

Ionian University
Department of Informatics

Ιόνιο Πανεπιστήμιο

Τμήμα Πληροφορικής

ΠΜΣ Ψηφιακές Εφαρμογές και Καινοτομία

Capstone Project

Εξόρυξη γνώσης και πρόγνωση ποιότητας αέρα με χρήση αισθητήρων χαμηλού κόστους

Μητσιάνης Χρήστος

Επιβλέπων: Μάρκος Αυλωνίτης, Επίκουρος Καθηγητής

Μέλη επιτροπής: Μανώλης Μαραγκουδάκης, Καθηγητής
Κωνσταντίνος Ποϊραζίδης, Αναπληρωτής Καθηγητής

© Μάρτιος 2021



Εισαγωγή

Σχέσεις αιτιότητας

Οικονομική κρίση → Ατμοσφαιρική ρύπανση → Επιπτώσεις στην υγεία

Οι φόροι και οι αυξήσεις στις τιμές του πετρελαίου σε συνδυασμό με την μείωση των εισοδημάτων οδήγησαν ένα αξιοσημείωτο κομμάτι του πληθυσμού στην καύση ξύλου και άλλων παρεμφερών προϊόντων.

Αιωρούμενα μικροσωματίδια (PM) Εντάσσονται υγρά ή στερεά σωματίδια που αιωρούνται στον αέρα. Ενδεικτικά η γύρη, τα ανθρακικά αεροζόλ από **καύση ορυκτών καυσίμων και βιομάζας**, εδαφική σκόνη, νιτρικά αεροζόλ, κ.α

NO2: Διοξείδιο του αζώτου είναι τοξικό αέριο

SO2: Διοξείδιο του θείου είναι τοξικό άχρωμο αέριο

O3: Τροποσφαιρικό όζον, δείκτης αντιδράσεων ηλίου με οργανικά αέρια και οξείδια του αζώτου

PM2.5 : **379.000** πρόωρους θανάτους / έτος (EU28)

NO2 : **54.000** πρόωρους θανάτους / έτος (EU28)

O3 : **19.400** πρόωρους θανάτους / έτος (EU28)

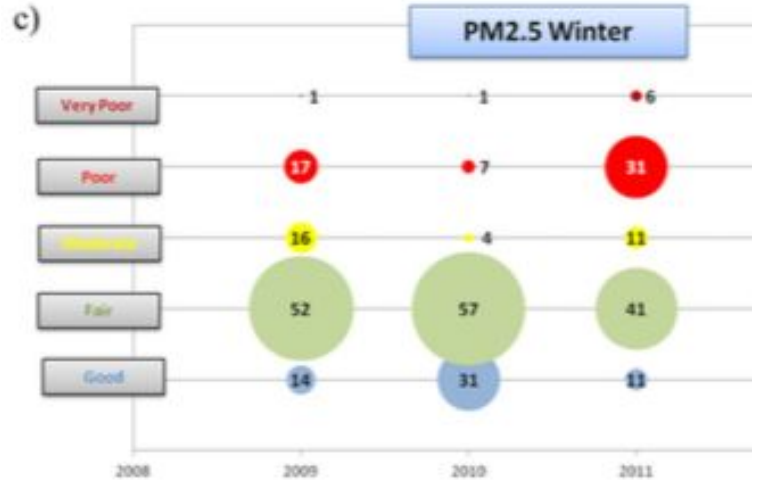
Χρονική μεταβολή λόγω και ο παράγοντας της κρίσης

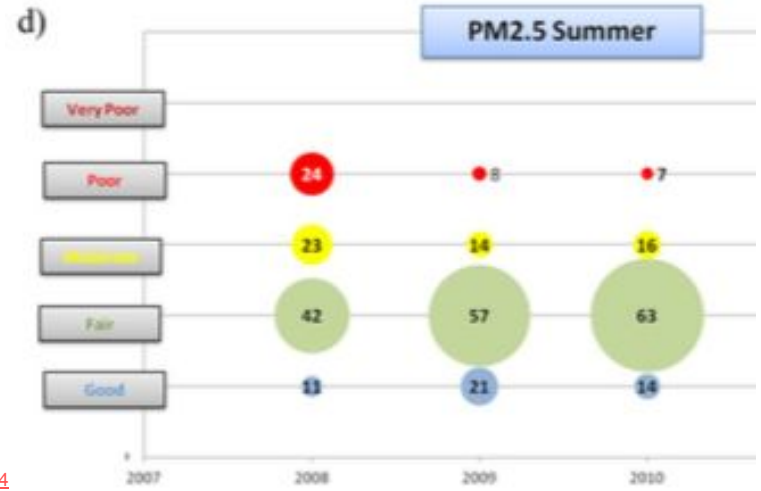
Πόλη: Ιωάννινα

Χειμώνας 2009: 17% των ημερών με κακή ποιότητα του αέρα

Χειμώνας 2010: 7% των ημερών με κακή ποιότητα του αέρα

Χειμώνας 2011: 31% των ημερών με κακή ποιότητα του αέρα

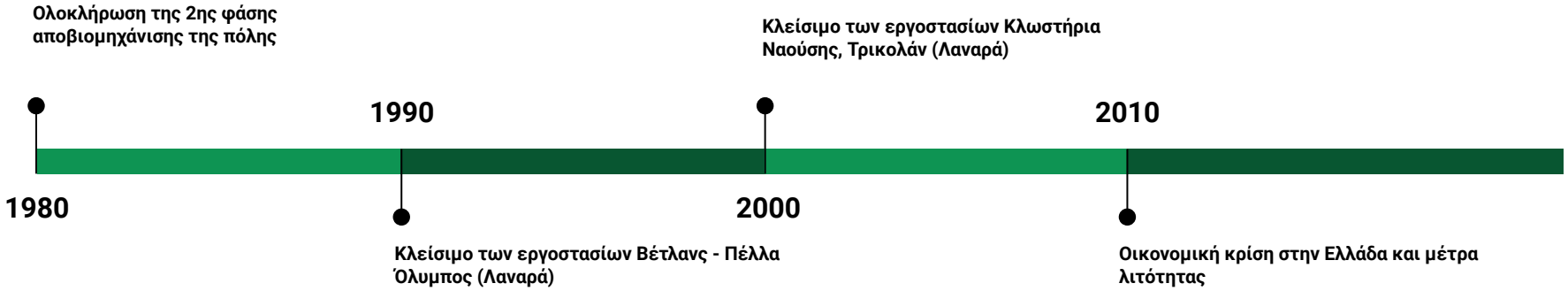




Sindosi, O. A., Markozannes, G., Rizos, E., & Ntzani, E. (2019). Effects of economic crisis on air quality in Ioannina, Greece. *Journal of Environmental Science and Health, Part A*, *54*(8), 768–781. https://doi.org/10.1080/10934529.2019.1592534

Αναγκαιότητα της έρευνας

Πολλαπλές οικονομικές κρίσης στην περιοχή της Νάουσας, Ημαθίας



Αναγκαιότητα της έρευνας

Υγειονομικές επιπτώσεις και νοσηρότητα

Στα 1,575 τρις US $ / έτος ανέρχεται η εκτίμηση του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας για το κόστος από πρόωρους θανάτους και προβλήματα υγείας που σχετίζονται με την ατμοσφαιρική ρύπανση

Νοσηρότητα σχετιζόμενη την ατμοσφαιρική ρύπανση

- αναπνευστικά προβλήματα
- βρογχίτιδα
- άσθμα
- καρκίνοι του αναπνευστικού
- καρδιαγγειακές παθήσεις
- λιποβαρή νεογνά
- προωρότητα τοκετού και αυξημένη πιθανότητα αποβολής
- συναισθηματικό στρες και γνωστική απομείωση
- διαβήτης

Αναγκαιότητα της έρευνας

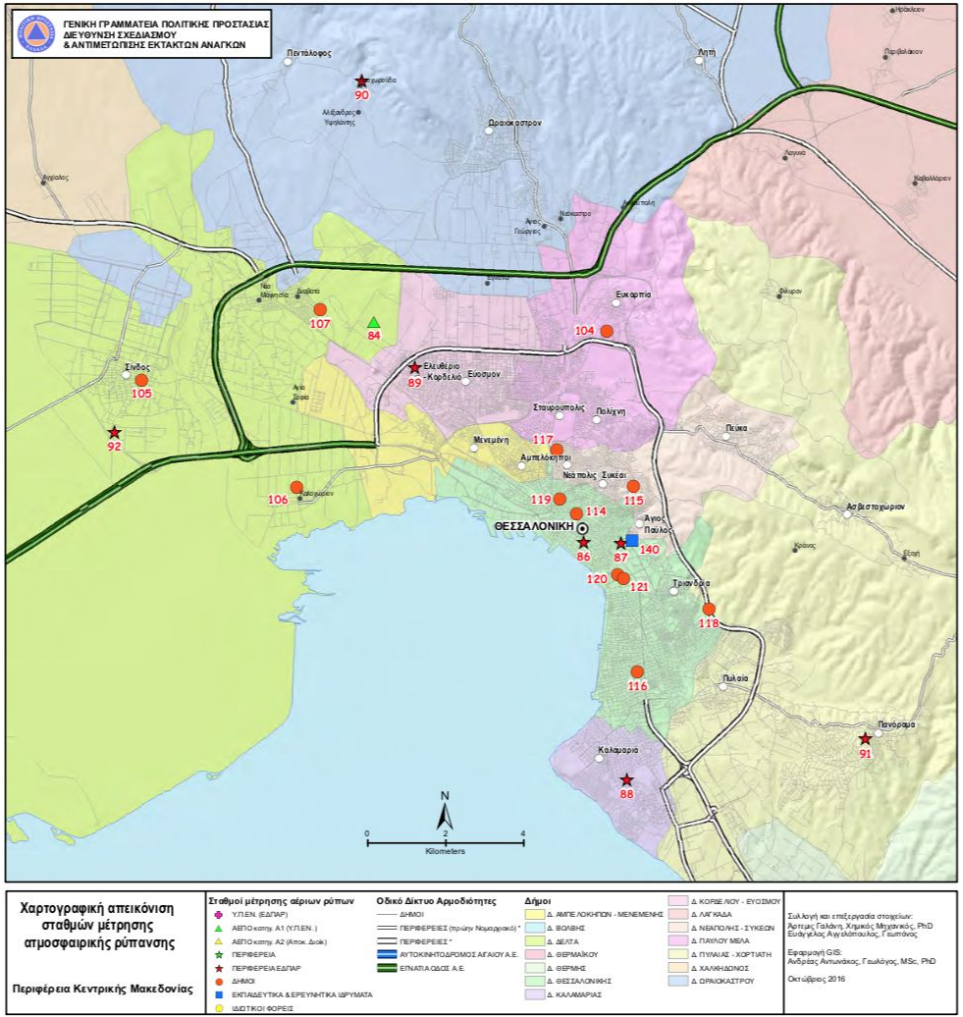
Επιπτώσεις σε παραγωγικούς τομείς της περιοχής



Αναγκαιότητα της έρευνας

Ελλιπή δεδομένα για την περιοχή της Κεντρικής Μακεδονίας, εκτός Θεσσαλονίκης

Το 2017 στην περιφέρεια της Κεντρικής Μακεδονίας καταγράφηκαν 21 ενεργοί σταθμοί μέτρησης ατμοσφαιρικών ρύπων. Όλοι οι σταθμοί βρίσκονται στην περιφερειακή ενότητα Θεσσαλονίκης

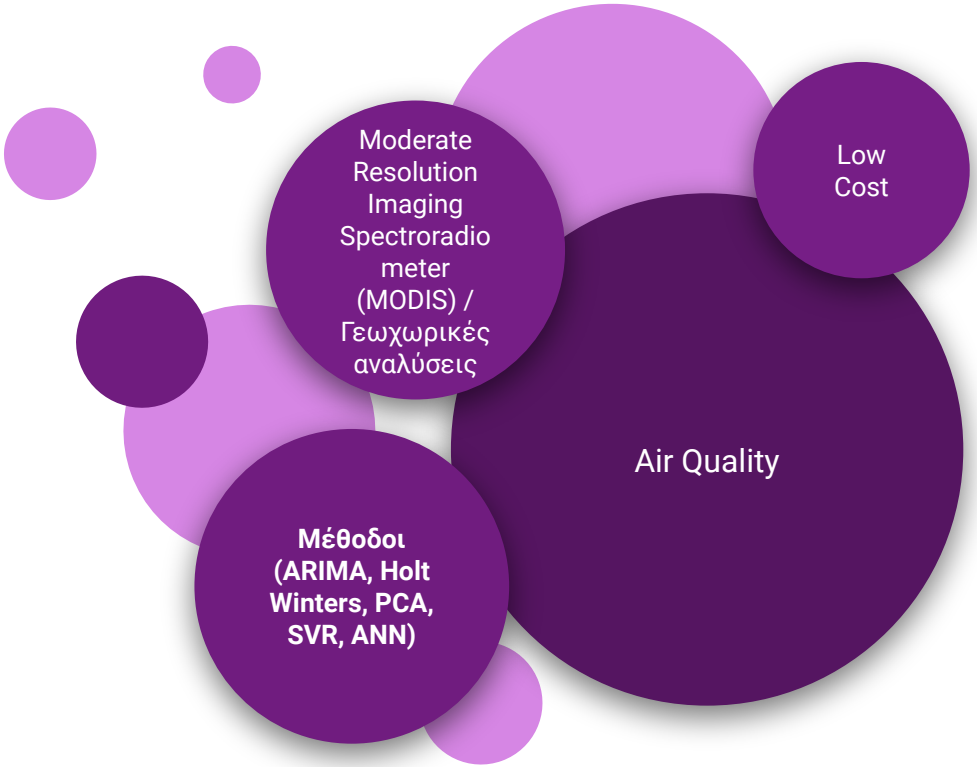


Επισκόπηση βιβλιογραφίας

Πίνακας: Αναζητήσεις στην βιβλιογραφική βάση Scopus και πλήθος αποτελεσμάτων

Όροι αναζήτησης	Αποτελέσματα
air quality	171798
air quality particulate matter	22537
air quality particulate matter analysis	11281
pm 2.5 wind speed	726
pm 2.5 correlations	2045
pm 2.5 analysis	7285
pm 2.5 forecast	222
pm 2.5 winter	2156
pm 2.5 forecast model	194

Επισκόπηση βιβλιογραφίας



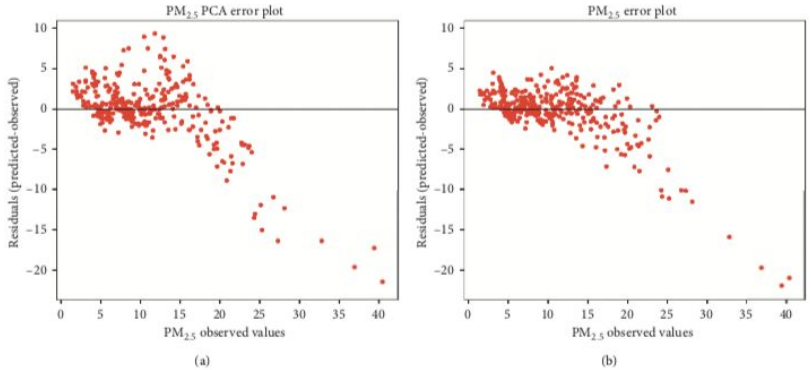
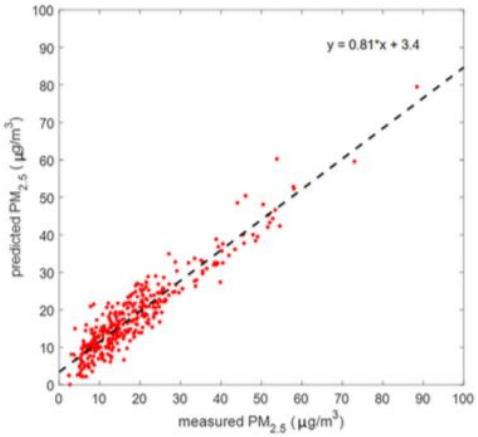


Figure 19: (a) PCA SVR-RBF forecasting errors plotted against observed $PM_{2.5}$ values and (b) SVR-RBF forecasting errors plotted against observed $PM_{2.5}$ values.

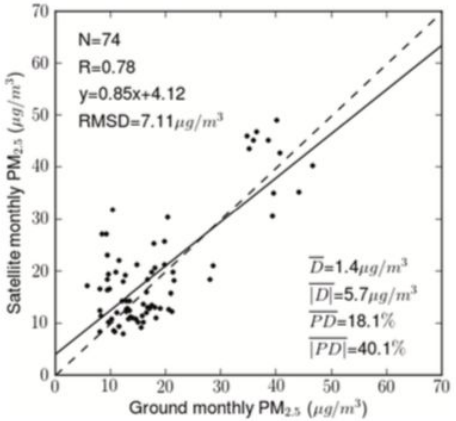
Castelli, M., Clemente, F. M., Popovič, A., Silva, S., & Vanneschi, L. (2020). A Machine Learning Approach to Predict Air Quality in California. *Complexity*, *2020*, 1–23. https://doi.org/10.1155/2020/8049504



Lee, Y.-W. (2020). A stochastic model of particulate matters with AI-enabled technique-based IoT gas detectors for air quality assessment. *Microelectronic Engineering*, *229*, 111346. https://doi.org/10.1016/j.mee.2020.111346

Επισκόπηση βιβλιογραφίας





n, C., Labzovskii, L. D., Leung Mak, H. W., Fung, J. C. H., Lau, A. K. H., Kenea, S. T., Bilal, M., Vande Hey, J. D., Lu, X., & Ma, J. (2020). Observation of PM2.5 using a combination of satellite remote sensing and low-cost sensor network in Siberian urban areas with limited reference monitoring. *Atmospheric Environment*, *227*, 117410. https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2020.117410

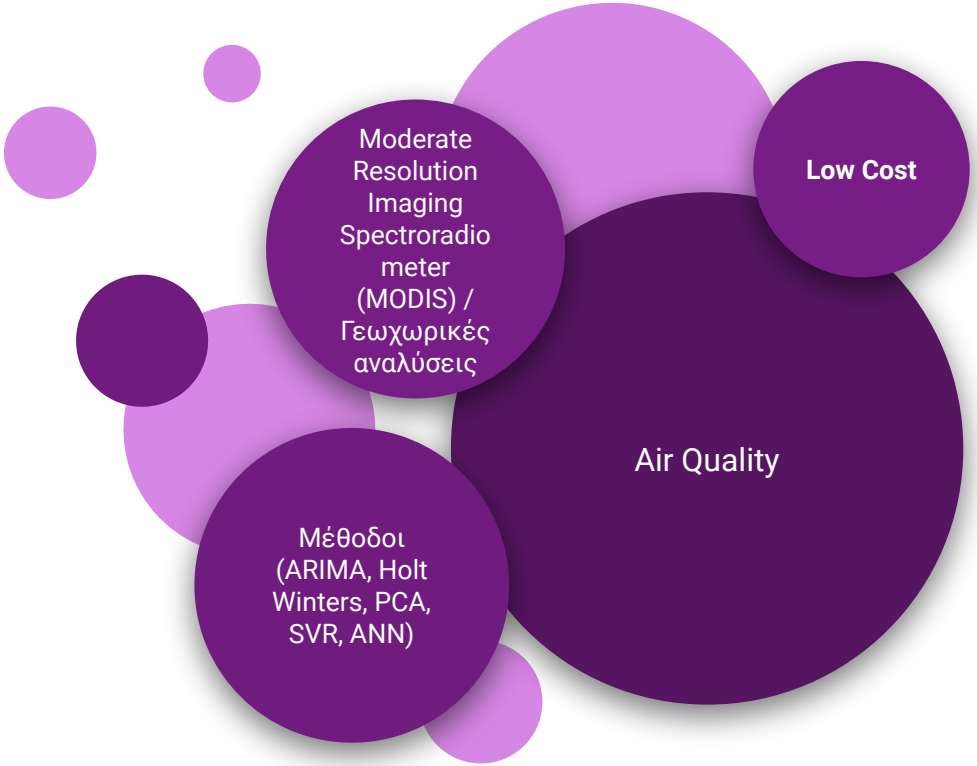


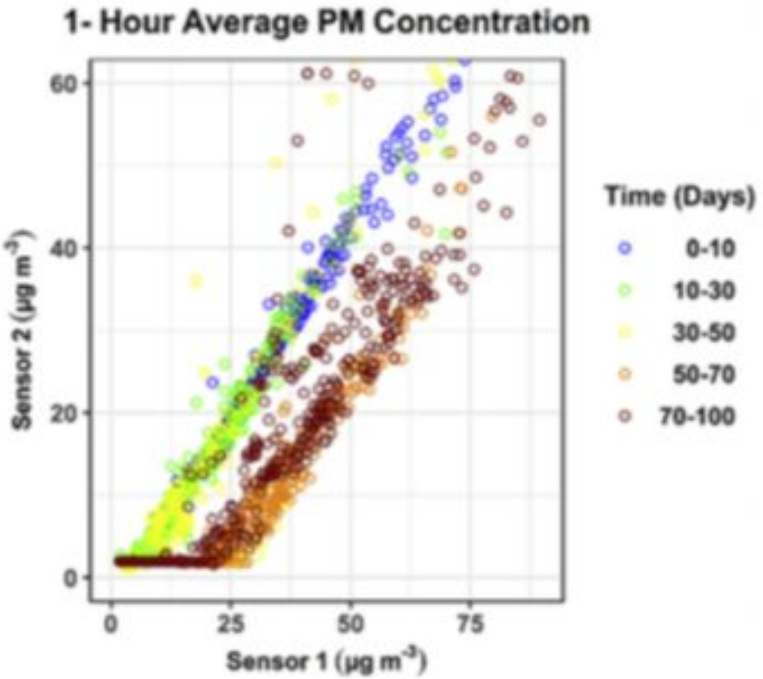


(a) Streetcar with sensor node on top (red circle).

(b) Inner view of the air quality sensor node.

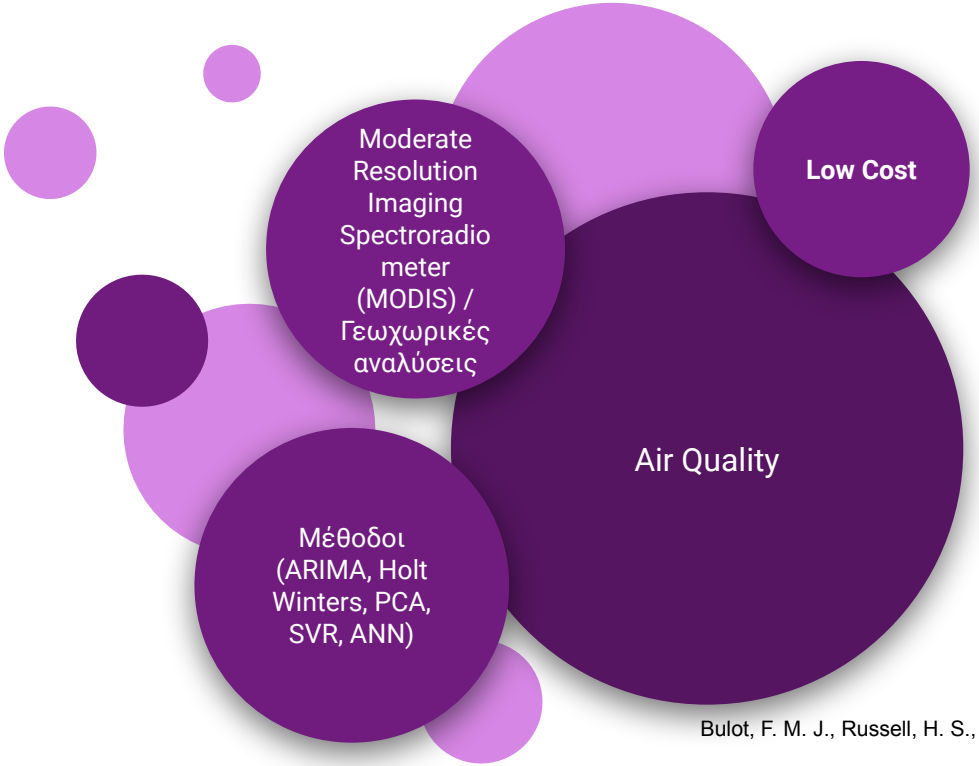
Επισκόπηση βιβλιογραφίας

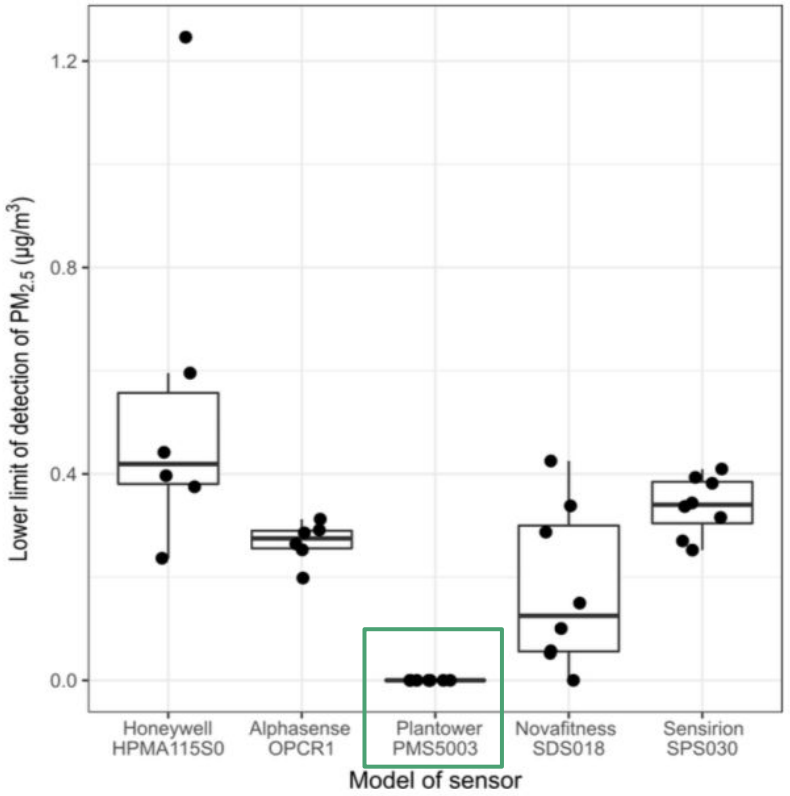




Clements, A. L., Reece, S., Conner, T., & Williams, R. (2019). Observed data quality concerns involving low-cost air sensors. *Atmospheric Environment: X*, *3*, 100034. https://doi.org/10.1016/j.aeaoa.2019.100034

Επισκόπηση βιβλιογραφίας





Bulot, F. M. J., Russell, H. S., Rezaei, M., Johnson, M. S., Ossont, S. J. J., Morris, A. K. R., Basford, P. J., Easton, N. H. C., Foster, G. L., Loxham, M., & Cox, S. J. (2020). Laboratory Comparison of Low-Cost Particulate Matter Sensors to Measure Transient Events of Pollution. *Sensors*, *20*(8), 2219. https://doi.org/10.3390/s20082219

Μεθοδολογία

Ερευνητικό ερώτημα

“Πως οι τεχνικές ανάλυσης και επεξεργασίας δεδομένων μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την εξαγωγή γνώσης, συγκεκριμένα στην αναγνώριση των συσχετίσεων και μοτίβων των ρύπων $PM_{2.5}$ και PM_{10} με περιβαλλοντικούς παράγοντες όπως η ταχύτητα και κατεύθυνση του ανέμου, η θερμοκρασία, η ατμοσφαιρική πίεση και η υγρασία”

Υπόθεση εργασίας

“Όταν φυσάει η ατμοσφαιρική ρύπανση μειώνεται”

Μεθοδολογία

- Προετοιμασία για την συλλογή δεδομένων - Ορισμός σημείων δειγματοληψίας - Επικοινωνία για σύμφωνη γνώμη στην εγκατάσταση των σταθμών
- Παραλαβή - τεχνικός έλεγχος - διόρθωση μετρητικών σταθμών
- Εγκατάσταση, έλεγχος και επίλυση προβλημάτων σε μετρικούς σταθμούς
- Δημιουργία μεταδεδομένων - (Γεωγραφική θέση, Προσανατολισμός, Περιοχή, κ.α)
- Συλλογή δεδομένων από ιστοχώρους πρόγνωσης ατμοσφαιρικής ρύπανσης για σύγκριση
- Προεπισκόπηση δεδομένων και εξαγωγή αρχικών συμπερασμάτων
- Συλλογή δεδομένων
- Προεπεξεργασία δεδομένων (Μετατροπή σε κατάλληλη μορφή, καθαρισμός, συμπλήρωση τιμών, και ενοποίηση δεδομένων)
- Αποσύνθεση σε τάσεις και οπτικοποίηση των τάσεων
- Συσχέτιση των τάσεων
- Δημιουργία συνόλων δεδομένων με διαφορετικές χρονικές αναλύσεις
- Δημιουργία μέσων όρων για την ερευνόμενη περιοχή
- Διακριτοποίηση και δημιουργία πρόσθετων χαρακτηριστικών για τον υπολογισμό της κλίμακας ποιότητας αέρα σύμφωνα με την μεθοδολογία του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Περιβάλλοντος
- Μετασχηματισμός δεδομένων με βάση την ώρα της ημέρα
- Μετασχηματισμός δεδομένων με βάση την κατεύθυνση και ταχύτητα του ανέμου
- Εξαγωγή και ερμηνεία συσχετίσεων
- Εφαρμογή και ερμηνεία μοντέλων γραμμικής παλινδρόμησης

Ερευνώμενη γεωγραφική τοποθεσία

Νάουσα, Ημαθίας - Κεντρική Μακεδονία


Δήμος Θεόδωρου Ζιάκα
Καταφύγιο Άγριας Ζωής Ανθότοπος Σκήτη
Ζώνες Π1, Π2,Π3,Π4
Δάσος Δήμου Νάουσας και Δασών Σελίου - Τσανακλί...
Κάτω Βέρμιο
Πηγάδια
Αρκοχώρι
Αγ. Νικόλαος
Νάουσα
Κουτίχα
Ναός Ροδακινιά
Σχολή Αριστοτέλους
2D
Google
100%
Landsat / Copernicus Data SIO, NOAA, U.S. Navy, NGA, GEBCO Maxar Technologies
Κάμερα: 2.262 μ. 40°38'11"N 22°04'04"E 305 μ.

SW Βέρμιο


Πάικο
Θεσσαλονίκη
Νάουσα
3-5 Πηγάδια
Google
100%
Landsat / Copernicus Data SIO, NOAA, U.S. Navy, NGA, GEBCO Maxar Technologies TerraMetrics CNES / Airbus
Κάμερα: 5.765 μ. 40°35'33"N 21°59'42"E 1.671 μ.
2D

Προετοιμασία και τοποθέτηση σταθμών μέτρησης

Προσωπικός μετεωρολογικός σταθμός (PWS)
+ 12 Smart Citizen Kits (SCK)

Προσωπικός μετεωρολογικός σταθμός



Ταχύτητα ανέμου

Κεραία μετάδοσης δεδομένων στην εσωτερική μονάδα

Βροχόπτωση & ταχύτητα βροχόπτωσης

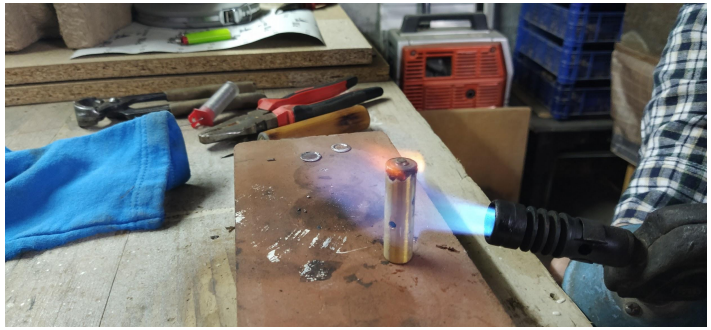
Διεύθυνση ανέμου

Θερμοκρασία & σχετική υγρασία

Θερμοκρασία & σχετική υγρασία εσ. Χώρου

Ημερομηνία ώρα μέσω συγχρονισμού με time server & WiFi μετάδοση των δεδομένων σε υπηρεσίες (weather underground & weather cloud)

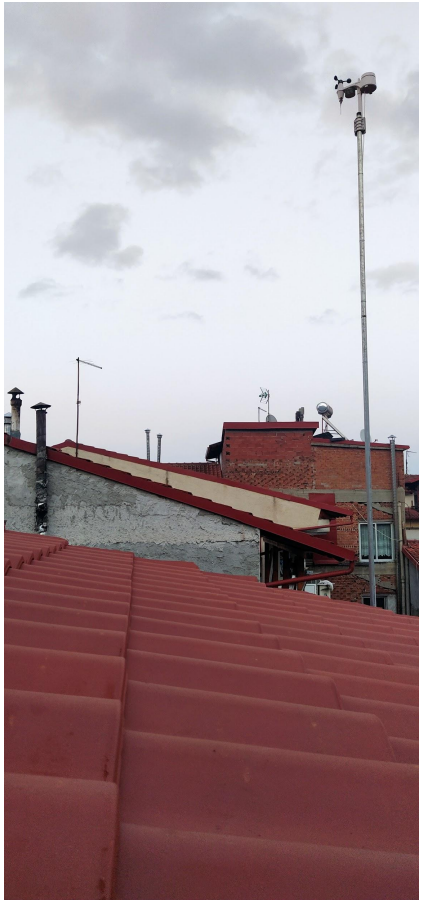
Προετοιμασία & τοποθέτηση PWS



Τροποποιήσεις για τροφοδότηση της εξωτερικής μονάδας με καλώδιο - μετασχηματιστή



Εργασίες τοποθέτησης



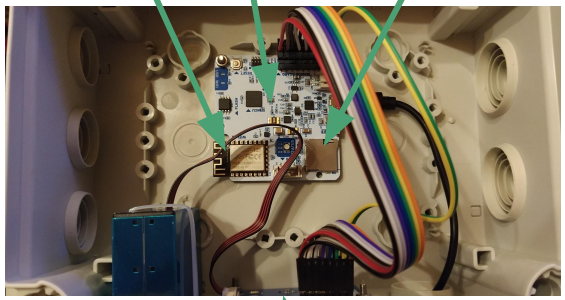
Τελική τοποθέτηση σε ύψος 10m από το έδαφος

Smart Citizen Kits

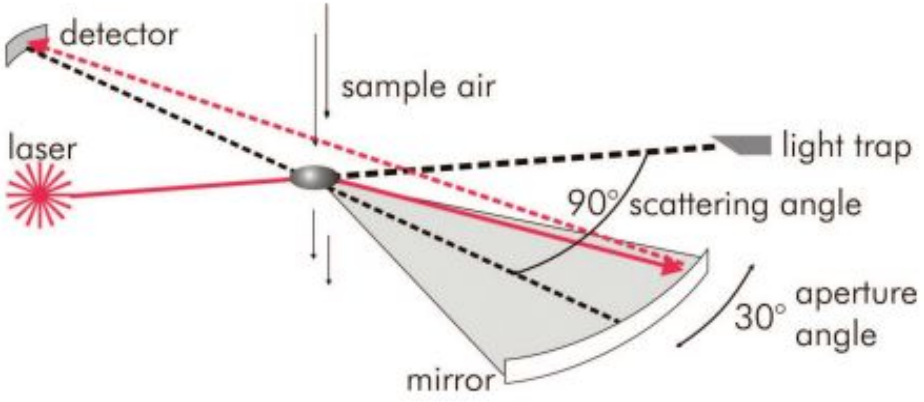
Which sensors does the kit include?

