

7ο Συνέδριο

Βιώσιμης Κινητικότητας και Ευφυών Συστημάτων Μεταφορών



ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΑΕΡΑ ΣΤΗ ΛΕΥΚΩΣΙΑ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΥ ΧΡΟΝΟΥ

*Γεώργιος Τσέγκας¹, Φώτιος Μπάρμπας¹, Νικόλαος Μουσιόπουλος¹,
Ελευθέριος Χουρδάκης¹, Χρύσανθος Σαββίδης²*

¹Εργαστήριο Μηχανικής της Αειφορίας, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Αριστοτέλειο
Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 54124 Θεσσαλονίκη

²Τμήμα Επιθεώρησης Εργασίας, Υπουργείο Εργασίας και Κοινωνικών Ασφαλίσεων,
1304 Λευκωσία

Περίληψη

- ❑ Στόχοι του έργου
- ❑ Εργαλεία και Μεθοδολογία
- ❑ Πιλότος Λευκωσίας
- ❑ Αφομοίωση Δεδομένων
- ❑ Μεθοδολογία Γενίκευσης
- ❑ Συμπεράσματα – Ενέργειες προς Ολοκλήρωση

ΔΕΣΜΟΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

Step2Smart: Διασυνοριακή Συνεργασία Νησιωτικών Αστικών Περιοχών για τη Βελτίωση των Περιβαλλοντικών Συνθηκών μέσω Χρήσης Συστημάτων Ευφυών Μεταφορών

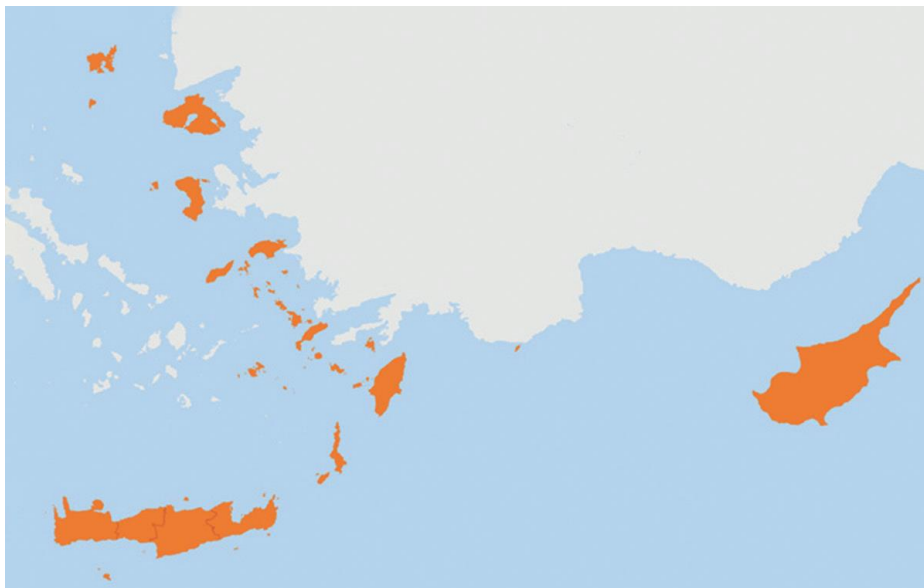
Η Πράξη συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης - Ε.Τ.Π.Α.) μέσα στο πλαίσιο του Πρόγραμματος Συνεργασίας (ΠΣ) Interreg V-A «Ελλάδα – Κύπρος 2014-2020» και από Εθνικούς πόρους της Ελλάδας και της Κύπρου.



University of Cyprus
Department of Civil and
Environmental Engineering



Step2Smart: Στόχοι και μεθοδολογία



Ο βασικός στόχος της Πράξης είναι η δημιουργία Διαλειτουργικού Συστήματος Ανοιχτής Αρχιτεκτονικής για την προώθηση της βιώσιμης διαχείρισης των αστικών μεταφορών και τη μέτρηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων, χρησιμοποιώντας Συστήματα Ευφυών Μεταφορών (ΣΕΜ).

Μεθοδολογία

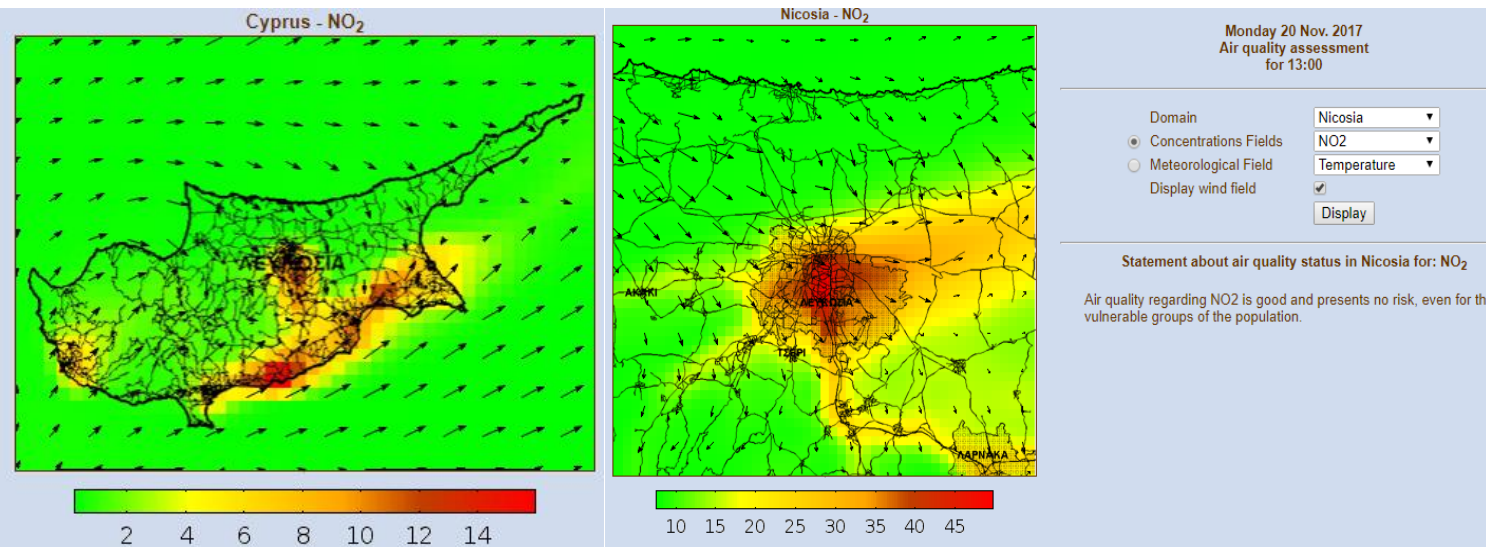
❑ Αξιοποίηση υφιστάμενων συστημάτων μέτρησης κυκλοφορίας (Πράξη ΔΙΑΥΛΟΣ & ΠΡΟΔΡΟΜΟΣ – www.traffic4cyprus.org.cy & www.dianlos.org.cy) και του υφιστάμενου Συστήματος Διαχείρισης Ποιότητας Αέρα (ΣΔΠΑ)

❑ Αναβάθμιση/διασύνδεση και επέκταση των παραπάνω συστημάτων και πιλοτική εφαρμογή σε 3 επιλεγμένες πόλεις (Λευκωσία, Χανιά, Κως)

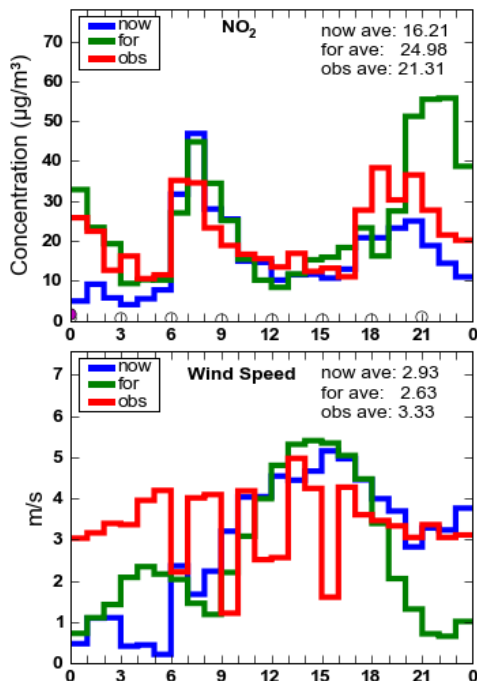
❑ Δημιουργία πληρέστερης εικόνας της κυκλοφορίας και της σχετιζόμενης με αυτήν ατμοσφαιρικής ρύπανσης κατά μήκος των κύριων οδικών αξόνων και των επιλεγμένων πόλεων στο σύνολό τους



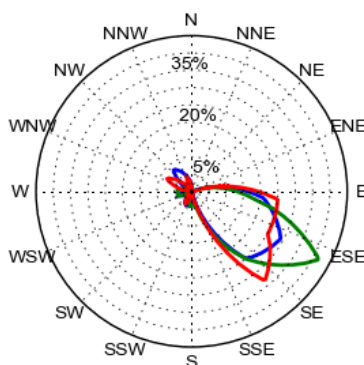
Step2Smart: Η Εφαρμογή στη Λευκωσία



- ☐ Επιχειρησιακή εφαρμογή λύσεων ST (traffic control, on-board sensors, VMS, congestion limiting)
- ☐ Πιλοτική εφαρμογή 8 μηνών
- ☐ 2 σημεία εφαρμογής
- ☐ Αποτίμηση τοπικών επιδράσεων στην ποιότητα αέρα με παροχή επιχειρησιακής ανάδρασης
- ☐ Βελτίωση υπολογιστικού πυρήνα



