tower heights	10	10	10
CO_2, CH_4 continuous in situ measurement		55	55	55
CO continuous in situ measurement			+ 35 (in addition to CO_2/ CH_4 cost)	+ 35 (in addition to CO_2/ CH_4 cost)
CO/N_2O continuous in situ measurement				120
Periodic air sampling for CO_2, CH_4, N_2O, SF_6, CO, H_2 and CO_2 isotopes	Flask sampler with dryer + 100 flasks with shipment cases		65 + 25	65 + 25
Radiocarbon ($^{14}CO_2$) periodic sampling	Integrated sampler (NaCl)		10	10
Boundary Layer structure	Ceilometer or Lidar		30-80	30-80
^{222}Rn				30
CO_2 flux by eddy covariance	Fast in situ CO_2 analyser associated with a 3D wind sensor			40
Tubing, valve, pumps...		15-20	15-20	15-20
Calibration				
Tanks, pressure regulators...		10	10	10
Electrical and computing systems, data acquisition, storage and transmission, integration parts (indicative cost; prone to important variation depending on technical choice and station configuration)		10-50	10-50	10-50
TOTAL		**100–145**	**255–350**	**455–550**

* The column Class 1 'Extended' indicates equipment costs for Class 1 stations extended with some recommended but not mandatory parameters (see Table 3 for details).

Πίνακας 3: Εκτιμώμενο ετήσιο κόστος ανθρώπινου δυναμικού (ανθρωπομήνας, PM) για τη λειτουργία ενός σταθμού ICOS για την ατμοσφαιρα (ICOS Atmosphere)[1]

CATEGORIES	ANNUAL MANPOWER (PM)		
	Class 2	Class 1	Class 1 'Extended'
Maintenance in situ gas analyser	1.5	1.5	2
Maintenance Meteo	0.5	0.5	0.5
Flask sampling and handling		1	1
Radiocarbon sampling		0.5	0.5
Maintenance Ceilometer or Lidar		1	1.5
Maintenance ^{222}Rn monitor			0.5
CO_2 flux			1.5
Station maintenance, data transmission, power etc.	1.5	1.5	1.5
TOTAL	**3.5**	**6**	**9**

* The column Class 1 'Extended' indicates equipment costs for Class 1 station extended with some recommended but not mandatory parameters

5.2 Θεματικό Κέντρο Ατμόσφαιρας: Συντονισμός παρατηρήσεων και επεξεργασία δεδομένων

Οι παρατηρήσεις του ICOS Atmosphere συντονίζονται από το ATC σε στενή συνεργασία με την MSA για τον τομέα της Ατμόσφαιρας και τα CAL. Το ATC αποτελείται από ένα κέντρο δεδομένων και ένα εργαστήριο μετρολογίας και συμπληρώνεται από ένα κινητό εργαστήριο επιτόπιου ποιοτικού ελέγχου (Εικόνα 5). Το ATC συντονίζεται και λειτουργεί από το Γαλλικό Laboratoire des Sciences du Climat et de l΄Environnement, που υποστηρίζεται από το Φινλανδικό Μετεωρολογικό Ινστιτούτο.

Το ATC έχει τους ακόλουθους μακροπρόθεσμους στόχους:

• Ανάπτυξη και λειτουργία αλυσίδων επεξεργασίας ατμοσφαιρικών δεδομένων - από τη μεταφορά των δεδομένων από τους σταθμούς έως την μεταφορά των τελικών (quality checked data) δεδομένων στους μοντελιστές.

• Τακτική έρευνα και ανάλυση των τεχνικών μέτρησης των θερμοκηπικών αερίων και ανάπτυξη και δοκιμή νέων αισθητήρων μέσω προγραμμάτων έρευνας και ανάπτυξης.

• Εξυπηρέτηση του δικτύου με εφεδρικά όργανα μέτρησης, εκπαίδευση και τεχνική βοήθεια υψηλού επιπέδου.

• Σύνδεση του προγράμματος συλλογής ατμοσφαιρικών δεδομένων ICOS με άλλες κεντρικές εγκαταστάσεις του ICOS στο πλαίσιο ευρωπαϊκών και διεθνών προγραμμάτων παρακολούθησης.

Το εργαστήριο μετρολογίας ATC πραγματοποιεί τακτικά έρευνα για νέες τεχνικές και τεχνολογίες, δοκιμές και αναλύσεις που σχετίζονται με τα θερμοκηπικά αέρια και τα ισότοπα. Διευκολύνει την ανάπτυξη νέων

αισθητήρων μέσω προγραμμάτων έρευνας και ανάπτυξης σε εθνικό και διεθνές επίπεδο. Το εργαστήριο είναι το κεντρικό κέντρο επισήμανσης και εκπαίδευσης για τις ατμοσφαιρικές μετρήσεις ICOS και συντονίζει την ανάπτυξη πρωτοκόλλων ατμοσφαιρικής μέτρησης. Παρέχει επίσης υποστήριξη υψηλού επιπέδου στο δίκτυο, καθώς και δανεικά όργανα αντικατάστασης σε περίπτωση μεγάλης βλάβης.