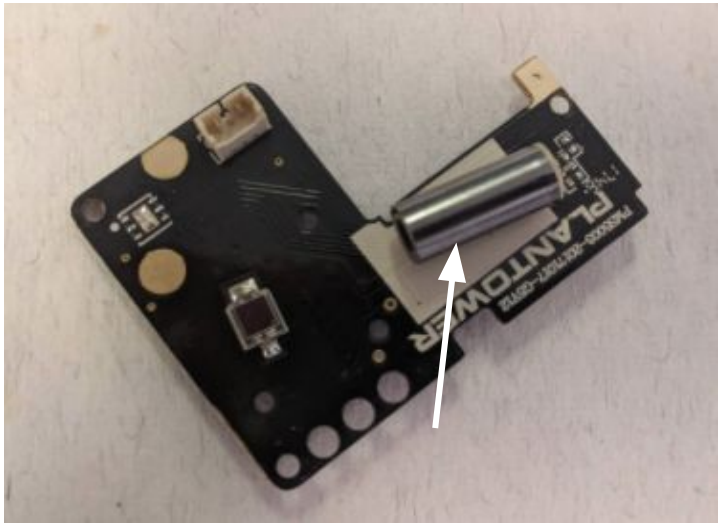
Air Temperature	°C	Sensirion SHT31
Relative Humidity	%rh	
Noise Level	dBA	Invensense ICS4342
Ambient Light	lx	Rohm BH1721FVC
Barometric pressure	kPa	NXP MPL3115A2
Equivalent Carbon Dioxide	ppm	AMS CCS811
Volatile Organic Compounds	ppb	
Particle Matter (PM1/2.5/10)	$\mu g/m^3$	Plantower PMS 5003





Αρχή λειτουργίας PM Sensor

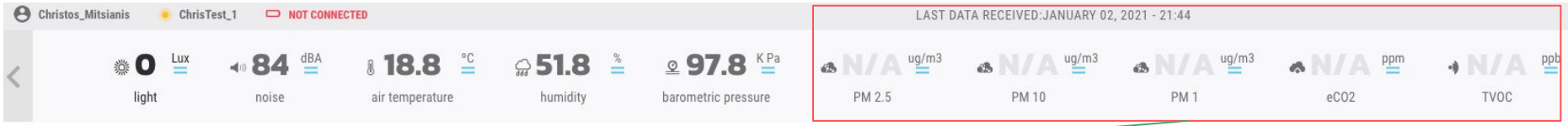




Εικόνα αριστερά: Αρχή λειτουργίας αισθητήρων μέτρησης με σκέδαση του φωτός
Εικόνα δεξιά: Το εσωτερικό μέρος του αισθητήρα και το laser εκπομπής φωτός

Επίλυση προβλημάτων

Smart Citizen Kits - Debugging



Update firmware

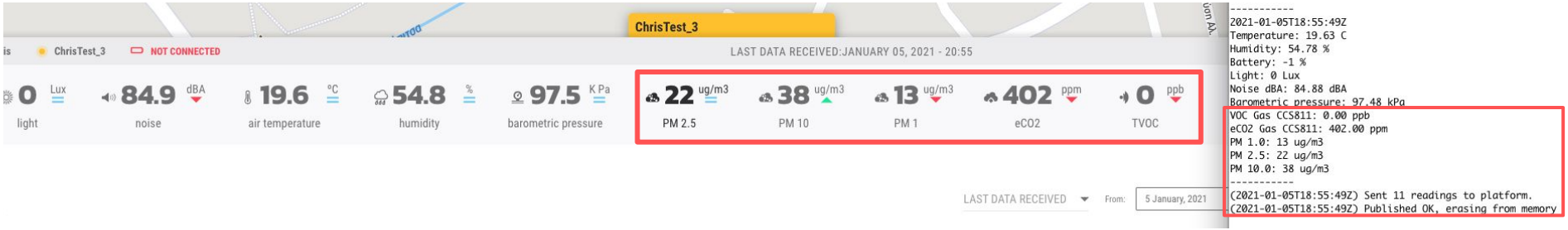
Sensor Interval Correction to 1 minute

```
SCK > sensor pm -interval 60
The sensor read interval is calculated as a multiple of general read interval (60)
Changing interval of PM 1.0 to 60
Changing interval of PM 2.5 to 60
Changing interval of PM 10.0 to 60
Saved configuration on eeprom!!
SCK > Synced config with ESP!!
```

Communication Interval Correction to 1 minute

```
config -pubint 60
```

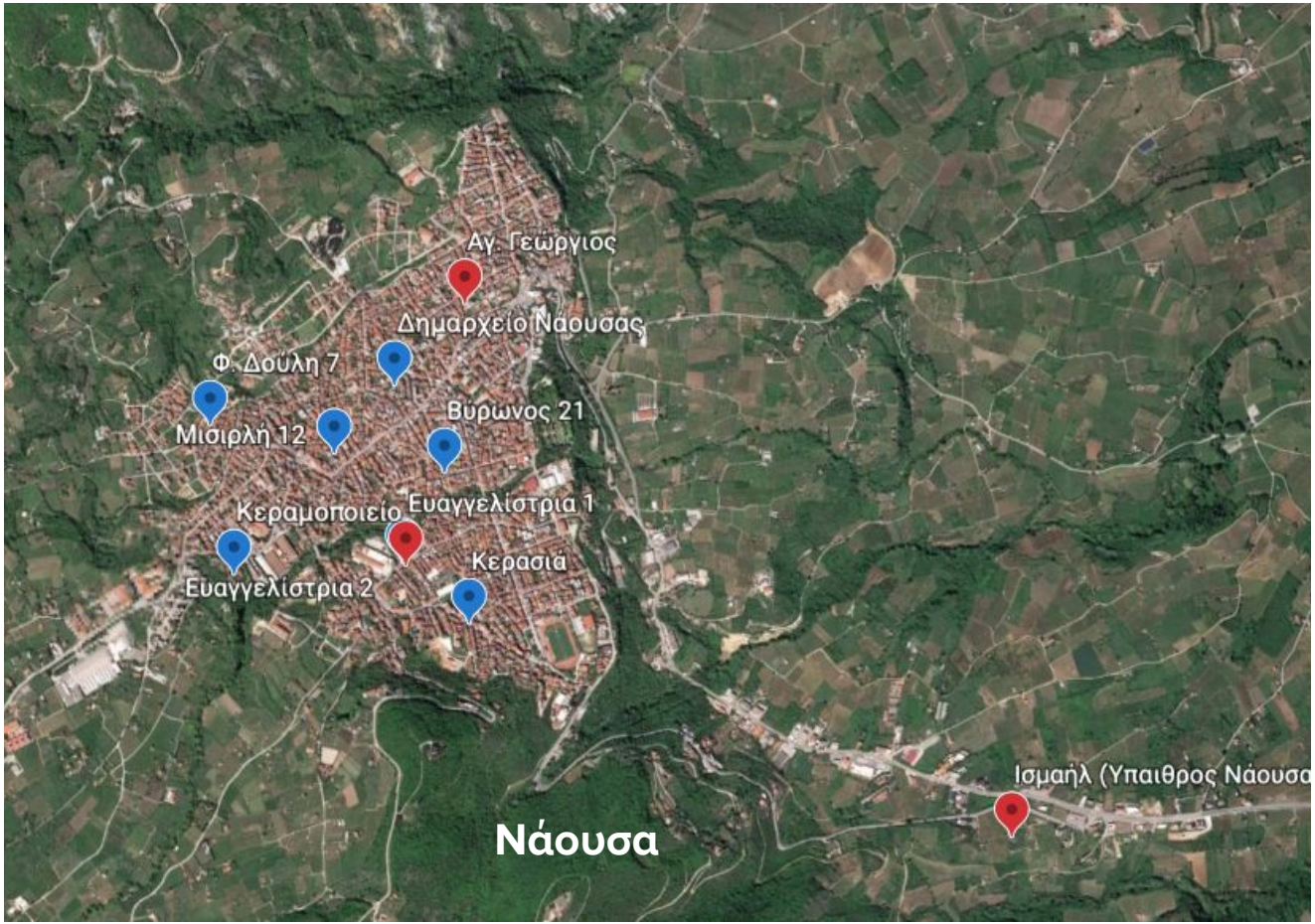
Smart Citizen Kits - Debugging



Προετοιμασία πειράματος και επιλογή σημείων τοποθέτησης

Smart Citizen Kits - Σημεία τοποθέτησης

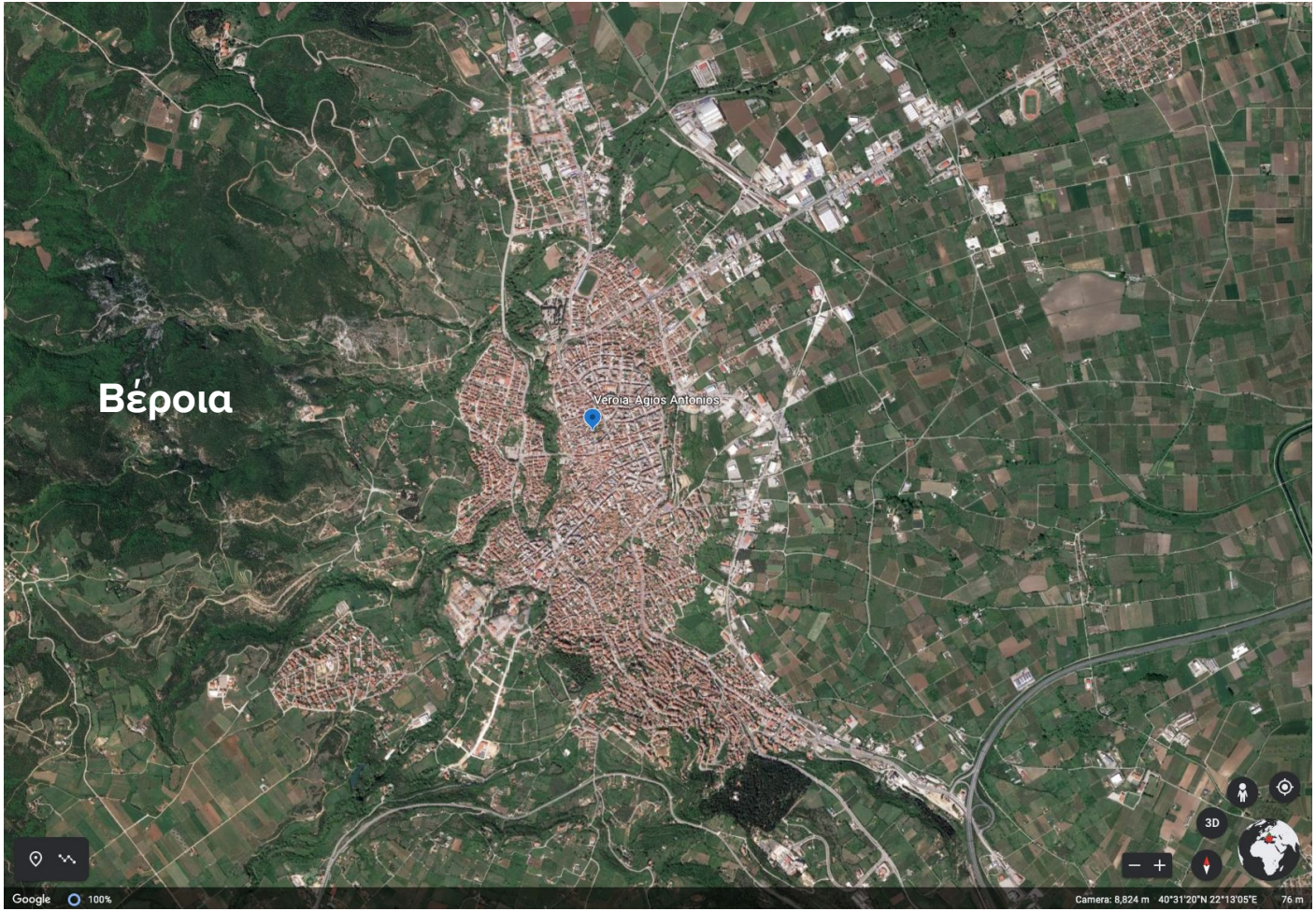
9 εντός πόλης
1 εσωτερικό χώρο



1 εκτός πόλης

Smart Citizen Kits - Σημεία τοποθέτησης

1 γειτονική πόλη



Προεπισκόπηση δεδομένων

Μετεωρολογικού σταθμού (Personal Weather Station)

WeatherCloud - Dashboard

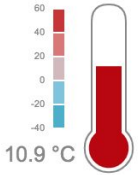
Naoussa_Evangelistria

Naoussa | 7:02 PM (UTC+02:00)

Last updated 8 minutes ago

Profile | Current | Wind | Evolution | Inside

Temperature



°C	Max	Min
Daily	15.1	7.1
Monthly	17.1	5.3
Yearly	17.1	-5.7

Humidity



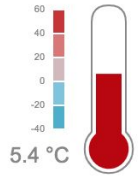
%	Max	Min
Daily	86	55
Monthly	97	43
Yearly	98	28

Atmospheric pressure



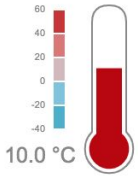
hPa	Max	Min
Daily	1010.9	1003.5
Monthly	1022.4	1000.3
Yearly	1027.1	998.0

Dew point



°C	Max	Min
Daily	8.7	3.7
Monthly	9.9	0.8
Yearly	11.0	-14.4

Wind chill

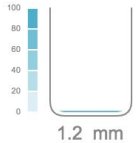


°C	Max	Min
Daily	15.1	6.2
Monthly	17.1	4.8
Yearly	17.1	-10.8

Heat index

°C	Max	Min
Daily	-	-
Monthly	-	-
Yearly	-	-

Rain



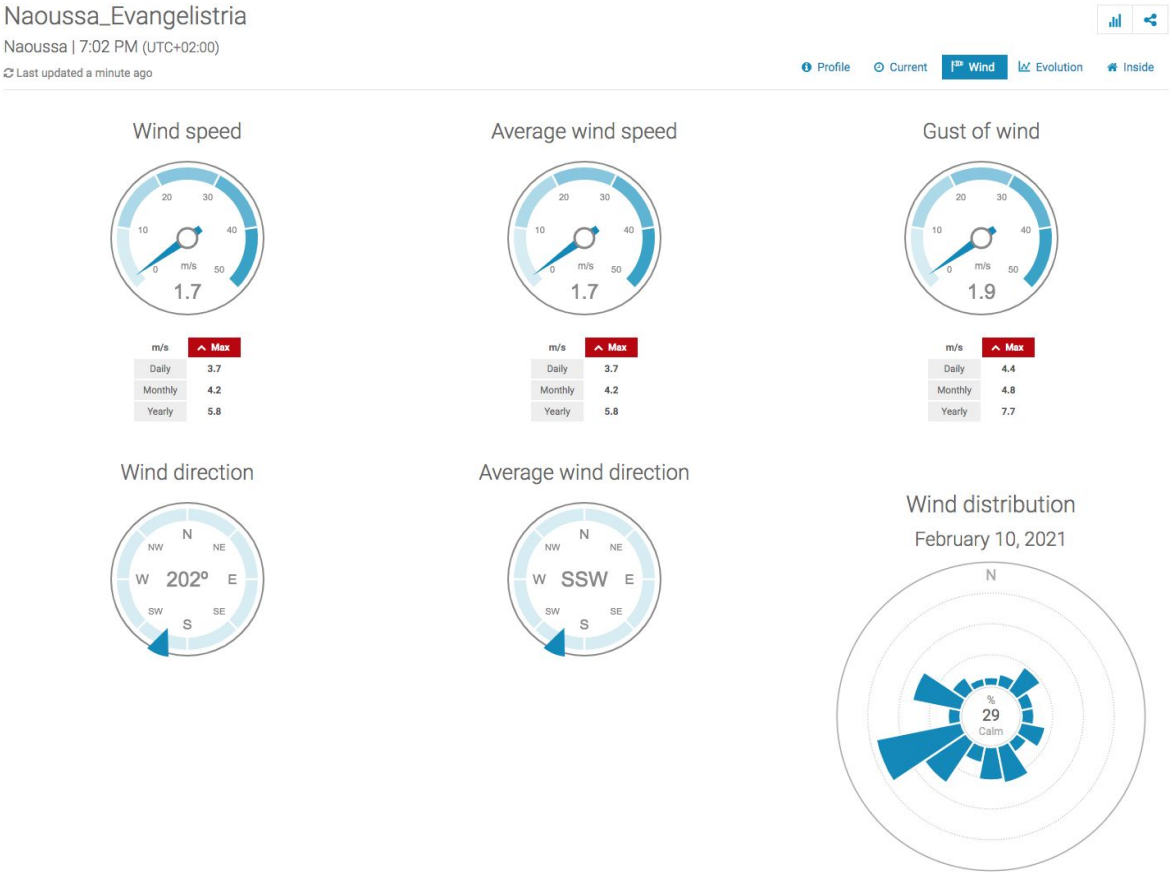
mm	Max	Total
Daily	1.2	1.2
Monthly	5.2	11.6
Yearly	42.4	178.8

Rain rate

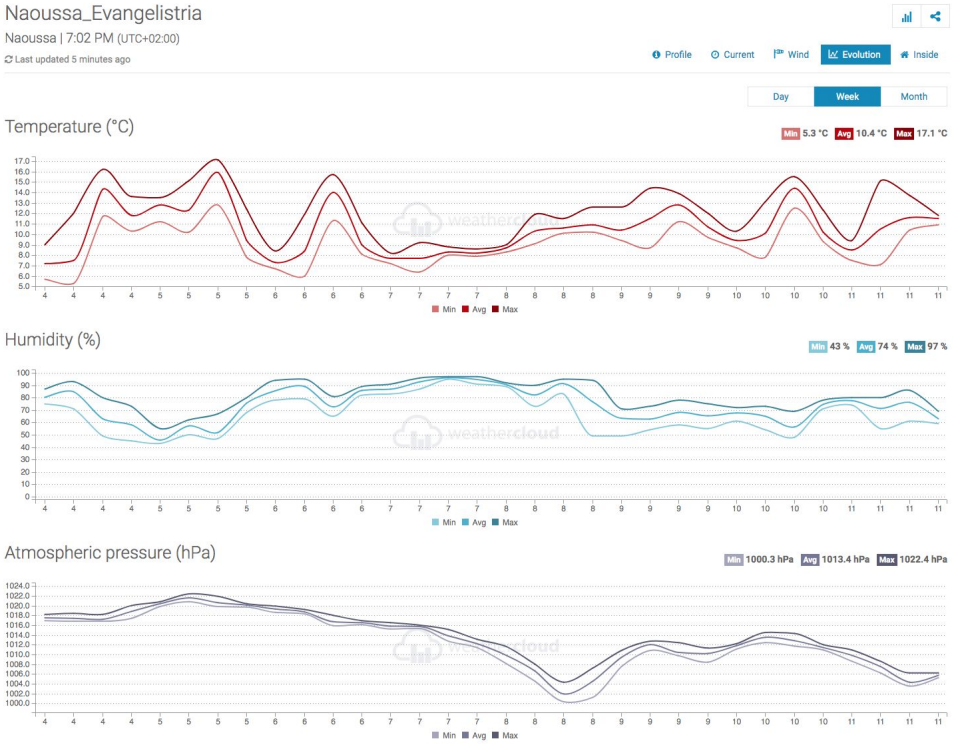


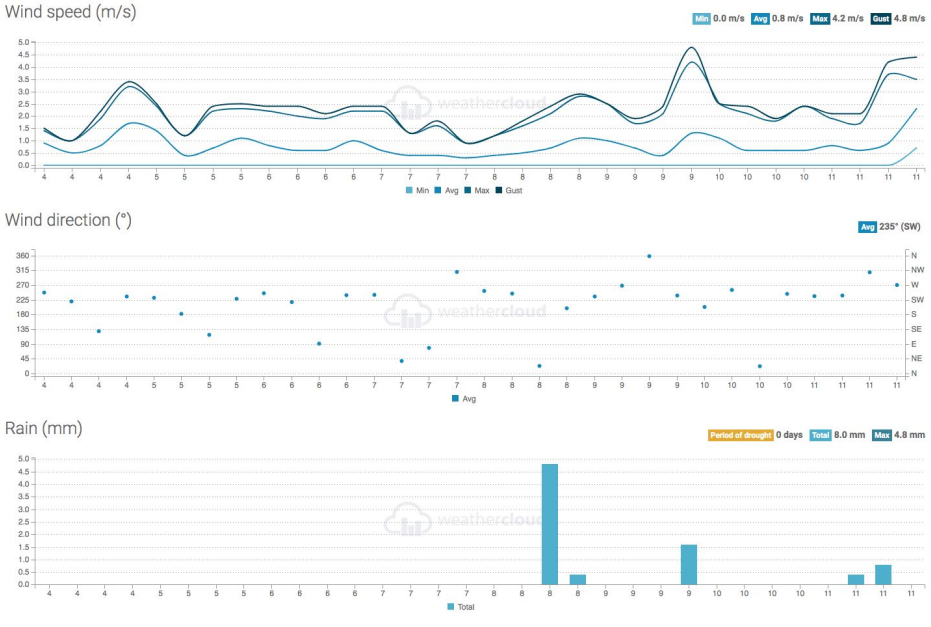
mm/h	Max
Daily	0.8
Monthly	3.2
Yearly	8.4

WeatherCloud - Dashboard Wind

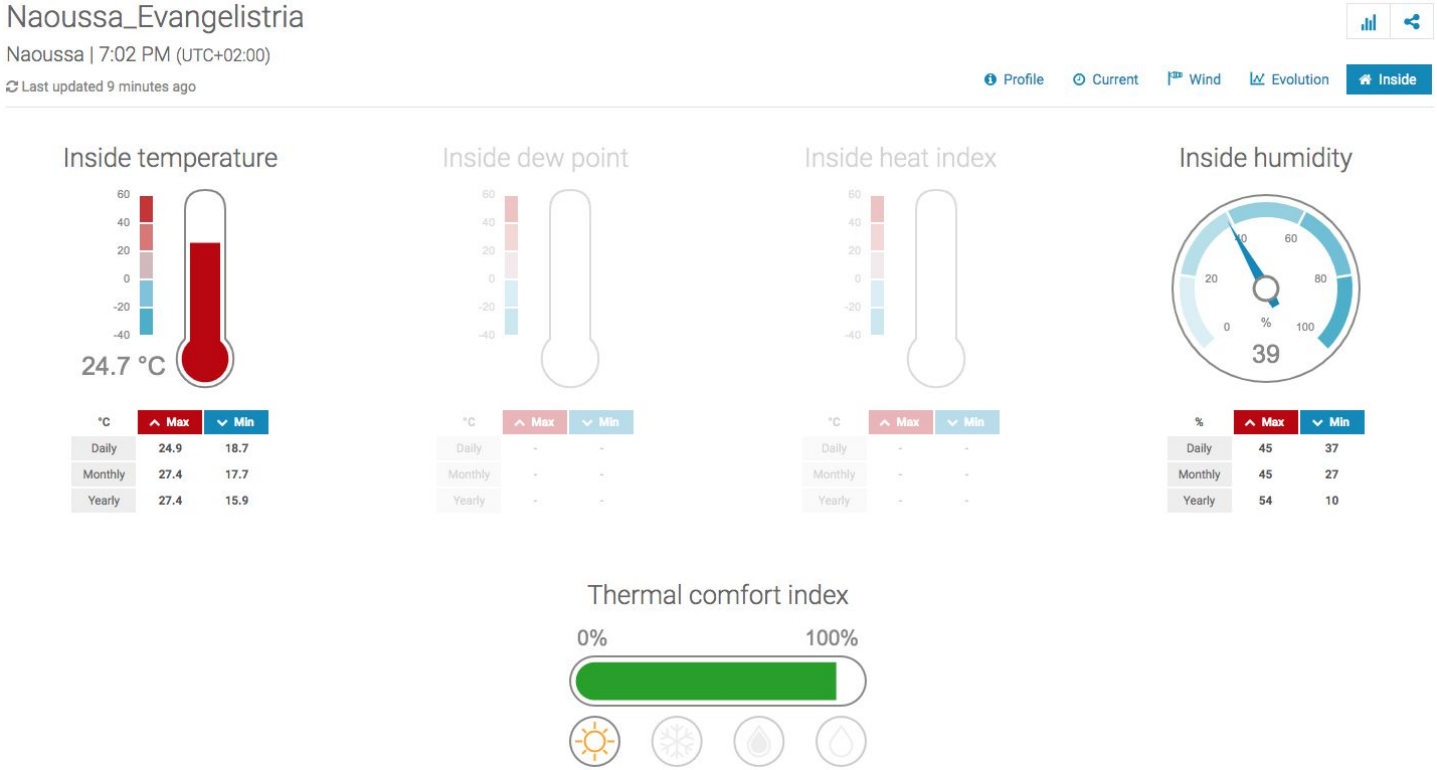


WeatherCloud - Evolution plots

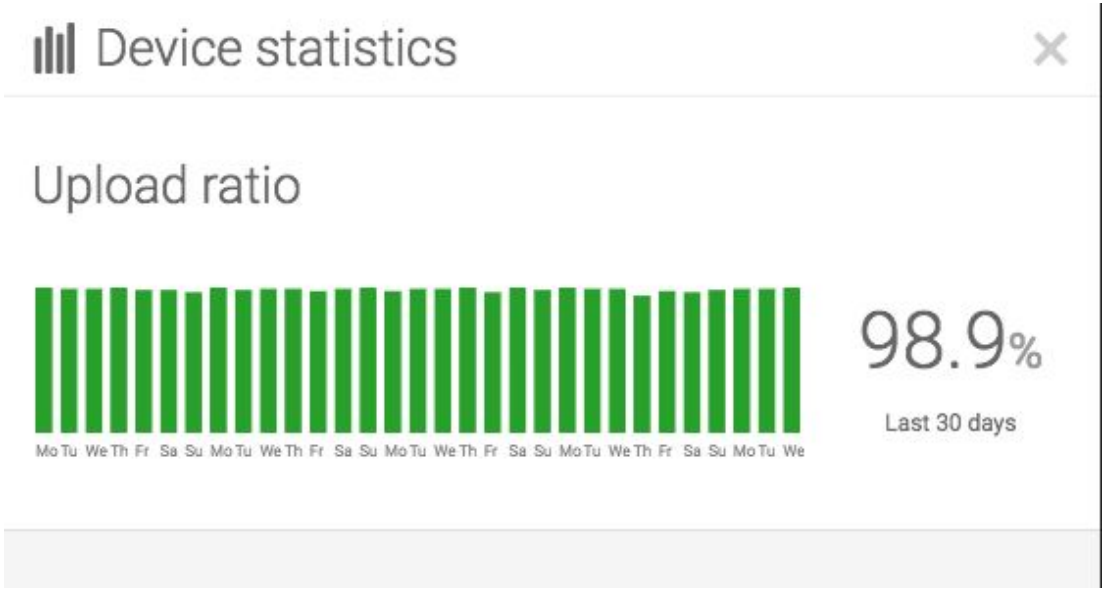




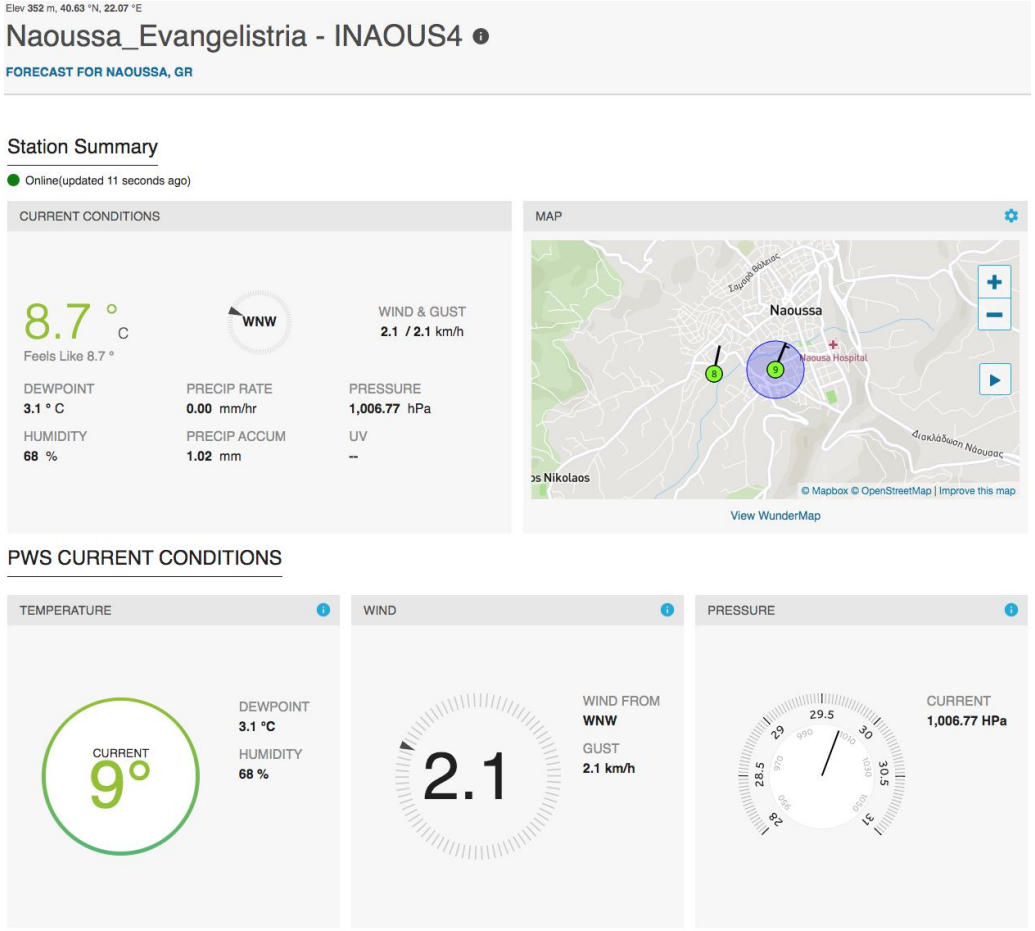
WeatherCloud - Inside Dashboard



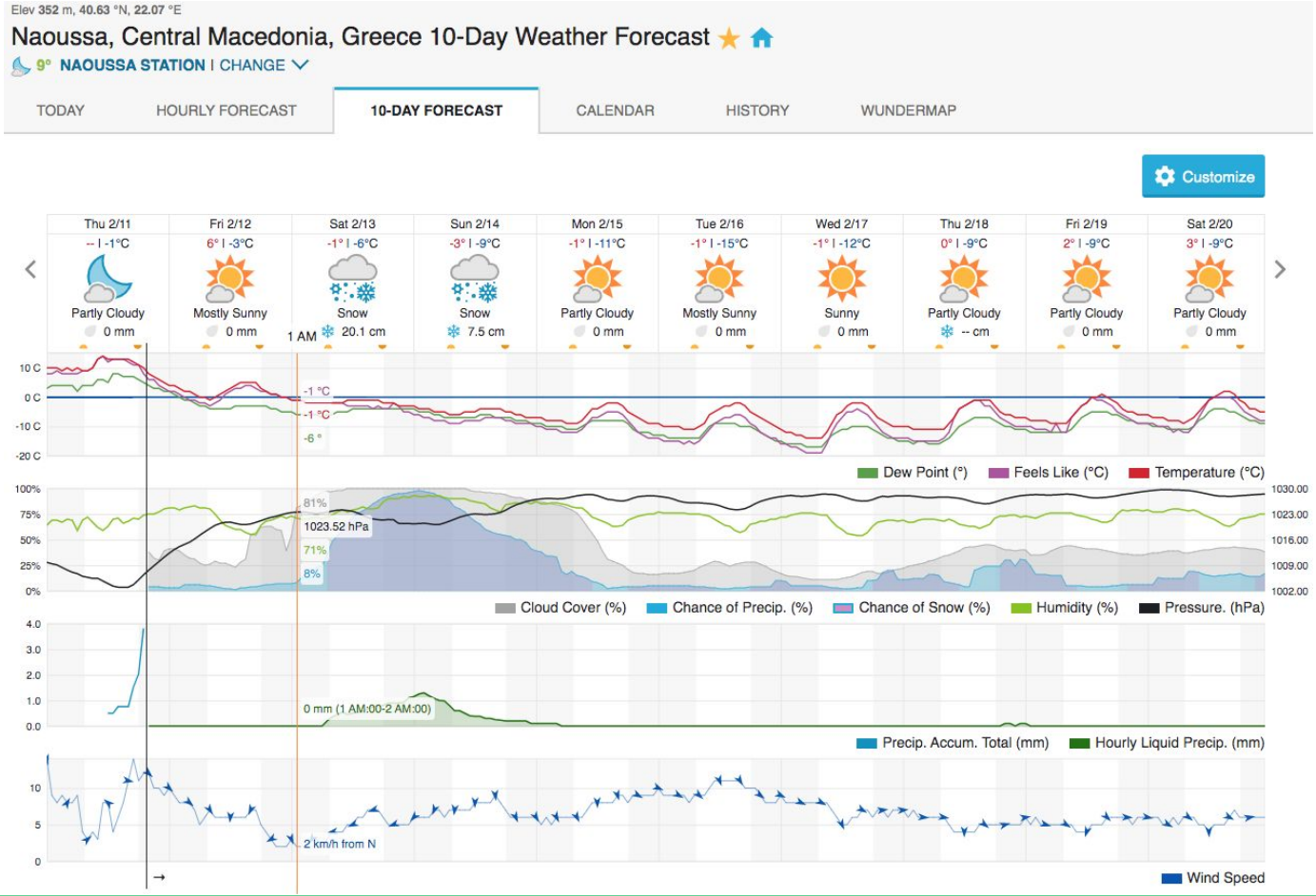
WeatherCloud - Upload Ratio



Weather Underground - Dashboard



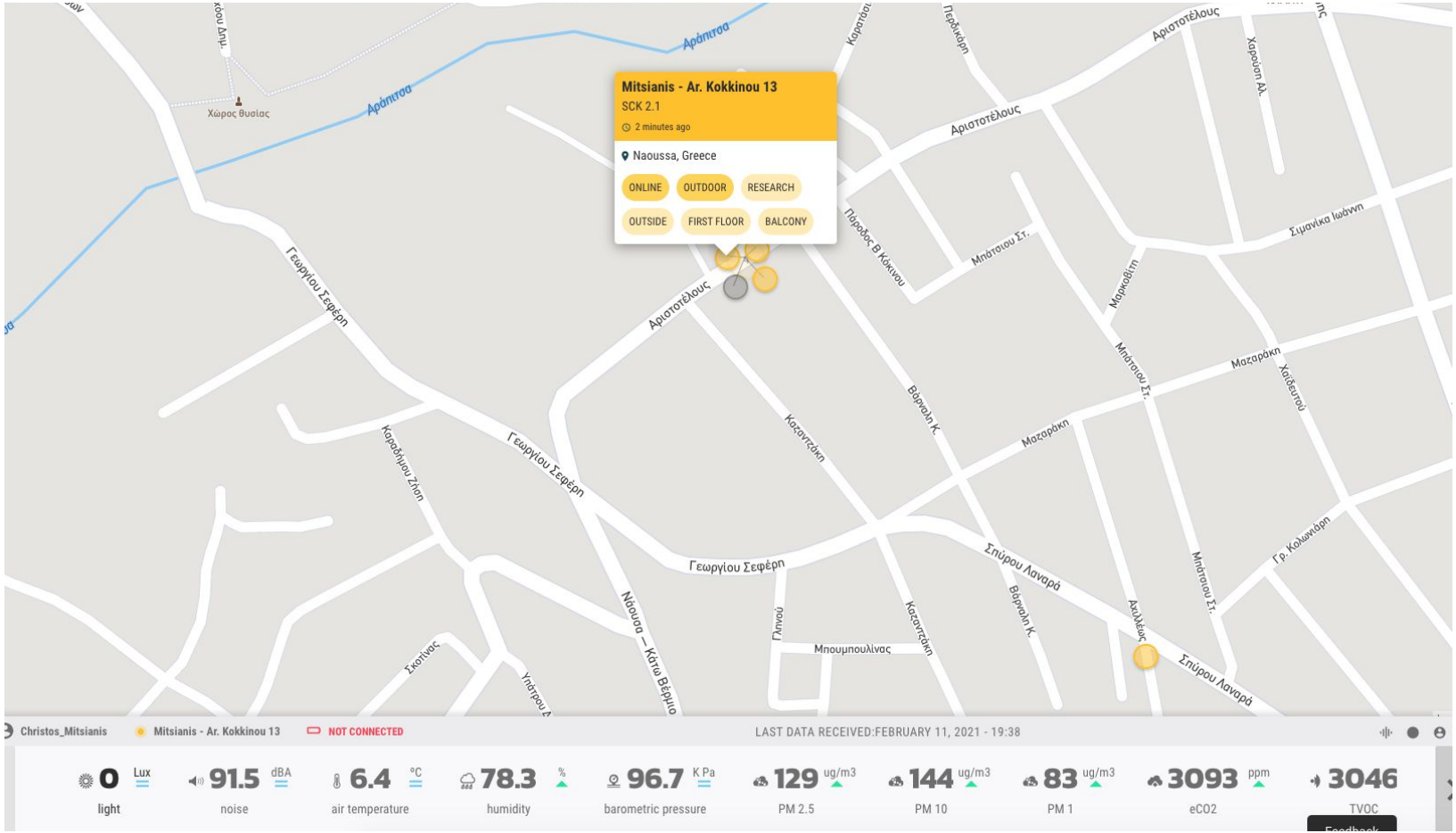
Weather Underground - 10 Day Forecast



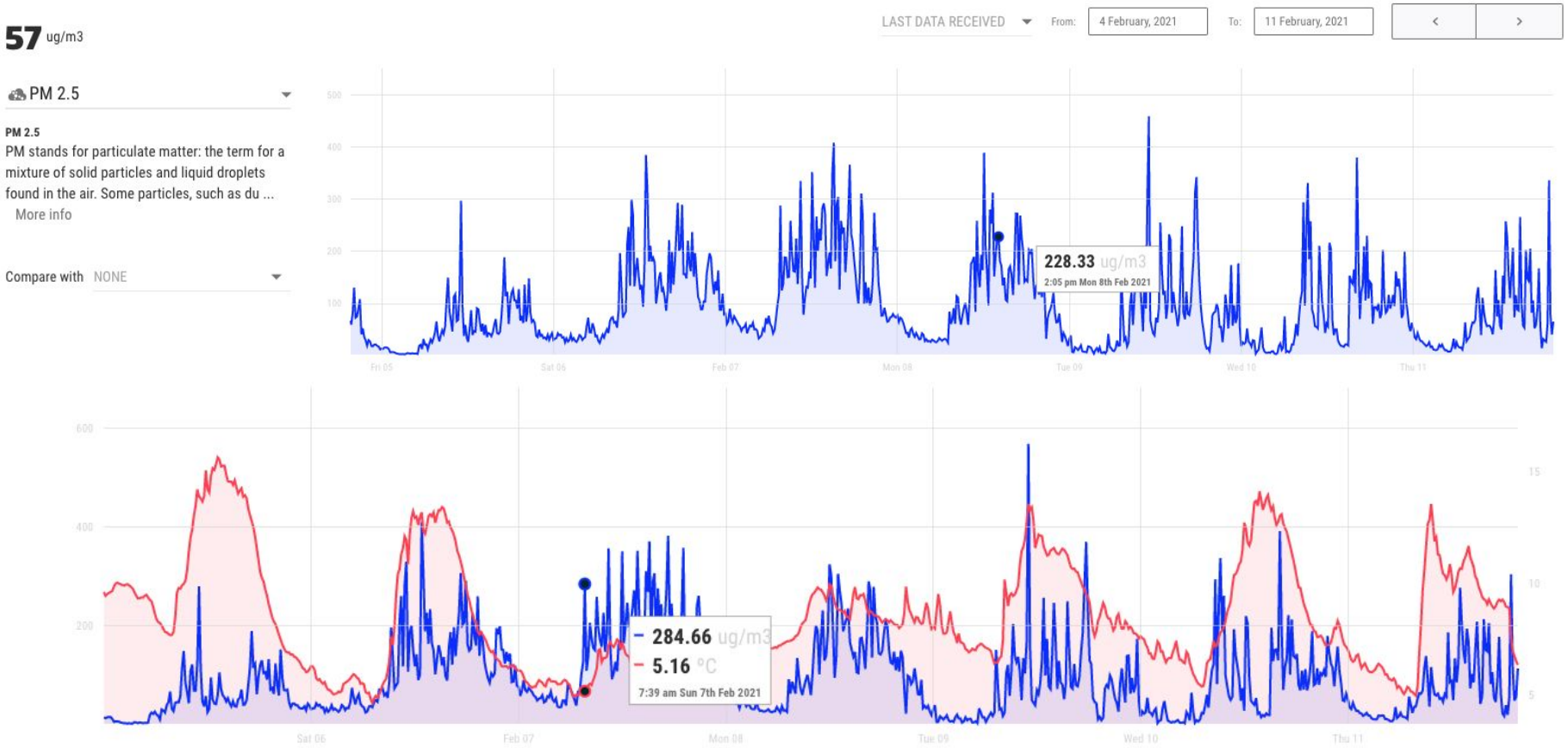
Προεπισκόπηση δεδομένων

Σταθμών μέτρησης περιβαλλοντικών δεδομένων - Smart Citizen Kits

Smart Citizen Platform - Station data

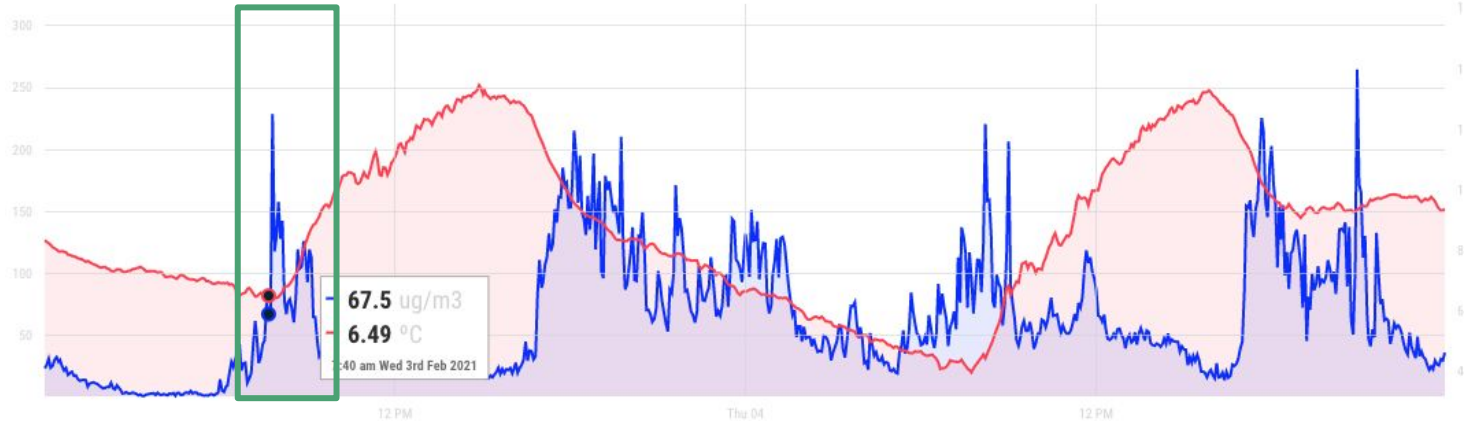


Smart Citizen Platform - Evolution Plot

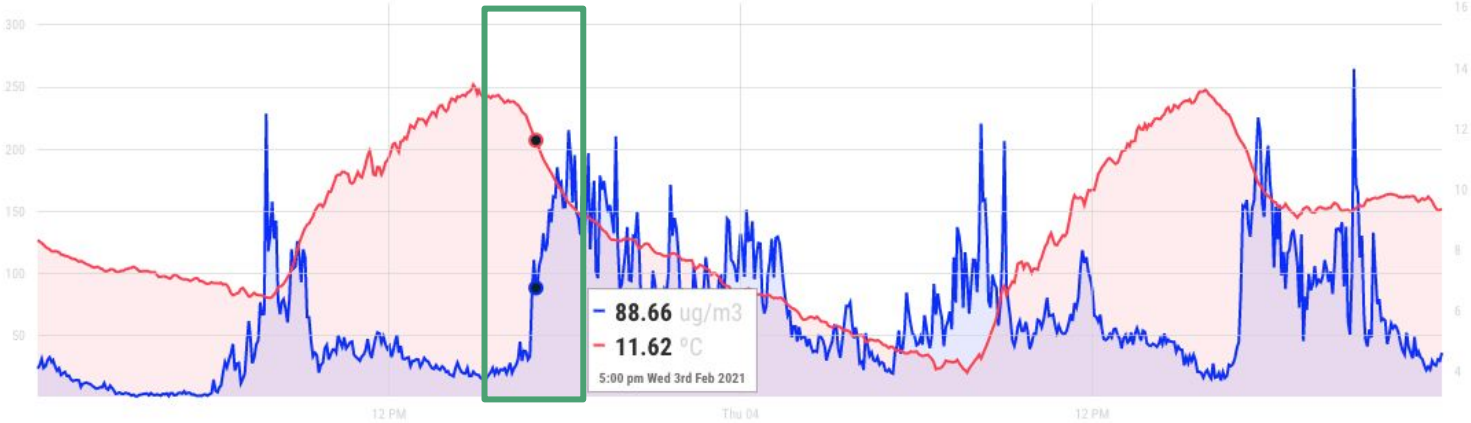


Smart Citizen Platform - Πρώτα συμπεράσματα

Άνοδος (7:00 - 8:00)