Statistical Index	Nowcasting	Forecasting
BIAS	-5.11	3.66
Ave. Norm. BIAS	-0.24	0.17
Fract. BIAS	-0.27	0.16
RMSE	8.87	12.35
NMSE	0.23	0.29
CC	0.70	0.59
IA	0.77	0.67



- ☐ Επικύρωση στη βάση τοπικών μετρήσεων
- ☐ Αφομοίωση δεδομένων

An EZM-based operational Air Quality Management System

<http://www.airquality.gov.cy/>

Εργαλεία: Το Σύστημα Διαχείρισης Ποιότητας Αέρα

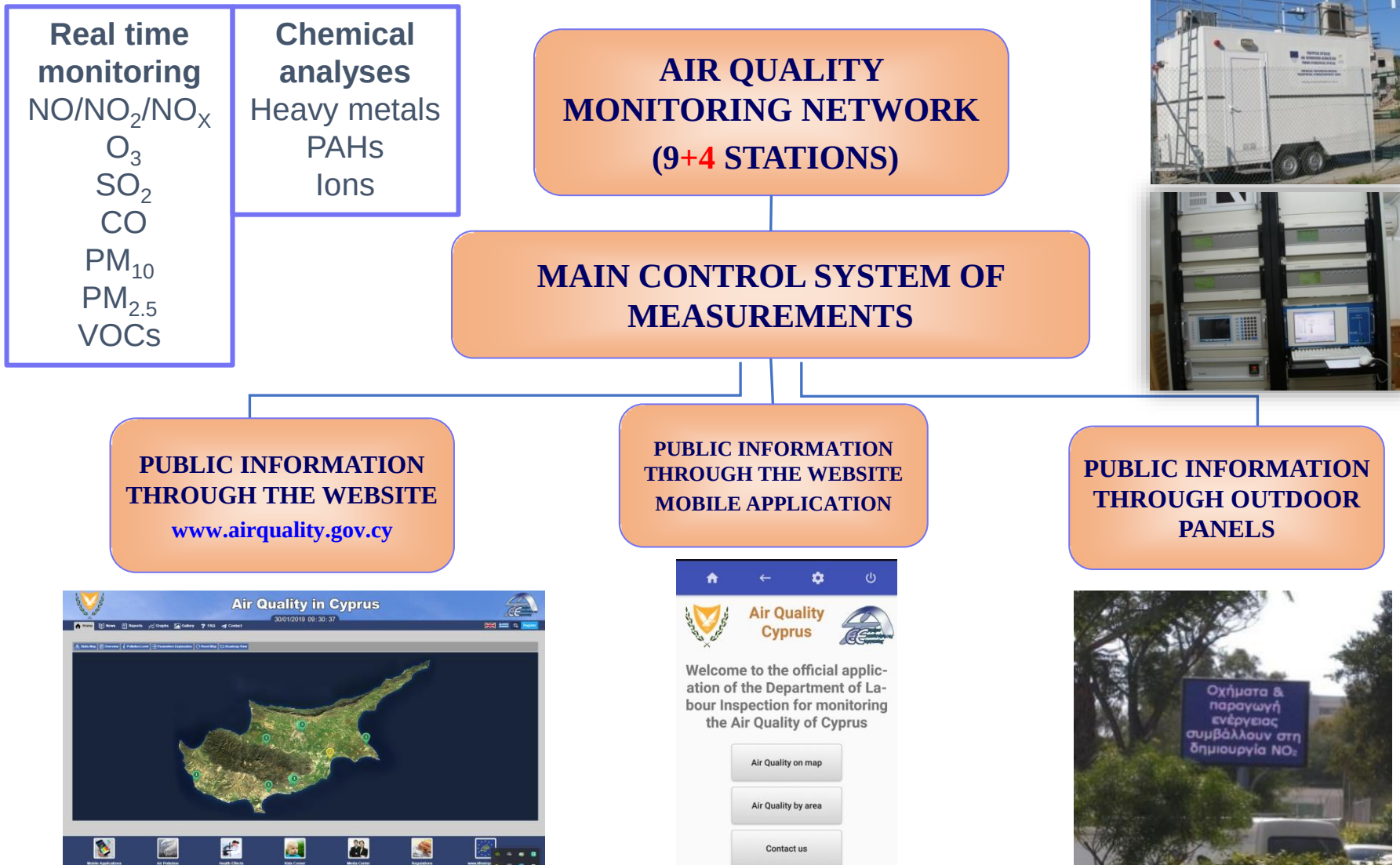
Βασική Λειτουργικότητα

- ☐ Αποτίμηση ποιότητας αέρα σε πραγματικό χρόνο (Nowcasting)
- ☐ Διεξαγωγή πρόγνωσης για την επόμενη ημέρα (Forecasting)
- ☐ Κατάστρωση και αποτίμηση προσαρμοσμένων σεναρίων (Scenario Analysis)
- ☐ Επιχειρησιακός έλεγχος και επικύρωση (Validation)
- ☐ Αφομοίωση ιστορικών δεδομένων μετρήσεων και πεδία ανάλυσης (Reanalysis)
- ☐ Προσομοίωση τυπικών μετεωρολογικών καταστάσεων
- ☐ Χρονοσειρές και πεδία συγκεντρώσεων (EC 2008/50)

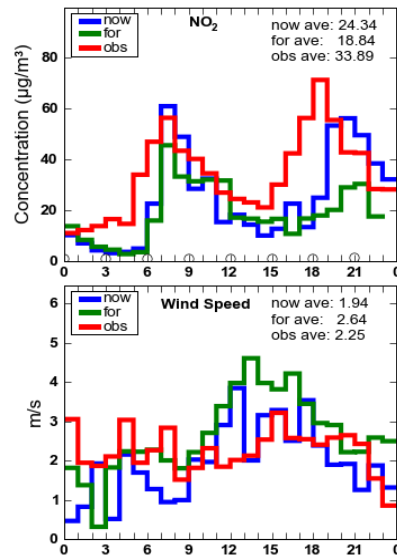
Υπολογιστικός Πυρήνας

- ☐ MEMO v7, τριδιάστατο μη-υδροστατικό μοντέλο μεσοκλίμακας, εμφώλευση με 6 περιοχές, οριζόντια ανάλυση 500m, αυτόματη άντληση δεδομένων από το μοντέλο GFS
- ☐ MARSaero v5, Ουλεριανό μοντέλο διασποράς και χημικού μετασχηματισμού, χημικός μηχανισμός EMEP, υπομοντέλα δευτερογενών αιωρούμενων σωματιδίων (SIA, SOA), modal aerosols, οριζόντια ανάλυση 500m, αυτόματη άντληση δεδομένων από το σύστημα Copernicus-CAMS operational ensemble.

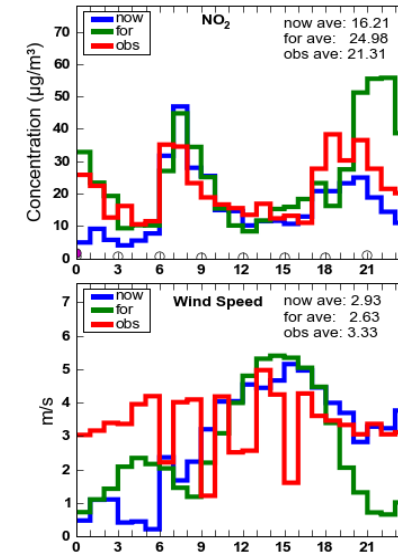
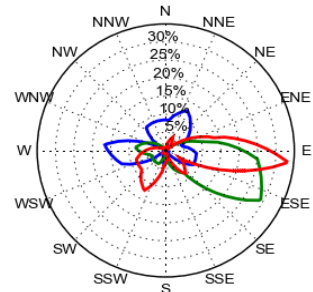
Εργαλεία: Δίκτυο Παρακολούθησης Ποιότητας Αέρα