Το κέντρο δεδομένων ATC αναπτύσσει και διατηρεί εσωτερικό λογισμικό για την κεντρική επεξεργασία και τον ποιοτικό έλεγχο των δεδομένων από τους σταθμούς ICOS Atmosphere. Παρέχει προϊόντα δεδομένων σχεδόν σε πραγματικό χρόνο και άλλα προϊόντα δεδομένων για τους Κύριους Ερευνητές των σταθμών.

Το κύριο καθήκον του κινητού εργαστηρίου ATC είναι η διεξαγωγή ποιοτικού ελέγχου με παράλληλες μετρήσεις στους σταθμούς Atmosphere. Στόχος του είναι η βελτίωση της συμβατότητας των μετρήσεων, η διασφάλιση ποιότητας και αξιοπιστίας των μετρήσεων στο δίκτυο σταθμών ICOS Atmosphere. Το κινητό εργαστήριο φιλοξενείται από τους Φινλανδούς

Μετεωρολογικό Ινστιτούτο στο Ελσίνκι, Φινλανδία. Το κινητό εργαστήριο λειτουργεί ένα φορτηγό εξοπλισμένο με αναλυτές τελευταίας τεχνολογίας και πρότυπα αέρια. Οι επισκέψεις στο σταθμό Atmosphere διαρκούν 1−2 μήνες. Κατά τη διάρκεια της επίσκεψης διασταυρώνονται τα τυπικά αέρια του σταθμού και πραγματοποιείται παράλληλη παρακολούθηση του ατμοσφαιρικού αέρα για την επικύρωση της ποιότητας της παρακολούθησης αερίων θερμοκηπίου του σταθμού.

5.3 Τα Κεντρικά Αναλυτικά Εργαστήρια διασφαλίζουν την ακρίβεια των παρατηρήσεων

Η δημιουργία μεμονωμένων κεντρικών εργαστηρίων ως ICOS CAL βασίστηκε σε προηγούμενα ευρήματα ότι οι διαφορές μεταξύ των εργαστηρίων που αναλύουν ατμοσφαιρικό αέρα σε φιάλες συλλογής (flasks) ή παράγουν αέρια βαθμονόμησης μπορούν να μειώσουν σημαντικά την ακρίβεια των μετρήσεων ενός ολόκληρου δικτύου παρατήρησης. Ο στόχος του ICOS CAL είναι να διασφαλίσει την ακρίβεια των μετρήσεων ICOS.στην ατμόσφαιρα.

Το CAL βρίσκεται στη Γερμανία και αποτελείται από δύο εργαστήρια: το Flask and Calibration Laboratory (FCL) στην Ιένα (Jena), το οποίο φιλοξενείται από το Max Planck Institute for Biogeochemistry, και το Central Radiocarbon Laboratory (CRL) στη Χαϊδελβέργη, το οποίο λειτουργεί η Ινστιτούτο Φυσικής Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου της Χαϊδελβέργης.

Τα κεντρικά αναλυτικά εργαστήρια χρησιμοποιούν τον παρακάτω εξοπλισμό[1]:

- Isotope ratio mass spectrometer (Thermo Scientific MAT 253) and CO_2 extraction line for stable isotope analysis of atmospheric CO_2
- Isotope ratio mass spectrometer (Thermo Scientific DELTA V) for O_2/N_2 analysis of air samples

- Gas chromatograph (Agilent 7890A) for CO_2, CH_4, N_2O, H_2, CO and SF6 concentration analyses in flask samples (detector types: FID, ECD, PDD, RGD)
- Oil-free compressor (Rix) combined with a Zero Air Generator and a depletion/spiking system for selective adjustment of tracers to produce real air calibration gases
- Cavity ringdown spectrometer (Picarro G2301) for CO_2 and CH_4 measurements
- Off-Axis Integrated Cavity Output Spectroscopy spectrometer (Los Gatos) N2O/CO analyser
- FTIR Spectrometer (Ecotech Spectronus FTIR) for CO_2, N2O, CO and CH_4 analyses
- 14C low-level gas proportional counting facilities for high-volume samples
- Semi-automated CO2 extraction and graphitisation devices to produce graphite targets for subsequent AMS analysis

Το CRL (Central Analytical Laboratories) ποσοτικοποιεί την περιεκτικότητα σε ραδιενεργό άνθρακα (14C) σε CO_2 δείγματα του ατμοσφαιρικού αέρα και αναπτύσσει μεθόδους για την διεξαγωγή της συνεισφοράς των ορυκτών καυσίμων στο ατμοσφαιρικό CO_2 ($ffCO_2$). Οι εργασίες του CRL παρατίθενται στον Πίνακα 4.