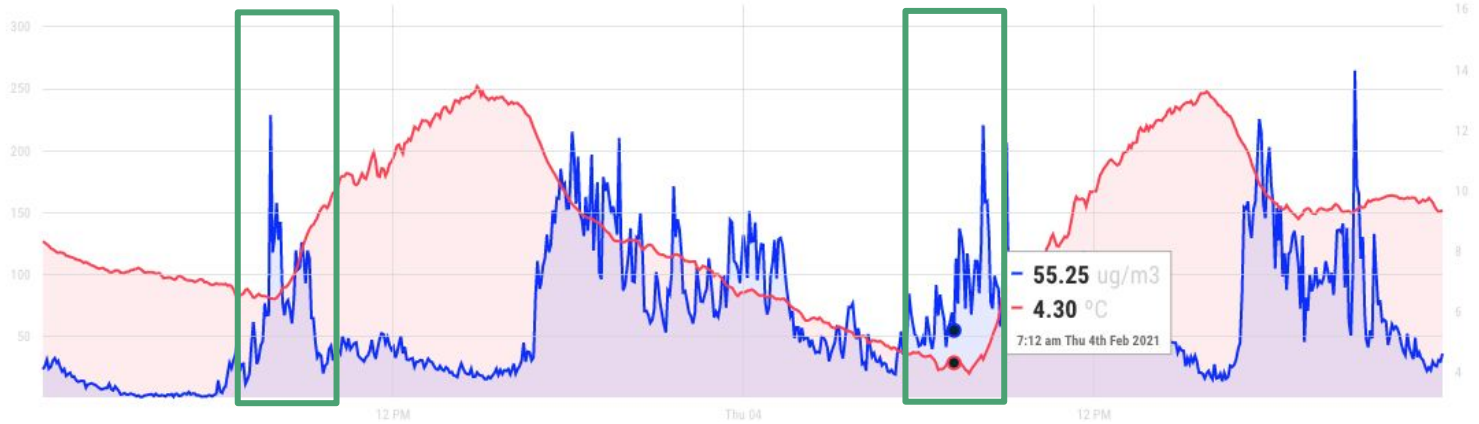


Άνοδος (15:00 - 17:00)

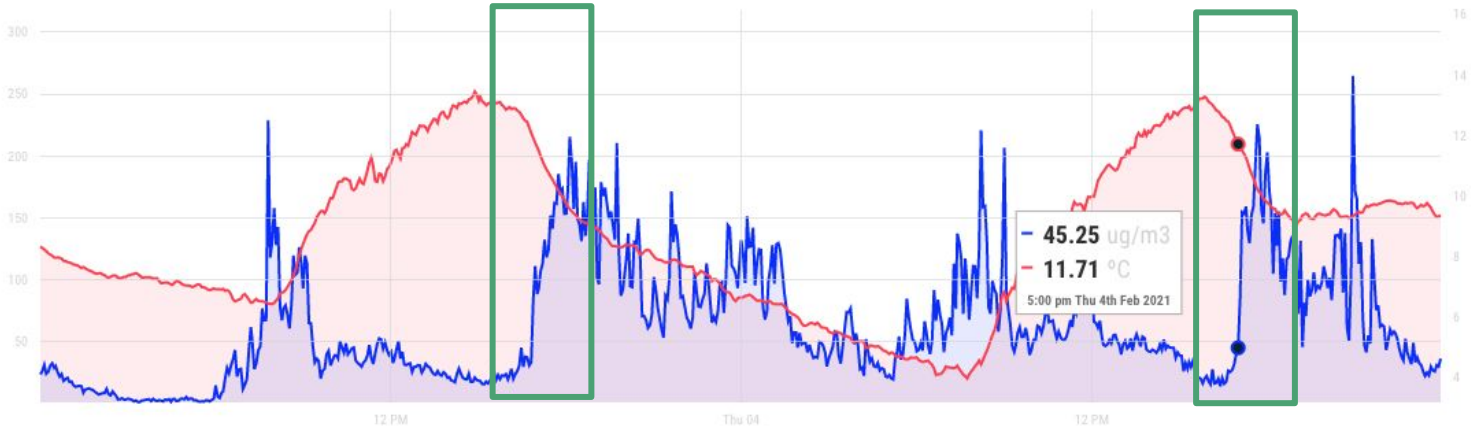


Smart Citizen Platform - Πρώτα συμπεράσματα

Άνοδος (7:00 - 8:00)

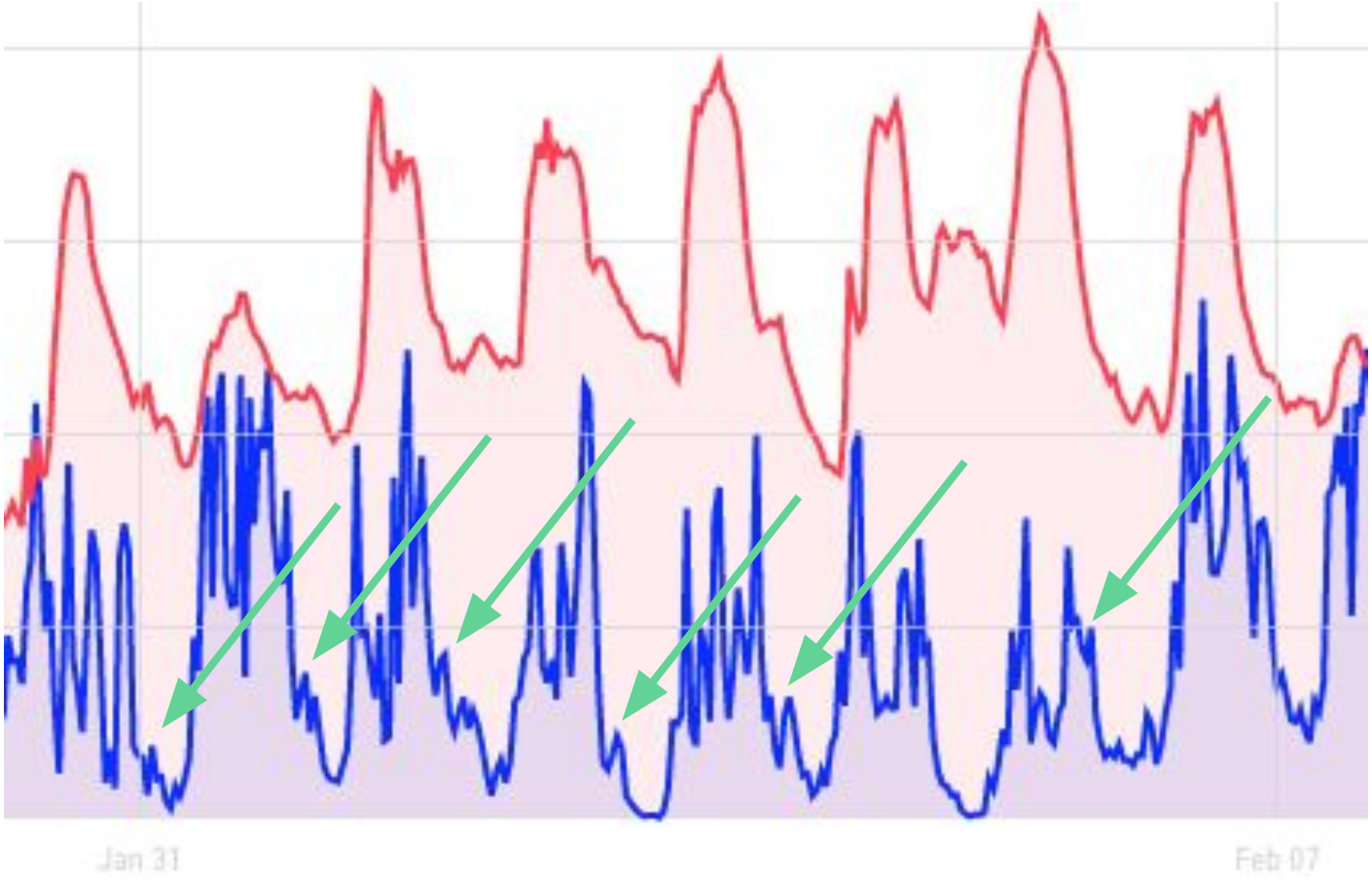


Άνοδος (15:00 - 17:00)



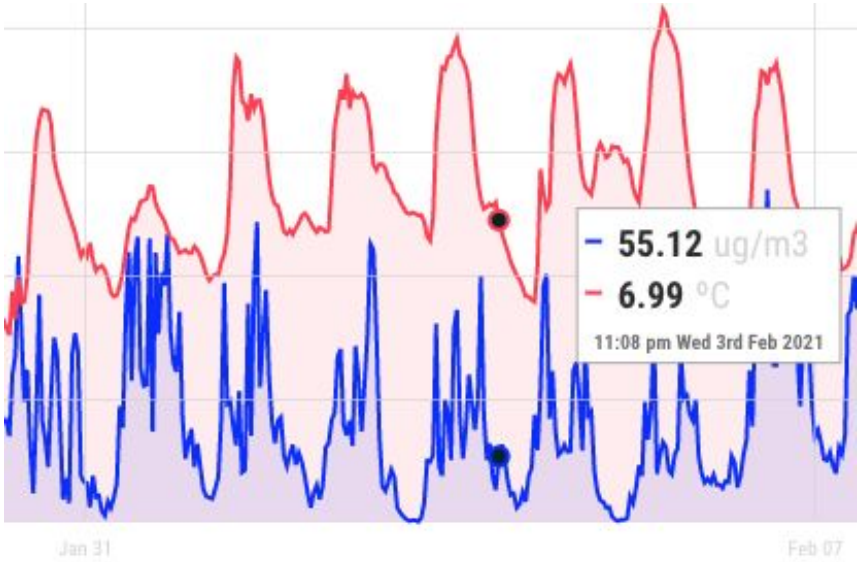
Smart Citizen Platform - Επιπλέον...

Θερμοκρασία
Συγκέντρωση pm 2.5



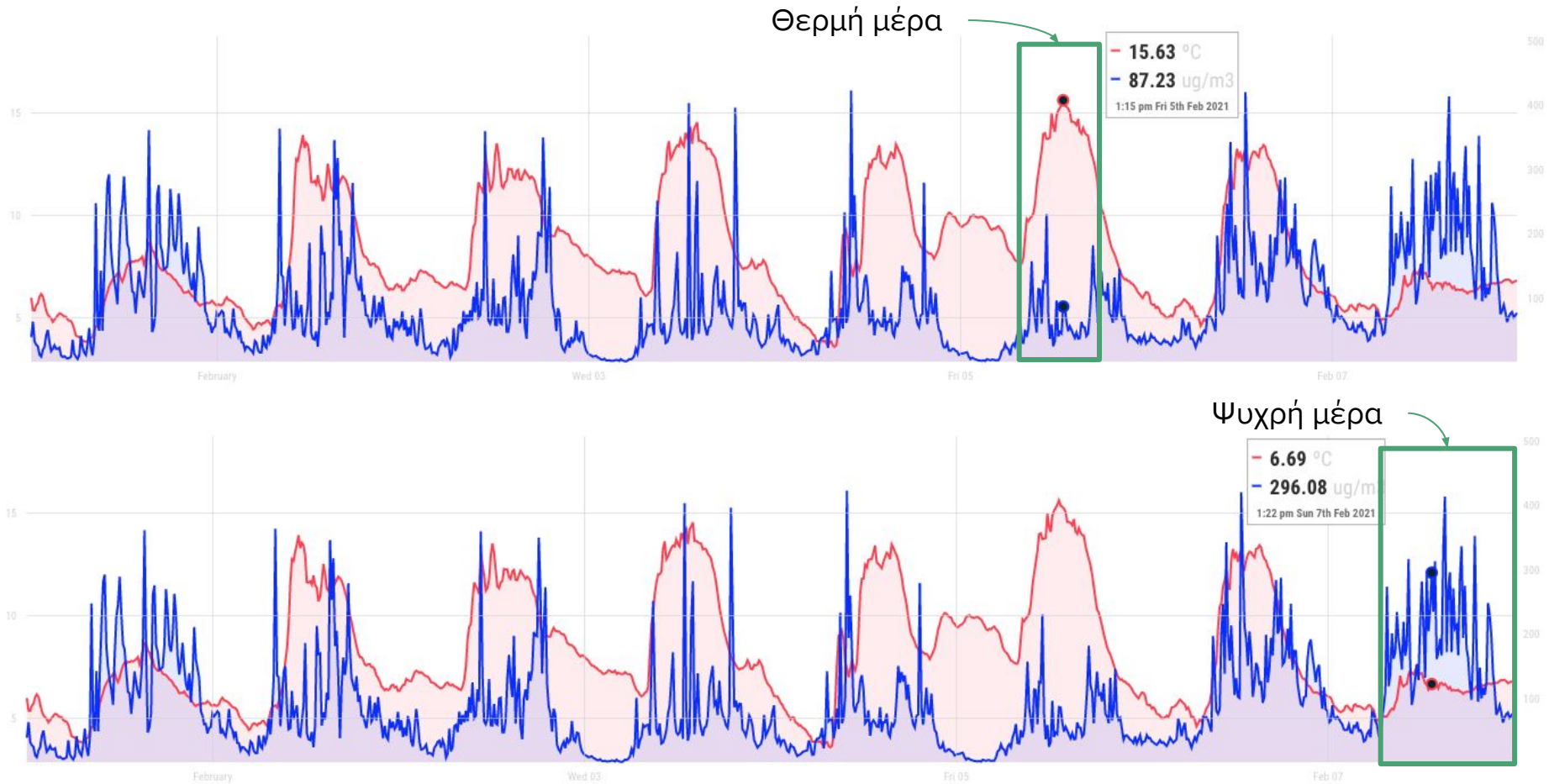
Smart Citizen Platform - Επιπλέον...





Ενα τελευταίο “πέταγμα” λίγο τα μεσάνυχτα...

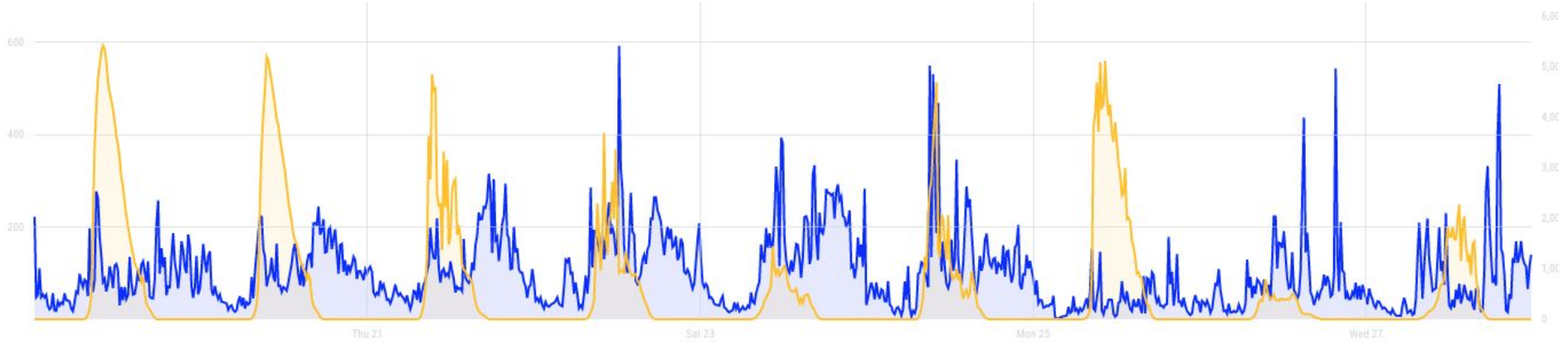
Smart Citizen Platform - Σχέση θερμοκρασίας και pm 2.5



Smart Citizen Platform - Σχέση φωτός και pm 2.5

Light

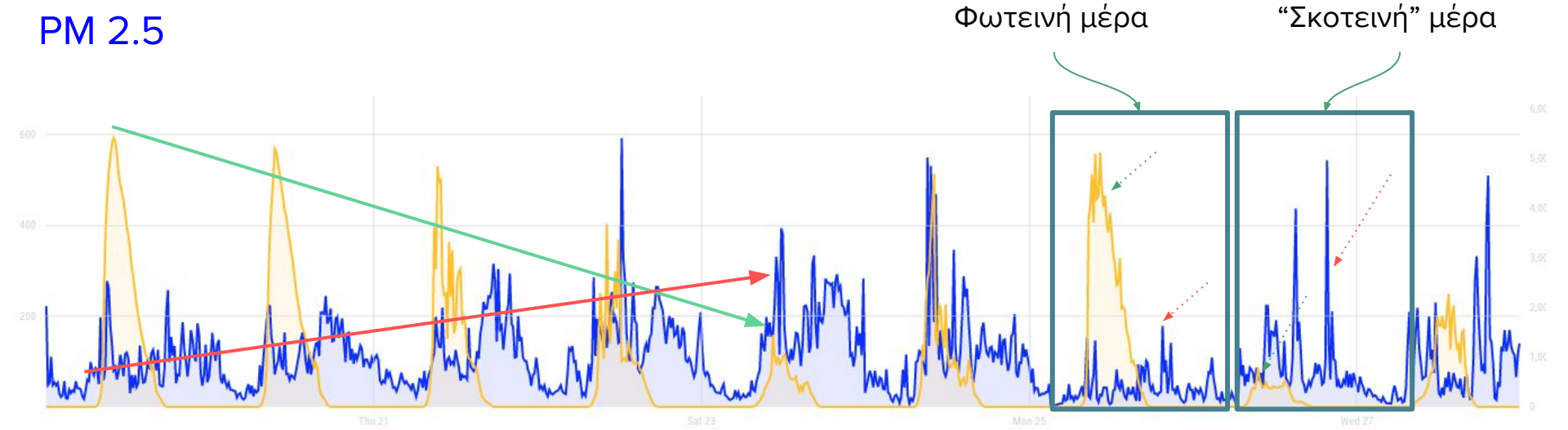
PM 2.5



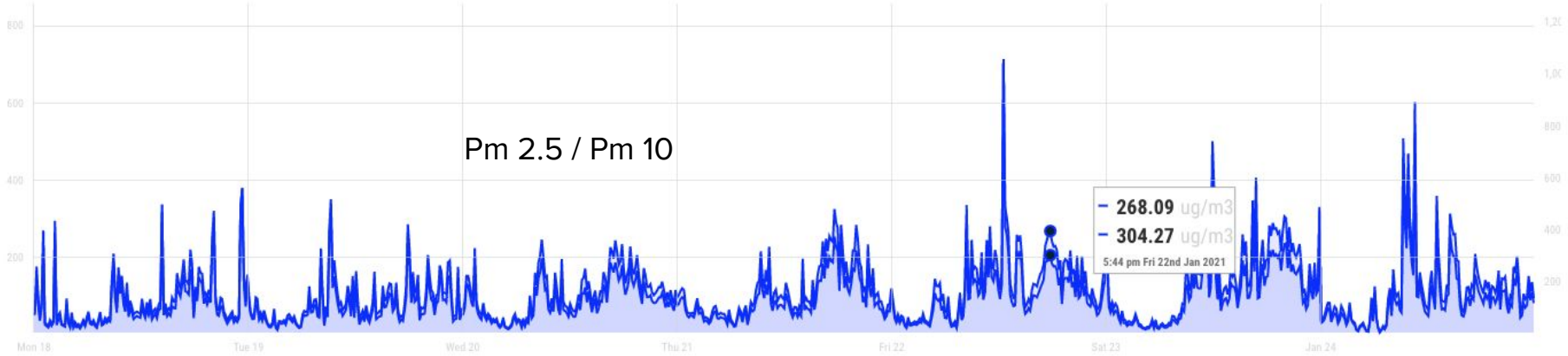
Smart Citizen Platform - Σχέση φωτός και pm 2.5

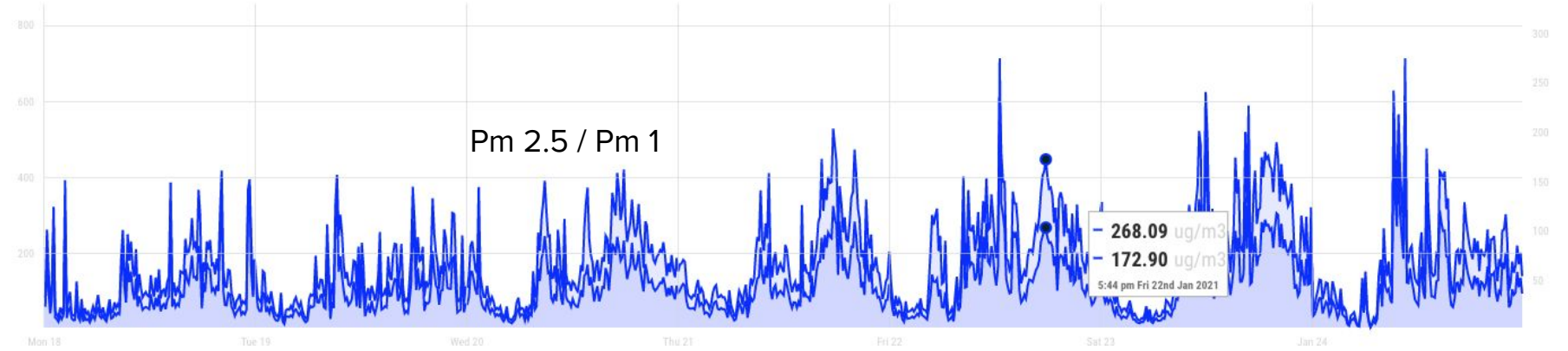
Light

PM 2.5



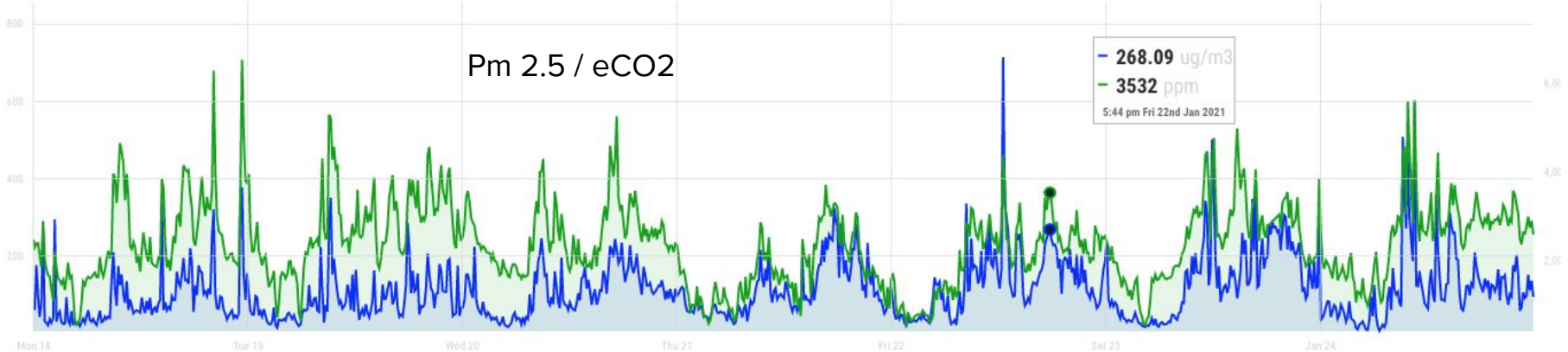
Smart Citizen Platform - Σχέσεις pm 2.5, pm 10 & pm 1

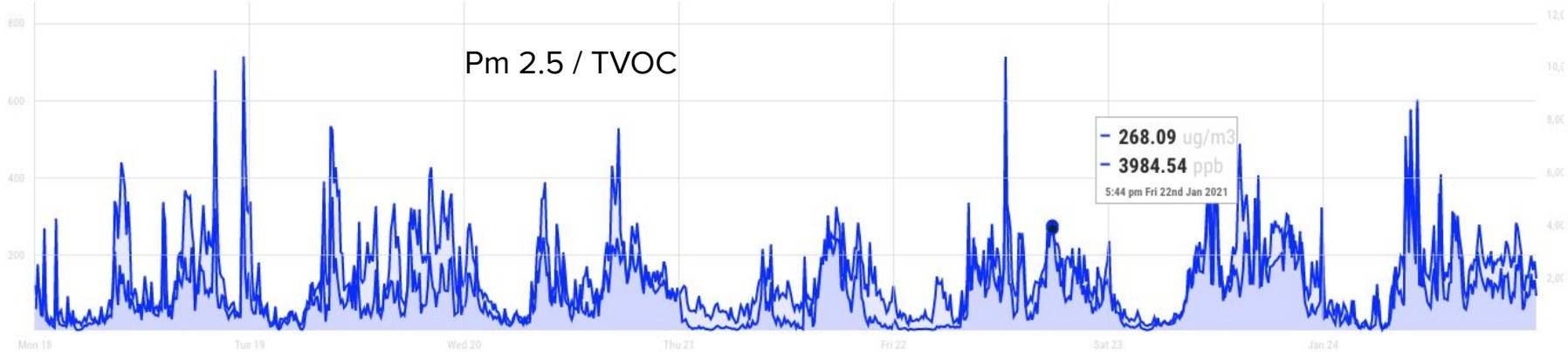




Εμφανείς ισχυρές συσχετίσεις

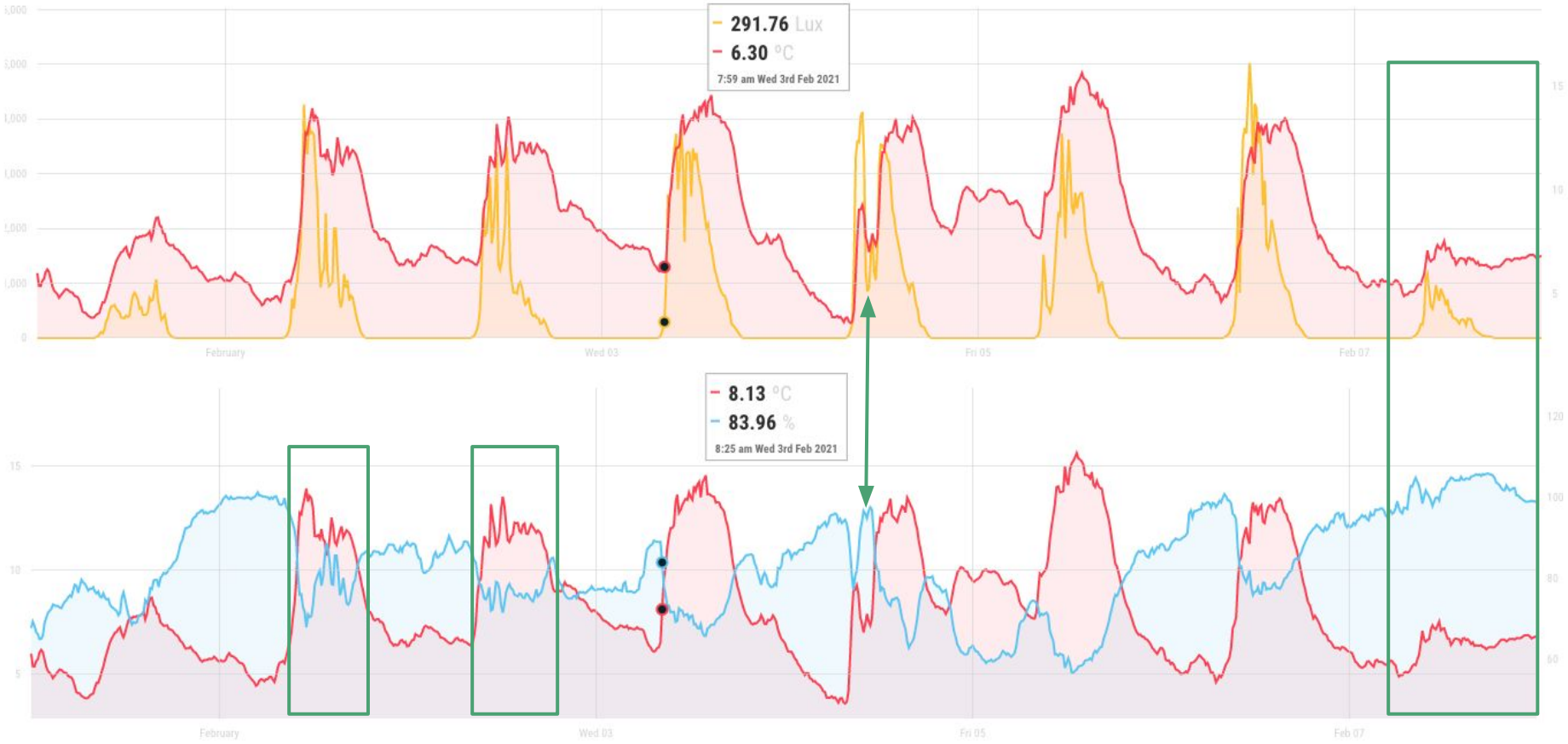
Smart Citizen Platform - Σχέση pm 2.5, eCO2 και TVOC



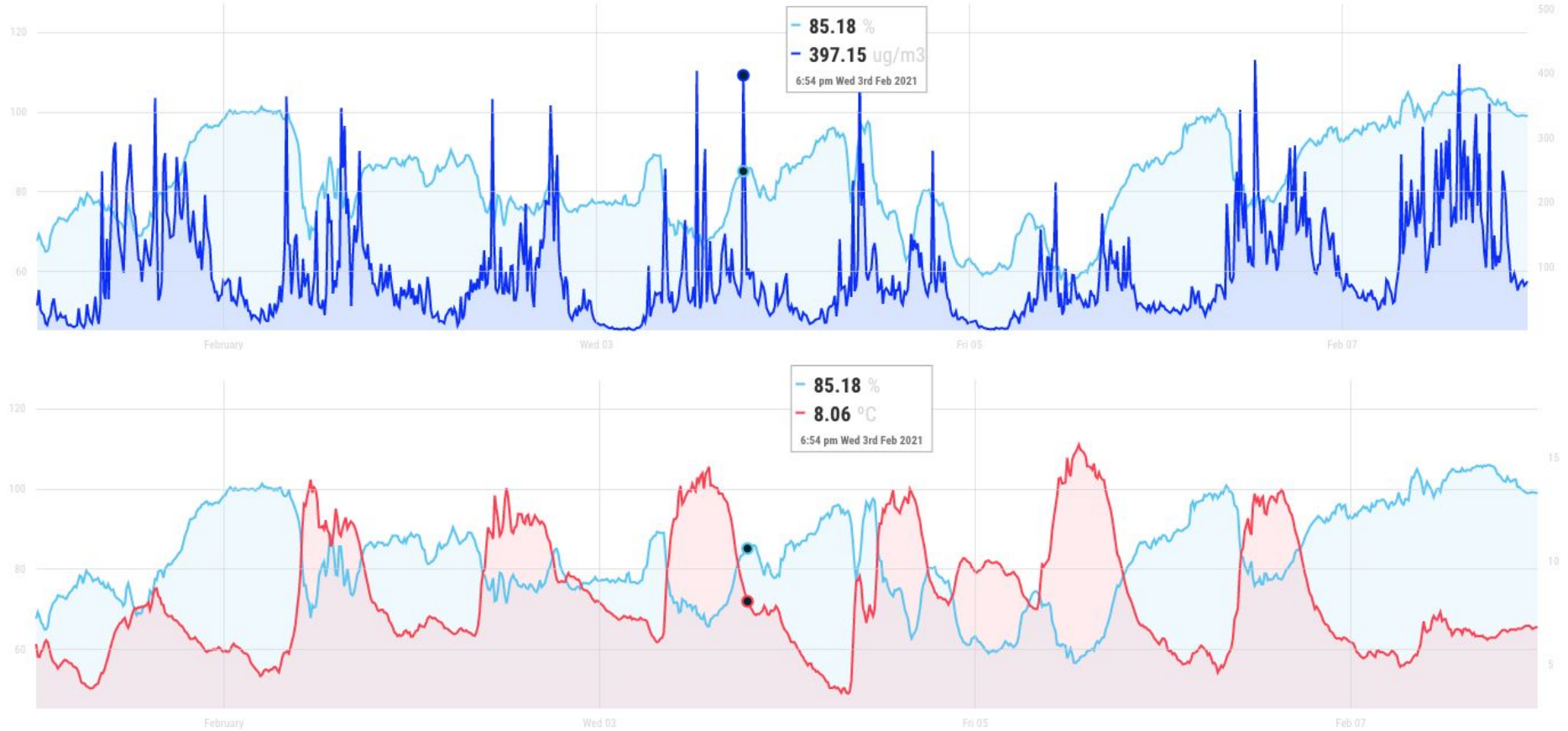


Εμφανείς συσχετίσεις

Smart Citizen Platform - Σχέσεις θερμοκρασίας, φωτεινότητας, σχετικής υγρασίας



Smart Citizen Platform - Σχέση σχετικής υγρασίας και pm 2.5



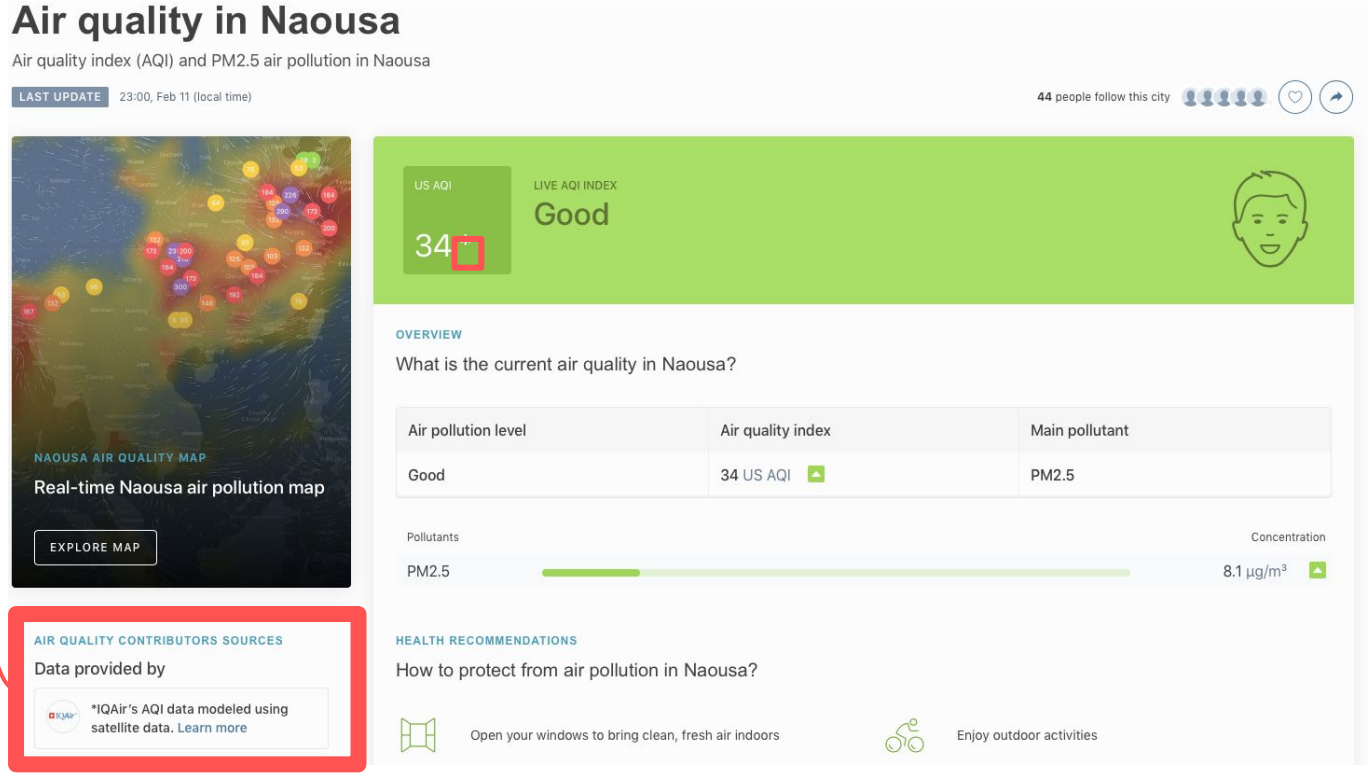
Άνοδος υγρασίας + Άνοδος συγκέντρωσης pm

Προεπισκόπηση δεδομένων

Πλατφόρμα και υπηρεσία ενημέρωσης για την ποιότητα αέρα - IQAir

IQAir - Πλατφόρμα ενημέρωσης για την ποιότητα αέρα

Εκτίμηση με βάση ένα μοντέλο δορυφορικών δεδομένων. Καμία επιπλέον πληροφορία για τον τρόπο υπολογισμού της εκτίμησης



What does the asterisk (*) mean on some locations' AQI? (χ.χ.). Ανακτήθηκε Φεβρουάριος 2021, από

http://support.iqair.com/en/articles/3029386-what-does-the-asterisk-mean-on-some-locations-aqi

IQAir - Σύγκριση με μέτρηση από Smart Citizen Kit

Air quality in Naousa

Air quality index (AQI) and PM2.5 air pollution in Naousa

LAST UPDATE 23:00, Feb 11 (local time)

44 people follow this city



US AQI
34 *

LIVE AQI INDEX
Good

OVERVIEW

What is the current air quality in Naousa?