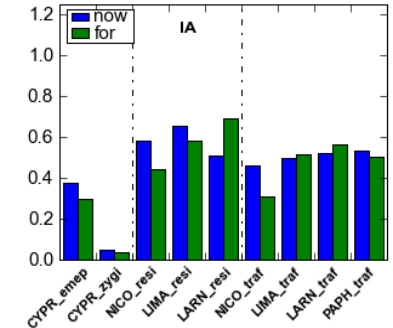
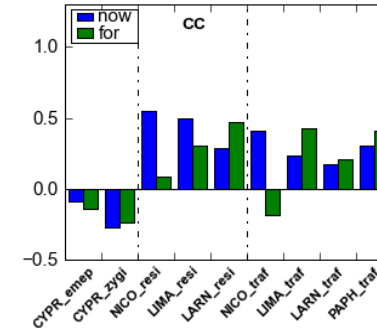
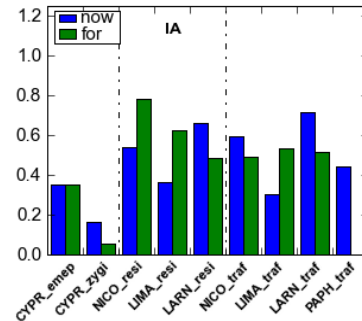
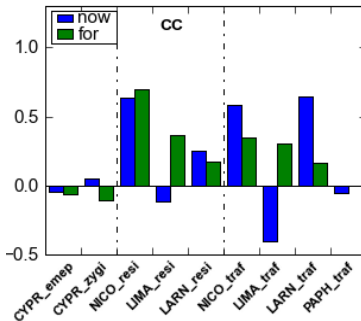
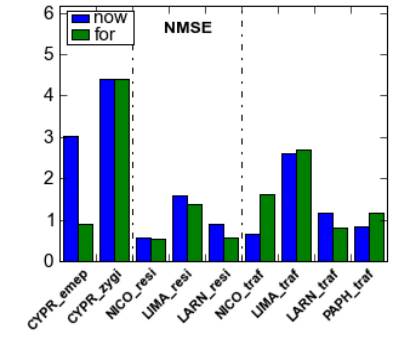
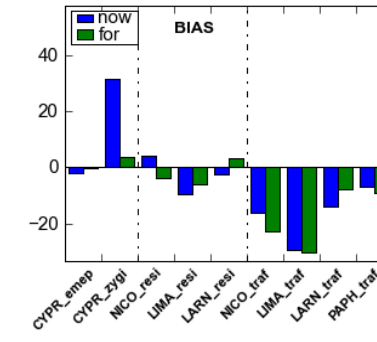
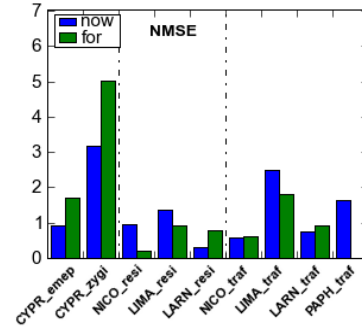
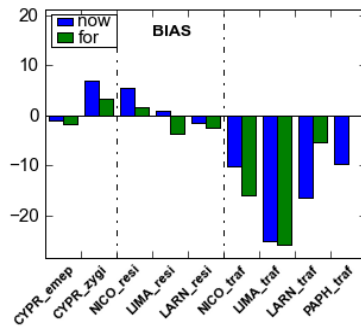
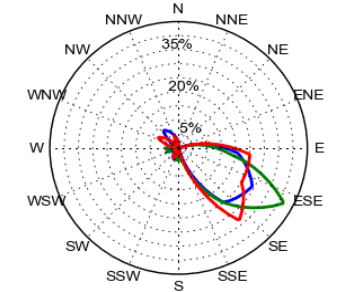
ΣΔΠΑ: Επικύρωση



Statistical Index	Nowcasting	Forecasting
BIAS	-9.55	-15.05
Ave. Norm. BIAS	-0.23	-0.44
Fract. BIAS	-0.33	-0.57
RMSE	17.65	20.71
NMSE	0.38	0.68
CC	0.62	0.51
IA	0.74	0.60



Statistical Index	Nowcasting	Forecasting
BIAS	-5.11	3.66
Ave. Norm. BIAS	-0.24	0.17
Fract. BIAS	-0.27	0.16
RMSE	8.87	12.35
NMSE	0.23	0.29
CC	0.70	0.59
IA	0.77	0.67



Εργαλεία: Νέοι Σταθμοί Κυκλοφορίας

- Εγκατάσταση δύο νέων σταθμών μέτρησης ποιότητας αέρα κυκλοφορίας
- Λεωφ. Γρίβα Διγενή πλησίον διασταύρωσης Αγίου Προκοπίου
- Διγενή Ακρίτα (Προεκ. Γρίβα Διγενή) πλησίον διασταύρωσης Αρχ. Μακαρίου
- Συνεχείς μετρήσεις NO_x και $\text{A}\Sigma_{2,5}$
- Ασύρματη τηλεμετρία



Στόχοι:

- Παρακολούθηση επίδρασης παρεμβάσεων στην ποιότητα αέρα, σε **πραγματικό χρόνο**
- Εξαγωγή **στατιστικών συσχετίσεων** ρύπανσης – φόρτων συναρτήσεων χρόνου, ημέρας
- Εξαγωγή «προσαύξησης δρόμου» για αφομοίωση από το **μοντέλο ποιότητας αέρα**

Εργαλεία: Νέοι Σταθμοί Κυκλοφορίας

- Κλιματιζόμενοι κλωβοί διαστάσεων $1,5 \times 2,2 \times 2,35$ m
- $AS_{2,5}$: ES-642 Dust Monitor, Met One Instruments Inc. (forward scatter laser nephelometer)
- NO_x : Serinus 40, Ecotech (Chemiluminescence)
- Datalogger with GSM transmission
- Eaton 9130 UPS



OXIDES OF NITROGEN ANALYSER



Εργαλεία: Επιχειρησιακό Κυκλοφοριακό Σύστημα



Ministry of
Transport, Communications and Works

Ελλάδα - Κύπρος 2007 - 2013

[Home](#) [Interactive Map](#) [Traffic Information](#) [Route Planning](#) [Information About Public Transport](#) [Parking Spaces](#) [Bike Network](#)

Search on Map

e.g. Andrea Kalvou 28 2107 Aglantzia



Traffic data is represented with the use of colours on map and is calculated every five minutes. The data is collected from traffic detectors situated in the primary network of Nicosia and the motorways.

Hwy Limasol-Pafos

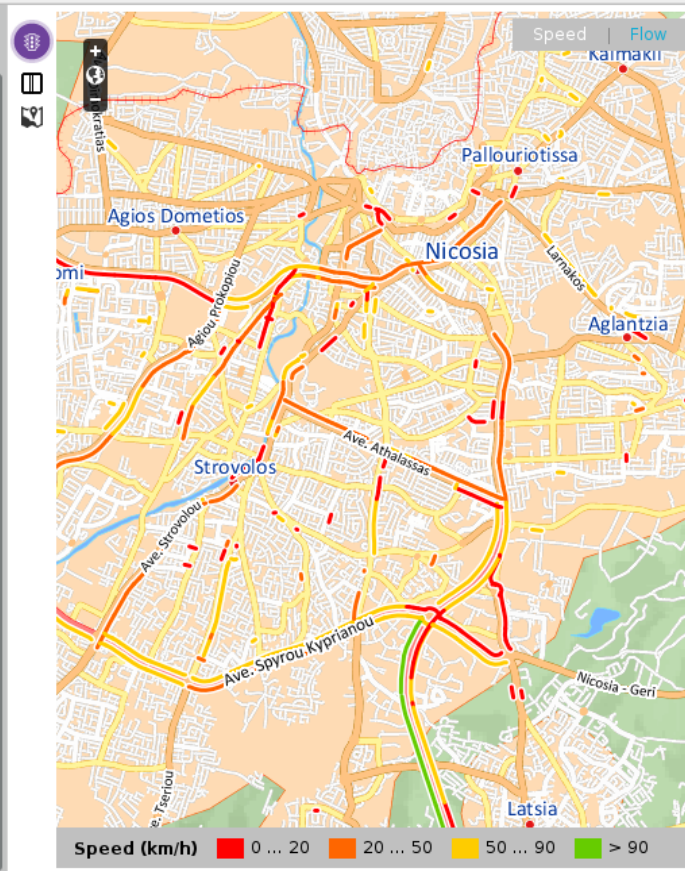
roadworks Until 07-11-19 at 23:45.
Τις περιόδους 22/7/2019 - 4/8/2019 και 26/8/2019 - 7/11/2019, καθημερινά συμπεριλαμβανομένων και Σαββατοκύριακων και αργιών, θα εκτελούνται εργασίες αποχέτευσης ομβρίων υδάτων καθώς και εργασίες κατασκευής δύο νέων ανοιγμάτων σε διάφορα τμήματα της κεντρικής νησίδας του αυτοκινητόδρομου Λεμεσού - Πάφου από τον κόμβο Επισκοπής μέχρι τη γέφυρα Πέτρας του Ρωμιού εξαιρουμένης της σήραγγας. Στα τμήματα που θα εκτελούνται οι εργασίες, οι λωρίδες ταχείας κυκλοφορίας, μήκους 350μ. περίπου και στις δύο κατευθύνσεις, θα είναι κλειστές καθ' όλο το εικοσιτετράωρο και η τροχαία κίνηση θα διοχετεύεται στις λωρίδες βραδείας κυκλοφορίας

Hwy Limasol-Pafos

roadworks Until 07-11-19 at 23:45.
Τις περιόδους 22/7/2019 - 4/8/2019 και 26/8/2019 - 7/11/2019, καθημερινά συμπεριλαμβανομένων και Σαββατοκύριακων και αργιών, θα εκτελούνται εργασίες αποχέτευσης ομβρίων υδάτων καθώς και εργασίες κατασκευής δύο νέων ανοιγμάτων σε διάφορα τμήματα της κεντρικής νησίδας του αυτοκινητόδρομου Λεμεσού - Πάφου από τον κόμβο Επισκοπής μέχρι τη γέφυρα Πέτρας του Ρωμιού εξαιρουμένης της σήραγγας. Στα τμήματα που θα εκτελούνται οι εργασίες, οι λωρίδες ταχείας κυκλοφορίας, μήκους 350μ. περίπου και στις δύο κατευθύνσεις, θα είναι κλειστές καθ' όλο το εικοσιτετράωρο και η τροχαία κίνηση θα διοχετεύεται στις λωρίδες βραδείας κυκλοφορίας

roadworks Until 14-10-19 at 23:45.

Την περίοδο 18/3/2019 - 14/10/2019, ο συνδετήριος δρόμος μεταξύ κυκλικών κόμβων ΚΟΤ και Λεωφόρου Σπύρου Κυπριανού στη Γεροσκήπου θα παραμείνει κλειστός για διεξαγωγή εργασιών ανακατασκευής του. Κατά τη διάρκεια των εργασιών, οι οδηγοί προτρέπονται να χρησιμοποιούν τις οδούς Θεάς Αφροδίτης, Γερμανίας και Αγαπήνωρος.