Πίνακας 4. Κατάλογος των ειδικών εργασιών του Εργαστηρίου Φλασκών και Βαθμονόμησης (Flask and Calibration Laboratory, FCL) και το Κεντρικό Εργαστήριο Ραδιοανθράκων (Central Radiocarbon Laboratory, CRL)[1]

TASKS OF THE FCL		
Flask samples	**Standard gases**	**Quality control**
• Analysis of the following parameters in air samples from the ICOS stations: trace gas concentrations (CO_2, CH_4, N_2O, H_2, CO, SF_6) stable isotopes of CO_2 ($\delta^{13}C$ and $\delta^{18}O$) • O_2/N_2 ratio • Initial conditioning of air-sample containers (flasks) to achieve long-term stability of the CO_2-$\delta^{18}O$ signature • Routine leak test of flasks • Sampler development and production	• Production of real air reference gases for ICOS atmosphere stations and observing ships • Initial conditioning of high-pressure cylinders • Calibration of reference gases (CO_2, CH_4, N_2O, CO) relative to the established WMO scales (maintained by the Central Calibration Laboratory at NOAA-ESRL) • Provision of standard gases as temporary replacement sets for stations and for round-robin inter-comparisons	• Maintenance of comprehensive internal quality-assurance procedures • Active maintenance of the link to the WMO scales by regular recalibration of ICOS lab standards by the WMO Central Calibration Laboratory • Organisation of an ongoing international comparison programme
TASKS OF THE CRL		
$^{14}CO_2$ analysis	**ICOS network support**	**Fossil fuel CO_2 estimation**
• Analyses of up to 500 samples per year via gas proportional counting • Extraction of CO_2 from flask and high-volume samples with subsequent graphitisation for AMS analysis for up to 1,500 samples per year • Comprehensive quality management from an internal to an international level	• Serve the atmospheric ICOS sampling network with CO_2-free NaOH solution for high-volume CO_2 absorption • Build integrated, high-volume $^{14}CO_2$ samplers for the conventional gas-counting method • Develop new $^{14}CO_2$ sampling equipment	• Operation of an atmospheric pilot station measuring all major greenhouse gases and isotopes in CO_2 as well as ^{222}Rn progeny • Assessment of new sampling strategies or surrogate tracers

Το FCL (Flask and Calibration Laboratory) πραγματοποιεί αναλύσεις των συγκεντρώσεων αερίων του θερμοκηπίου και άλλων ιχνηθετών (tracers) που παρέχουν βοηθητικές πληροφορίες σχετικά με την προέλευση των δειγμάτων αέρα (σύσταση σταθερού ισοτόπου CO_2, επίπεδα του O_2, πρόσθετα αέρια). Παράγει επίσης βαθμονομημένα αέρια αναφοράς για τη διασφάλιση της συμβατότητας των παρατηρήσεων

ατμοσφαιρικών αερίων θερμοκηπίου του ICOS με δεδομένα από άλλα παγκόσμια δίκτυα παρακολούθησης, όπως το WMO GAW, παρέχοντας ταυτόχρονα υποστήριξη για το σχετικό υλικό.

6 Carbon Portal

Το ICOS Carbon Portal προσφέρει πρόσβαση σε ερευνητικά δεδομένα καθώς και σε εύκολα προσβάσιμα και κατανοητά προϊόντα επιστήμης και εκπαίδευσης. Το Carbon Portal φιλοξενείται από το Πανεπιστήμιο του Lund στη Σουηδία και το Πανεπιστήμιο Wageningen στην Ολλανδία και βρίσκεται στο Lund. Όλα τα δεδομένα μετρήσεων που είναι διαθέσιμα στο Carbon Portal ελέγχονται ποιοτικά μέσω των Θεματικών Κέντρων ICOS. Το Carbon Portal έχει τη δυνατότητα να ανταποκρίνεται σε όλες τις απαιτήσεις που απορρέουν από αυτές τις πτυχές, συμπεριλαμβανομένης της ασφάλειας δεδομένων, της επιβολής της πολιτικής δεδομένων ICOS και των φιλικών προς τον χρήστη (και τις υπολογιστικές μηχανές) διεπαφών (internet based and computer-network based interfaces).

Το Carbon Portal αποτελεί ένα ολοκληρωμένο σημείο πρόσβασης για όλους τους χρήστες του ICOS και τους ενδιαφερόμενους φορείς, και υποστηρίζει τυποποιημένα πρωτόκολλα και τεχνικές ανταλλαγής δεδομένων. Η οργάνωση της μακροπρόθεσμης αρχειοθέτησης των προϊόντων δεδομένων ICOS, με στόχο την εξασφάλιση της ασφαλούς αποθήκευσης και μελλοντικής πρόσβασής τους (συμπεριλαμβανομένης της ενδεχόμενης παύσης της ίδιας της ερευνητικής υποδομής), αποτελεί σημαντικό καθήκον της πύλης Carbon Portal.