Air pollution level	Air quality index	Main pollutant
Good	34 US AQI	PM2.5

Pollutants	Concentration
PM2.5	8.1 µg/m³

AIR QUALITY CONTRIBUTORS SOURCES

Data provided by

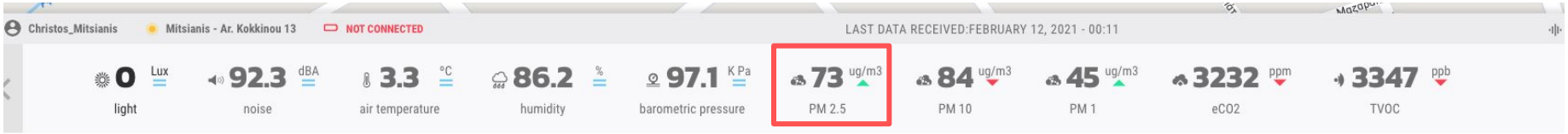
*IQAir's AQI data modeled using satellite data. Learn more

HEALTH RECOMMENDATIONS

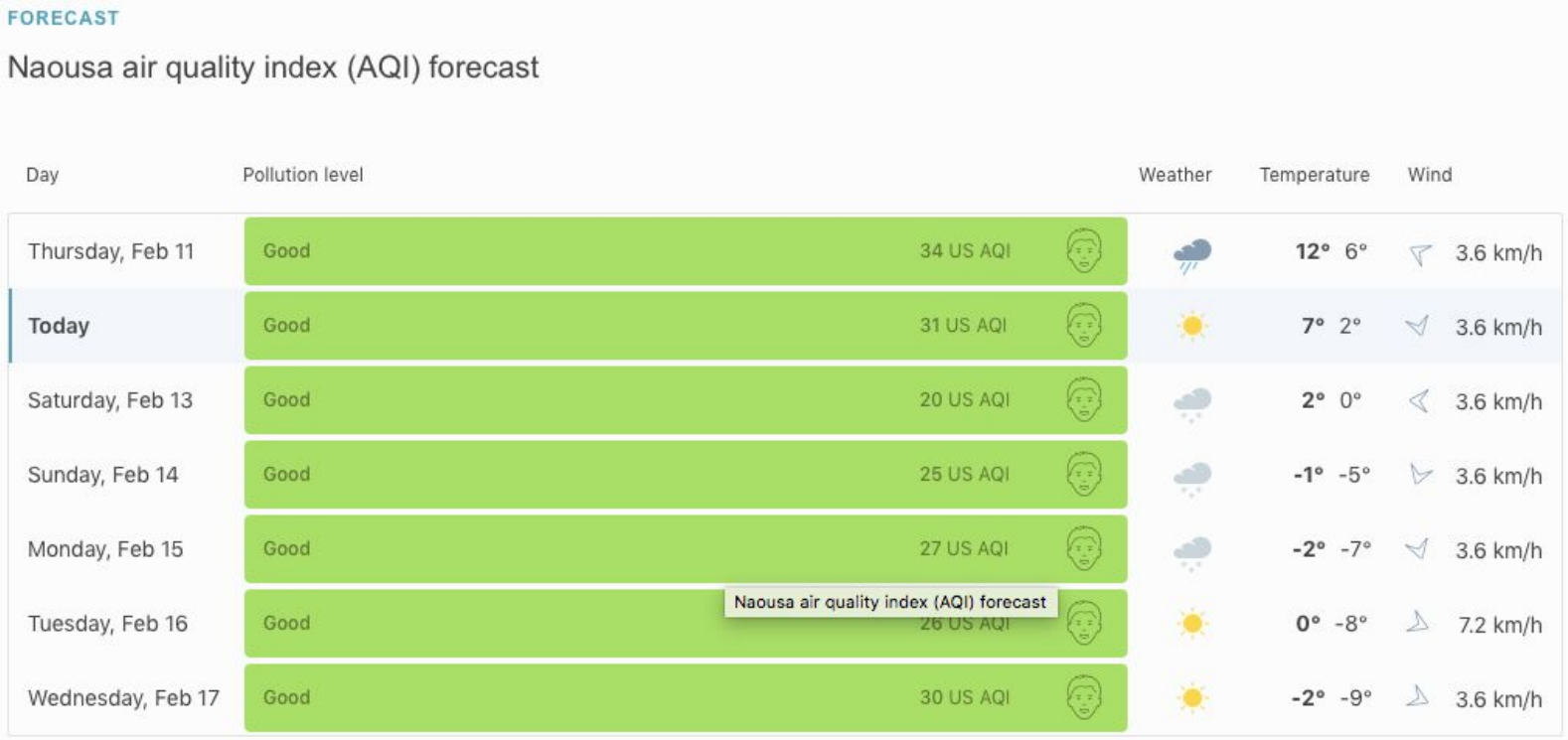
How to protect from air pollution in Naousa?

Open your windows to bring clean, fresh air indoors

Enjoy outdoor activities



IQAir - Forecast info



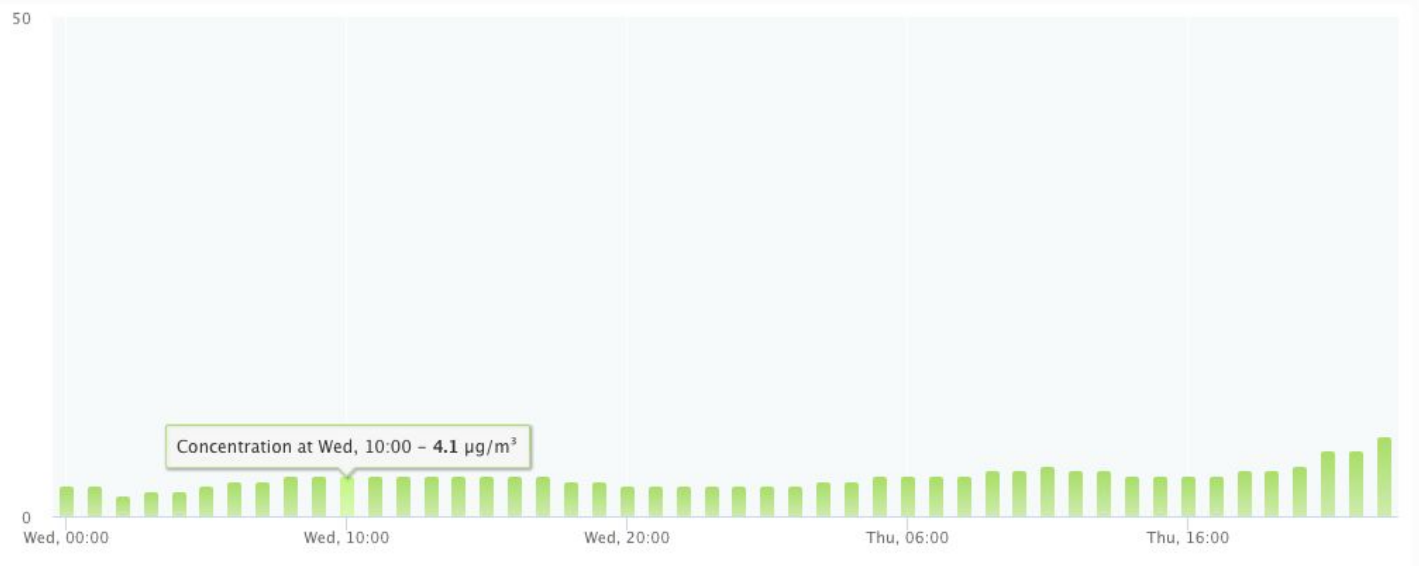
FORECAST

Naousa air quality index (AQI) forecast

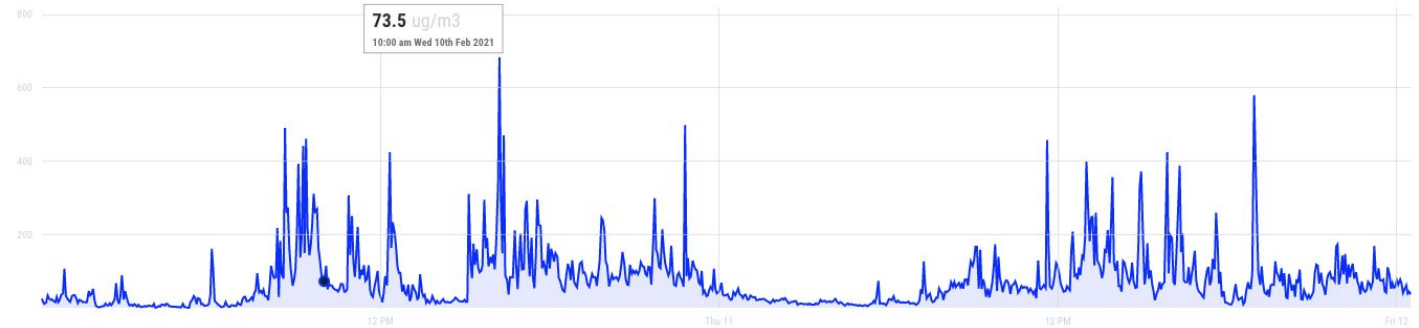
Day	Pollution level	Weather	Temperature	Wind
Thursday, Feb 11	Good 34 US AQI		12° 6°	3.6 km/h
Today	Good 31 US AQI		7° 2°	3.6 km/h
Saturday, Feb 13	Good 20 US AQI		2° 0°	3.6 km/h
Sunday, Feb 14	Good 25 US AQI		-1° -5°	3.6 km/h
Monday, Feb 15	Good 27 US AQI		-2° -7°	3.6 km/h
Tuesday, Feb 16	Good 26 US AQI		0° -8°	7.2 km/h
Wednesday, Feb 17	Good 30 US AQI		-2° -9°	3.6 km/h

IQAir - Evolution plot και σύγκριση με Smart Citizen Kit

IQAir pm 2.5



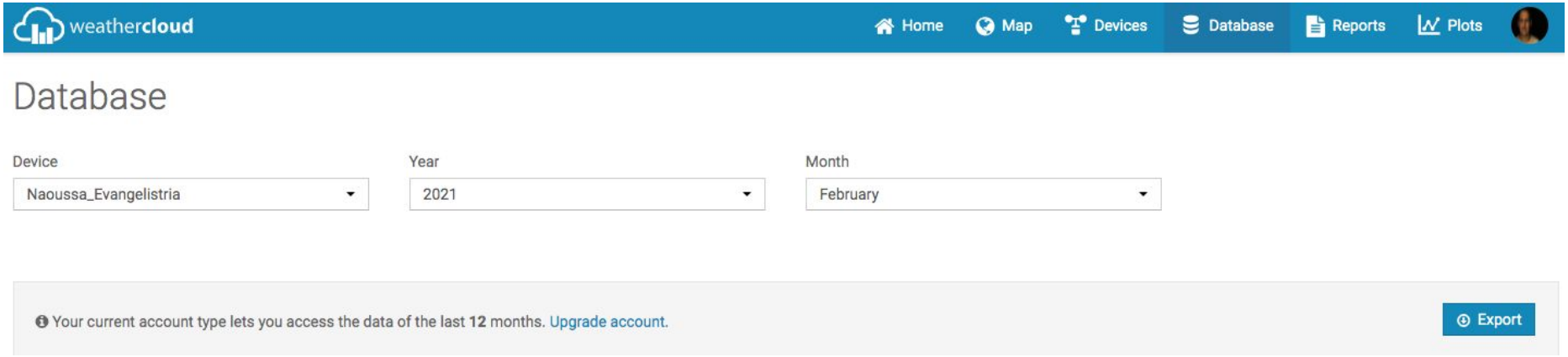
SCK pm 2.5



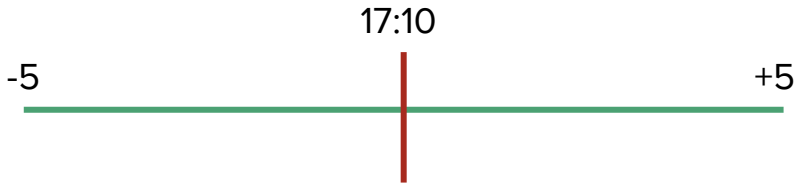
Συλλογή, προεπεξεργασία και περιγραφική ανάλυση δεδομένων

Μετεωρολογικού σταθμού

Personal Weather Station Data - WeatherCloud Database



Λήψη δεδομένων μετεωρολογικού σταθμού σε χρονική ανάλυση 10 λεπτών



Personal Weather Station Data - Μετατροπές σε κωδικοποιήσεις και καθαρισμός

Εισαγωγή στο Apple Numbers

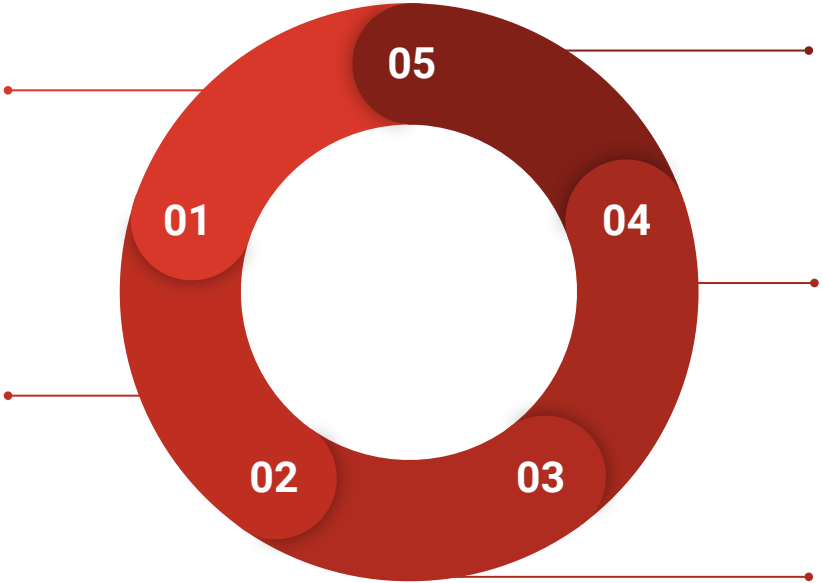
- Αποθήκευση ως αρχείο Excel .xlsx

Εισαγωγή στο Excel

- Καθαρισμός από χαρακτηριστικά που δεν έχουν δεδομένα όπως Dew inside, Heat inside, Heat, Evapotranspiration, Solar radiation, UVI

- Αφαίρεση χαρακτήρων που μπορεί να προκαλέσουν θέματα αναγνώρισης π.χ ο χαρακτήρας °

- Εξαγωγή σε Tab Delimiter Text .txt



Επανάληψη για τον επόμενο μήνα, ένωση στο RM με τον τελεστή append

Εισαγωγή στο Rapidminer

- Read CSV

- Έλεγχος του τύπου των μεταβλητών, μετατροπή της κατεύθυνσης του ανέμου σε ονοματική μεταβλητή

- Αποθήκευση ως Rapidminer ExampleSet

Εισαγωγή στο SPSS

- Μετονομασία των χαρακτηριστικών

- Εύρεση και αφαίρεση υποδιαστολής από τις τιμές ατμοσφαιρικής πίεσης

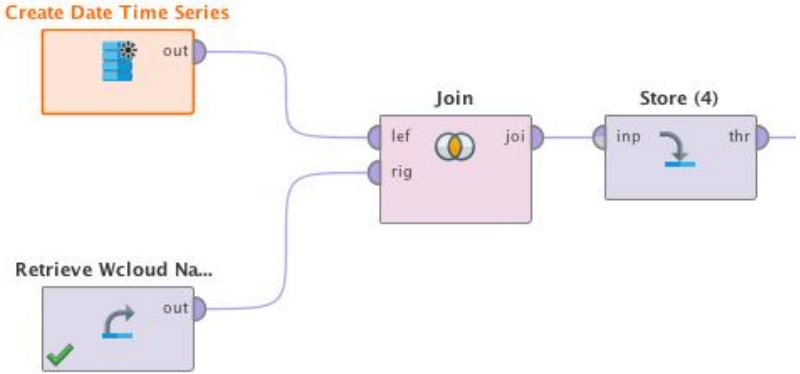
- Μετατροπή του χαρακτηριστικού της ατμοσφαιρικής πίεσης από συμβολοσειρά σε αριθμό, και nominal -> scale

- Μετατροπή ημερομηνίας σε συμβολοσειρά

PWS Data - Δημιουργία μήτρας εγγραφών (χρονοσειρά) ανά 10λεπτο και ενσωμάτωση των δεδομένων από τον σταθμό (outer join)

Create Date Time Series (Create ExampleSet)

generator type	date series
number of examples	6065
use stepsize	
date series configuration (interval)	Edit List (1)...
date format	yyyy-MM-dd HH:mm:ss
time zone	SYSTEM



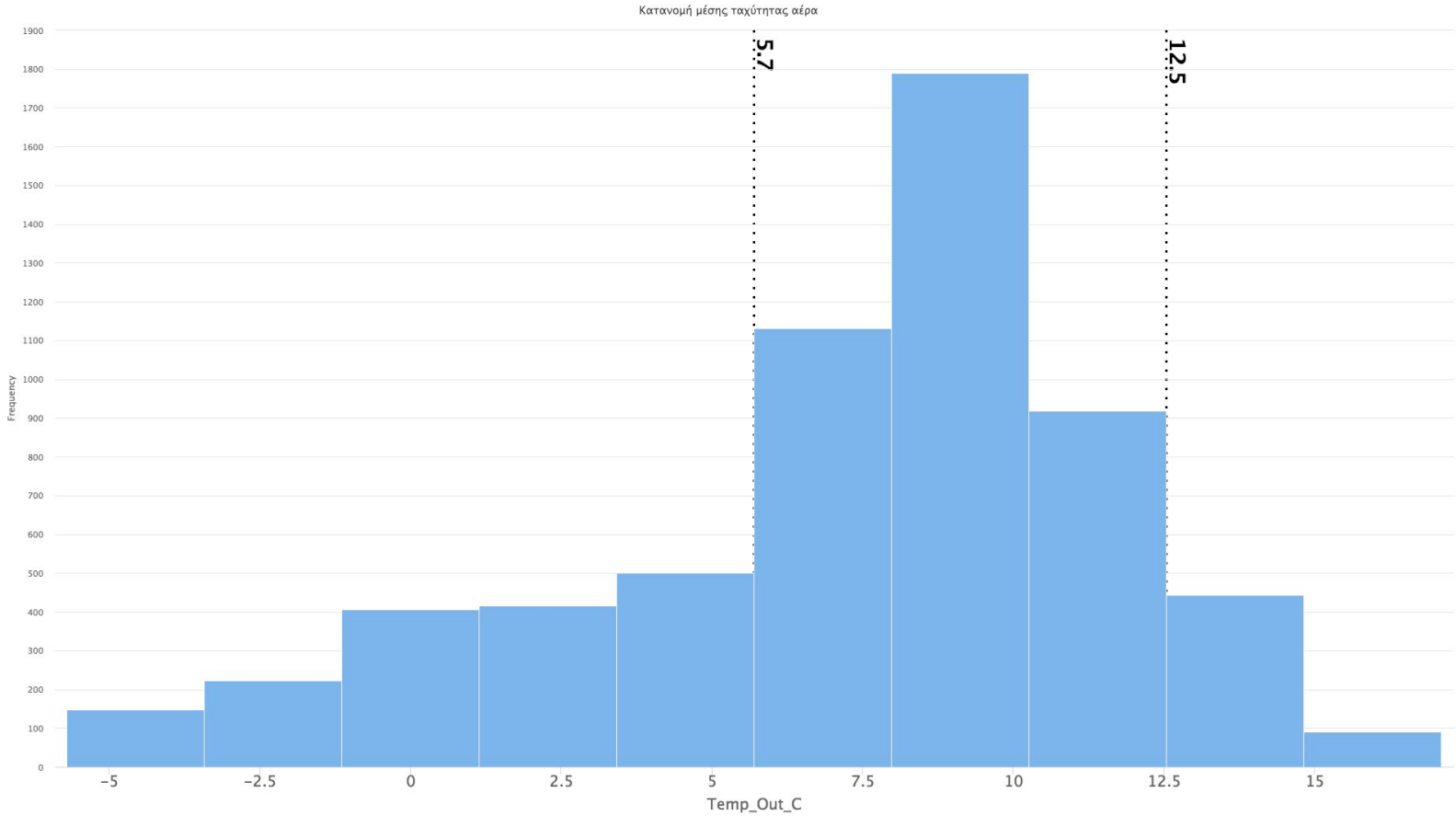
Edit Parameter List: **date series configuration (interval)**
Date series list to generate.

attribute name	series settings (start date ; stepsize ; interval type)		
TimeStamp_Matrix_WCloud	2021-01-01 00:00:00	10	minute

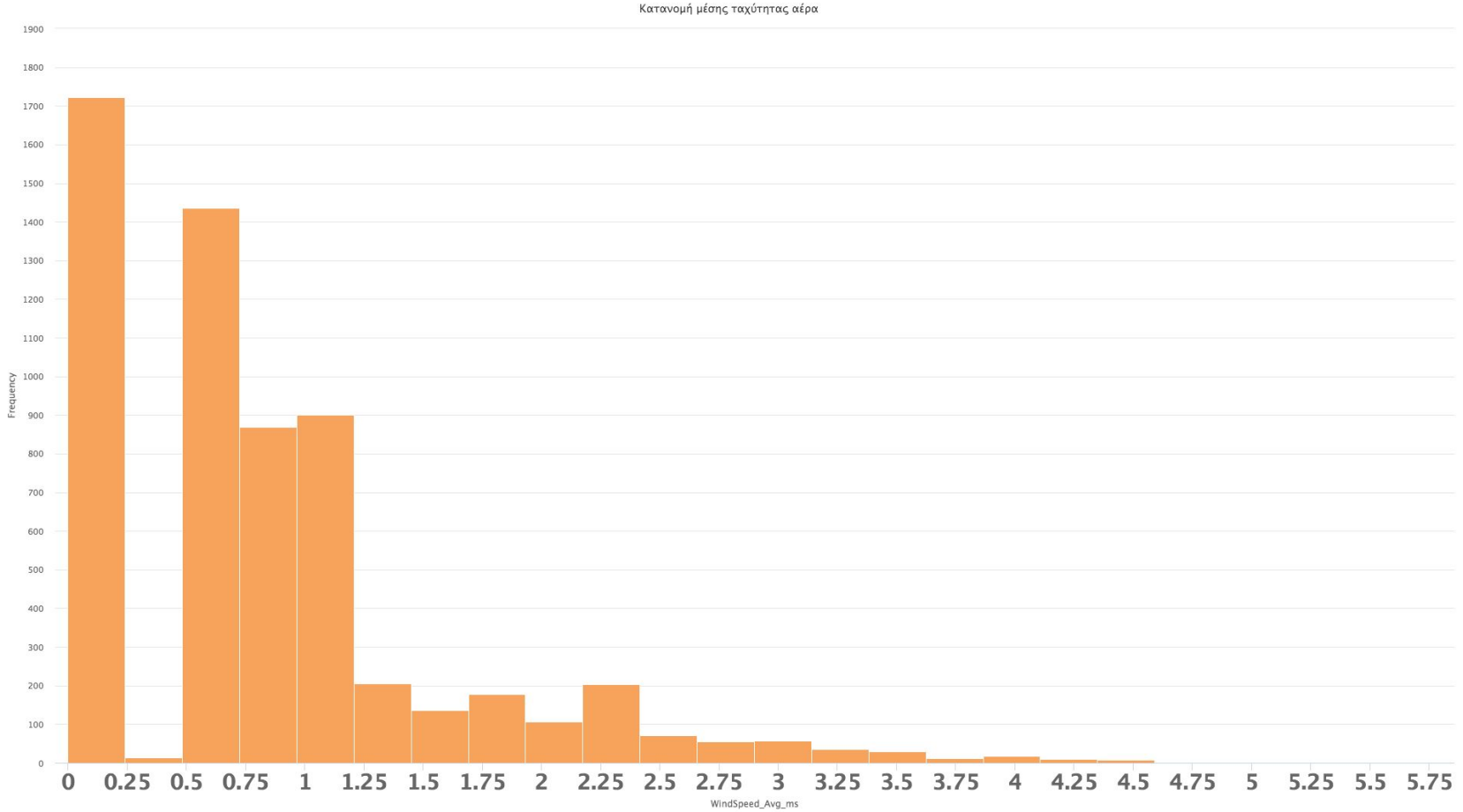
PWS Data - Περιγραφή συνόλου δεδομένων

Περιγραφή	**Πλήθος δειγμάτων**	**6065**		**Πλήθος χαρακτηριστικών**	**13**		
	Τύπος	**Ελλείπουσες Τιμές**	**Ελάχιστο**	**Μέγιστο**	**Διάρκεια**		**Ονομασία στο dataset**
Ημερομηνία - Ώρα - Ζώνη	Date	65	2021-01-01 00:00:00	2021-02-12 00:02:40	42 μέρες 2 ώ 40λ		Date_TimeEuropeAthens
					Μέσος όρος	**Μονάδα μέτρησης**	
Θερμοκρασία εσωτερικού χώρου	Real	80	15,9	27,4	22,234	Βαθμοί Κελσίου	Temp_In_C
Θερμοκρασία εξωτερικού χώρου	Real	78	-5,9	17,1	7,240	Βαθμοί Κελσίου	Temp_Out_C
Αίσθηση ψύχους - θερμότητας	Real	82	-10,8	17,1	6,969	Βαθμοί Κελσίου	Chill_Out_C
Σημείο δρόσου εξωτερικού χώρου	Real	85	-14,4	11	1,832	Βαθμοί Κελσίου	Dew_Out_C
Υγρασία (σχετική) εσωτερικού χώρου	Integer	81	10	54	34,364	Ποσοστό σχετικής υγρασίας	Hum_In_Percent
Υγρασία (σχετική) εξωτερικού χώρου	Integer	80	28	98	70,547	Ποσοστό σχετικής υγρασίας	Hum_Out_Percent
Ταχύτητα ριπής ανέμου	Real	81	0	7,7	0,862	Μέτρα ανά δευτερόλεπτο (m/s)	WindSpeed_Gust_ms
Μέση ταχύτητα ανέμου	Real	78	0	5,8	0,862	Μέτρα ανά δευτερόλεπτο (m/s)	WindSpeed_Avg_ms
Μέση κατεύθυνση ανέμου	Nominal	80	Λιγότερες φορές εμφάνισης = 0	Περισσότερες φορές εμφάνισης = 248		Αζιμουθιαία γωνία	WindDirection_Avg_deg
Ατμοσφαιρική πίεση (σχετική)	Real	77	998	1027,1	1013,221	hPa (Εκατόπασκάλ)	AtmPressure_hPa
Βροχόπτωση	Real	78	0	42	2,63	Χιλιοστά βροχής	Rain_mm
Ταχύτητα βροχόπτωσης	Real	82	0	8,4	0,094	Χιλιοστά βροχής ανά ώρα	RainRate_mmh

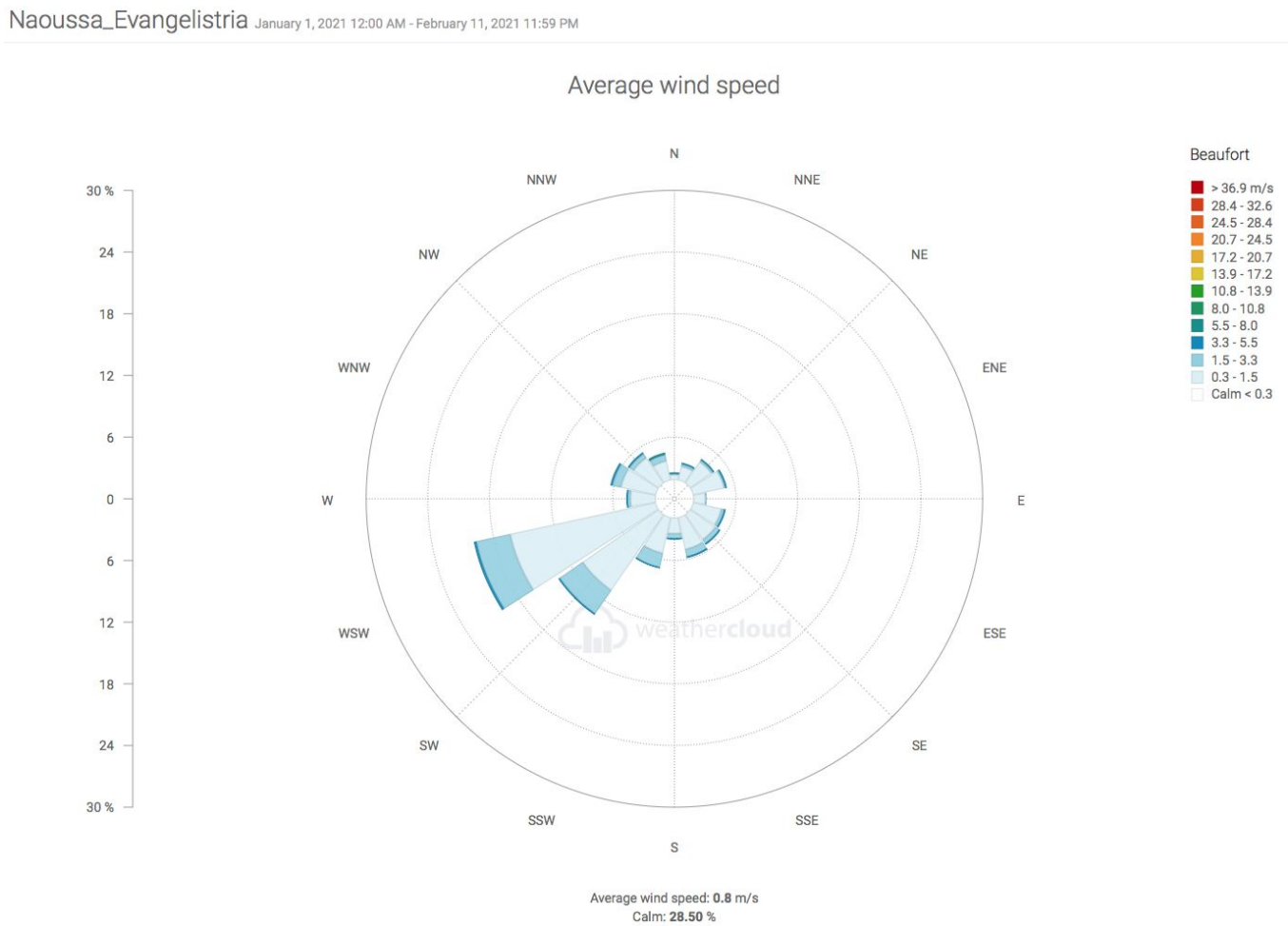
PWS Data - Περιγραφική ανάλυση δεδομένων - Θερμοκρασία



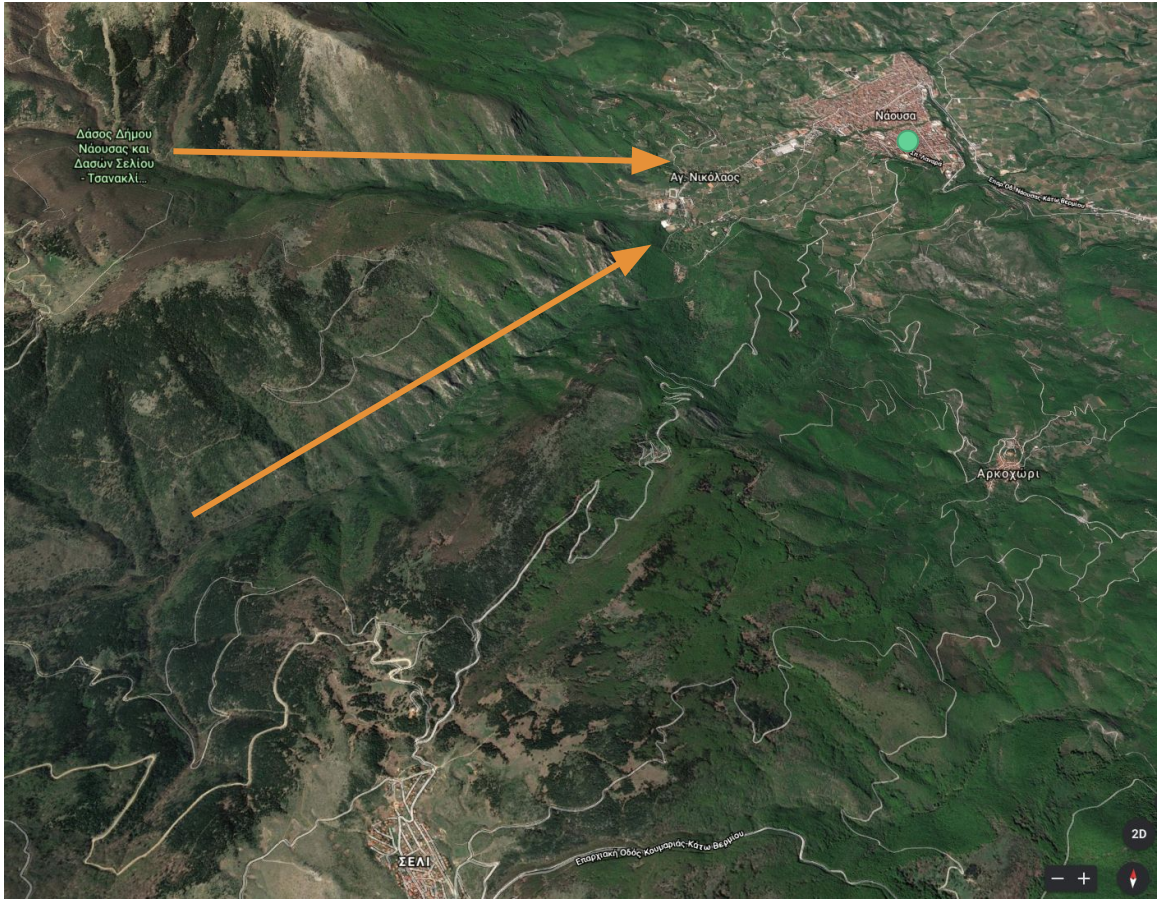
PWS Data - Περιγραφική ανάλυση δεδομένων - Μέση ταχύτητα ανέμου