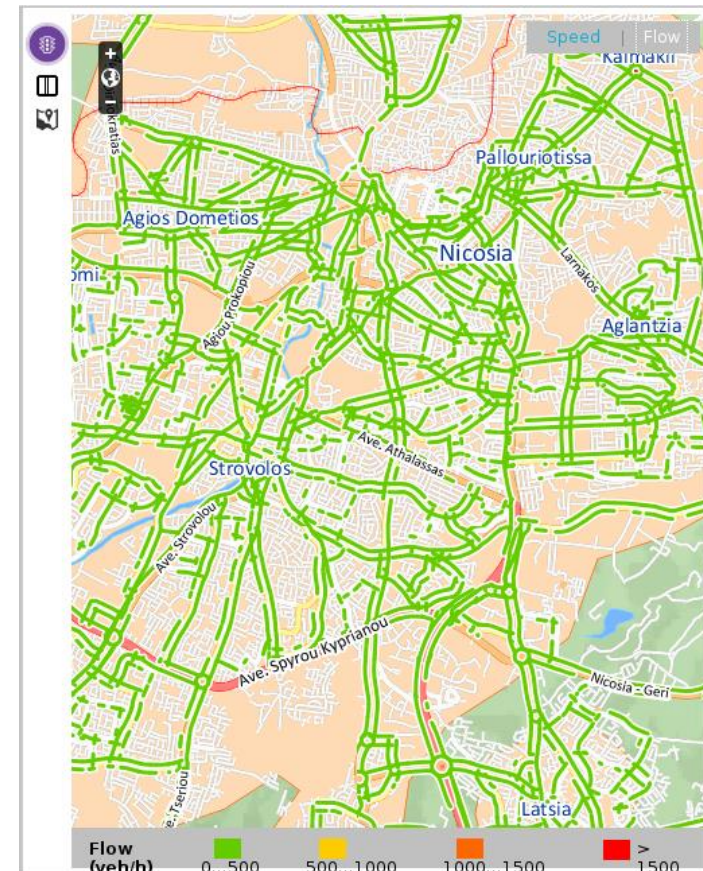




Current Road Traffic
Conditions & Events
www.traffic4cyprus.org.cy

www.diavlos.org.cy

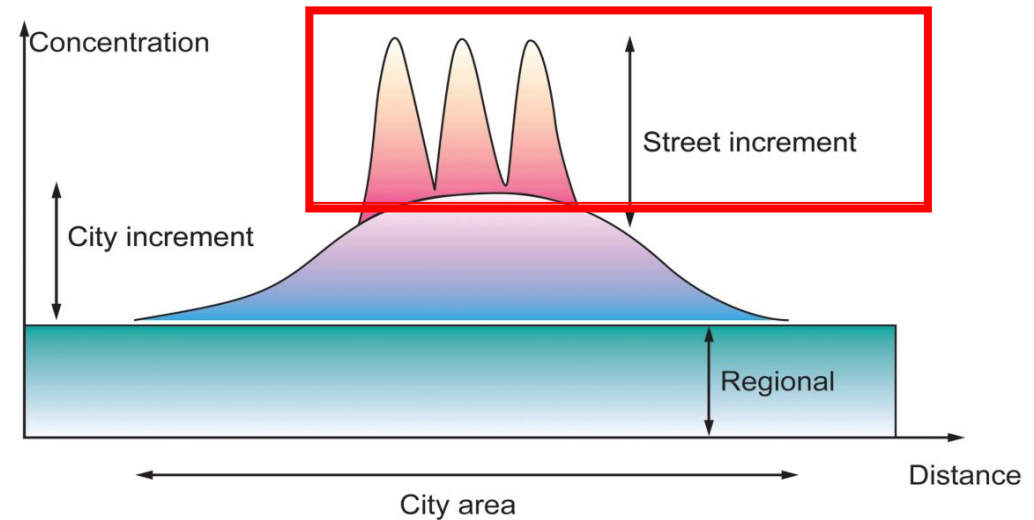
www.traffic4cyprus.org.cy



Πιλότος Λευκωσίας: Αποτίμηση της Οδικής Συνεισφοράς

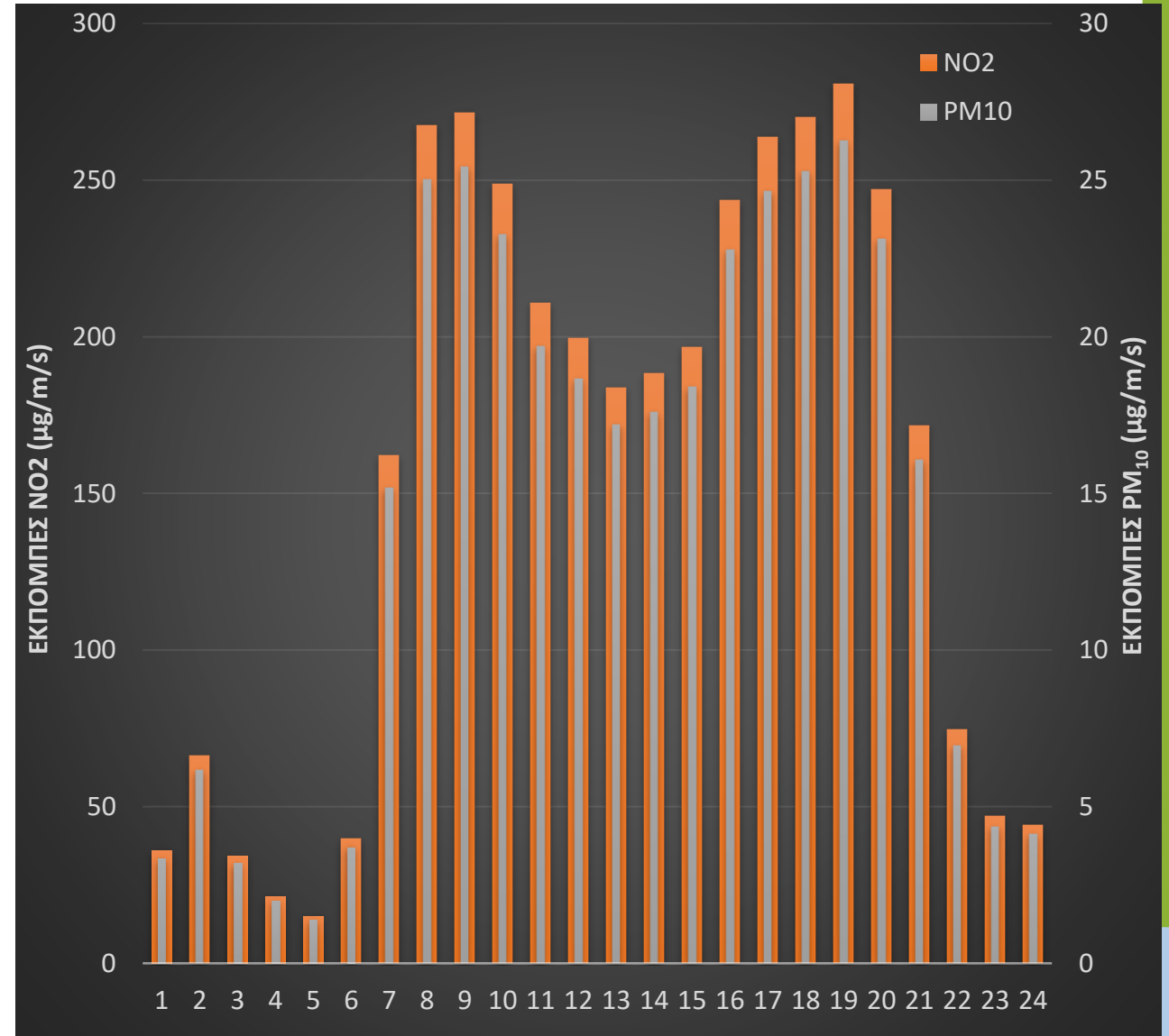
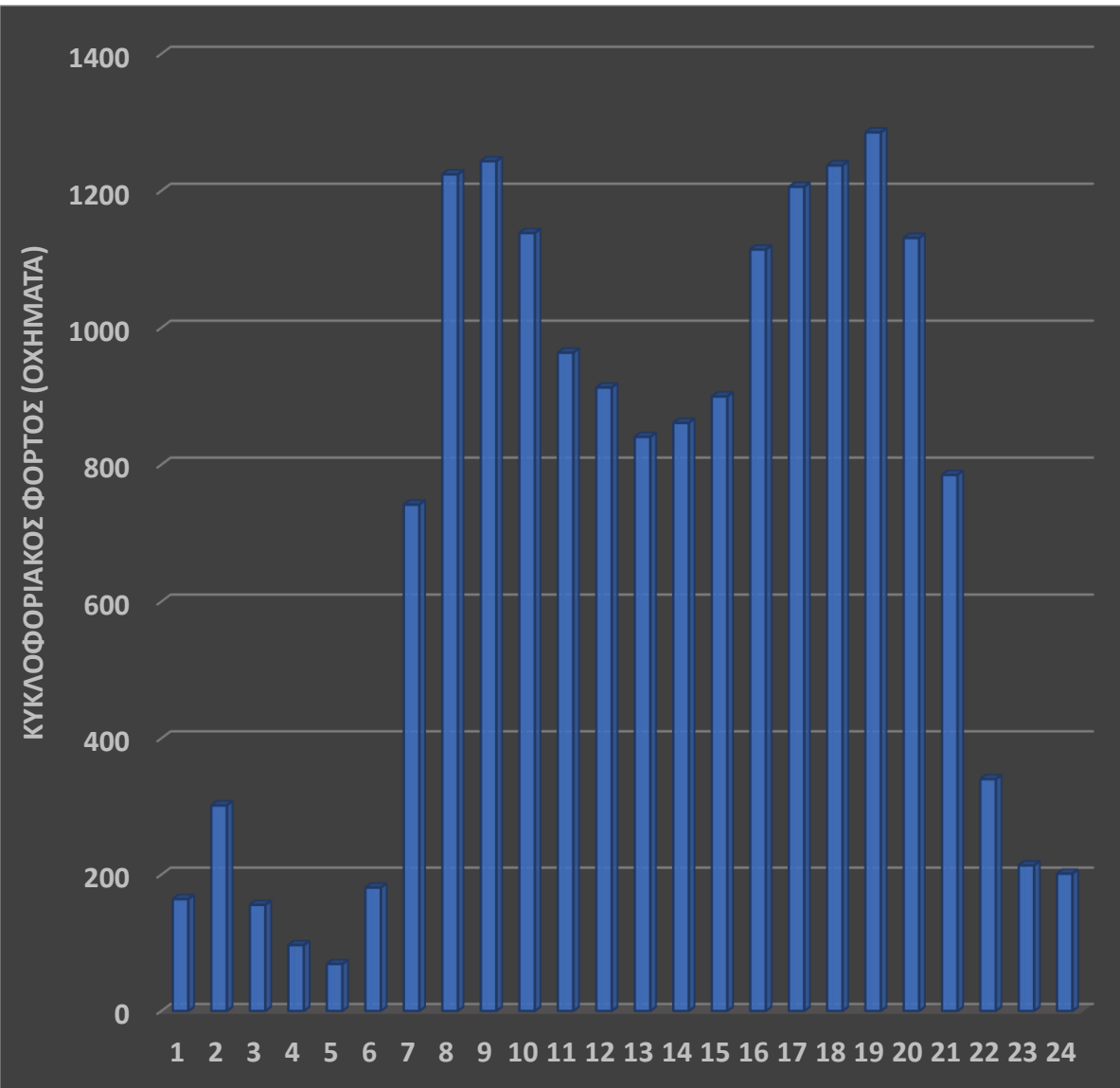
$$\boxed{SI} = [\sin(\theta) + 1] \cdot (X_1 \cdot UC + X_2 \cdot \frac{H}{W \cdot L} \cdot \frac{em}{ws})$$