Οι δραστηριότητες και τα χαρακτηριστικά της πύλης Carbon Portal είναι τα εξής:

- Μακροπρόθεσμη αρχειοθέτηση δεδομένων και (εφεδρική) αποθήκευση
- Εξόρυξη δεδομένων (data mining), εξαγωγή δεδομένων (data extraction), συνεγκατάσταση (collocation)
- Διατήρηση των δεδομένων ICOS και των πρότυπων μεταδεδομένων
- Παροχή διαδικτυακών υπηρεσιών για τους χρήστες
- Ιχνηλασιμότητα των ληφθέντων δεδομένων από το ICOS
- Παρακολούθηση των δημοσιεύσεων που βασίζονται στα δεδομένα ICOS
- Εγγραφή των χρηστών και ιχνηλασιμότητα τους
- Συντονισμός της περιγραφής των ICOS δεδομένων και των δημοσιεύσεων
- Συντονισμός και εξασφάλιση της παραγωγής προϊόντων που βασίζονται στα δεδομένα (επίπεδο 3) του ICOS
- Πρόσβαση σε επεξεργασμένα προϊόντα (elaborated products) δεδομένων που βασίζονται στα δεδομένα του ICOS
- Διεπαφές με άλλες πύλες δεδομένων εντός και εκτός Ευρώπης
- Υπηρεσίες πληροφορικής για την κοινότητα του ICOS

7 Η θεσμική λειτουργία του ICOS ERIC, μέλη ή παρατηρητής

Τα μέλη και οι παρατηρητές του ICOS ERIC πληρώνουν ετήσια συνεισφορά και έχουν διαφορετικά δικαιώματα και υποχρεώσεις. Η κύρια διαφορά είναι ότι τα μέλη μπορούν να παρευρεθούν και να ψηφίσουν στη Γενική Συνέλευση, ενώ οι Παρατηρητές μπορούν να παρευρεθούν χωρίς ψηφοφορία. Τα δικαιώματα και οι υποχρεώσεις των μελών αναφέρονται στο καταστατικό του ICOS ERIC και είναι ίδια για όλα τα Μέλη, ενώ τα δικαιώματα και οι υποχρεώσεις των Παρατηρητών αποτελούν αντικείμενο ατομικής διαπραγμάτευσης μεταξύ του Παρατηρητή και του ICOS ERIC. Τα μέλη του ICOS ERIC περιλαμβάνουν επί του παρόντος εκτος της Ελλάδας το Βέλγιο, την Τσεχική Δημοκρατία, τη Δανία, τη Φινλανδία, τη Γαλλία, τη Γερμανία, την Ουγγαρία, την Ιταλία, την Ολανδία, τη Νορβηγία, την Ισπανία, τη Σουηδία και το Ηνωμένο Βασίλειο. Η Ελβετία συμμετέχει με το καθεστώς παρατηρητή στο ICOS ERIC.