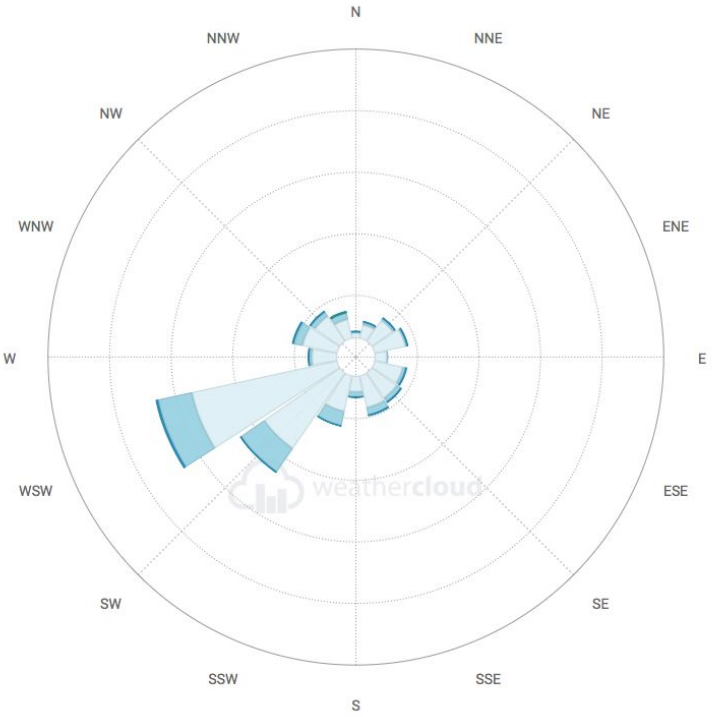


PWS Data - Περιγραφική ανάλυση δεδομένων - Κατανομή κατεύθυνσης ανέμου



PWS Data - Περιγραφική ανάλυση δεδομένων - Κατανομή κατεύθυνσης ανέμου

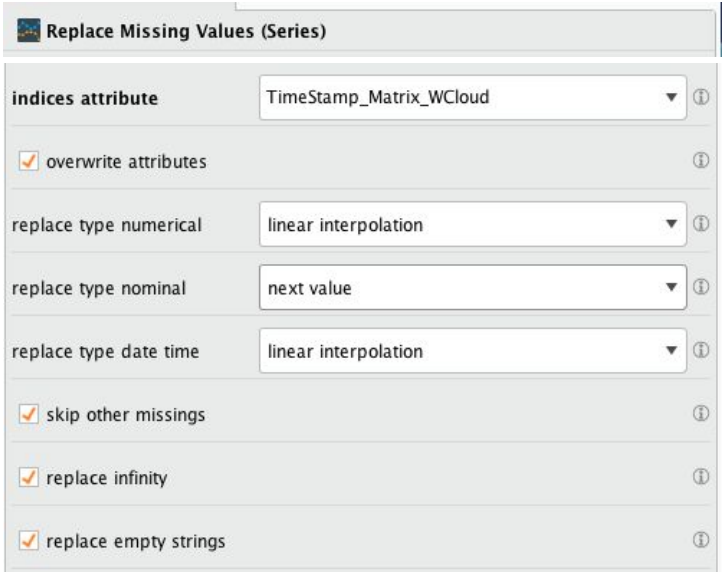


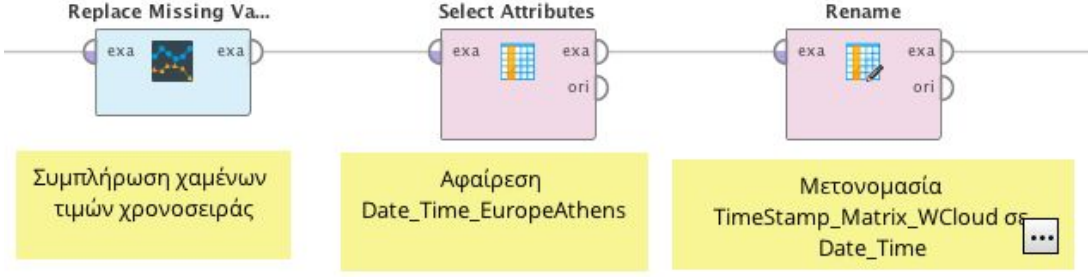


PWS Data - Συμπλήρωση χαμένων τιμών

Αριθμητικές μεταβλητές και χρόνος → Γραμμική παρεμβολή

Ονοματικές μεταβλητές → Επόμενη μεταβλητή





PWS Data - Διόρθωση σχετικής ατμοσφαιρικής πίεσης

Current Weather in Naousa as per 06:20, 12/02/21	
Temperature Θερμοκρασία	1.8 °C
Humidity Υγρασία	82 %
Dewpoint Σημείο Δρόσου	-0.9 °C
Wind Ανεμος	1.6 Km/h at N
Barometer Βαρόμετρο	1016.4 hPa

DAVIS Davis Instruments VANTAGE PRO2 WIRELESS FAN-ASPIRATED

Naoussa_Evangelistria

Naoussa | 6:24 AM (UTC+02:00)

Last updated 9 minutes ago

Profile | Current | Wind | Evolution

Temperature

1.3 °C

°C	Max	Min
Daily	6.5	1.3
Monthly	17.1	1.3
Yearly	17.1	-5.7

Humidity

84

%	Max	Min
Daily	85	69
Monthly	97	43
Yearly	98	28

Atmospheric pressure

1016.3

hPa	Max	Min
Daily	1016.4	1011.7
Monthly	1022.4	1000.3
Yearly	1027.1	998.0

+14

Anton

Naousa | 6:23 AM (UTC+02:00)

Last updated 8 minutes ago

Profile | Current | Wind

Temperature

-0.3 °C

°C	Max	Min
Daily	5.9	-0.4
Monthly	17.1	-0.4
Yearly	17.1	-7.0

Humidity

90

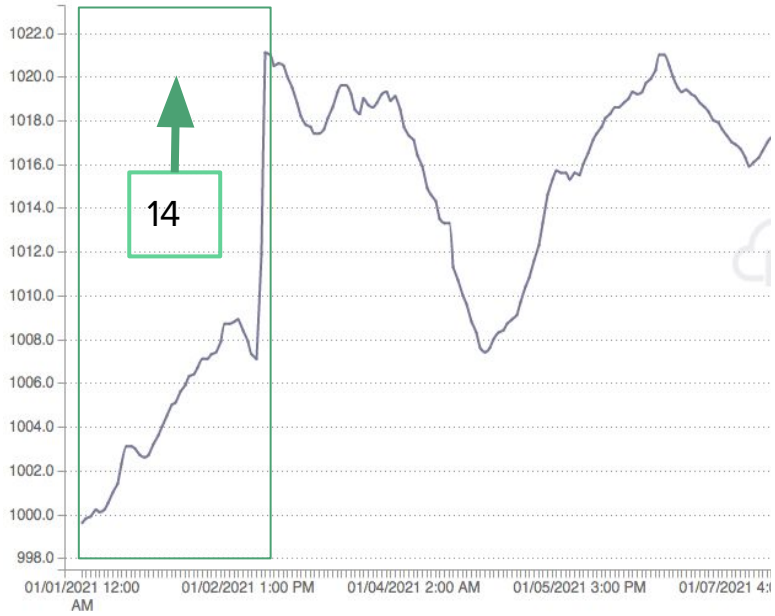
%	Max	Min
Daily	90	73
Monthly	98	48
Yearly	99	28

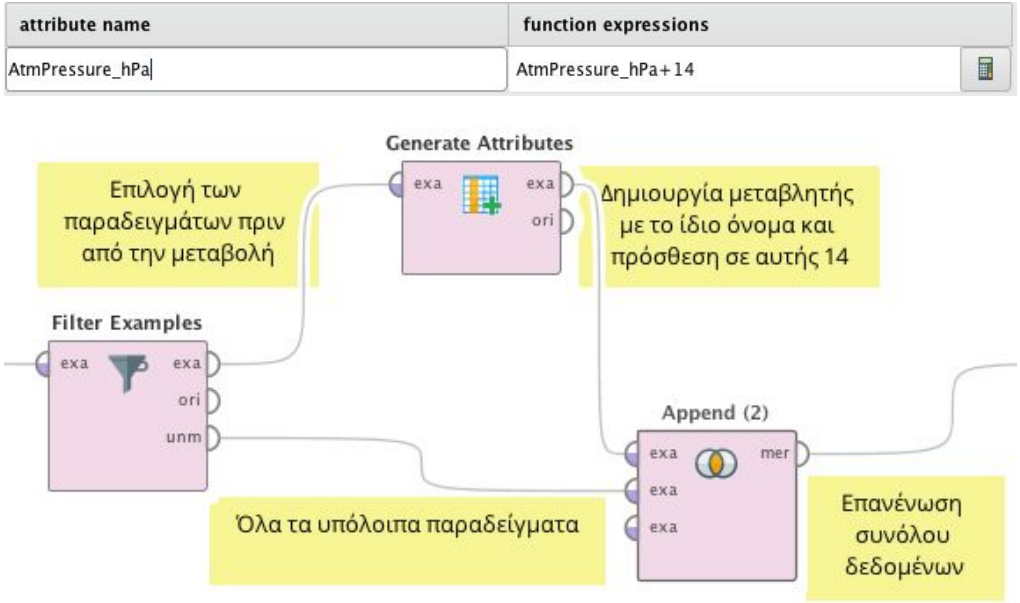
Atmospheric pressure

1016.3

hPa	Max	Min
Daily	1016.3	1011.5
Monthly	1022.1	1000.3
Yearly	1026.8	997.9

PWS Data - Διόρθωση σχετικής ατμοσφαιρικής





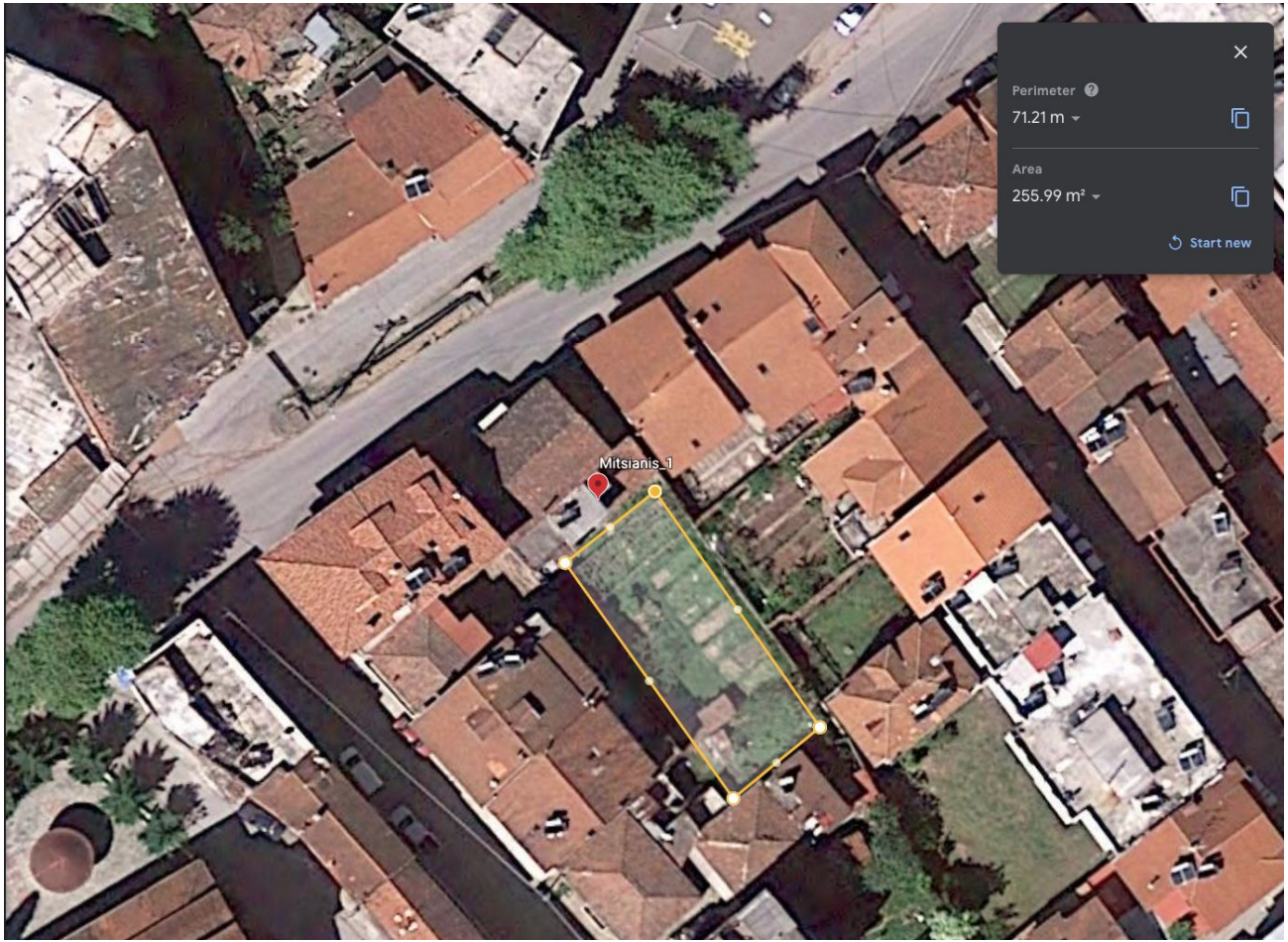
Συλλογή γεωγραφικών πληροφοριών των σημείων τοποθέτησης σταθμών παρατήρησης

Smart Citizen Kit

SCK POI - Google earth



+ Heading



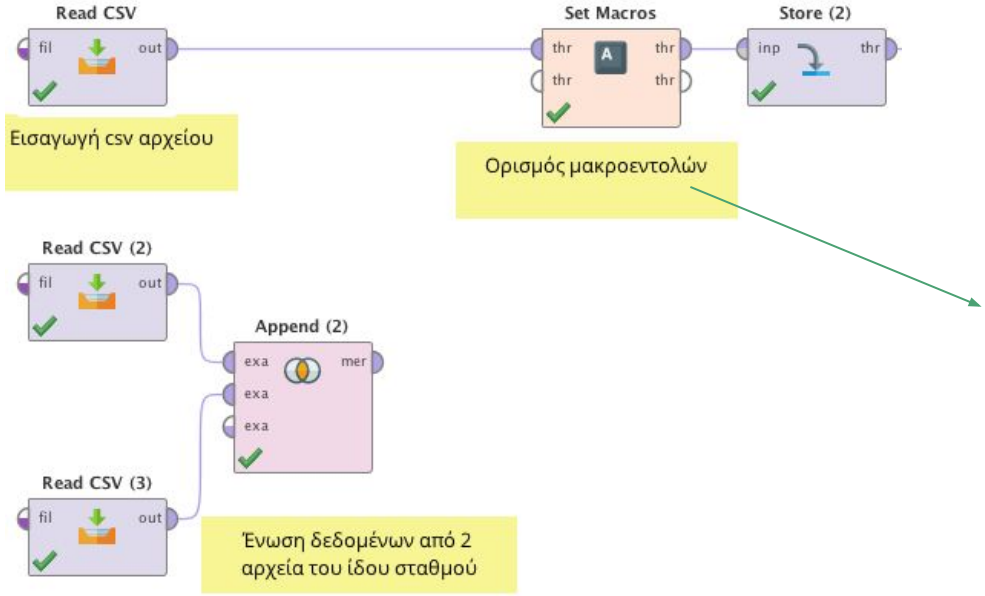
SCK POI Πίνακας σημείων τοποθέτησης αισθητήρων

	Latitude	Longitude	Heading (deg)	Altitude (m)	Area (m^2)	Closed area
Ευαγγελίστρια 1	40.6259416	22.0676259	135	364.7887474	256	Yes
Ευαγγελίστρια 2	40.626015	22.067522	315	364.8747679	152	No
Ευαγγελίστρια Εσ. Χώρος	40.6260175	22.0675935	248	364.2945531	115	Yes
Κερασιά	40.6242457	22.0700644	338	355.9230144	150	No
Βύρωνος 21	40.6286337	22.0691112	338	348.7258037	52	No
Μισιρλή 12	40.6292	22.0648839	45	363.1648403	95	Yes
Φ. Δούλη 7	40.6300215	22.0601401	292	378.6468184	33	No
Δημαρχείο Νάουσας	40.6311855	22.0671863	22	350.8451762	456	No
Αγ. Γεώργιος	40.6335711	22.0698824	158	334.5369267	275	Yes
Κεραμοποιείο	40.6257066	22.0611212	45	417.1420899	250	No
Ισμαήλ (Ύπαιθρος)	40.6178721	22.0910905	248	241.5187591	140	No
Βέροια	40.5260403	22.2027324	68	149.9933254	1136	No

Συλλογή, προεπεξεργασία και περιγραφική ανάλυση δεδομένων

Smart Citizen Kit

SCK Data - Εισαγωγή αρχείων από σταθμούς μέτρησης



macro name	values
sensorname	Veroia
lat	40.5260403
long	22.2027324
heading	68
alt	149.9933254
area	1136
closed	No

SCK Data - Εισαγωγή δεδομένων

01. Read CSV and Store

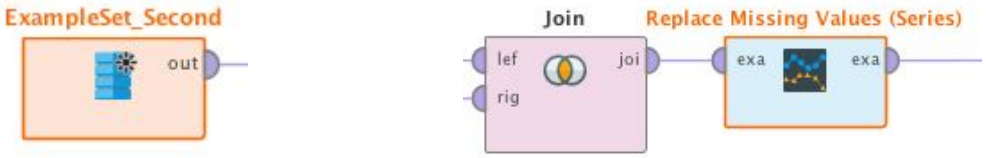


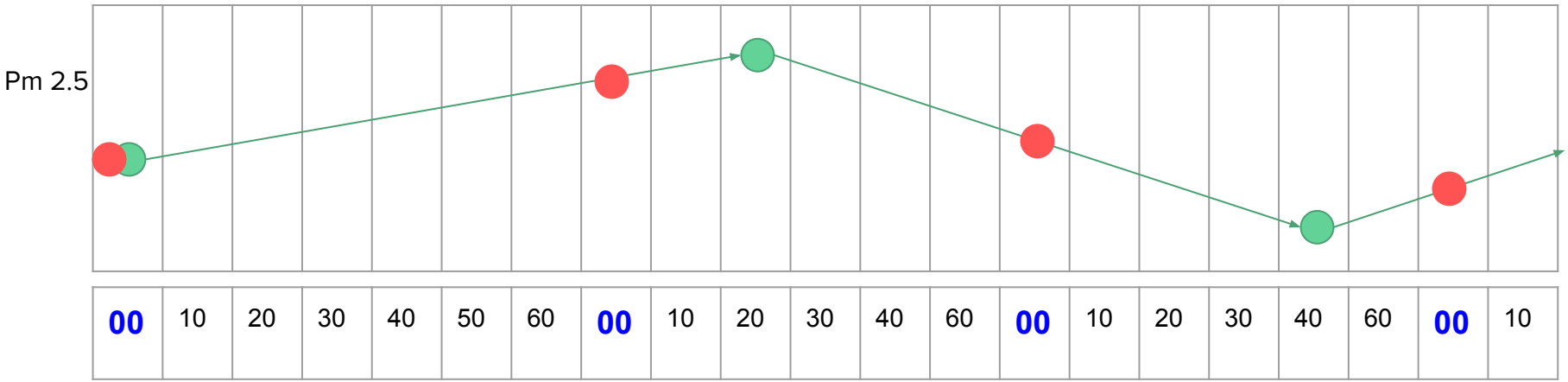
Εισαγωγή csv αρχείου

Αποθήκευση ως Example Set

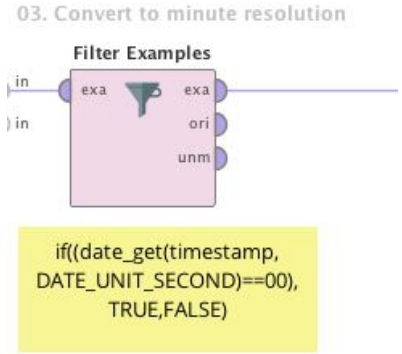
2450	Jan 1, 2021	3:45:31 PM EET	53.360	10.670	97.430	-1	4176	5351	526	39	91.010	77	60
2451	Jan 1, 2021	3:46:31 PM EET	53.900	10.680	97.430	-1	4028	5065	502	34	90.340	51	47
2452	Jan 1, 2021	3:47:31 PM EET	54.200	10.680	97.430	-1	3914	4822	460	30	90.770	56	47
2453	Jan 1, 2021	3:48:31 PM EET	54.490	10.650	97.430	-1	3959	4919	421	22	91.230	41	39
2454	Jan 1, 2021	3:49:31 PM EET	54.690	10.650	97.430	-1	3852	4694	393	20	90.960	30	30
2455	Jan 1, 2021	3:50:31 PM EET	55.070	10.620	97.430	-1	3778	4505	370	25	90.730	50	40
2456	Jan 1, 2021	3:51:31 PM EET	55.230	10.650	97.430	-1	3767	4482	349	24	90.980	48	37
2457	Jan 1, 2021	3:52:32 PM EET	55.340	10.550	97.440	-1	3739	4428	330	26	90.650	53	40
2458	Jan 1, 2021	3:53:33 PM EET	55.630	10.480	97.440	-1	3707	4352	315	29	90.620	58	47
2459	Jan 1, 2021	3:54:34 PM EET	55.840	10.440	97.440	-1	3671	4275	302	34	90.910	58	53
2460	Jan 1, 2021	3:55:35 PM EET	55.950	10.400	97.440	-1	3697	4336	296	32	90.920	48	45
2461	Jan 1, 2021	3:56:36 PM EET	56.240	10.310	97.440	-1	3590	4107	293	24	91.030	43	42

SCK Data - Προεπεξεργασία για δειγματοληψία χρόνου (Linear Interpolation)



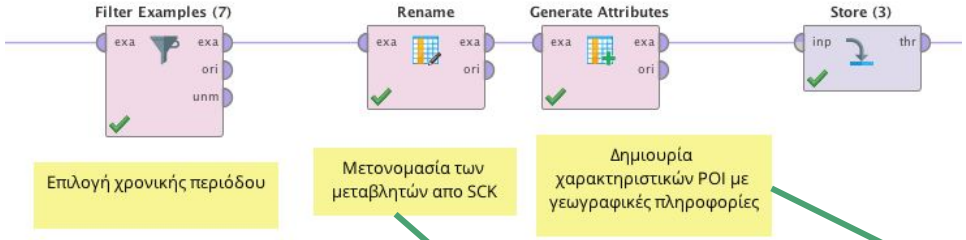


SCK Data - Προεπεξεργασία - Δειγματοληψία μόνο των δευτερολέπτων==00



Row No.	timestamp		humidity in % (SHT3...	air temperature in °C (S...	barometric ...	eCO2 in pp...	TVOC in pp...	light in Lux...	PM 1 in ug...	noise in dB...	PM 10 in u...	PM 2.5 in u...
1	Jan 1, 2021	12:00:00 AM EET	66.352	6.867	97.070	540.836	20.951	0	24.328	90.717	48.459	42.525
2	Jan 1, 2021	12:01:00 AM EET	66.210	6.872	97.073	507.197	15.836	0	16.066	90.958	34.590	28.361
3	Jan 1, 2021	12:02:00 AM EET	66.123	6.900	97.077	541.311	21.377	0	21.557	90.916	34.607	32.885
4	Jan 1, 2021	12:03:00 AM EET	66.332	6.908	97.073	471.082	10.689	0	20.639	91.054	31	29.213
5	Jan 1, 2021	12:04:00 AM EET	66.027	6.932	97.080	443.541	6.508	0	12.279	90.687	26.820	23.803
6	Jan 1, 2021	12:05:00 AM EET	65.666	6.942	97.080	437.148	5.230	0	7.689	90.742	15.836	14
7	Jan 1, 2021	12:06:00 AM EET	65.965	6.954	97.080	445.262	6.639	0	12.344	90.712	25.623	18.049
8	Jan 1, 2021	12:07:00 AM EET	66.189	6.964	97.080	465.328	9.590	0	21.787	90.753	39	34.180
9	Jan 1, 2021	12:08:00 AM EET	66.340	6.942	97.082	483	12	0	23.738	91.368	39.180	37.918
10	Jan 1, 2021	12:09:00 AM EET	66.007	6.948	97.090	481.197	11.672	0	18	90.816	39.836	32.672

SCK Data - Προεπεξεργασία - Δημιουργία χαρακτηριστικών με γεωγραφικές πληροφορίες σε κάθε λεπτό για κάθε σταθμό μέτρησης



Edit Parameter List: **rename additional attributes**
A list that can be used to define additional attributes that should be renamed.

old name	new name
air temperature in °C (SHT31 - Temperature)	SCK_%{sensorname}_AirTemp (C)
barometric pressure in K Pa (MPL3115A2 - Barometric Press	SCK_%{sensorname}_Baro (KPa)
eCO2 in ppm (AMS CCS811 - eCO2)	SCK_%{sensorname}_eCO2 (ppm)
humidity in % (SHT31 - Humidity)	SCK_%{sensorname}_Hum (%)
light in Lux (BH1730FVC)	SCK_%{sensorname}_Light (lux)
noise in dBA (ICS43432 - Noise)	SCK_%{sensorname}_Noise (dBA)
PM 1 in ug/m3 (PMS5003_AVG-PM1)	SCK_%{sensorname}_PM1 (ug/m3)
PM 2.5 in ug/m3 (PMS5003_AVG-PM2.5)	SCK_%{sensorname}_PM2.5 (ug/m3)
PM 10 in ug/m3 (PMS5003_AVG-PM10)	SCK_%{sensorname}_PM10 (ug/m3)
TVOC in ppb (AMS CCS811 - TVOC)	SCK_%{sensorname}_TVOC (ppb)

Edit Parameter List: **function descriptions**
List of functions to generate.

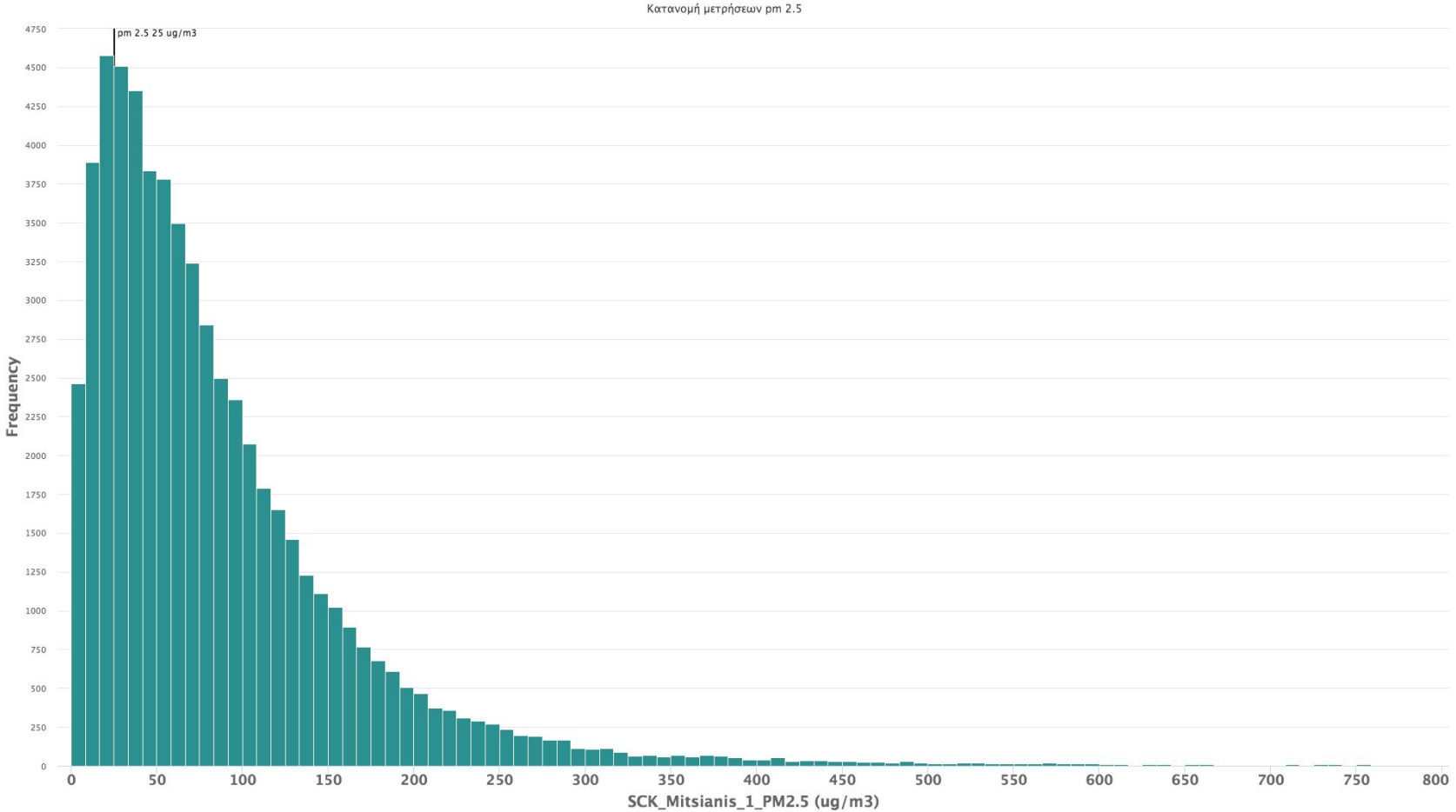
attribute name	function expressions
POI_%{sensorname}_Lat	%{lat}
POI_%{sensorname}_Long	%{long}
POI_%{sensorname}_Head_deg	%{heading}
POI_%{sensorname}_Alt_m	%{alt}
POI_%{sensorname}_Area_m2	%{area}
POI_%{sensorname}_Closed	%{closed}

SCK Data - Προεπεξεργασία - Δημιουργία χαρακτηριστικών με γεωγραφικές πληροφορίες σε κάθε λεπτό για κάθε σταθμό μέτρησης

Row ...	Date_Time	SCK_Veroia_Hum ...	SCK_Veroia_AirTemp ...	SCK_Veroia_Baro...	SCK_Veroia_eCO2...	SCK_Veroia_TVOC ...	SCK_Veroia_Light...	SCK_Veroia_PM1 ...	SCK_Veroia_Noise ...	SCK_Veroia_PM10...	SCK_Veroia_PM2.5 (u...	POI_Veroia_L...	POI_Veroia...
16775	Jan 12, 2021 3:34:00 PM EET	98.956	7.787	98.898	2250.233	1243.417	3586.867	17.483	85.053	29.267	25.750	40.5260403	22.2027324
16776	Jan 12, 2021 3:35:00 PM EET	98.940	7.865	98.890	2278.700	1306.750	3898.867	13.517	84.806	25.600	16.817	40.5260403	22.2027324
16777	Jan 12, 2021 3:36:00 PM EET	99.005	7.931	98.890	2271.183	1288.933	3883.767	19.433	85.229	34.783	27.650	40.5260403	22.2027324
16778	Jan 12, 2021 3:37:00 PM EET	99.279	7.970	98.890	2256.883	1257.900	3282.350	19.483	85.431	32.700	29.567	40.5260403	22.2027324
16779	Jan 12, 2021 3:38:00 PM EET	99.411	7.970	98.890	2243.517	1228.033	2641.733	14.217	85.676	29.083	27.133	40.5260403	22.2027324
16780	Jan 12, 2021 3:39:00 PM EET	99.315	7.974	98.890	2252.900	1248.100	2909.867	14.567	85.664	30.183	22.483	40.5260403	22.2027324
16781	Jan 12, 2021 3:40:00 PM EET	99.121	7.997	98.890	2263.100	1271.900	2867.250	13.433	85.258	21.517	18.517	40.5260403	22.2027324
16782	Jan 12, 2021 3:41:00 PM EET	99.270	8.007	98.892	2244.450	1230.117	2386.700	15	85.208	27.867	23.567	40.5260403	22.2027324

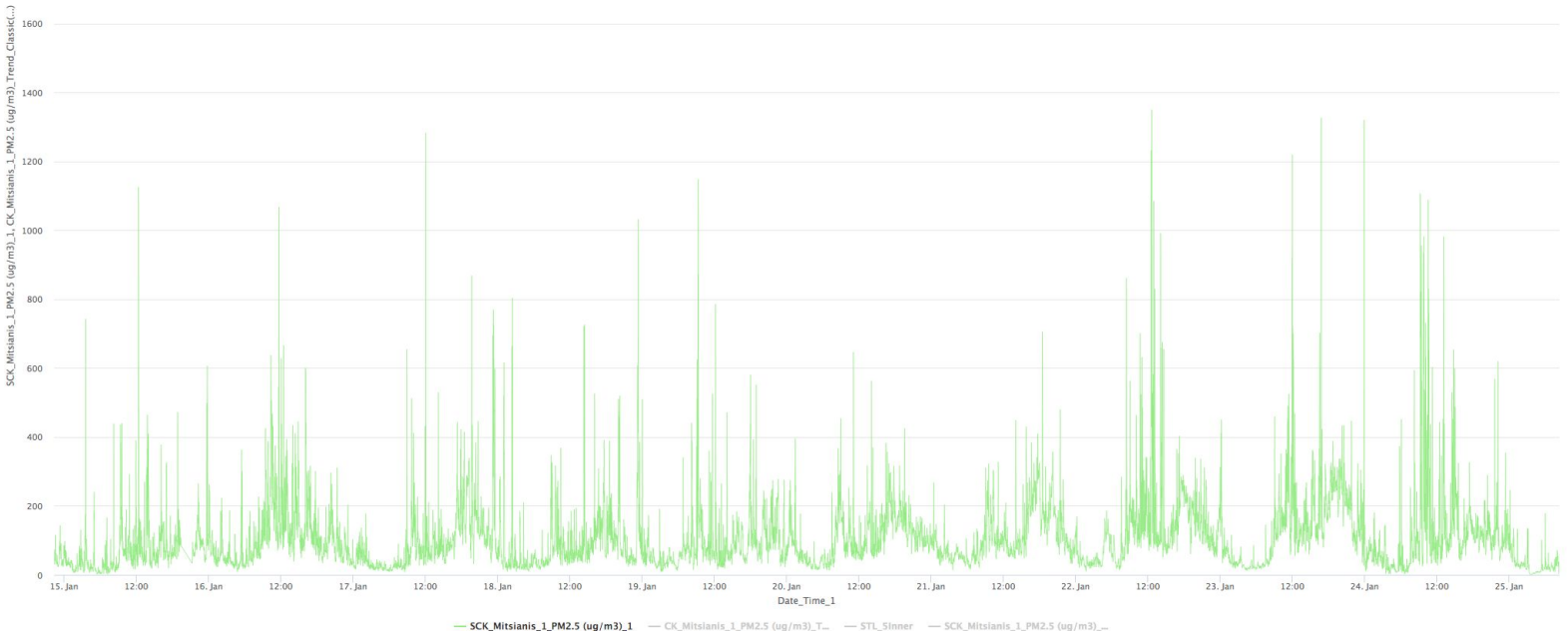
POI_Veroia_Lat	POI_Veroia_Long	POI_Veroia_Head_deg	POI_Veroia_Alt_m	POI_Veroia_Area_m2	POI_Veroia_Clos...
40.5260403	22.2027324	68	149.9933254	1136	No
40.5260403	22.2027324	68	149.9933254	1136	No
40.5260403	22.2027324	68	149.9933254	1136	No
40.5260403	22.2027324	68	149.9933254	1136	No
40.5260403	22.2027324	68	149.9933254	1136	No
40.5260403	22.2027324	68	149.9933254	1136	No
40.5260403	22.2027324	68	149.9933254	1136	No
40.5260403	22.2027324	68	149.9933254	1136	No

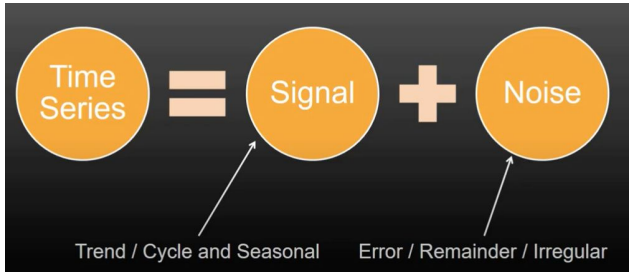
SCK Data - Κατανομή pm 2.5 (Διάγραμμα συχνότητας εμφάνισης τιμών)