- **SI:** Προσαύξηση κλίμακας δρόμου ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
- θ : Αζιμουθιακή γωνία προσανατολισμού
- UC: Συγκέντρωση αστικού υποβάθρου ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
- L: Μήκος οδικού τμήματος (m)
- H: Μέσο ύψος κτηρίων (m)
- W: Πλάτος οδικού τμήματος (m)
- ws: Ταχύτητα ανέμου (m/s)
- em: Εκπομπές κυκλοφορίας ($\mu\text{g}/\text{m}^3\cdot\text{s}$)
- X_1, X_2 : Ημιεμπειρικοί Συντελεστές



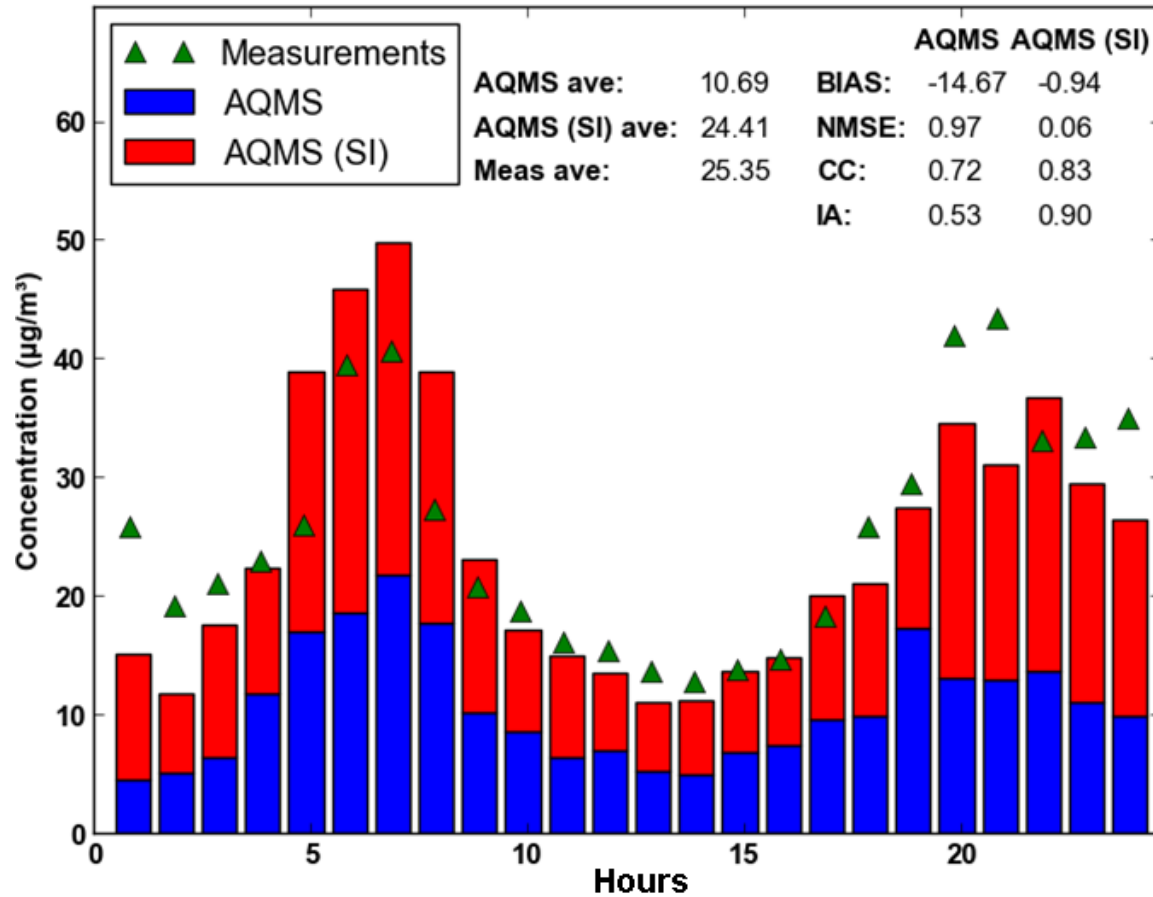
- ✓ Επιλογή σταθμών κλίμακας δρόμου-υποβάθρου
- ✓ Γραμμική Παλινδρόμηση
- ✓ Επιχειρησιακός υπολογισμός μετεωρολογίας
- ✓ Υπολογισμός εκπομπών (COPERT sl)
- ✓ Εφαρμογή ημιεμπειρικής σχέσης

Οδική Συνεισφορά: Κυκλοφοριακός Φόρτος + Εκπομπές

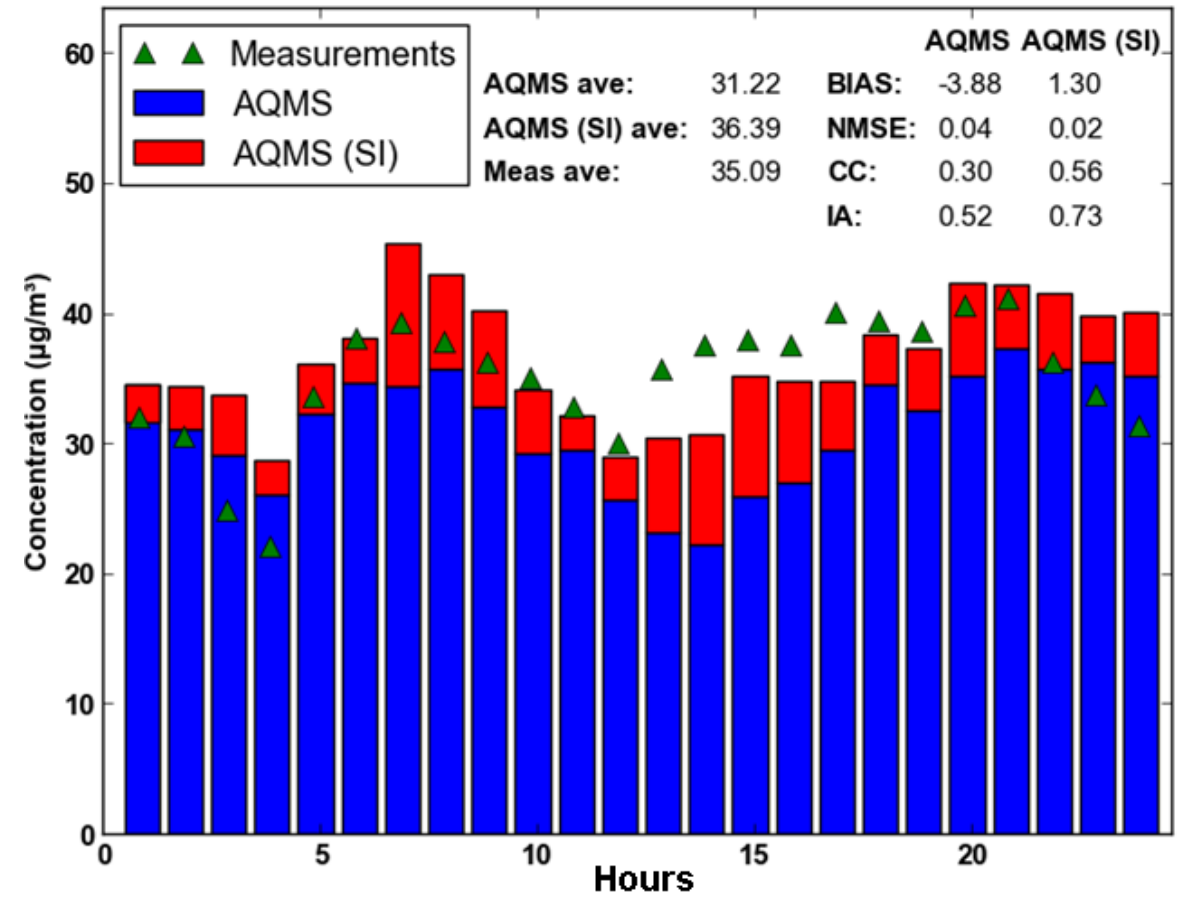


Πιλότος Λευκωσίας: Αποτίμηση της Οδικής Συνεισφοράς

NO₂



PM₁₀



Εμφανής βελτίωση!