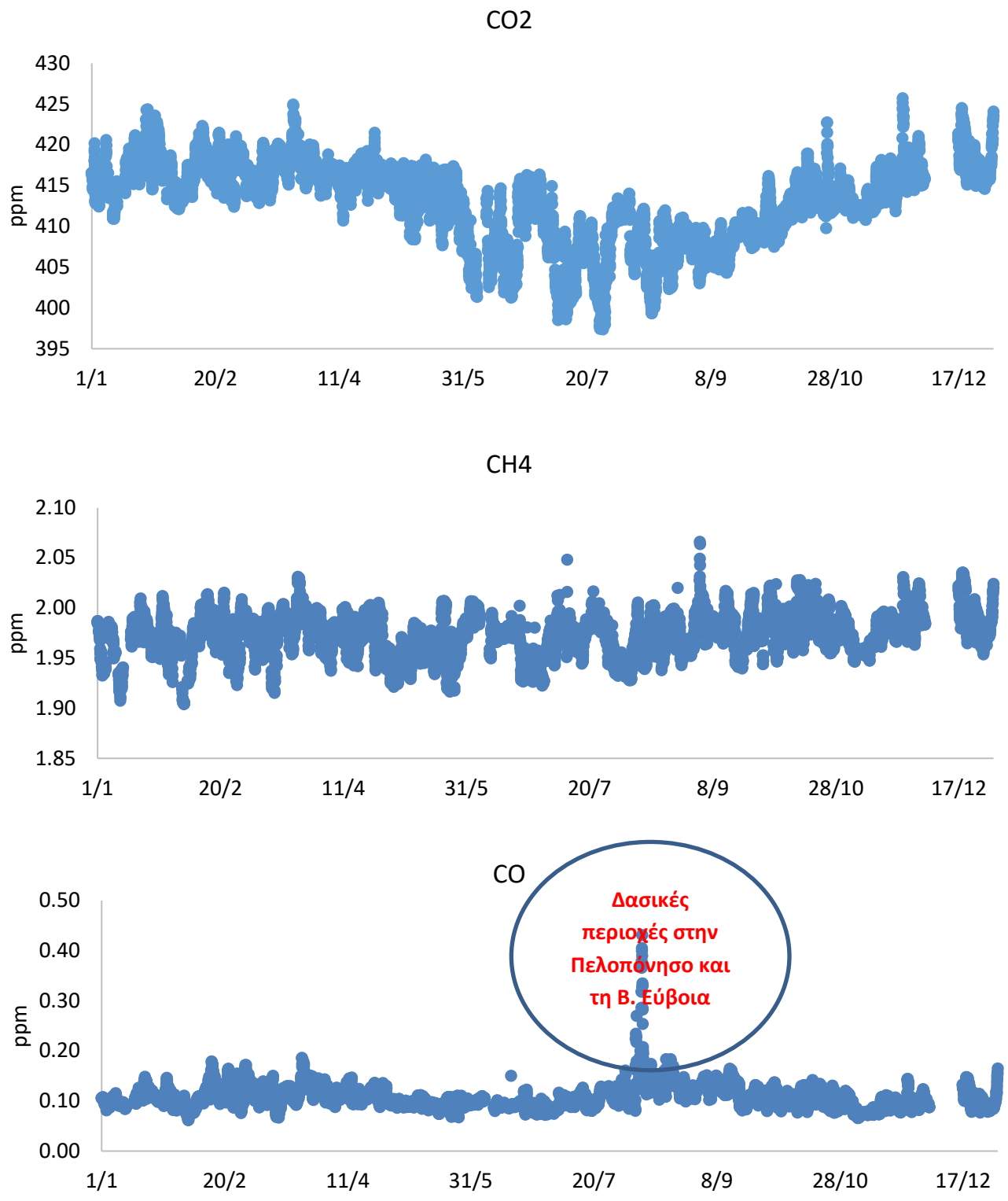
8 Πιλοτική Εφαρμογή

Η Ελλάδα δεν αποτελεί μέλος του ICOS ERIC. Ωστόσο, διαθέτει υποδομές-ερευνητικούς σταθμούς που παράγουν υψηλής ποιότητας δεδομένα και δύναται να εισαχθούν στο ICOS.

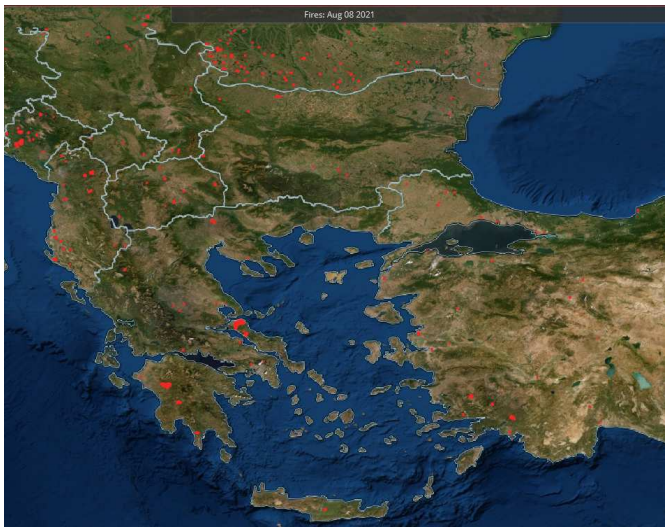
Σταθμός παρακολούθησης ατμοσφαιρικής ρύπανσης και κλιματικής αλλαγής στο Χελμό