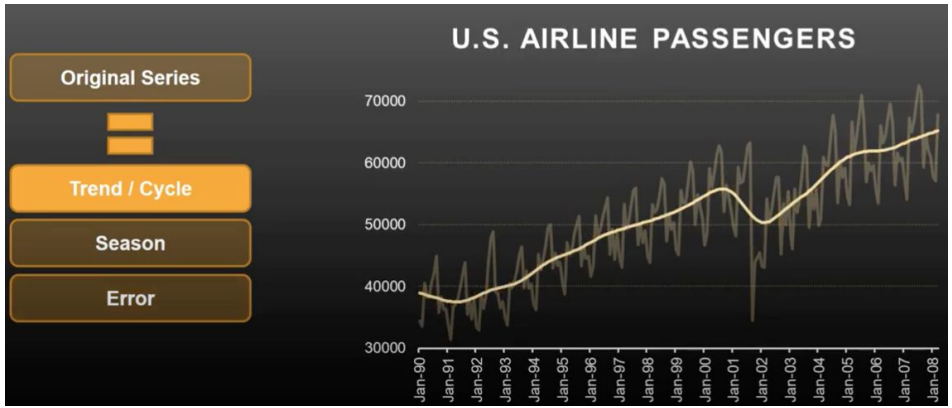
Decomposition

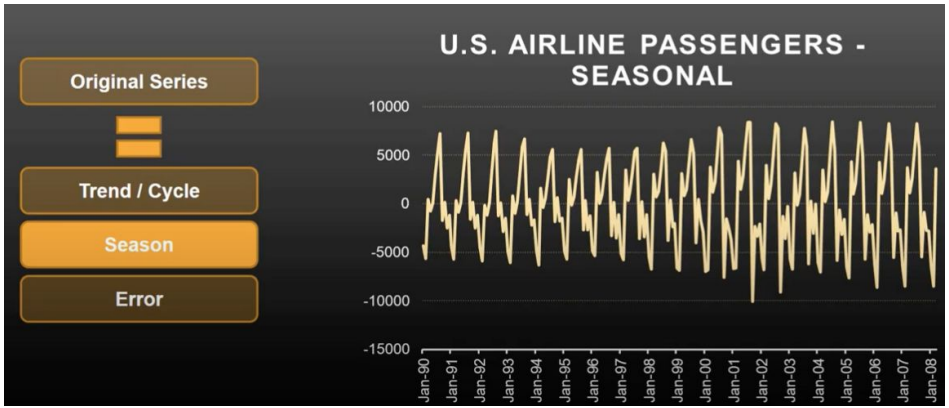
Διάγραμμα pm 2.5 (15-25 Ιανουαρίου) - Καταγραφές

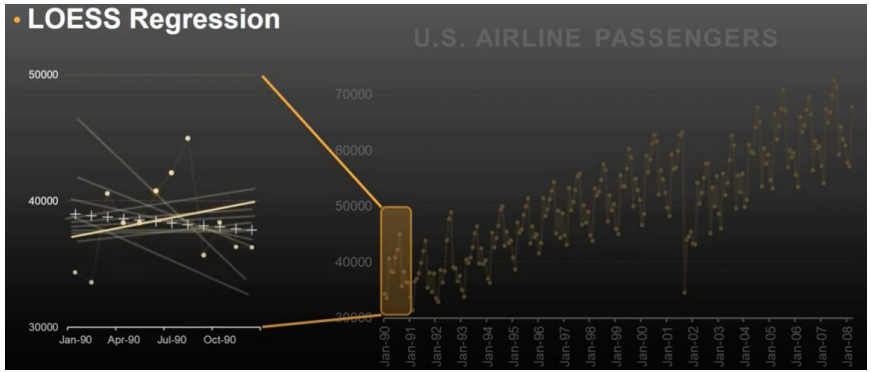




Αποσυνθέτοντας τη χρονοσειρά

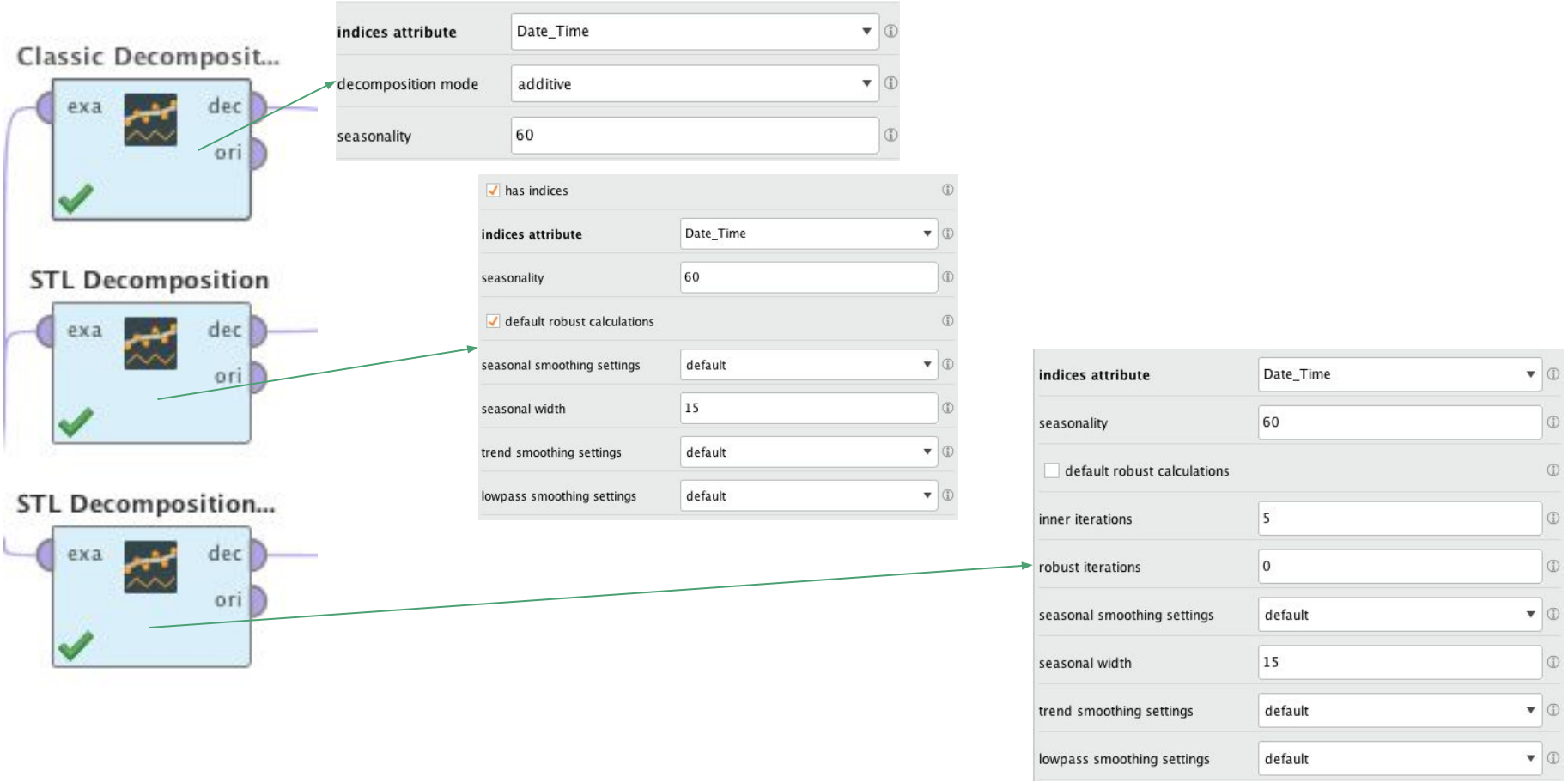




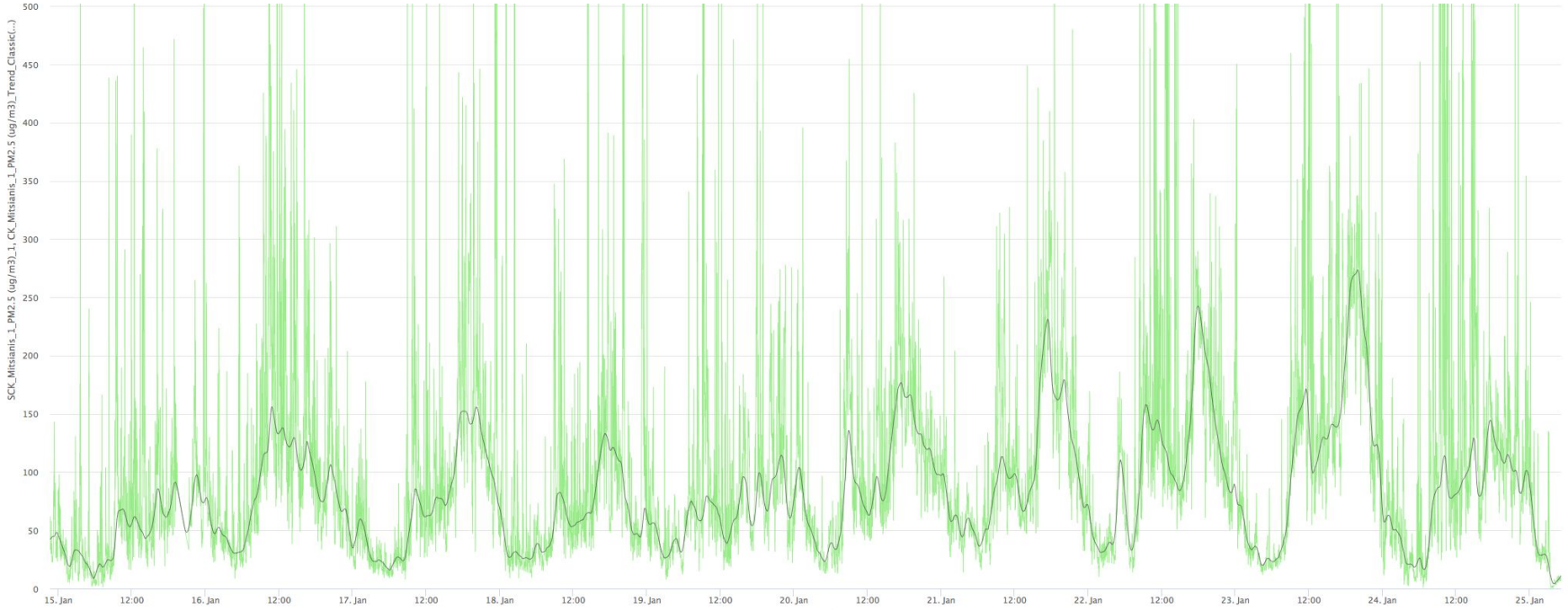


Aric LaBarr. (2019, Μάιος 6). What is Time Series Decomposition. https://www.youtube.com/watch?v=0ar9extHObg

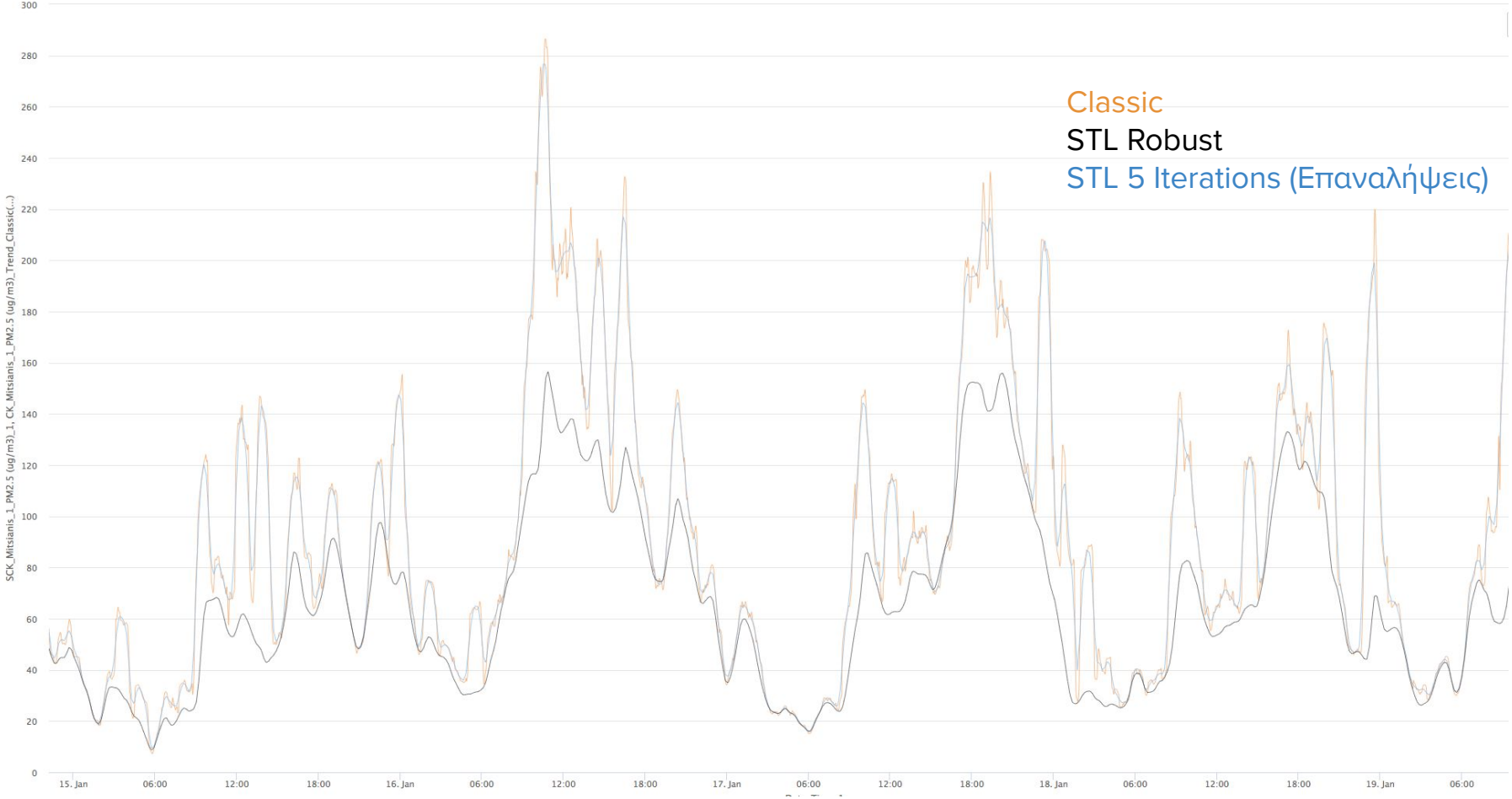
3 Δοκιμές Decomposition για εξαγωγή trend



3 Δοκιμές - Decomposition (pm 2.5 trend)



3 Δοκιμές - Decomposition (pm 2.5 trend)



3 Δοκιμές - Decomposition (pm 2.5 trend)



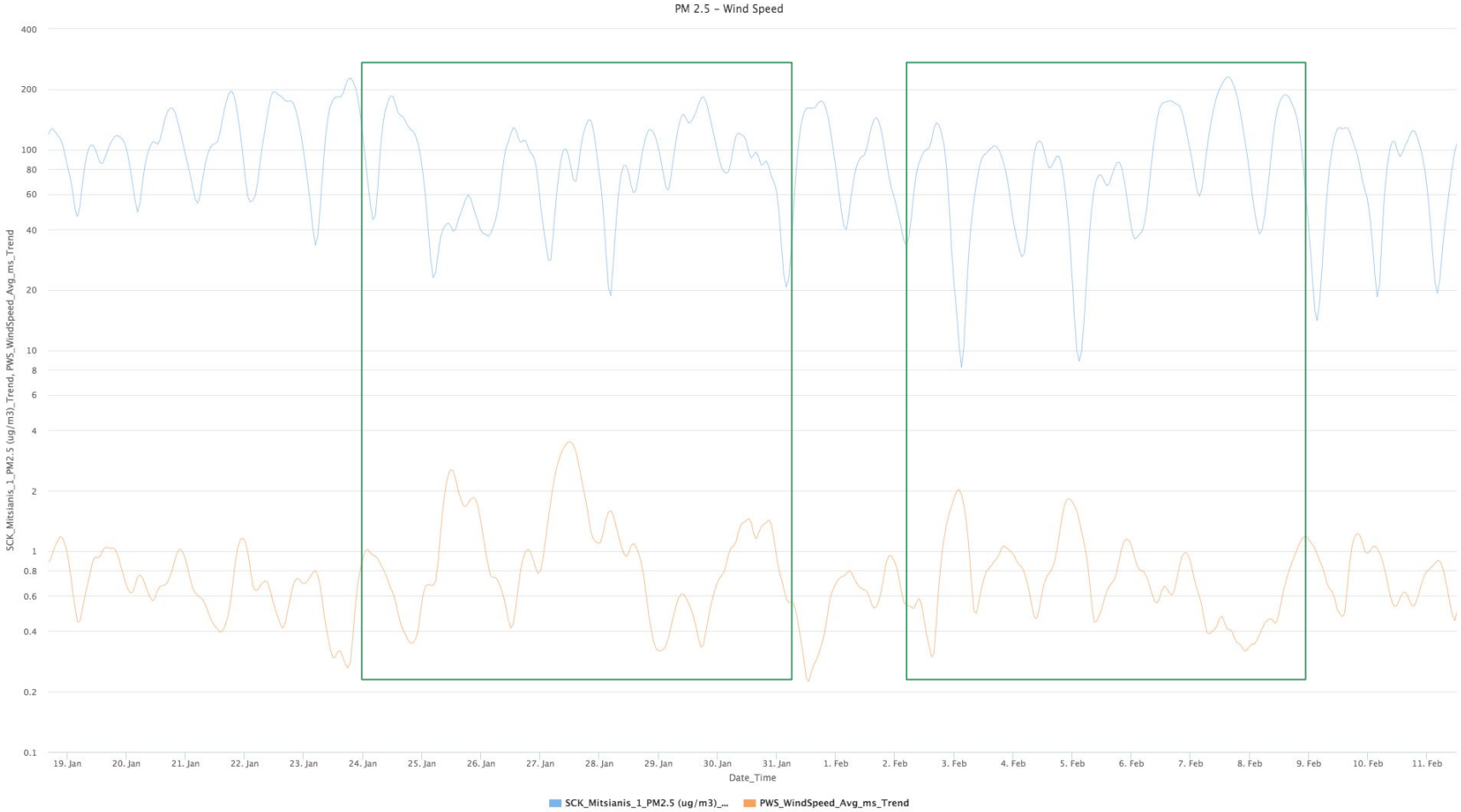
3 Δοκιμές - Decomposition (pm 2.5 trend)



Trend Correlations - Συσχετίσεις Τάσεων

Δεδομένα μετεωρολογικού σταθμού & Smart Citizen Kit (-5 μέτρα)

PM 2.5 / Wind Avg Speed Plot



Πίνακας συσχέτισης - Trends (n=34)

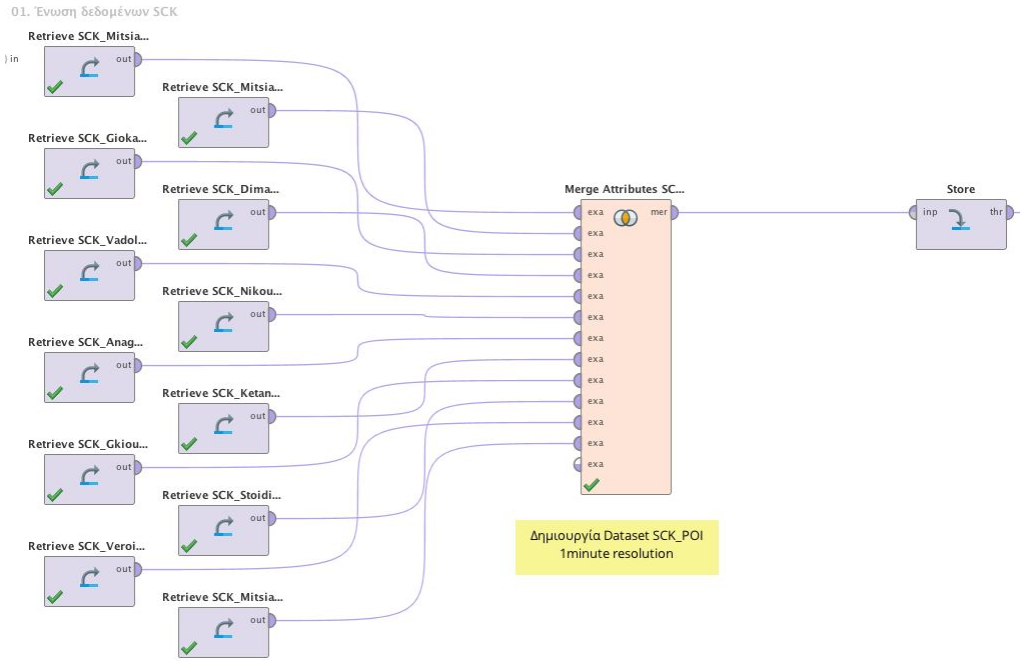
Decomposition season: 3 ημέρες

	PM2.5 (ug/m3)		Temp Out (C)	Hum Out (%)	AtmPressure (hPa)	WindSpeed Avg (ms)	WindSpeed Gust (ms)	Rain (mm)	RainRate (mmh)	Temp In (C)	Hum In (%)	Light (lux)	Noise (dBA)	PM1 (ug/m3)	PM10 (ug/m3)	eCO2 (ppm)	TVOC (ppb)
Temp Out (C)	-0,267		1,000	0,545	-0,261	-0,252	-0,247	0,133	0,182	-0,307	0,814	-0,678	0,555	-0,217	-0,330	-0,122	-0,172
Hum Out (%)	0,221		0,545	1,000	-0,140	-0,824	-0,816	0,609	0,648	0,022	0,749	-0,773	0,657	0,235	0,179	-0,634	-0,669
AtmPressure (hPa)	-0,016		-0,261	-0,140	1,000	0,009	-0,011	-0,207	-0,186	-0,383	-0,179	0,473	-0,282	0,019	-0,015	-0,431	-0,412
WindSpeed Avg (ms)	-0,509		-0,252	-0,824	0,009	1,000	1,000	-0,428	-0,441	-0,136	-0,383	0,573	-0,541	-0,533	-0,475	0,505	0,542
WindSpeed Gust (ms)	-0,511		-0,247	-0,816	-0,011	1,000	1,000	-0,416	-0,429	-0,132	-0,373	0,555	-0,535	-0,536	-0,477	0,510	0,546
Rain (mm)	0,012		0,133	0,609	-0,207	-0,428	-0,416	1,000	0,970	0,238	0,394	-0,534	0,200	-0,007	0,013	-0,444	-0,407
RainRate (mmh)	0,049		0,182	0,648	-0,186	-0,441	-0,429	0,970	1,000	0,211	0,420	-0,582	0,243	0,038	0,045	-0,429	-0,392
Temp In (C)	0,490		-0,307	0,022	-0,383	-0,136	-0,132	0,238	0,211	1,000	-0,398	-0,023	0,054	0,427	0,512	0,028	0,069
Hum In (%)	-0,371		0,814	0,749	-0,179	-0,383	-0,373	0,394	0,420	-0,398	1,000	-0,678	0,503	-0,349	-0,417	-0,395	-0,441
Light (lux)	-0,189		-0,678	-0,773	0,473	0,573	0,555	-0,534	-0,582	-0,023	-0,678	1,000	-0,589	-0,223	-0,142	0,250	0,276
Noise (dBA)	0,207		0,555	0,657	-0,282	-0,541	-0,535	0,200	0,243	0,054	0,503	-0,589	1,000	0,208	0,168	-0,155	-0,210
PM1 (ug/m3)	0,992		-0,217	0,235	0,019	-0,533	-0,536	-0,007	0,038	0,427	-0,349	-0,223	0,208	1,000	0,983	-0,156	-0,139
PM2.5 (ug/m3)	1,000		-0,267	0,221	-0,016	-0,509	-0,511	0,012	0,049	0,490	-0,371	-0,189	0,207	0,992	0,997	-0,139	-0,120
PM10 (ug/m3)	0,997		-0,330	0,179	-0,015	-0,475	-0,477	0,013	0,045	0,512	-0,417	-0,142	0,168	0,983	1,000	-0,118	-0,096
eCO2 (ppm)	-0,139		-0,122	-0,634	-0,431	0,505	0,510	-0,444	-0,429	0,028	-0,395	0,250	-0,155	-0,156	-0,118	1,000	0,991
TVOC (ppb)	-0,120		-0,172	-0,669	-0,412	0,542	0,546	-0,407	-0,392	0,069	-0,441	0,276	-0,210	-0,139	-0,096	0,991	1,000

Ενοποίηση, μετασχηματισμός και οπτικοποίηση των δεδομένων

Personal Weather Station (1)
Smart Citizen Kits (12)
Geo Informations (12)

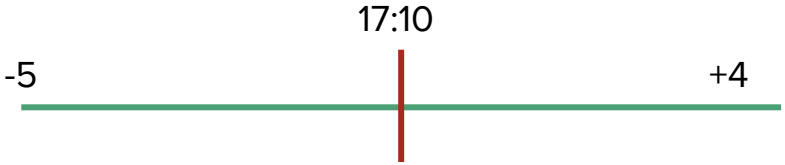
Ένωση σε dataset SCK data + POI data (1 minute)

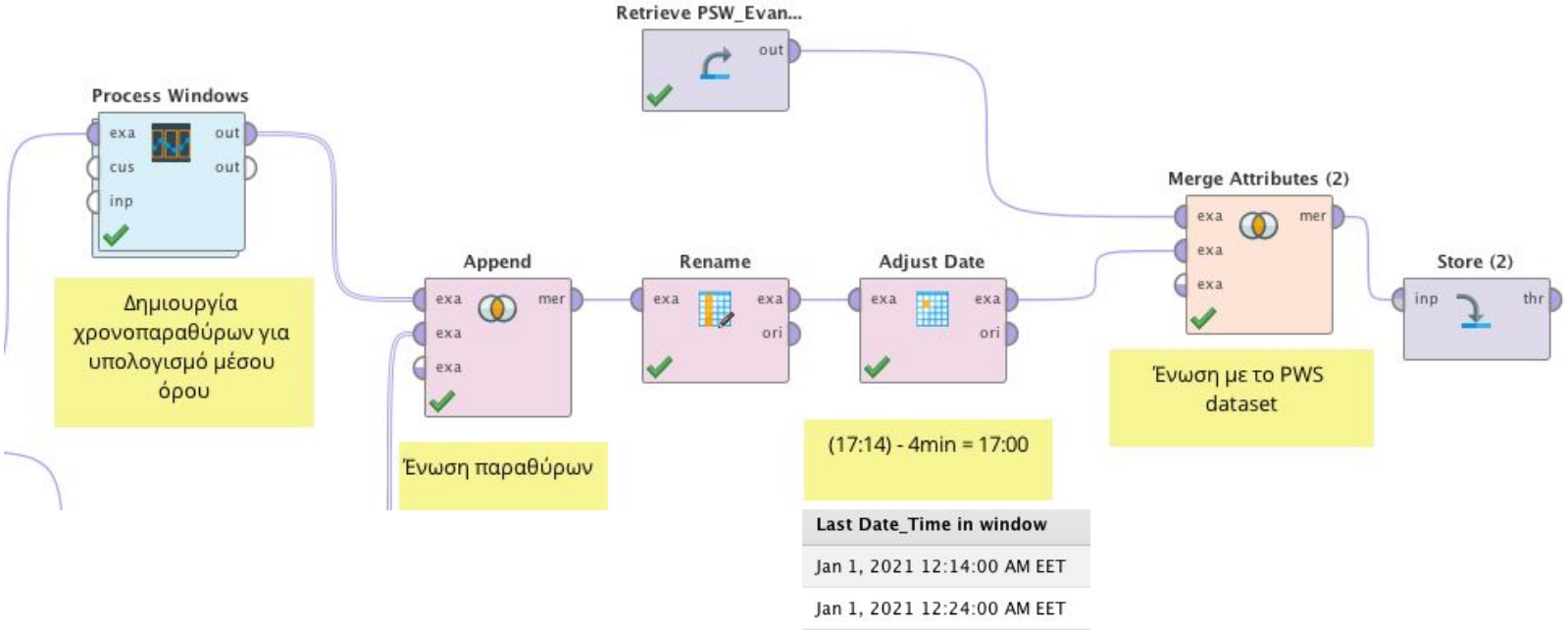


ExampleSet (60,480 examples, 0 special attributes, 193 regular attributes)

SCK Data - Προετοιμασία + Μετατροπή σε 10 minute resolution

Στις 17:15 ο μετεωρολογικός σταθμός δημοσιεύει δεδομένα με timestamp 17:10

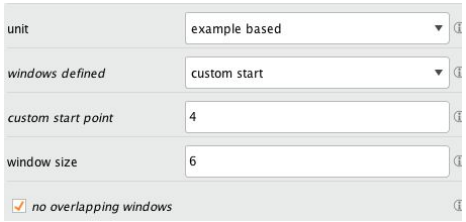


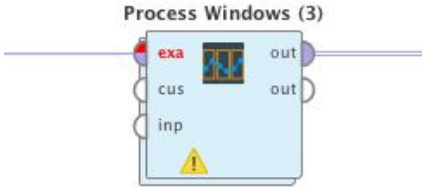


Μετατροπή σε ωριαία ανάλυση (1h mean-mode)

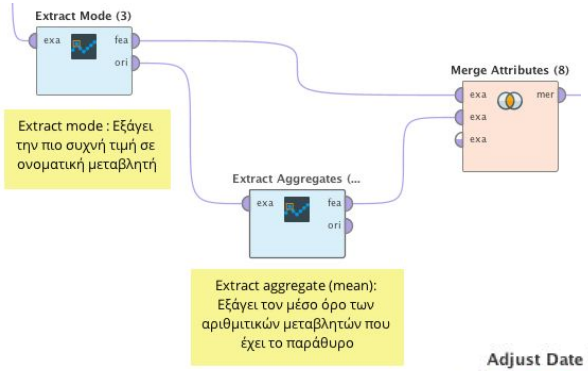
Μετατροπή σε ωριαίο dataset

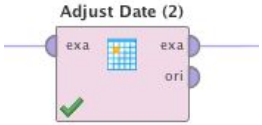
Row No.	Date_Time
1	Jan 1, 2021 12:00:00 AM EET
2	Jan 1, 2021 12:10:00 AM EET
3	Jan 1, 2021 12:20:00 AM EET
4	Jan 1, 2021 12:30:00 AM EET
5	Jan 1, 2021 12:40:00 AM EET
6	Jan 1, 2021 12:50:00 AM EET
7	Jan 1, 2021 1:00:00 AM EET
8	Jan 1, 2021 1:10:00 AM EET
9	Jan 1, 2021 1:20:00 AM EET
10	Jan 1, 2021 1:30:00 AM EET





10 minutes to hour means - mode

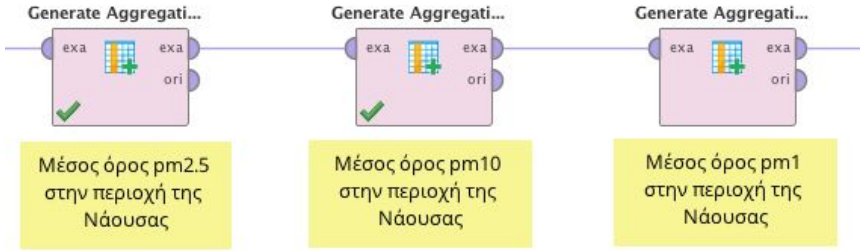




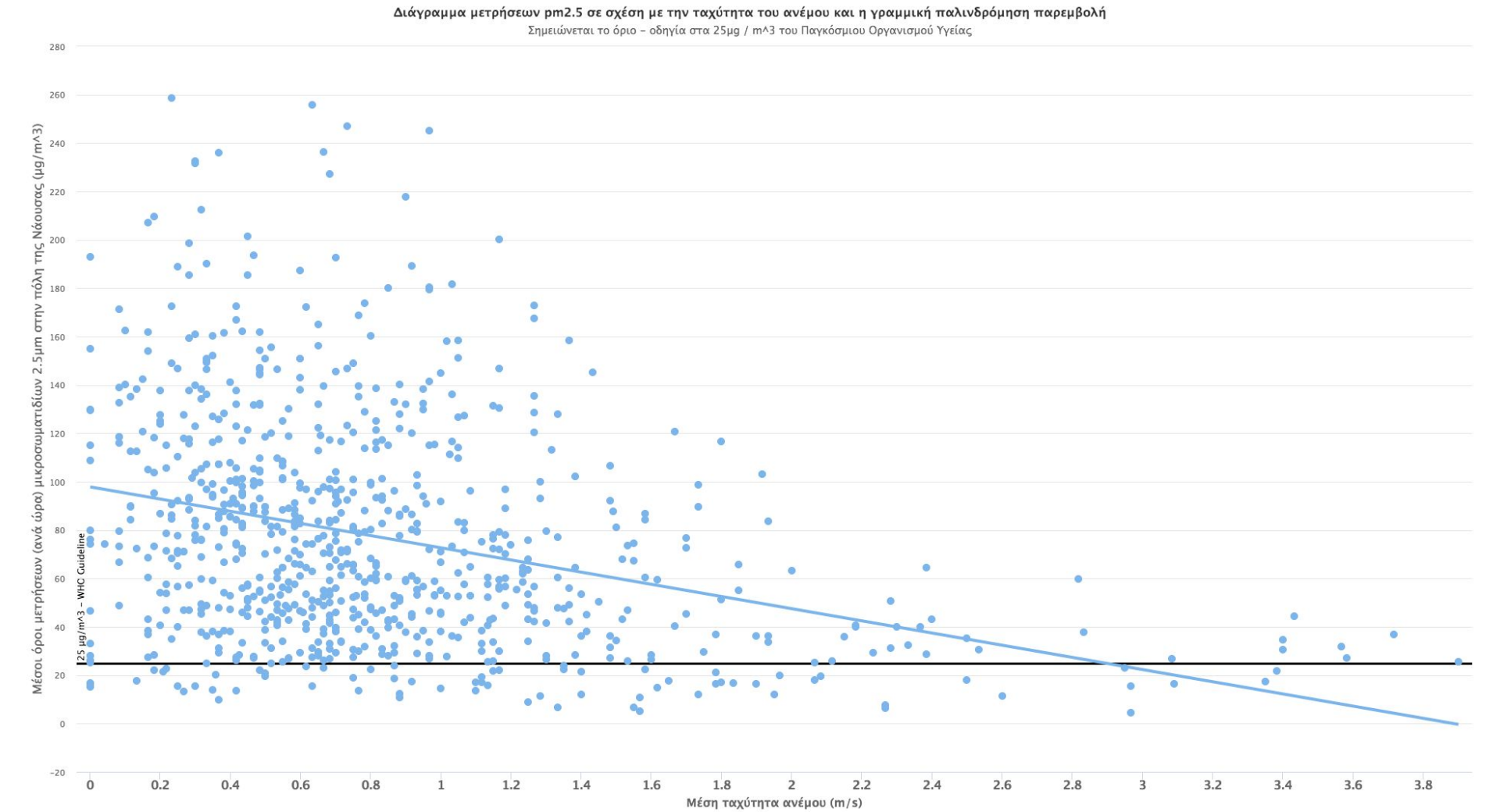
-30 minutes

Date_Time
Jan 1, 2021 1:00:00 AM EET
Jan 1, 2021 2:00:00 AM EET
Jan 1, 2021 3:00:00 AM EET
Jan 1, 2021 4:00:00 AM EET
Jan 1, 2021 5:00:00 AM EET
Jan 1, 2021 6:00:00 AM EET
Jan 1, 2021 7:00:00 AM EET
Jan 1, 2021 8:00:00 AM EET

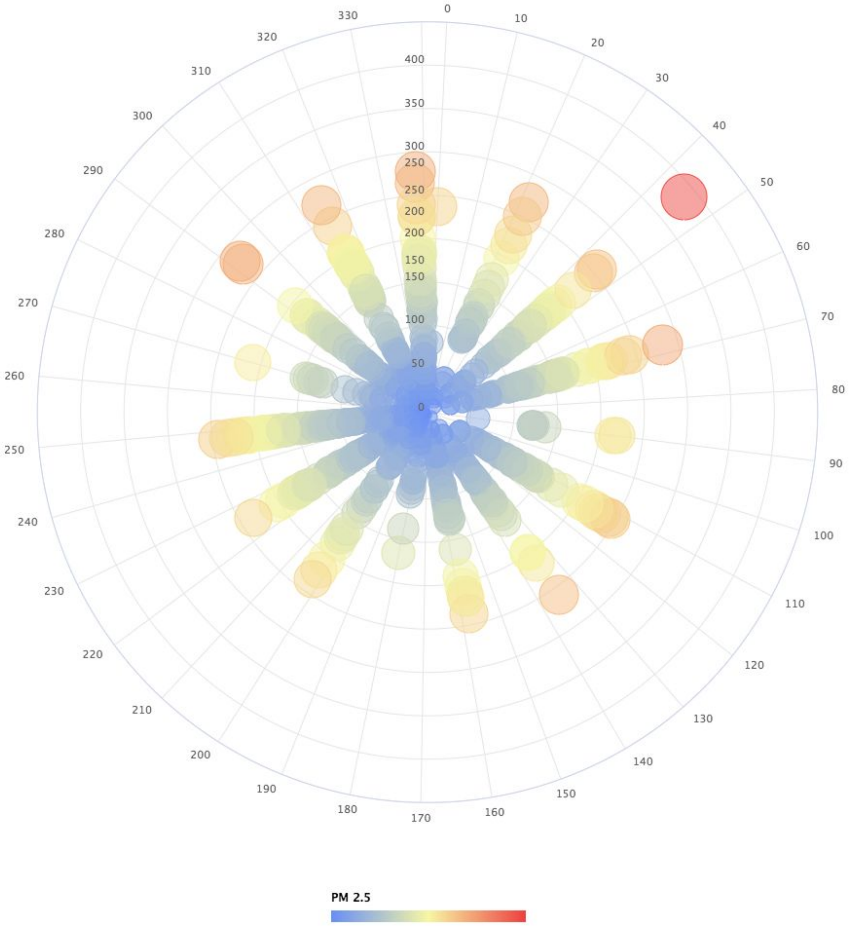
Υπολογισμός ωριαίων μέσων στην περιοχή της Νάουσας






Διάγραμμα μετρήσεων pm2.5 σε σχέση με την ταχύτητα του ανέμου και η γραμμική παλινδρόμηση παρεμβολή
Σημειώνεται το όριο – οδηγία στα 25μg / m^3 του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας
Μέσοι όροι μετρήσεων (ανά ώρα) μικροσωματιδίων 2.5μm στην πόλη της Νάουσας (μg/m^3)
280
260
240
220
200
180
160
140
120
100
80
60
40
20
0
-20
25 μg/m^3 – WHC Guideline
0
0.2
0.4
0.6
0.8
1
1.2
1.4
1.6
1.8
2
2.2
2.4
2.6
2.8
3
3.2
3.4
3.6
3.8
Μέση ταχύτητα ανέμου (m/s)