Μέσο ημερήσιο προφίλ περιόδου 2 μηνών

Αφομοίωση δεδομένων: Αναβάθμιση Υπολογιστικού Πυρήνα

Άρθρωμα Αφομοίωσης Δεδομένων

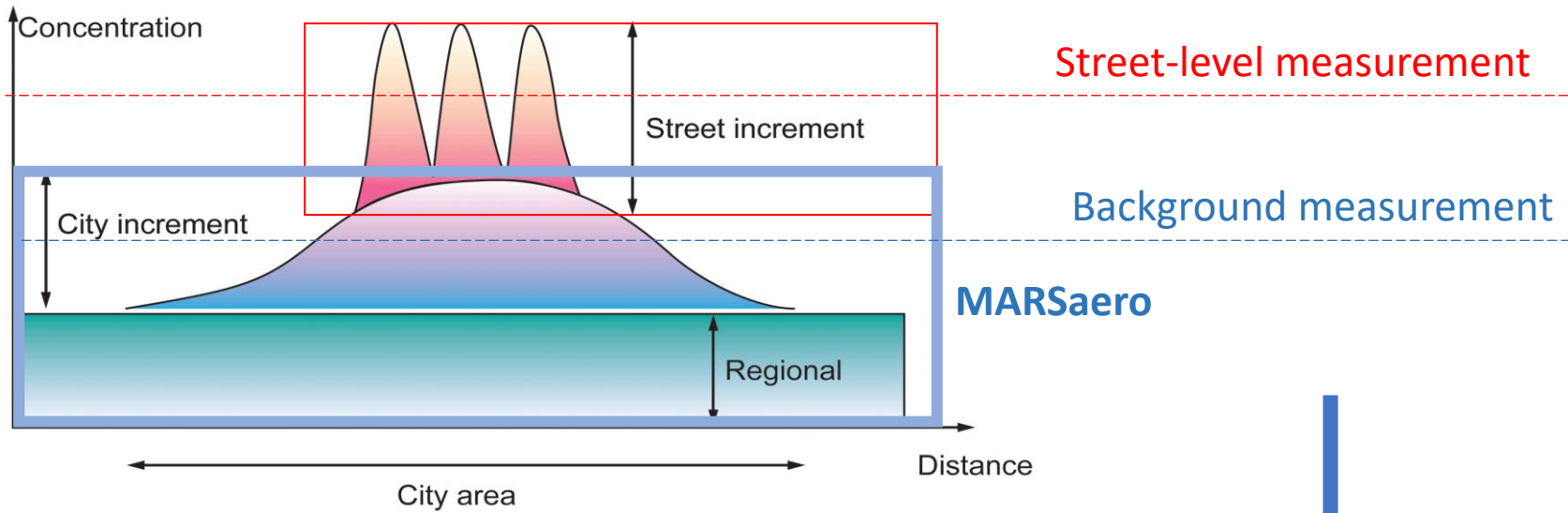
1. Μεταφορά δεδομένων (JSON → Online, CSV → Offline)
2. Έλεγχος χρονισμού και χρονοσήμανσης, απόρριψη ετεροχρονισμένων δεδομένων
3. Έλεγχος εγκυρότητας: εύρη τιμών, παράγωγοι, χωρικές συσχετίσεις
4. Κατάταξη (classification) και κανονικοποίηση (normalization) ←
5. Υπολογισμός διορθωτικών όρων
6. Χωρική γενίκευση
7. Εισαγωγή διορθωτικών όρων στις δυναμικές εξισώσεις και επίλυση
8. Εξαγωγή δυναμικής διόρθωσης για χρήση στις επόμενες επαναλήψεις →

Μεθοδολογία Γενίκευσης: Δεδομένα Εισόδου

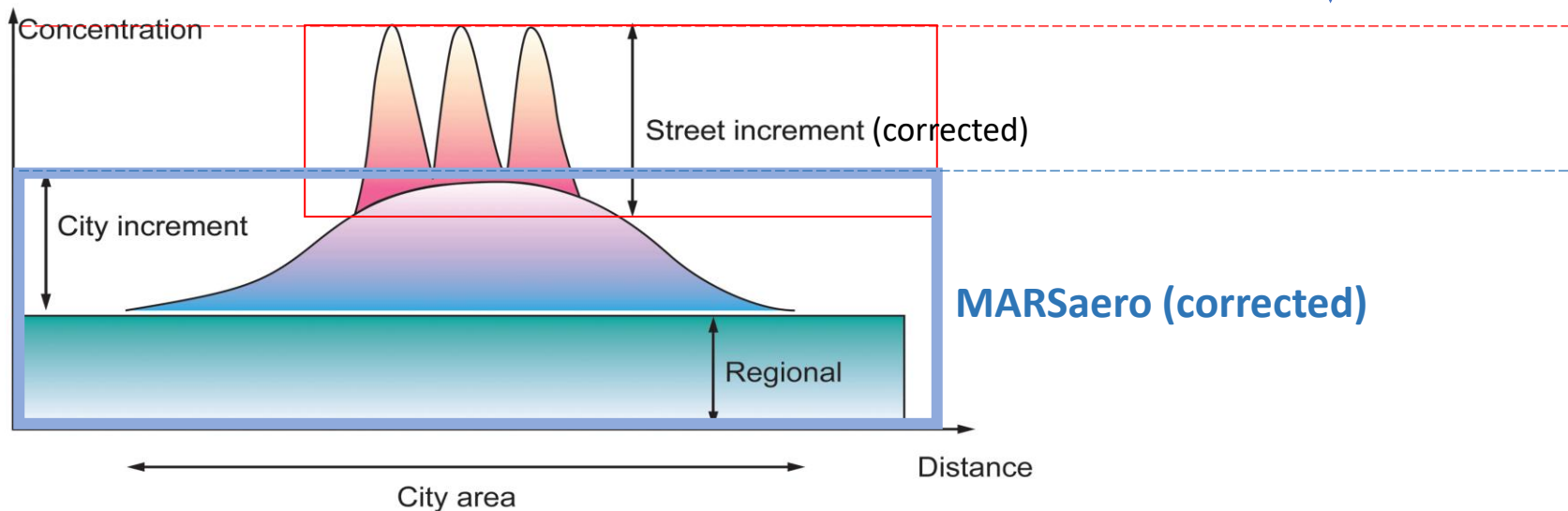
Για την εφαρμογή του υπολογιστικού εργαλείου σε κλίμακα δρόμου απαιτούνται τα ακόλουθα δεδομένα εισόδου:

- Η σύνθεση του στόλου οχημάτων στην Κύπρο, που προήλθε από τη χρήση της σχετικής βάσης δεδομένων του έργου FLEETS.
- Μετρήσεις κυκλοφοριακού φόρτου στο σημείο ενδιαφέροντος.
- Οι συντελεστές εκπομπών για τον τελικό υπολογισμό των εκπομπών, που προήλθαν από την τελευταία έκδοση της μεθοδολογίας COPERT (V5 sl)
- Μετεωρολογικά δεδομένα, τα οποία προήλθαν από παρατηρημένες χρονικές περιόδους στο σταθμούς μέτρησης αστικού υποβάθρου του TEE.
- Συγκεντρώσεις αστικού υποβάθρου που προήλθαν από μετρούμενες συγκεντρώσεις των ρύπων ενδιαφέροντος στους ίδιους σταθμούς.