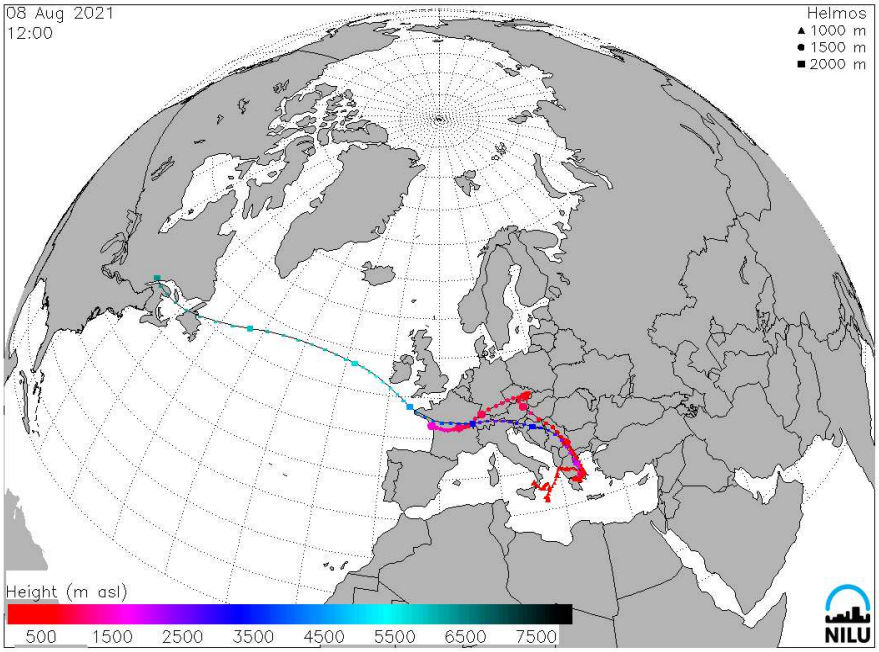
Ο Σταθμός Παρακολούθησης Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης και Κλιματικής Αλλαγής στο Χελμό είναι μέλος του πανευρωπαικού δικτύου σταθμών ACTRIS (https://www.actris.eu/) ενώ αποτελεί μέλος της ερευνητικής υποδομής του δικτύου ΠΑΝΑΚΕΙΑ. Στον σταθμό καταγράφονται από το 2016 οι συγκεντρώσεις των θερμοκηπικών αερίων CO_2, CH_4 και CO. Οι μετρήσεις διεξάγονται με τον αναλυτή αερίων PICARRO G2401, ο οποίος πληροί τις απαιτήσεις του Παγκόσμιου Μετεωρολογικού Οργανισμού (WMO) και του Ολοκληρωμένου Συστήματος Παρατήρησης Άνθρακα (ICOS) για την ατμοσφαιρική παρακολούθηση των συγκεντρώσεων CO, CO_2 και CH_4 με ακρίβεια της τάξης του 1 ppb. Τα δεδομένα θα κατατεθούν στην βάση δεδομένων EBAS (https://ebas.nilu.no/).

Στην εικόνα 4 απεικονίζονται οι χρονοσειρές των CO_2, CH_4 και CO για την περίοδο του 2021. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η περίοδος του Αυγούστου 2021. Από τις 05/08/2021 εώς τις 09/08/2021 παρατηρούνταν υψηλές συγκεντρώσεις CO, με το μέγιστο να παρατηρείται στις 08/08/2021 (daily mean CO = 0.659 ± 0.247 ppm, annual mean CO = 0.108 ± 0.023 ppm). Στη εικόνα 5 απεικονίζονται οι χάρτες δασικών πυρκαγιών NASA FIRMS (07 και 08 Αυγούστου) καθώς και οι οπισθοτροχιές των αερίων μαζών για την περιοχή του Χελμού (FLEXTRA Backward Trajectories, NILU) για τον εντοπισμό της προέλευσης των αερίων μαζών.



Εικόνα 4: Ετήσια χρονοσειρά των συγκεντρώσεων CO2, CH4 και CO για το έτος 2021, στον Σταθμό Παρακολούθησης Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης και Κλιματικής Αλλαγής στο Χελμό