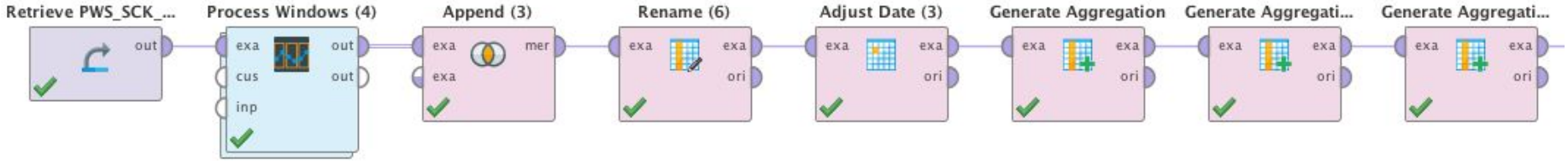
Διάγραμμα κατανομής μετρήσεων pm2.5 σε σχέση με την κατεύθυνση του ανέμου





Μετατροπή σε ημερήσια ανάλυση (24h mean-mode)

Μετατροπή σε ημερήσιο dataset



24h means - mode

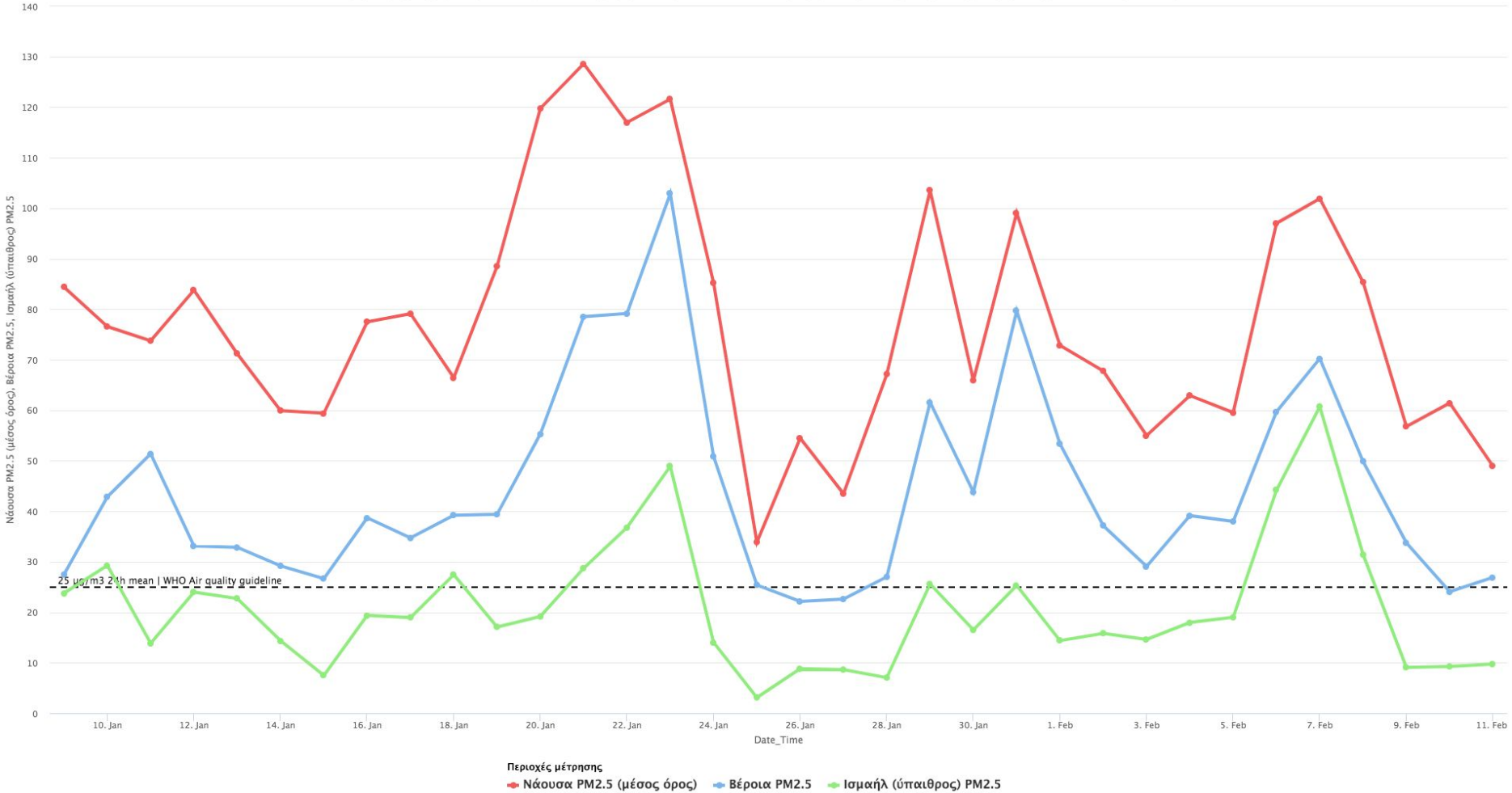
-23h adjust

Naoussa PM2.5, PM10, PM1 daily means

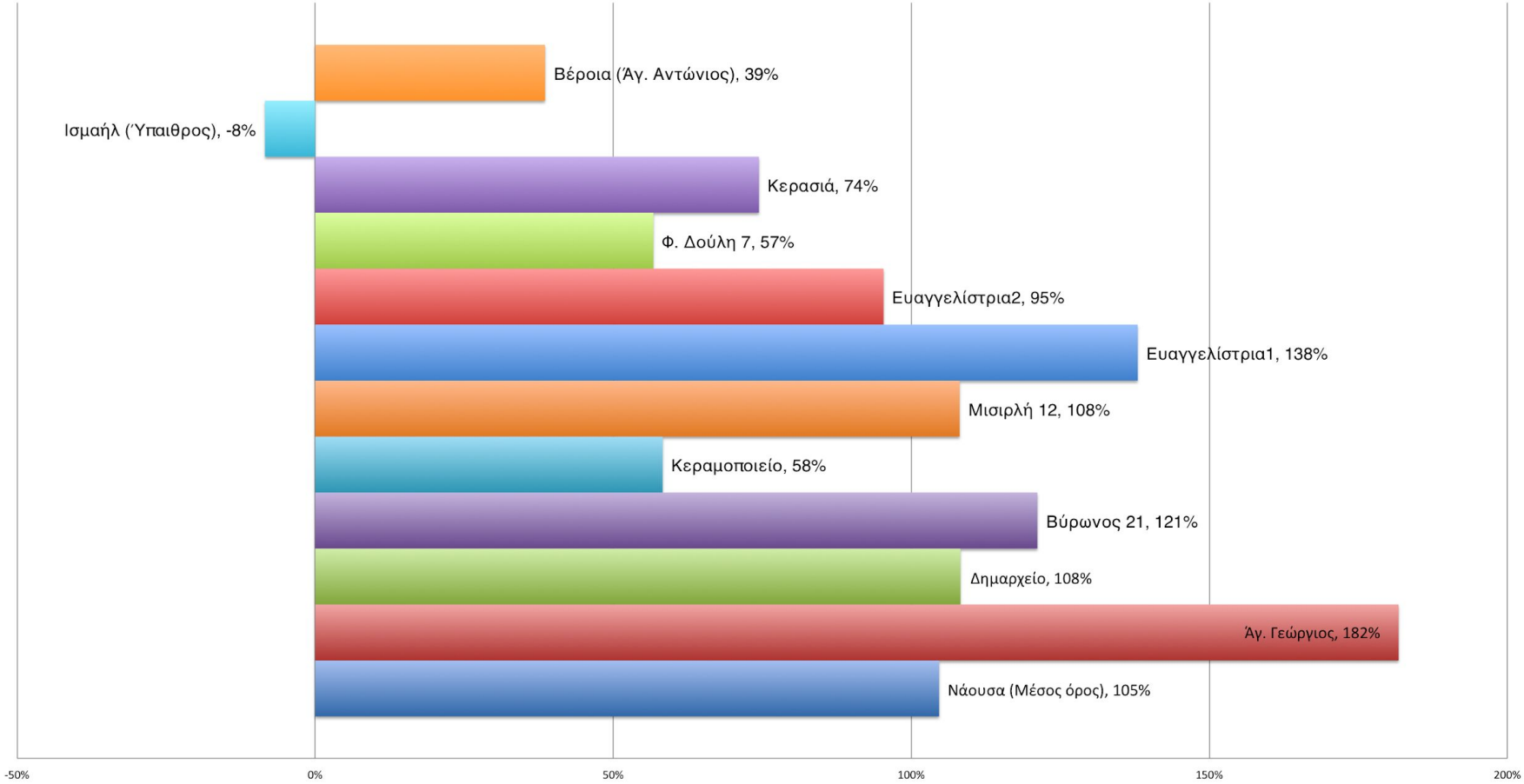
Date_Time	PM2.5_Naoussa_Daily	PM10_Naoussa_Daily	PM1_Naoussa_Daily
Jan 9, 2021 12:00:00 AM EET	84.372	96.190	54.373
Jan 10, 2021 12:00:00 AM EET	76.565	88.852	47.375
Jan 11, 2021 12:00:00 AM EET	73.747	84.248	46.530
Jan 12, 2021 12:00:00 AM EET	83.763	98.971	50.252
Jan 13, 2021 12:00:00 AM EET	71.178	81.134	45.837
Jan 14, 2021 12:00:00 AM EET	59.924	68.878	39.269
Jan 15, 2021 12:00:00 AM EET	59.400	68.889	38.104
Jan 16, 2021 12:00:00 AM EET	77.490	92.193	47.694
Jan 17, 2021 12:00:00 AM EET	79.104	94.563	48.671
Jan 18, 2021 12:00:00 AM EET	66.451	79.060	41.091
Jan 19, 2021 12:00:00 AM EET	88.483	103.670	55.989
Jan 20, 2021 12:00:00 AM EET	119.768	139.273	75.808
Jan 21, 2021 12:00:00 AM EET	128.612	148.196	81.908

Συγκριτικό διάγραμμα μετρήσεων βάρους άνα κυβικό μέτρο (μg/m^3) της μικροσωματιδιακής ύλης των 2.5μm

Με διακεκομμένη γραμμή παρουσιάζεται το ημερήσιο όριο του Διεθνούς Οργανισμού Υγείας στις μετρήσεις pm2.5 – Όριο: 25μm/m^3



Διάγραμμα σύγκρισης περιοχών σε σχέση με το όριο του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας



Ποσοστιαία σχέση με το όριο του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας I 0% = Όριο ποιότητας καθαρού άερα του ΠΟΥ, 25 μg/m^3 (pm2.5)

European Air Quality Index

Ευρωπαϊκή Κλίμακα Ποιότητας Αέρα

Ευρωπαϊκή Κλίμακα Ποιότητας Αέρα & οδηγίες προς τον γενικό πληθυσμό και τις ευπαθείς ομάδες

Air Quality Index	1	2	3	4	5	6
Περιγραφή	Πολύ καλή	Καλή	Μεσαία	Κακή	Πολύ κακή	Ακραία κακή
PM10	0-20	20-40	40-50	50-100	100-150	150-1200
PM2.5	0-10	10-20	20-25	25-50	50-75	75-800
Οδηγίες στον γενικό πληθυσμό	Η ποιότητα αέρα είναι καλή. Απολαύστε τις συνήθεις σας εξωτερικές δραστηριότητες	Απολαύστε τις συνήθεις σας εξωτερικές δραστηριότητες	Απολαύστε τις συνήθεις σας εξωτερικές δραστηριότητες	Αν παρουσιάσετε συμπτώματα όπως τσούξιμο (πόνο) στα μάτια, βήχα ή πονόλαιμο, σκεφτείτε να μειώσετε τις έντονες εξωτερικές δραστηριότητες	Αν παρουσιάσετε συμπτώματα όπως τσούξιμο (πόνο) στα μάτια, βήχα ή πονόλαιμο, σκεφτείτε να μειώσετε τις έντονες εξωτερικές δραστηριότητες	Μειώστε τις εξωτερικές δραστηριότητες
Οδηγίες στις ευπαθείς ομάδες του πληθυσμού	Η ποιότητα αέρα είναι καλή. Απολαύστε τις συνήθεις σας εξωτερικές δραστηριότητες	Απολαύστε τις συνήθεις σας εξωτερικές δραστηριότητες	Αν παρουσιάσετε προβλήματα, σκεφτείτε να μειώσετε τις έντονες εξωτερικές δραστηριότητες	Αν παρουσιάσετε συμπτώματα, σκεφτείτε να μειώσετε οποιαδήποτε σωματική δραστηριότητα, ιδιαιτέρως σε εξωτερικούς χώρους	Μειώστε τις σωματικές δραστηριότητες, με έμφαση τις εξωτερικές, ιδιαιτέρως δε αν παρουσιάζετε συμπτώματα	Αποφύγετε τις εξωτερικές δραστηριότητες

European Air Quality Index—European Environment Agency. (χ.χ.). Ανακτήθηκε Φεβρουάριος 2021, από https://www.eea.europa.eu/themes/air/air-quality-index

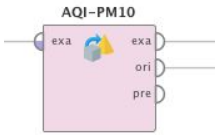
Υπολογισμός Air Quality Index

σύμφωνα με την μεθοδολογία της Ευρωπαϊκής Υπηρεσίας Περιβάλλοντος (European Environment Agency)

AQI = max {AQI-PM2.5 24h mean}, {AQI-PM10 24h mean}

Υπολογισμός AQI max {AQI-PM2.5 24h mean}, {AQI-PM10 24h mean}

PM10_Naoussa_Daily
SCK_Anagnostou_PM10 (ug/m3).mean
SCK_Dimarcheio_PM10 (ug/m3).mean
SCK_Giokalas_PM10 (ug/m3).mean
SCK_Gkiourkas_PM10 (ug/m3).mean
SCK_Ketanis_PM10 (ug/m3).mean
SCK_Mitsianis_1_PM10 (ug/m3).mean
SCK_Mitsianis_2_PM10 (ug/m3).mean
SCK_Mitsianis_Indoor_PM10 (ug/m3).mean
SCK_Nikou_PM10 (ug/m3).mean
SCK_Stoidis_PM10 (ug/m3).mean
SCK_Vadolas_PM10 (ug/m3).mean
SCK_Veroia_PM10 (ug/m3).mean



Διακριτοποίηση σε κατηγορίες

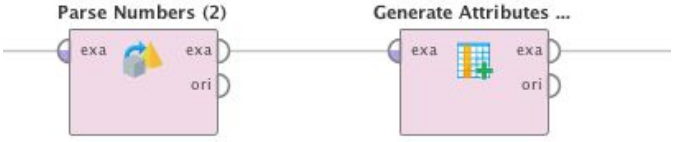
class names	upper limit
1	20.0
2	40.0
3	50.0
4	100.0
5	150.0
6	1200.0

PM2.5_Naoussa_Daily
SCK_Anagnostou_PM2.5 (ug/m3).mean
SCK_Dimarcheio_PM2.5 (ug/m3).mean
SCK_Giokalas_PM2.5 (ug/m3).mean
SCK_Gkiourkas_PM2.5 (ug/m3).mean
SCK_Ketanis_PM2.5 (ug/m3).mean
SCK_Mitsianis_1_PM2.5 (ug/m3).mean
SCK_Mitsianis_2_PM2.5 (ug/m3).mean
SCK_Mitsianis_Indoor_PM2.5 (ug/m3).mean
SCK_Nikou_PM2.5 (ug/m3).mean
SCK_Stoidis_PM2.5 (ug/m3).mean
SCK_Vadolas_PM2.5 (ug/m3).mean
SCK_Veroia_PM2.5 (ug/m3).mean



Διακριτοποίηση σε κατηγορίες

class names	upper limit
1	10.0
2	20.0
3	25.0
4	50.0
5	75.0
6	800.0

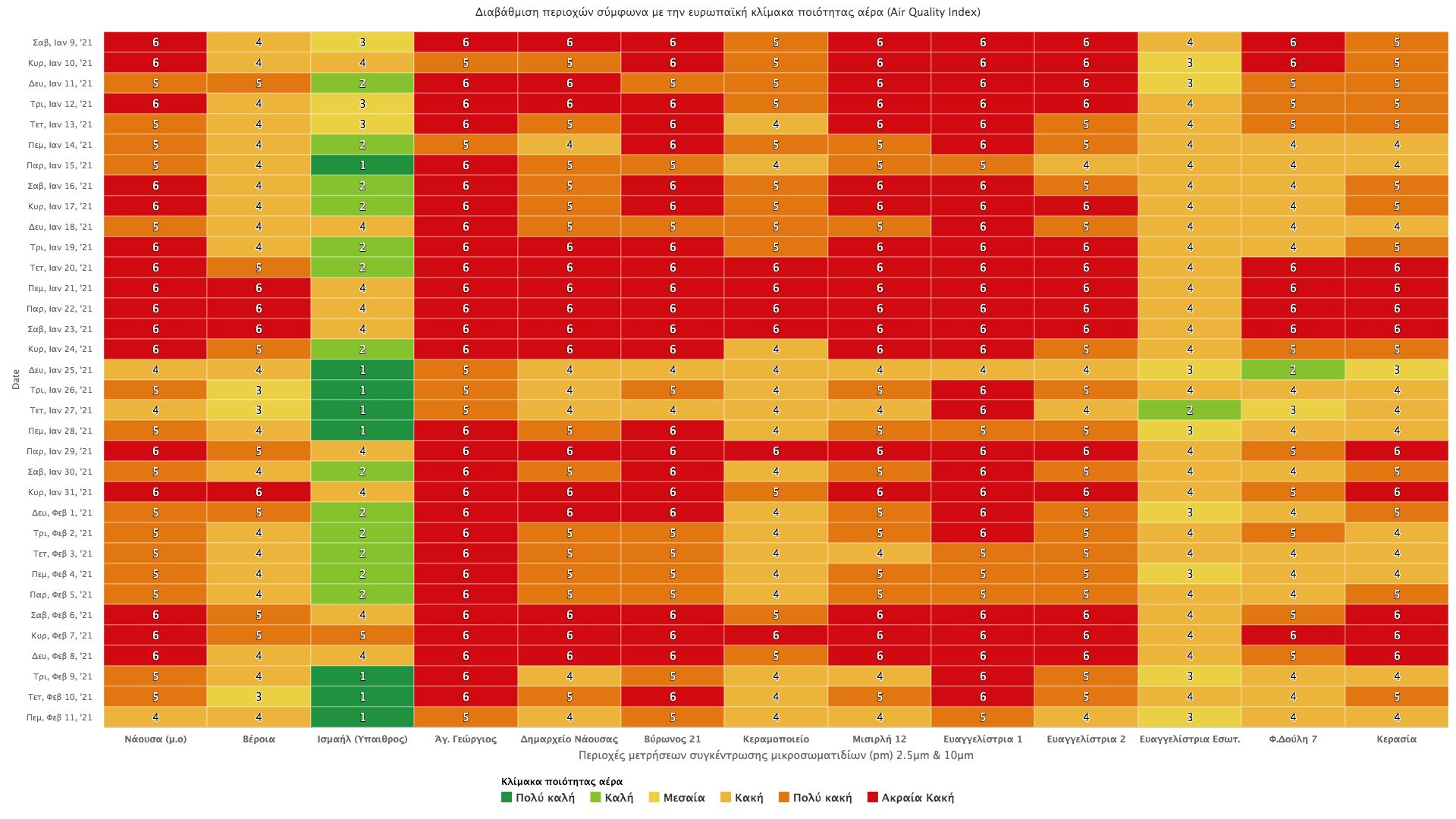


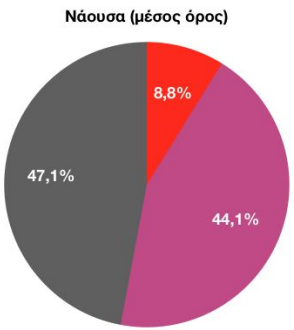
Μετατροπή κατηγοριών σε αριθμό

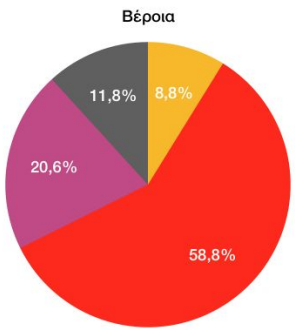
Δημιουργία χαρακτηριστικών
AQI = max (AQI_PM10, AQI_PM2.5)

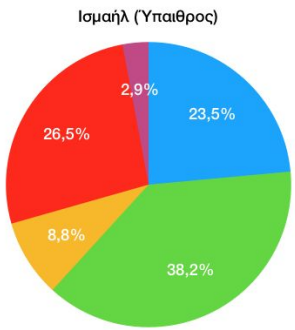
attribute name	function expressions
Νάουσα (μ.ο)	max([AQI_PM2.5_Naoussa_Daily],AQI_PM10_Naoussa_Daily)
Άγ. Γεώργιος	max([AQI_SCK_Anagnostou_PM10 (ug/m3).mean],[AQI_SCK_Anagnostou_PM2.5 (ug/m3).mean])
Δημαρχείο Νάουσας	max([AQI_SCK_Dimarcheio_PM10 (ug/m3).mean],[AQI_SCK_Dimarcheio_PM2.5 (ug/m3).mean])
Βύρωνος 21	max([AQI_SCK_Giokalas_PM10 (ug/m3).mean],[AQI_SCK_Giokalas_PM2.5 (ug/m3).mean])
Κεραμοποιείο	max([AQI_SCK_Gkiourkas_PM10 (ug/m3).mean],[AQI_SCK_Gkiourkas_PM2.5 (ug/m3).mean])
Μισιρλή 12	max([AQI_SCK_Ketanis_PM10 (ug/m3).mean],[AQI_SCK_Ketanis_PM2.5 (ug/m3).mean])
Ευαγγελίστρια 1	max([AQI_SCK_Mitsianis_1_PM10 (ug/m3).mean],[AQI_SCK_Mitsianis_1_PM2.5 (ug/m3).mean])
Ευαγγελίστρια 2	max([AQI_SCK_Mitsianis_2_PM10 (ug/m3).mean],[AQI_SCK_Mitsianis_2_PM2.5 (ug/m3).mean])
Ευαγγελίστρια Εσωτ.	max([AQI_SCK_Mitsianis_Indoor_PM10 (ug/m3).mean],[AQI_SCK_Mitsianis_Indoor_PM2.5 (ug/m3).mean])
Ισμαήλ (Υπαίθρος)	max([AQI_SCK_Nikou_PM10 (ug/m3).mean],[AQI_SCK_Nikou_PM2.5 (ug/m3).mean])
Φ.Δούλη 7	max([AQI_SCK_Stoidis_PM10 (ug/m3).mean],[AQI_SCK_Stoidis_PM2.5 (ug/m3).mean])
Κερασία	max([AQI_SCK_Vadolas_PM10 (ug/m3).mean],[AQI_SCK_Vadolas_PM2.5 (ug/m3).mean])
Βέροια	max([AQI_SCK_Veroia_PM10 (ug/m3).mean],[AQI_SCK_Veroia_PM2.5 (ug/m3).mean])

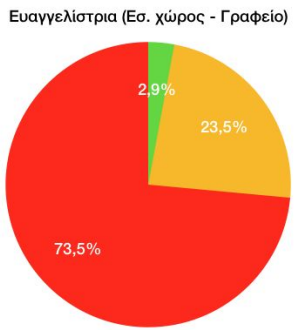
European Air Quality Index—European Environment Agency. (χ.χ.). Ανακτήθηκε Φεβρουάριος 2021, από https://www.eea.europa.eu/themes/air/air-quality-index

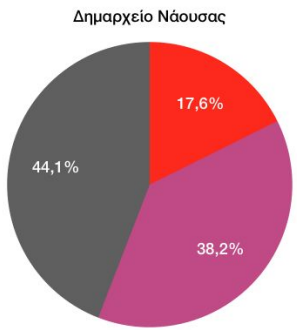

Διαβάθμιση περιοχών σύμφωνα με την ευρωπαϊκή κλίμακα ποιότητας αέρα (Air Quality Index)
Date
Σαβ, Ιαν 9, '21 6 4 3 6 6 6 5 6 6 6 4 6 5
Κυρ, Ιαν 10, '21 6 4 4 5 5 6 5 6 6 6 3 6 5
Δευ, Ιαν 11, '21 5 5 2 6 6 5 5 6 6 6 3 5 5
Τρι, Ιαν 12, '21 6 4 3 6 6 6 5 6 6 6 4 5 5
Τετ, Ιαν 13, '21 5 4 3 6 5 6 4 6 6 5 4 5 5
Πεμ, Ιαν 14, '21 5 4 2 5 4 6 5 5 6 5 4 4 4
Παρ, Ιαν 15, '21 5 4 1 6 5 5 4 5 5 4 4 4 4
Σαβ, Ιαν 16, '21 6 4 2 6 5 6 5 6 6 5 4 4 5
Κυρ, Ιαν 17, '21 6 4 2 6 5 6 5 6 6 6 4 4 5
Δευ, Ιαν 18, '21 5 4 4 6 5 5 5 5 6 5 4 4 4
Τρι, Ιαν 19, '21 6 4 2 6 6 6 5 6 6 6 4 4 5
Τετ, Ιαν 20, '21 6 5 2 6 6 6 6 6 6 6 4 6 6
Πεμ, Ιαν 21, '21 6 6 4 6 6 6 6 6 6 6 4 6 6
Παρ, Ιαν 22, '21 6 6 4 6 6 6 6 6 6 6 4 6 6
Σαβ, Ιαν 23, '21 6 6 4 6 6 6 6 6 6 6 4 6 6
Κυρ, Ιαν 24, '21 6 5 2 6 6 6 4 6 6 5 4 5 5
Δευ, Ιαν 25, '21 4 4 1 5 4 4 4 4 4 4 3 2 3
Τρι, Ιαν 26, '21 5 3 1 5 4 5 4 5 6 5 4 4 4
Τετ, Ιαν 27, '21 4 3 1 5 4 4 4 4 6 4 2 3 4
Πεμ, Ιαν 28, '21 5 4 1 6 5 6 4 5 5 5 3 4 4
Παρ, Ιαν 29, '21 6 5 4 6 6 6 6 6 6 6 4 5 6
Σαβ, Ιαν 30, '21 5 4 2 6 5 6 4 5 6 5 4 4 5
Κυρ, Ιαν 31, '21 6 6 4 6 6 6 5 6 6 6 4 5 6
Δευ, Φεβ 1, '21 5 5 2 6 6 6 4 5 6 5 3 4 5
Τρι, Φεβ 2, '21 5 4 2 6 5 5 4 5 6 5 4 5 4
Τετ, Φεβ 3, '21 5 4 2 6 5 5 4 4 5 5 4 4 4
Πεμ, Φεβ 4, '21 5 4 2 6 5 5 4 5 5 5 3 4 4
Παρ, Φεβ 5, '21 5 4 2 6 5 5 4 5 5 5 4 4 5
Σαβ, Φεβ 6, '21 6 5 4 6 6 6 5 6 6 6 4 5 6
Κυρ, Φεβ 7, '21 6 5 5 6 6 6 6 6 6 6 4 6 6
Δευ, Φεβ 8, '21 6 4 4 6 6 6 5 6 6 6 4 5 6
Τρι, Φεβ 9, '21 5 4 1 6 4 5 4 4 6 5 3 4 4
Τετ, Φεβ 10, '21 5 3 1 6 5 6 4 5 6 5 4 4 5
Πεμ, Φεβ 11, '21 4 4 1 5 4 5 4 4 5 4 3 4 4
Νάουσα (μ.ο) Βέροια Ισμαήλ (Υπαιθρος) Άγ. Γεώργιος Δημαρχείο Νάουσας Βύρωνος 21 Κεραμοποιείο Μισιρλή 12 Ευαγγελίστρια 1 Ευαγγελίστρια 2 Ευαγγελίστρια Εσωτ. Φ.Δούλη 7 Κερασία
Περιοχές μετρήσεων συγκέντρωσης μικροσωματιδίων (pm) 2.5μm & 10μm
Κλίμακα ποιότητας αέρα
Πολύ καλή Καλή Μεσαία Κακή Πολύ κακή Ακραία Κακή

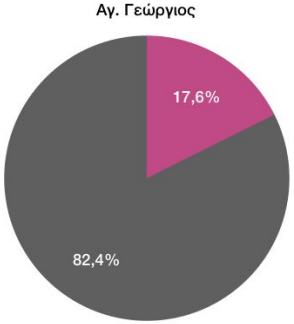


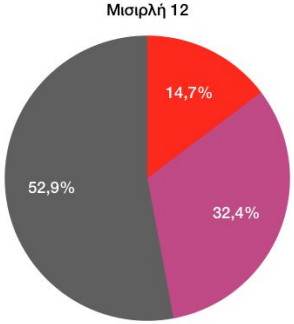


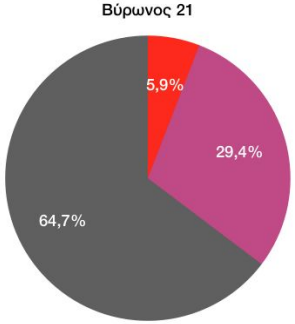


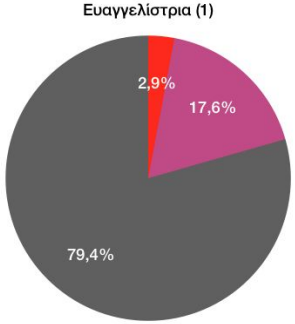


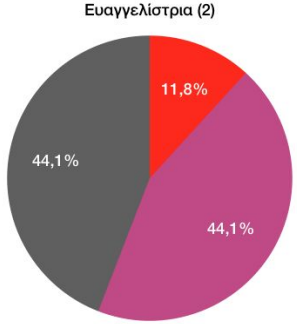


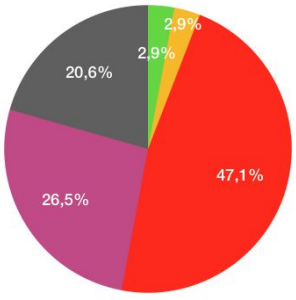


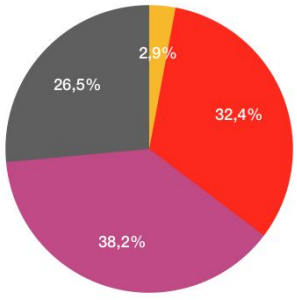


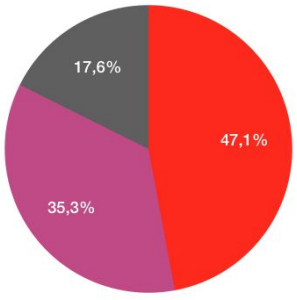












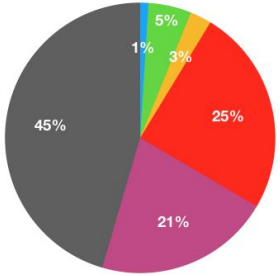
Πολύ καλή (AQI 1)
Καλή (AQI 2)
Μεσαία (AQI 3)
Κακή (AQI 4)
Πολύ κακή (AQI 5)
Ακραία κακή (AQI 6)

Περίοδος: 9 Ιαν 2021 - 11 Φεβ 2021
Διάρκεια: 34 ημέρες
Ημερήσιος υπολογισμός (24h means) κλίμακας ποιότητας αέρα σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Υπηρεσία Περιβάλλοντος

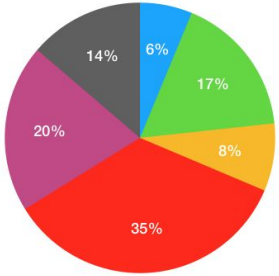
Air Quality Index

Υπολογισμός ανά ώρα

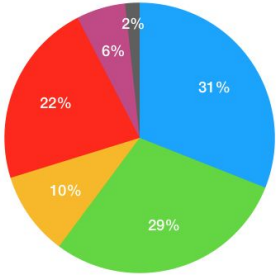
Νάουσα (μέσος όρος)



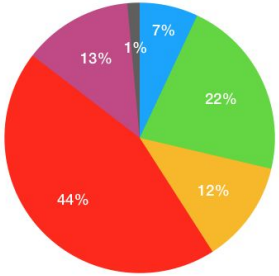
Βέροια



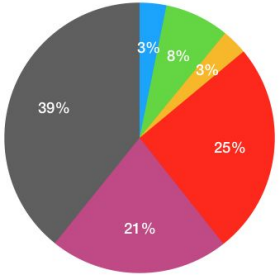
Ισμαήλ (Υπαιθρος)



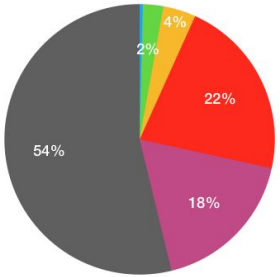
Ευαγγελίστρια (Εσ. χώρος - Γραφείο)



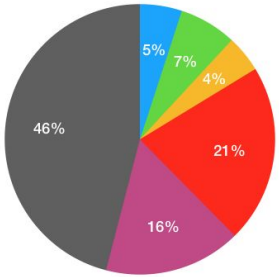
Δημαρχείο Νάουσας



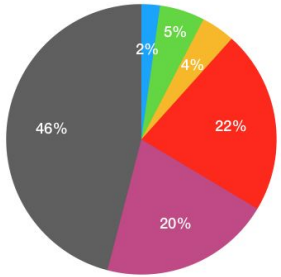
Αγ. Γεώργιος



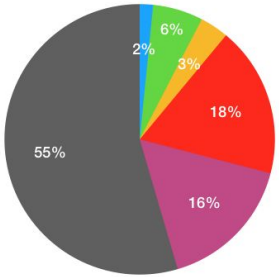
Μισιρλή 12



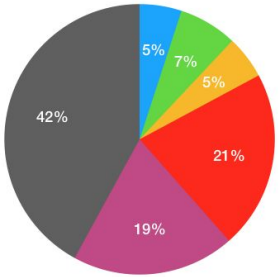
Βύρωνος 21



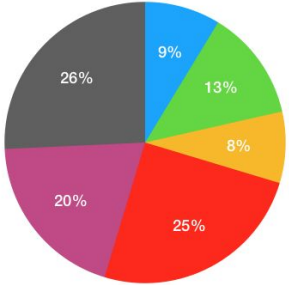
Ευαγγελίστρια (1)



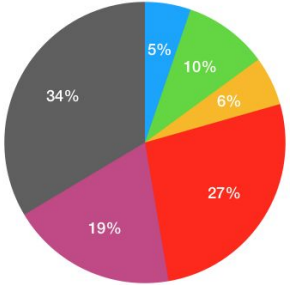
Ευαγγελίστρια (2)



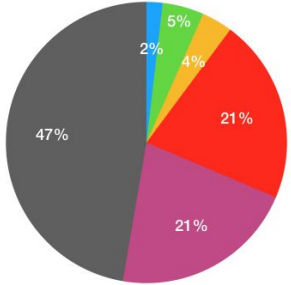
Φ. Δούλη 7



Κερασιά



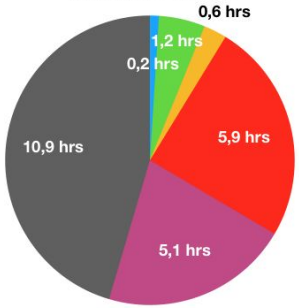
Κεραμοποιείο



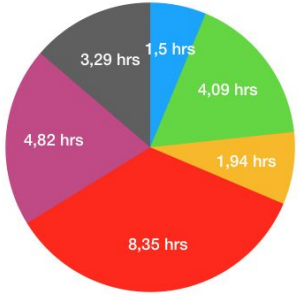
Πολύ καλή (AQI 1)
Καλή (AQI 2)
Μεσαία (AQI 3)
Κακή (AQI 4)
Πολύ κακή (AQI 5)
Ακραία κακή (AQI 6)

- Υπολογισμός AQI ανά ώρα
- Εξαγωγή ποσόστωσης

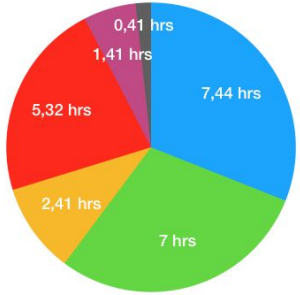
Νάουσα (μέσος όρος)



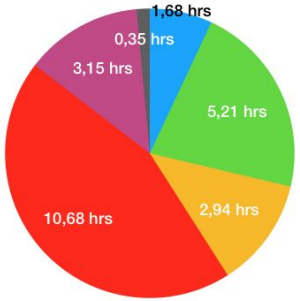
Βέροια



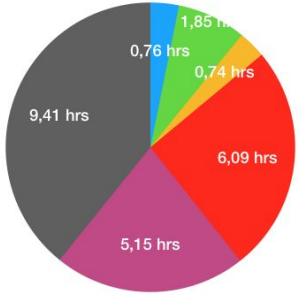
Ισμαήλ (Ύπαιθρος)



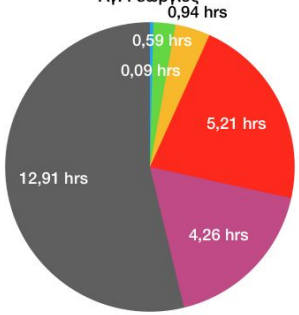
Ευαγγελίστρια (Εσ. χώρος - Γραφείο)