Μεθοδολογία Γενίκευσης

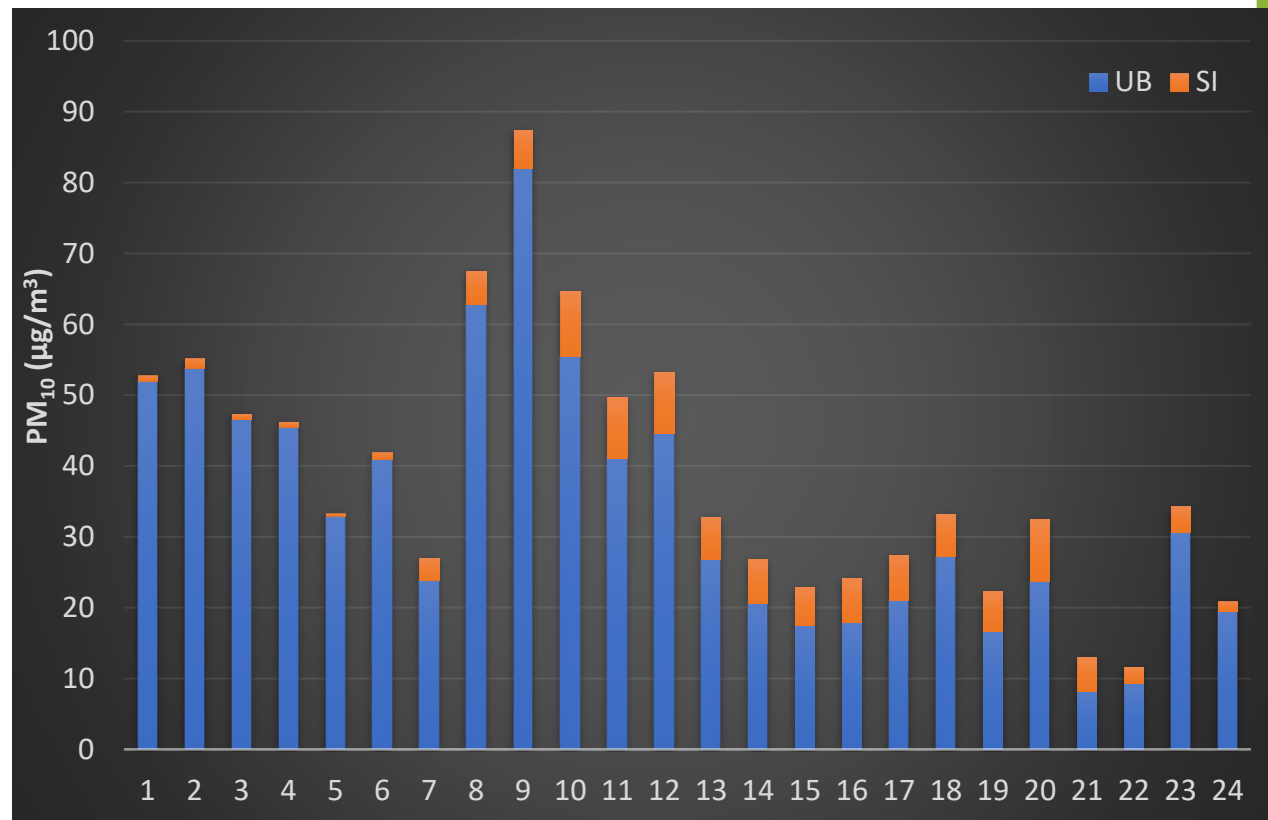
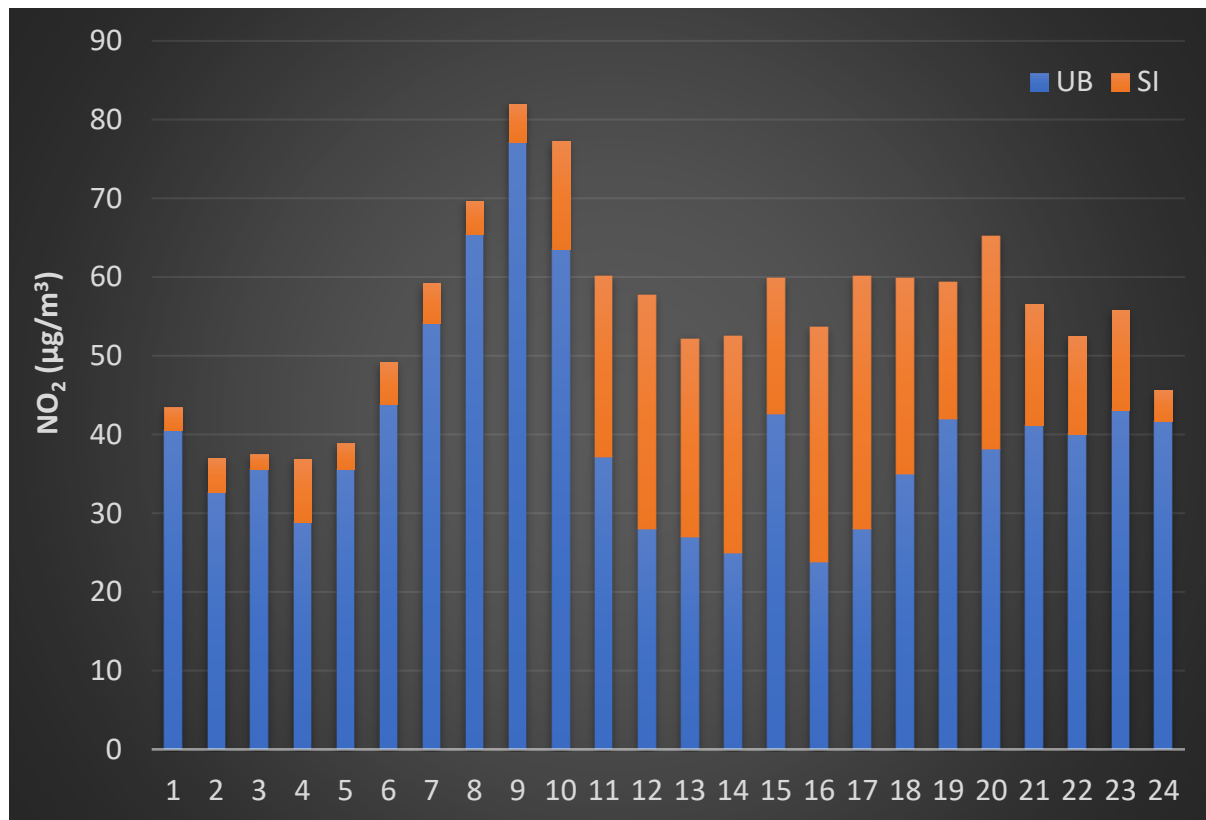


**Calibration
Link**



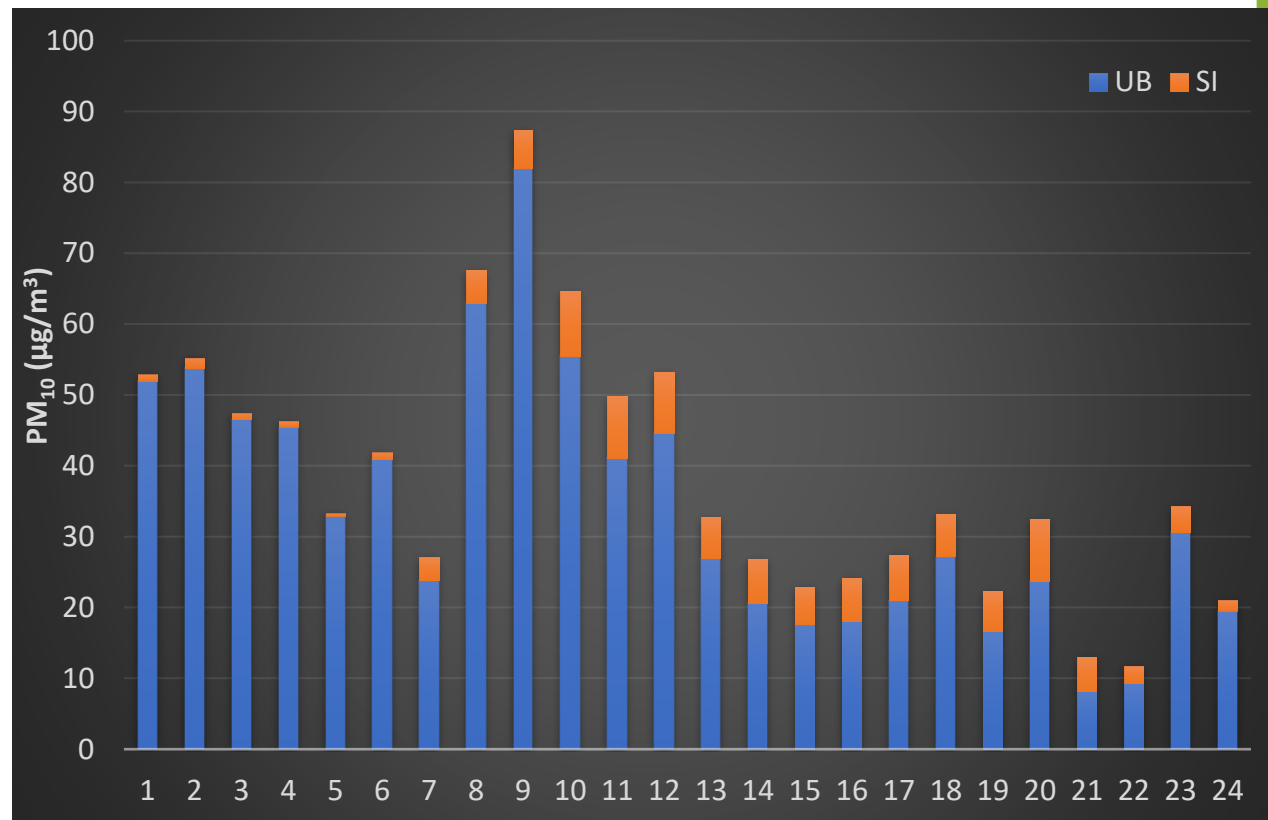
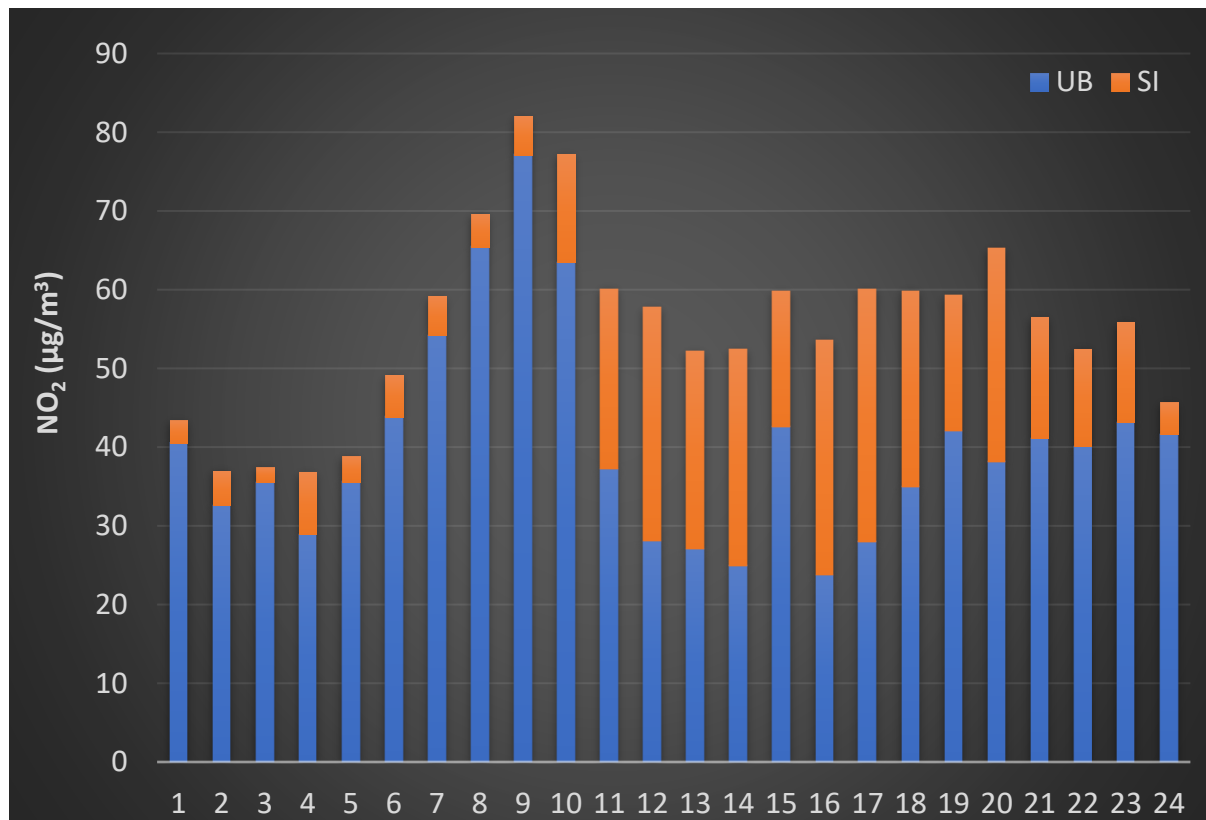
**Application
Link**