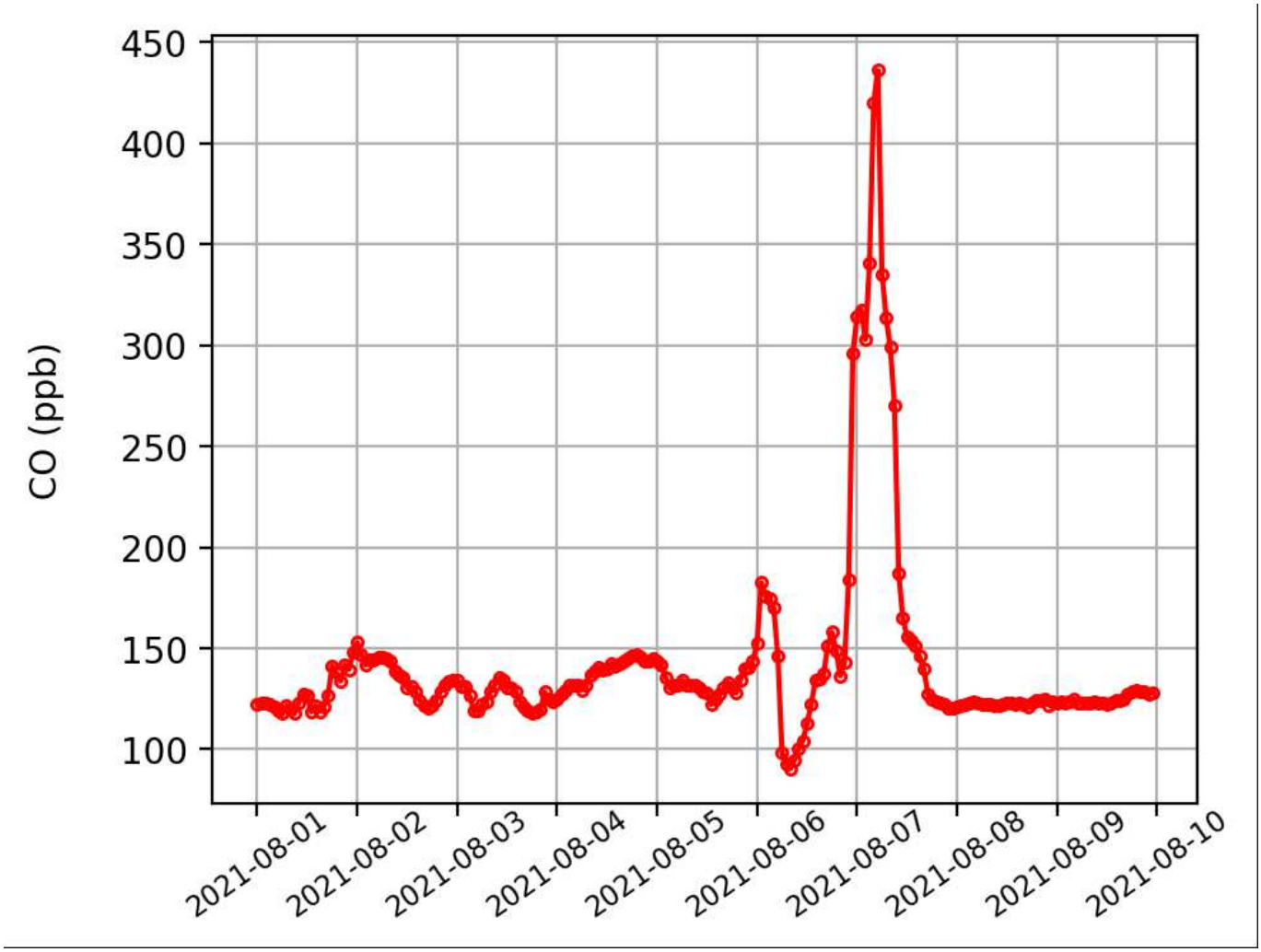


Εικόνα 5: α) Χάρτης πυρκαγιών για τις 08/08/2021 (NASA FIRMS), ενεργά μέτωπα σε Ηλεία, Αρκαδία και Β. Εύβοια b) οπισθοτροχιές αερίων μαζών (FLEXTRA Backward Trajectories, NILU)

Σταθμός Φινοκαλιά

Ο Σταθμός περιβαλλοντικών μετρήσεων του Πανεπιστημίου Κρήτης, παρατηρητήριο κλιματικής αλλαγής, και περιοχικού υποβάθρου, στο Φινοκαλιά Λασιθίου είναι μέλος του πανευρωπαϊκού δικτύου σταθμών ACTRIS (https://www.actris.eu/) και αποτελεί κεντρικό σταθμό του δικτύου ΠΑΝΑΚΕΙΑ.

Στον σταθμό σε συνεργασία με το Laboratoire des Sciences Climate et Environment (LSCE) από το 2014 πραγματοποιούνται συνεχείς μετρήσεις των θερμοκηπιακών αερίων CO_2, CH_4 και CO με χρήση του αναλυτή αερίων PICARRO G2401. Οι μετρήσεις πληρούν τις απαιτήσεις του Παγκόσμιου Μετεωρολογικού Οργανισμού (WMO) και του Ολοκληρωμένου Συστήματος Παρατήρησης Άνθρακα (ICOS) για την ατμοσφαιρική παρακολούθηση των συγκεντρώσεων CO, CO_2 και CH_4 με ακρίβεια της τάξης του 2 ppb, 0.1 ppm και 1 ppb, αντίστοιχα. Ο σταθμός καταγράφει τα μεγάλα φαινόμενα ρύπανσης από πυρκαγιές στη περιοχή (εικόνα 6).