Μεθοδολογία Γενίκευσης : Αποτελέσματα Εφαρμογής



- Η προσ αύξηση δρόμου έχει σημαντική συνεισφορά, ειδικά για το NO_2
- Προσομοιώνεται μια σημαντική εξάρτηση των συγκεντρώσεων από παράγοντες πλην εκπομπών

Μεθοδολογία Γενίκευσης : Πρώτα Συμπεράσματα



- Οι μετρήσεις σε επίπεδο δρόμου δυνητικά εξαρτώνται σημαντικά από παράγοντες πλην εκπομπών
- Η χρήση της μεθοδολογίας S.I. μπορεί να λειτουργήσει συμπληρωματικά των μετρήσεων

Συμπεράσματα – Ενέργειες προς Ολοκλήρωση

- ❑ Σκοπός της πιλοτικής εφαρμογής είναι η περιβαλλοντική αποτίμηση των υλοποιούμενων δράσεων Ευφυούς Κυκλοφορίας στην πόλη της Λευκωσίας και η παροχή ανάδρασης στην επιχειρησιακή λειτουργία του συστήματος
- ❑ Σταθμοί μέτρησης ποιότητας αέρα υπό εγκατάσταση σε δύο αντιπροσωπευτικά σημεία αιχμής
- ❑ Υλοποιήθηκαν βελτιώσεις στο Σύστημα Διαχείρισης Ποιότητας Αέρα, παρέχοντας λειτουργικότητες
 - εισαγωγής δυναμικών εκπομπών στις προσομοιώσεις μεσοκλίμακας
 - γενίκευσης/βελτίωσης ακρίβειας μέσω αφομοίωσης δεδομένων
- ❑ Παραμετροποιημένη προσέγγιση χρησιμοποιείται συμπληρωματικά για την εκτίμηση της τοπικής προσαύξησης συγκεντρώσεων σε πραγματικό χρόνο
- ❑ Η συνεχιζόμενη επιχειρησιακή λειτουργία θα παρέχει ανάδραση, τόσο για την παρέμβαση καθαυτή όσο και για τις χρησιμοποιούμενες τεχνολογίες αποτίμησης



Ευχαριστούμε ιδιαίτερα



Χρύσανθο Σαββίδη, Ιωάννη Χριστοφίδη (ΤΕΕ)

Αριστοτέλη Σάββα (ΤΔΕ)

Ευαγγελία Φράγκου (ΑΠΘ)

Ελένη Τοxqui (UCY)

Παναγιώτη Ξανθόπουλο (ΜΟΥ S.A.)

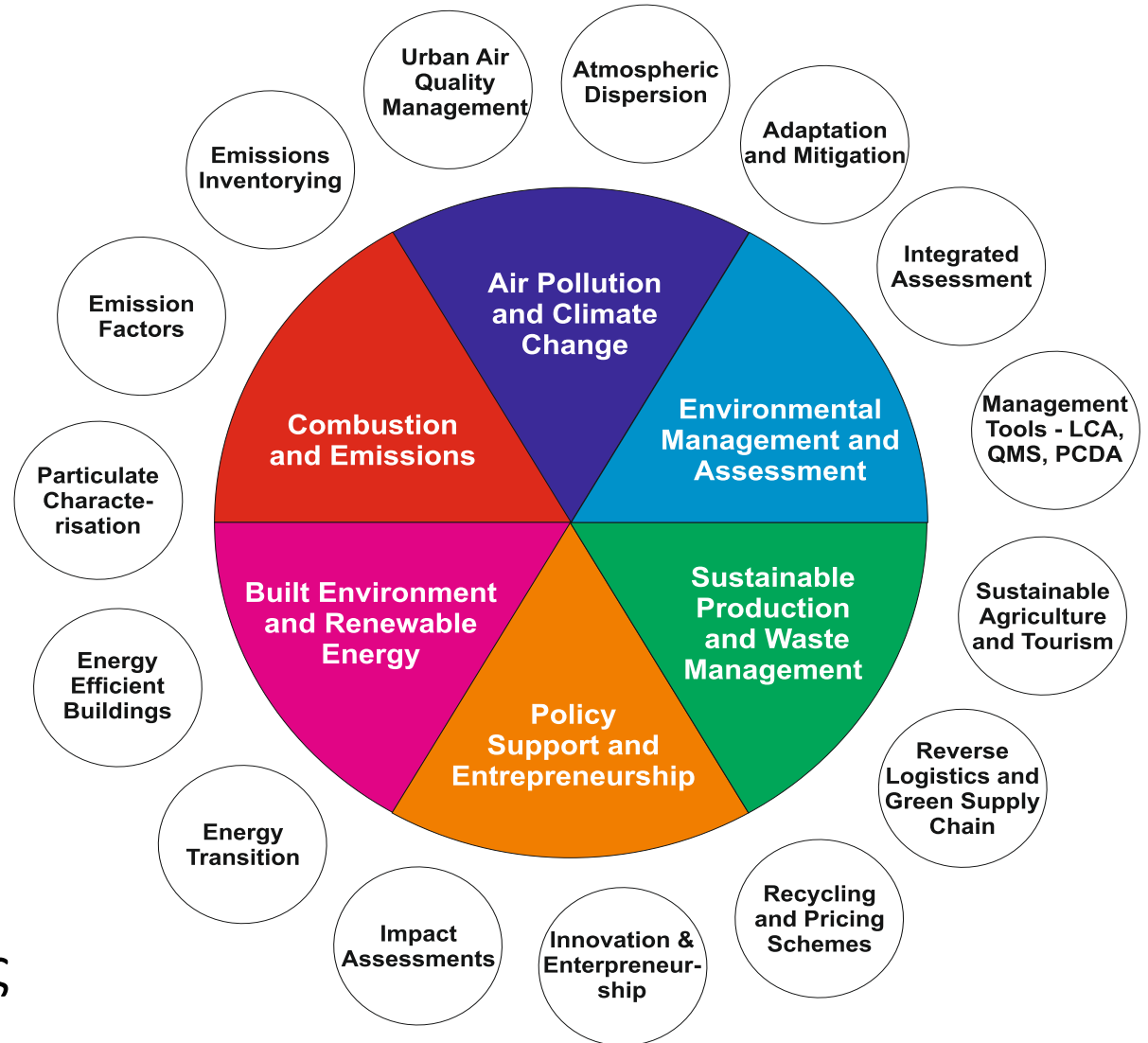
Δ. Χανίων

τους εταίρους για το ζήλο και την προσήλωση στους στόχους της προσπάθειας!

Εργαστήριο Μηχανικής της Αειφορίας,
Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο
Θεσσαλονίκης

Κύριες Ερευνητικές Περιοχές:

- Ατμοσφαιρική Ρύπανση
- Διαχείριση Απορριμμάτων
- Ενεργειακά Συστήματα & Τεχνολογίες





ΚΥΠΡΙΑΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ,
ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ ΚΑΙ ΕΡΓΩΝ



ΤΜΗΜΑ
ΔΗΜΟΣΙΩΝ ΕΡΓΩΝ