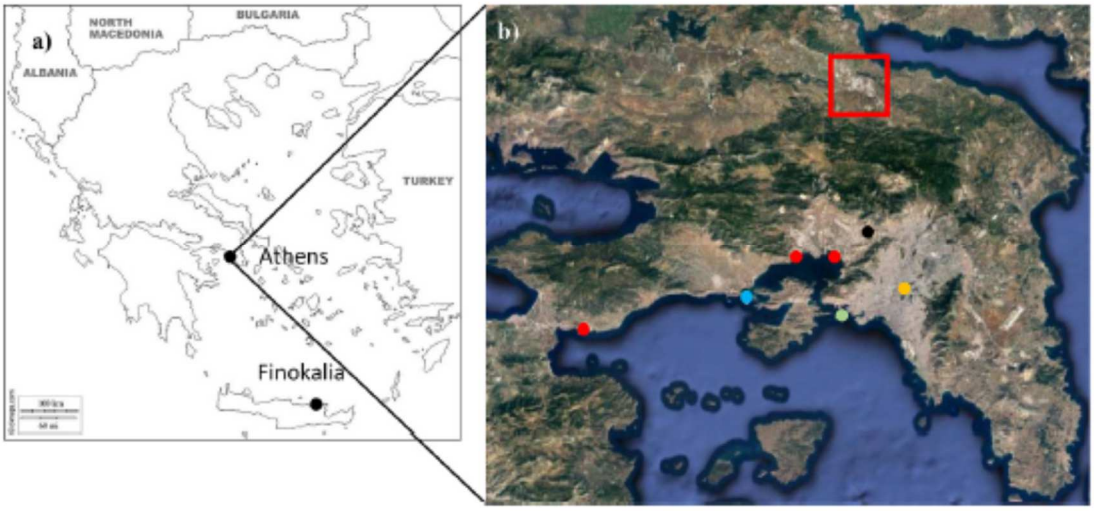


Εικόνα 6. Αύξηση του CO κατά τη διάρκεια πυρκαγιών στην Ανατ Μεσόγειο το καλοκαίρι του 2021, όπως καταγράφηκε από το σταθμό στο Φινοκαλιά.

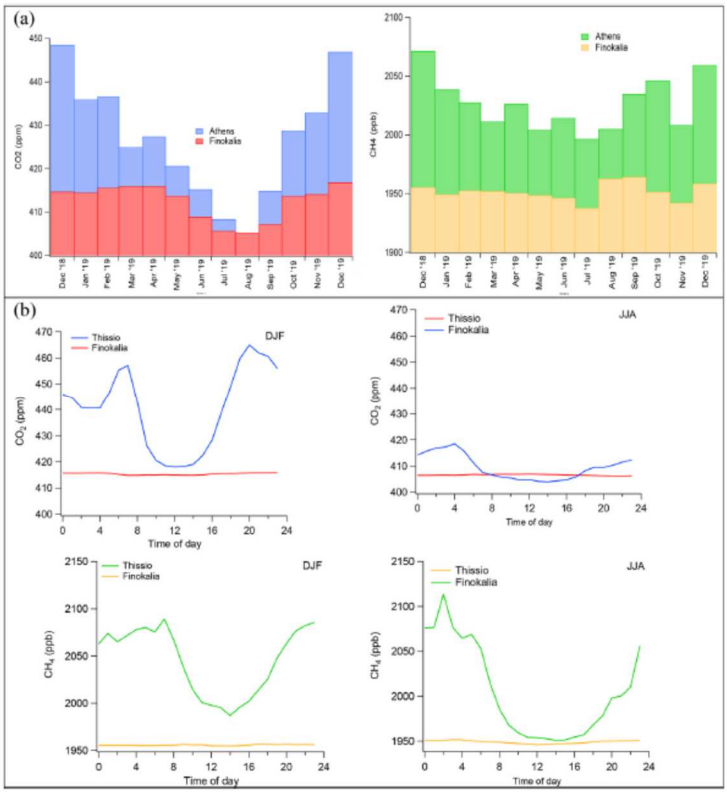
Αστικός σταθμός Θησείου

Ο Σταθμός περιβαλλοντικών μετρήσεων του Αστεροσκοπείου Αθηνών στο Θησείο μετράει το αστικό υπόβαθρο στην περιοχή των Αθηνών και από το 2018 λειτουργεί ένα PICARRO G2401 που μετράει CO_2, CO, CH_4, H_2O, τις απαιτήσεις του Παγκόσμιου Μετεωρολογικού Οργανισμού (WMO) και του Ολοκληρωμένου Συστήματος Παρατήρησης Άνθρακα (ICOS) για την ατμοσφαιρική παρακολούθηση των συγκεντρώσεων τους.

Η σύγκριση των μετρήσεων στο Θησείο με αυτές του περιοχικού υποβάθρου στο Φινοκαλιά (Εικόνα 7,8) επέτρεψαν την εκτίμηση της επίδρασης των τοπικών πηγών των αερίων αυτών. Επιπλέον η χρήση μοντέλου διασποράς επέτρεψε την χωροθέτηση των κύριων πηγών τους στο λεκανοπέδιο Αττικής (εικονα 7).



Εικόνα 7. Η θέση των σταθμών στο Θησείο και στο Φινοκαλία και πηγές θερμοκηπιακών αερίων στο λεκανοπέδιο Αττικής (από Δημητρίου et al., ΑΕ, 2021)



Εικόνα 8. Μηνιαίες συγκεντρώσεις CO_2 και CH_4 στην Αθήνα και τη Φινοκαλιά. β) Ημερήσιες μεταβολές του CO_2 και του CH_4 στην Αθήνα και τη Φινοκαλιά κατά τη διάρκεια του χειμώνα (αριστερά πλαίσια). και το καλοκαίρι (δεξιά πλαίσια). Όλες οι ώρες δίνονται σε UTC. (από Δημητρίου et al., AE, 2021)