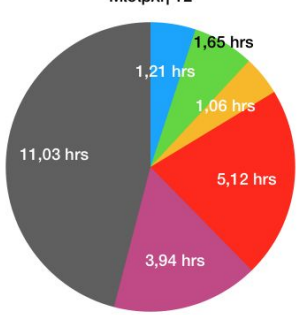
Δημαρχείο Νάουσας



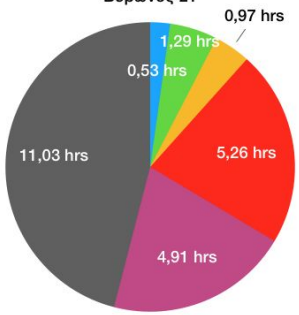
Αγ. Γεώργιος



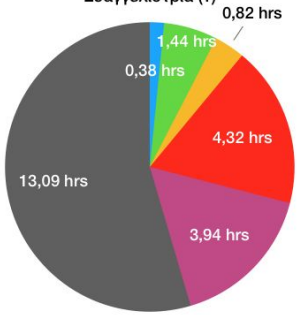
Μισιρλή 12



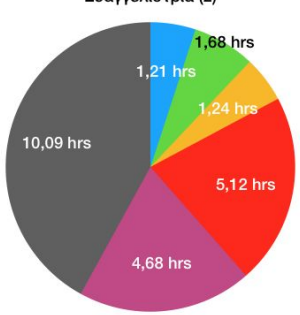
Βύρωνος 21



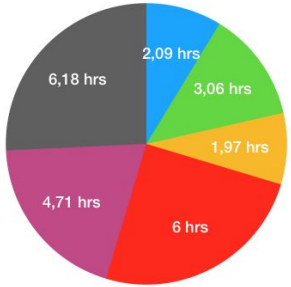
Ευαγγελίστρια (1)



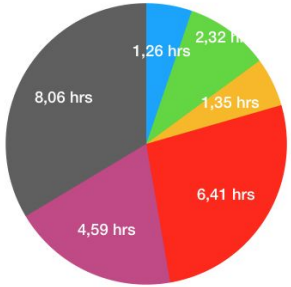
Ευαγγελίστρια (2)



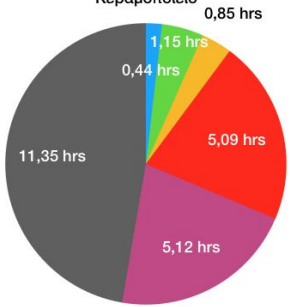
Φ. Δούλη 7



Κερασιά



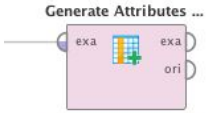
Κεραμοποιείο



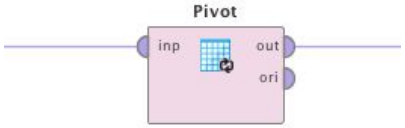
- Πολύ καλή (AQI 1)
- Καλή (AQI 2)
- Μεσαία (AQI 3)
- Κακή (AQI 4)
- Πολύ κακή (AQI 5)
- Ακραία κακή (AQI 6)

- Υπολογισμός ποσόστωσης ως ώρες μιας ημέρας (hrs=x%*24h)

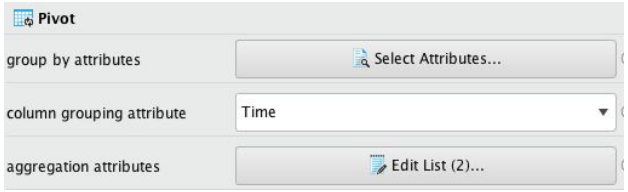
Υπολογισμός ωριαία κατανομής μέσων ορων AQI

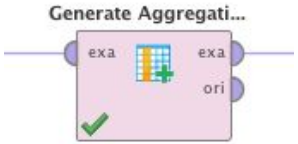


Δημιουργία του χαρακτηριστικού Time



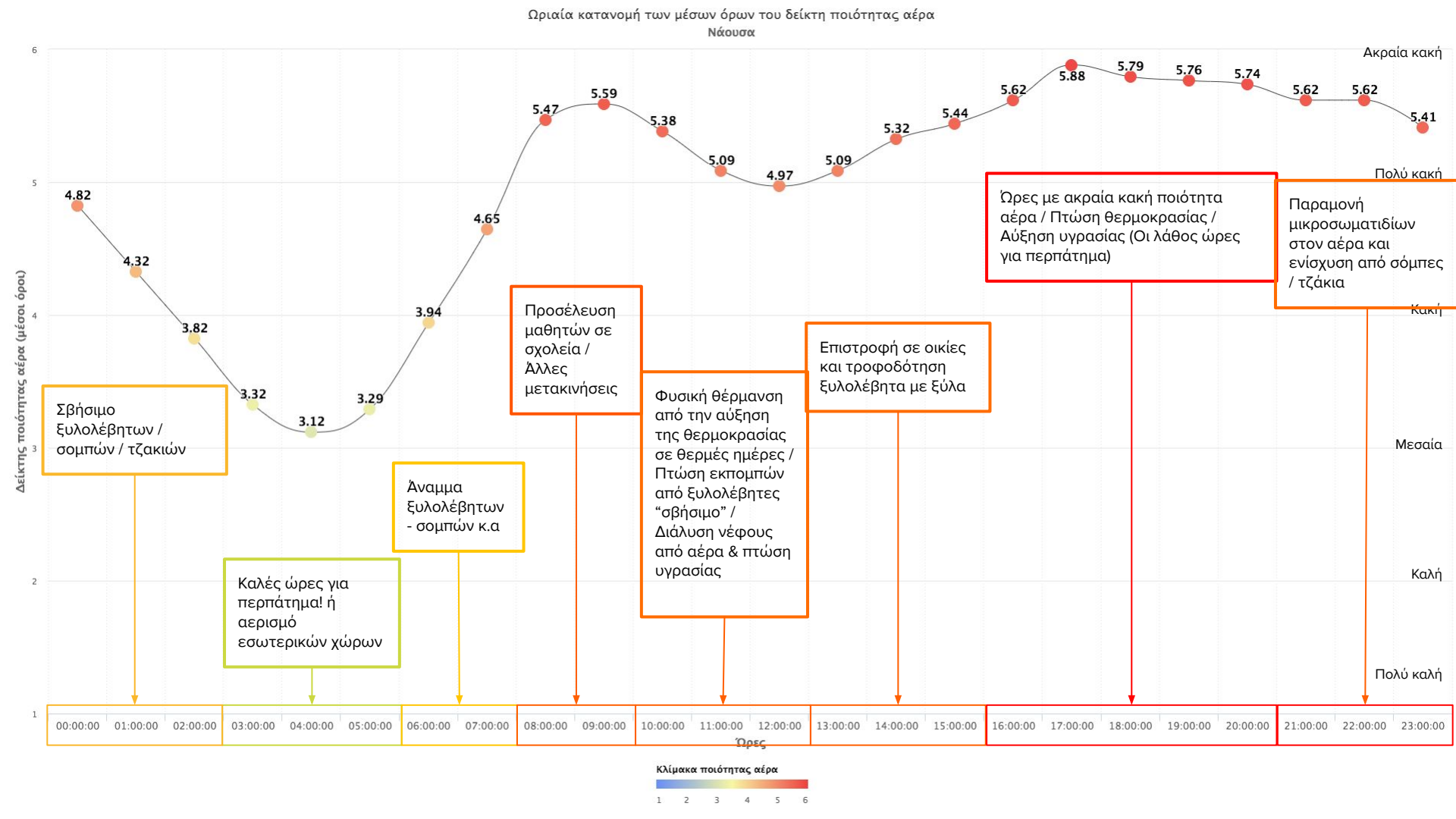
Αντιστροφή με group στα χαρακτηριστικά του Time (δλδ 24ώρες) - Δημιουργία μέσων όρων για κάθε ώρα

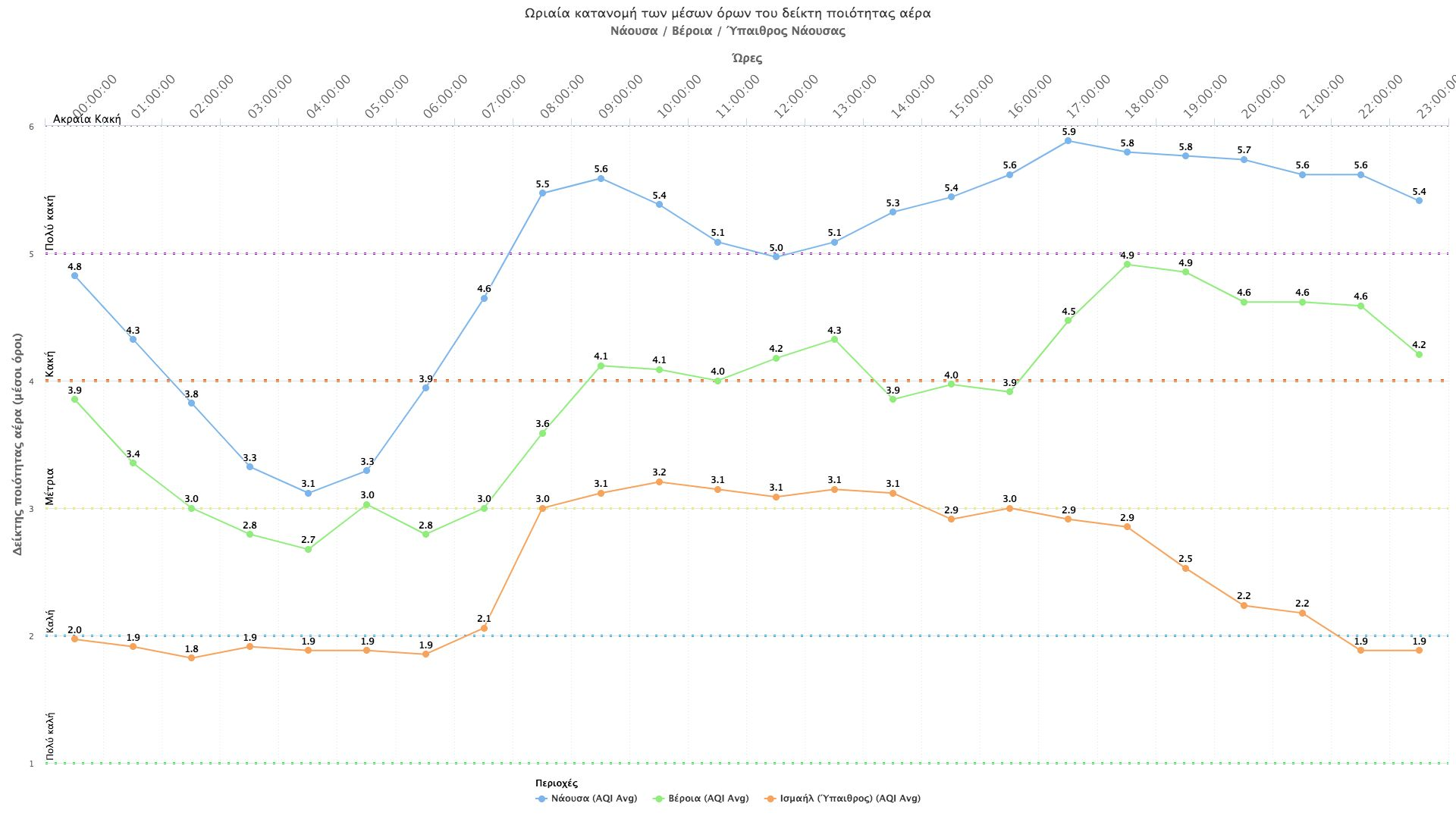




Δημιουργία συνόλου ανά ώρα

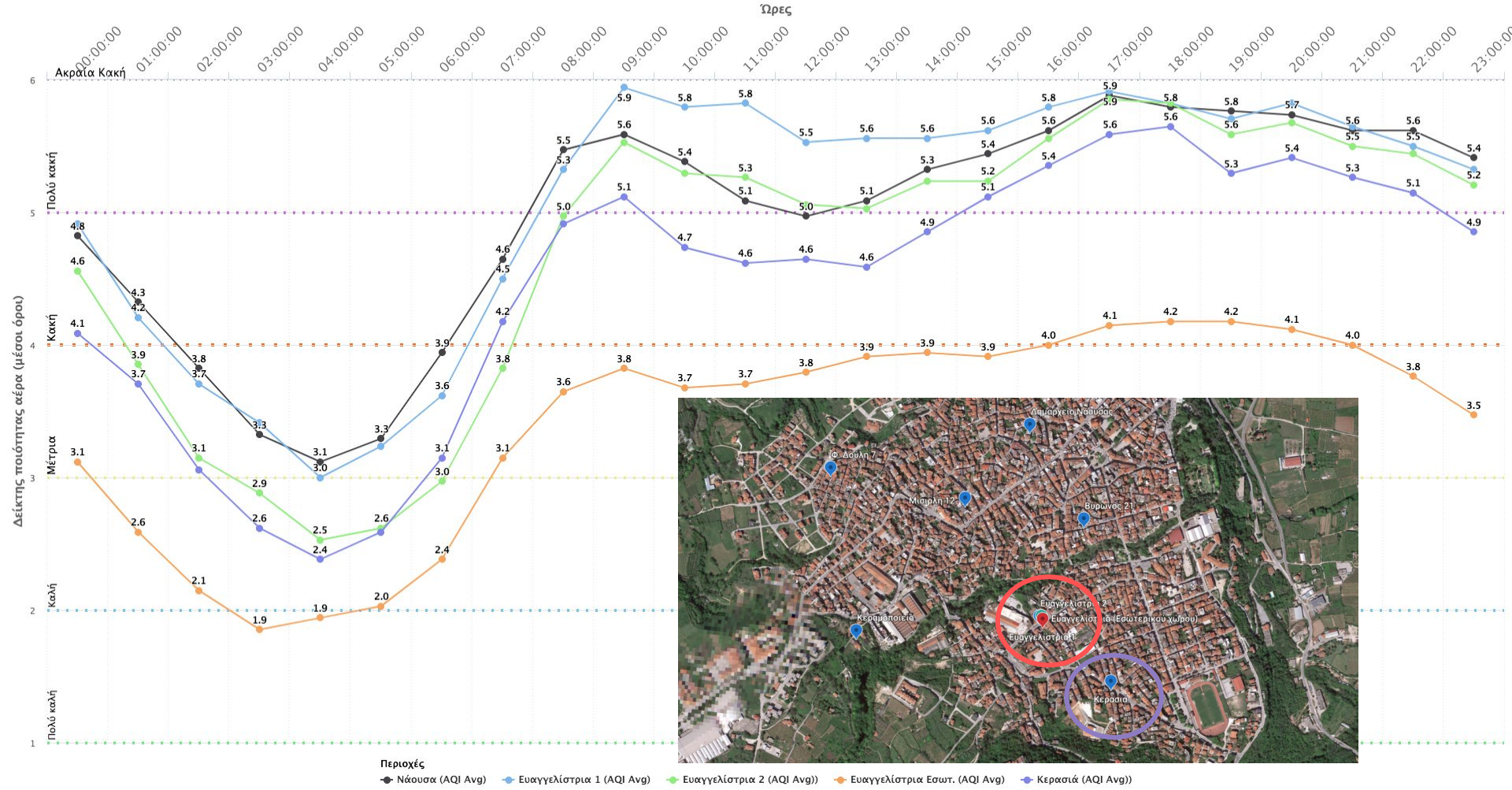
average(Νά...	average(Νάουσα (μ.ο))_21:00:00	average(Νάουσα (μ.ο))_22:00:00	average(Νάουσα (μ.ο))_23:00:00	Νάουσα_AQI_Avg
?	?	?	?	4.824
?	?	?	?	4.324
?	?	?	?	3.824
?	?	?	?	3.324
?	?	?	?	3.118
?	?	?	?	3.294
?	?	?	?	3.941
?	?	?	?	4.647
?	?	?	?	5.471
?	?	?	?	5.588
?	?	?	?	5.382
?	?	?	?	5.088
?	?	?	?	4.971
?	?	?	?	5.088
?	?	?	?	5.324
?	?	?	?	5.441
?	?	?	?	5.618
?	?	?	?	5.882
?	?	?	?	5.794
?	?	?	?	5.765
5.735	?	?	?	5.735
?	5.618	?	?	5.618
?	?	5.618	?	5.618
?	?	?	5.412	5.412


Ωριαία κατανομή των μέσων όρων του δείκτη ποιότητας αέρα
Νάουσα
Δείκτης ποιότητας αέρα (μέσοι όροι)
Ώρες
Κλίμακα ποιότητας αέρα
1 2 3 4 5 6
Ακραία κακή
Πολύ κακή
Κακή
Μεσαία
Καλή
Πολύ καλή
4.82
4.32
3.82
3.32
3.12
3.29
3.94
4.65
5.47
5.59
5.38
5.09
4.97
5.09
5.32
5.44
5.62
5.88
5.79
5.76
5.74
5.62
5.62
5.41
00:00:00 01:00:00 02:00:00 03:00:00 04:00:00 05:00:00 06:00:00 07:00:00 08:00:00 09:00:00 10:00:00 11:00:00 12:00:00 13:00:00 14:00:00 15:00:00 16:00:00 17:00:00 18:00:00 19:00:00 20:00:00 21:00:00 22:00:00 23:00:00
Σβήσιμο ξυλολέβητων / σομπών / τζακιών
Καλές ώρες για περπάτημα! ή αερισμό εσωτερικών χώρων
Άναμμα ξυλολέβητων - σομπών κ.α
Προσέλευση μαθητών σε σχολεία / Άλλες μετακινήσεις
Φυσική θέρμανση από την αύξηση της θερμοκρασίας σε θερμές ημέρες / Πτώση εκπομπών από ξυλολέβητες “σβήσιμο” / Διάλυση νέφους από αέρα & πτώση υγρασίας
Επιστροφή σε οικίες και τροφοδότηση ξυλολέβητα με ξύλα
Ώρες με ακραία κακή ποιότητα αέρα / Πτώση θερμοκρασίας / Αύξηση υγρασίας (Οι λάθος ώρες για περπάτημα)
Παραμονή μικροσωματιδίων στον αέρα και ενίσχυση από σόμπες / τζάκια


Ωριαία κατανομή των μέσων όρων του δείκτη ποιότητας αέρα
Νάουσα / Βέροια / Ύπαιθρος Νάουσας
Ώρες
00:00:00
01:00:00
02:00:00
03:00:00
04:00:00
05:00:00
06:00:00
07:00:00
08:00:00
09:00:00
10:00:00
11:00:00
12:00:00
13:00:00
14:00:00
15:00:00
16:00:00
17:00:00
18:00:00
19:00:00
20:00:00
21:00:00
22:00:00
23:00:00
Ακραία Κακή
Πολύ κακή
Κακή
Μέτρια
Καλή
Πολύ καλή
Δείκτης ποιότητας αέρα (μέσοι όροι)
6
5
4
3
2
1
4.8 4.3 3.8 3.3 3.1 3.3 3.9 4.6 5.5 5.6 5.4 5.1 5.0 5.1 5.3 5.4 5.6 5.9 5.8 5.8 5.7 5.6 5.6 5.4
3.9 3.4 3.0 2.8 2.7 3.0 2.8 3.0 3.6 4.1 4.1 4.0 4.2 4.3 3.9 4.0 3.9 4.5 4.9 4.9 4.6 4.6 4.6 4.2
2.0 1.9 1.8 1.9 1.9 1.9 1.9 2.1 3.0 3.1 3.2 3.1 3.1 3.1 3.1 2.9 3.0 2.9 2.9 2.5 2.2 2.2 1.9 1.9
Περιοχές
Νάουσα (AQI Avg)
Βέροια (AQI Avg)
Ισμαήλ (Ύπαιθρος) (AQI Avg)

Ωριαία κατανομή των μέσων όρων του δείκτη ποιότητας αέρα

Νάουσα / Ευαγγελίστρια / Εσωτερικός χώρος / Κερασιά



Ωριαία κατανομή των μέσων όρων του δείκτη ποιότητας αέρα

Νάουσα / Βύρωνος / Δημαρχείο / Μισιρλή

Ώρες

00:00:00 01:00:00 02:00:00 03:00:00 04:00:00 05:00:00 06:00:00 07:00:00 08:00:00 09:00:00 10:00:00 11:00:00 12:00:00 13:00:00 14:00:00 15:00:00 16:00:00 17:00:00 18:00:00 19:00:00 20:00:00 21:00:00 22:00:00 23:00:00

Ακραία Κακή

Πολύ κακή

Κακή

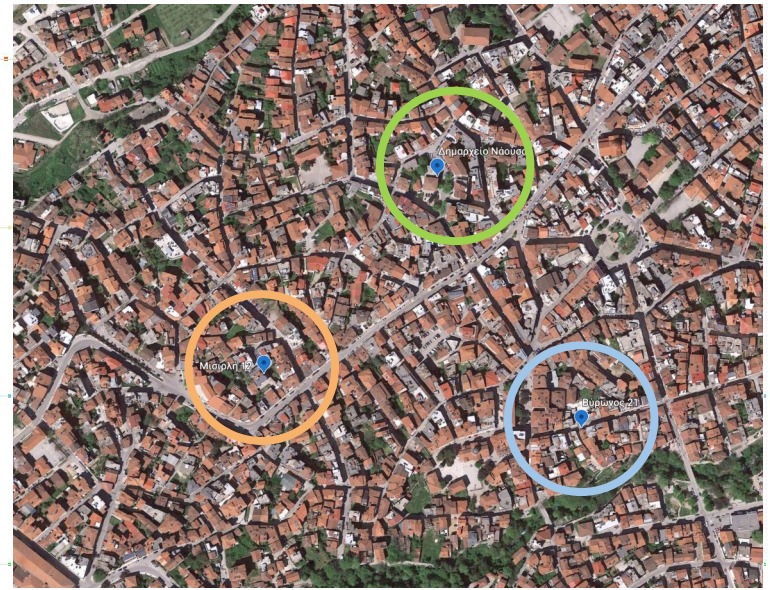
Μέτρια

Καλή

Πολύ καλή

Δείκτης ποιότητας αέρα (μέσοι όροι)

6 5 4 3 2 1



Περιοχές

Νάουσα (AQI Avg) Βύρωνος 21 (AQI Avg)) Δημαρχείο Νάουσας (AQI Avg)) Μισιρλή 12 (AQI Avg))

Ωριαία κατανομή των μέσων όρων του δείκτη ποιότητας αέρα

Νάουσα / Κεραμοποιείο / Φ. Δούλη / Αγ. Γεώργιος

Ώρες

00:00:00 01:00:00 02:00:00 03:00:00 04:00:00 05:00:00 06:00:00 07:00:00 08:00:00 09:00:00 10:00:00 11:00:00 12:00:00 13:00:00 14:00:00 15:00:00 16:00:00 17:00:00 18:00:00 19:00:00 20:00:00 21:00:00 22:00:00 23:00:00

Ακραία Κακή

Πολύ κακή

Κακή

Μέτρια

Καλή

Πολύ καλή

Δείκτης ποιότητας αέρα (μέσοι όροι)

6 5 4 3 2 1

	00:00:00	01:00:00	02:00:00	03:00:00	04:00:00	05:00:00	06:00:00	07:00:00	08:00:00	09:00:00	10:00:00	11:00:00	12:00:00	13:00:00	14:00:00	15:00:00	16:00:00	17:00:00	18:00:00	19:00:00	20:00:00	21:00:00	22:00:00	23:00:00
Νάουσα (AQI Avg)	4.8	4.3	3.8	3.3	3.1	3.3	3.9	4.6	5.5	5.6	5.4	5.1	5.0	5.1	5.3	5.4	5.6	5.8	5.8	5.7	5.6	5.6	5.4
Κεραμοποιείο (AQI Avg))	4.0	3.7	3.4	3.1	3.9	4.6	5.3	5.5	5.3	4.9	4.9	4.8	4.8	4.9	5.0	5.4	5.7	5.9	5.8	5.7	5.4	5.4	4.8
Φ.Δούλη 7 (AQI Avg)	3.8	3.2	2.5	2.2	2.0	1.9	2.3	3.0	4.4	4.5	4.9	4.9	4.8	4.9	5.0	5.0	5.2	5.4	5.3	5.0	5.1	4.8	4.5
Άγ. Γεώργιος (AQI Avg)	5.6	5.4	5.1	4.6	4.2	4.2	4.6	5.3	5.6	5.6	5.1	4.5	4.5	4.5	4.6	4.7	4.9	5.7	5.8	5.8	5.8	5.9	5.7

Average wind speed

N NNE NE ENE E ESE SE SSE S SSW SW WSW W WNW NW NNW

Average wind speed: 0.8 m/s
Calm: 28.50 %



Περιοχές

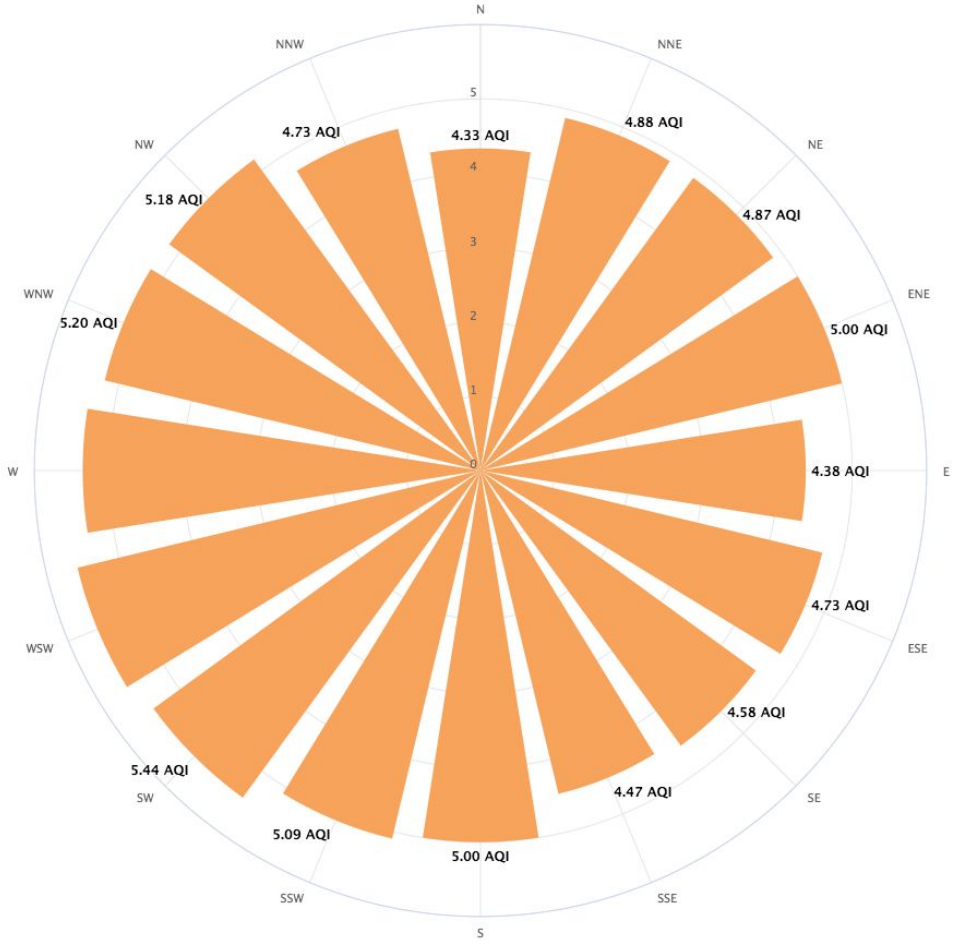
Νάουσα (AQI Avg) Κεραμοποιείο (AQI Avg)) Φ.Δούλη 7 (AQI Avg) Άγ. Γεώργιος (AQI Avg)

Κατανομή AQI με βάση την κατεύθυνση του ανέμου

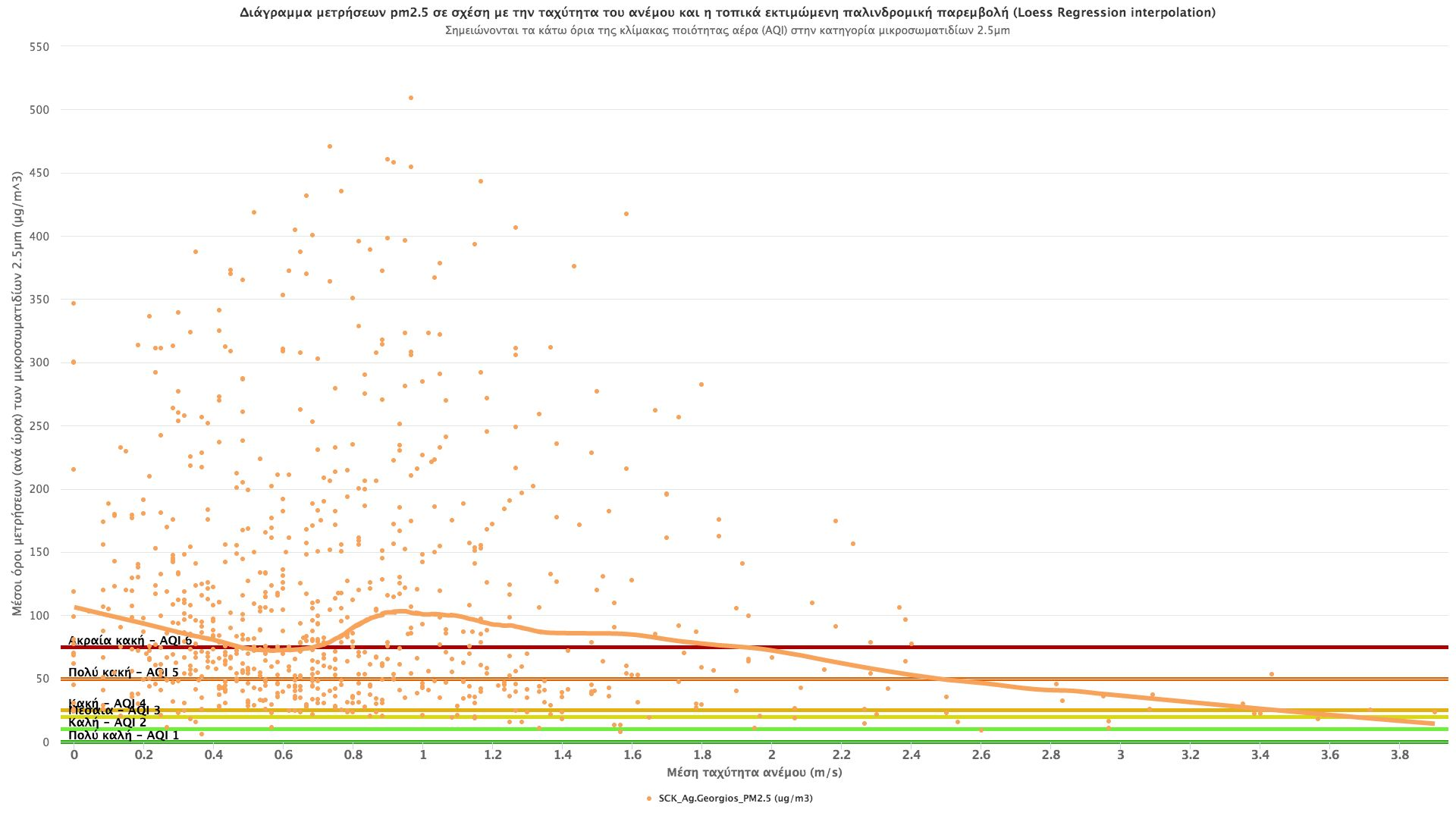
Σχέση pm2.5 μm με την μέση ταχύτητα του ανέμου

Κατανομή ποιότητας αέρα με βάση την κατεύθυνση του ανέμου

Άγιος Γεώργιος

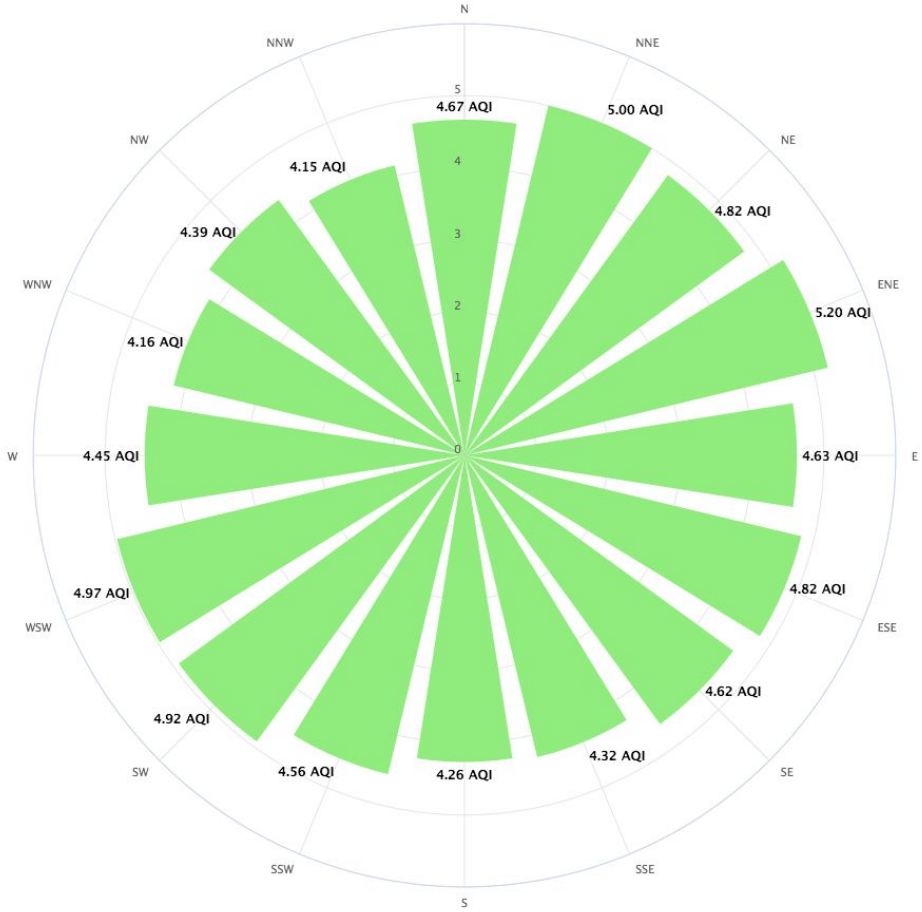




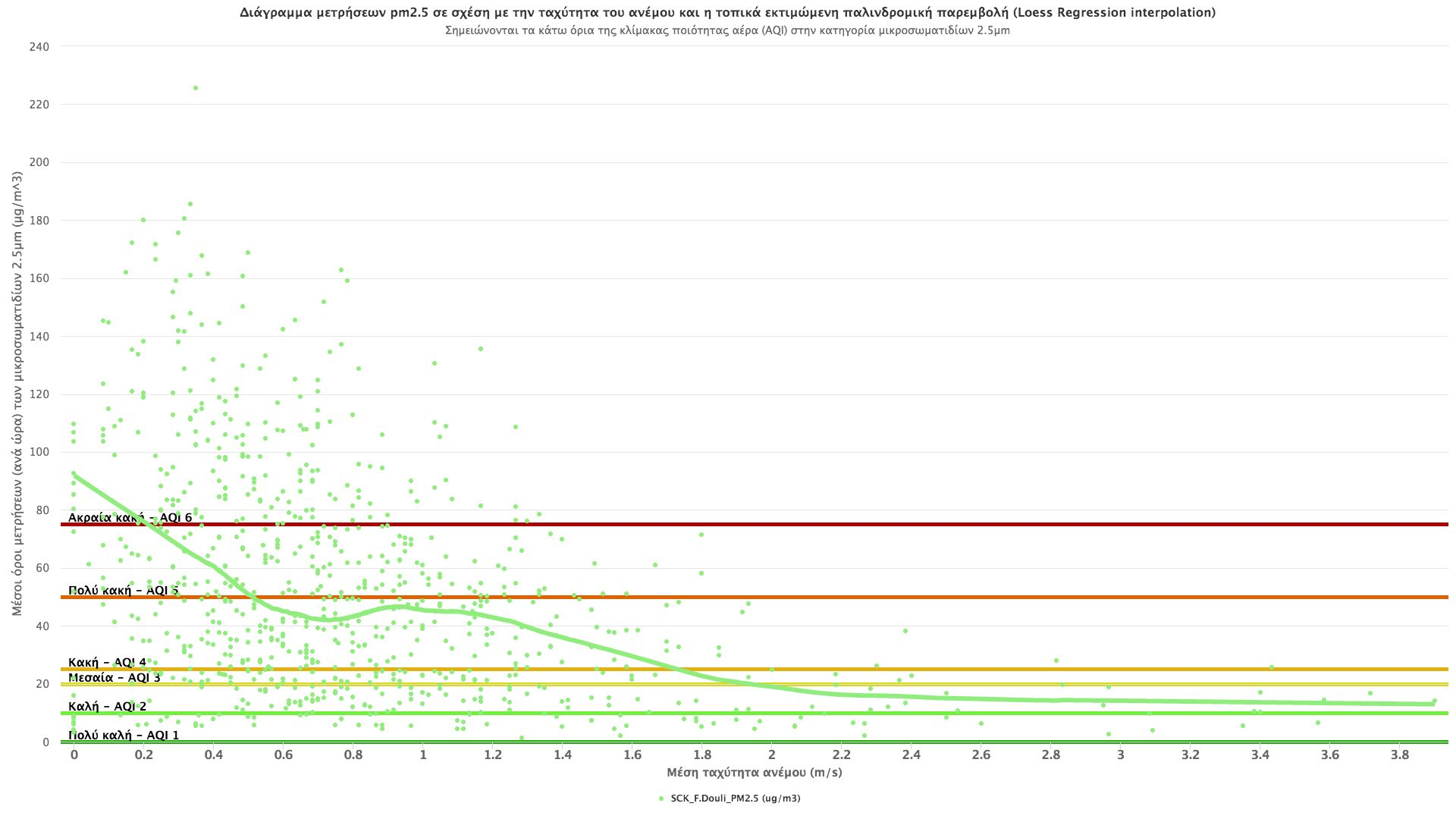

Διάγραμμα μετρήσεων pm2.5 σε σχέση με την ταχύτητα του ανέμου και η τοπικά εκτιμώμενη παλινδρομική παρεμβολή (Loess Regression interpolation)
Σημειώνονται τα κάτω όρια της κλίμακας ποιότητας αέρα (AQI) στην κατηγορία μικροσωματιδίων 2.5μm
Μέσοι όροι μετρήσεων (ανά ώρα) των μικροσωματιδίων 2.5μm (μg/m^3)
550
500
450
400
350
300
250
200
150
100
50
0
Ακραία κακή - AQI 6
Πολύ κακή - AQI 5
Κακή - AQI 4
Μέτρια - AQI 3
Καλή - AQI 2
Πολύ καλή - AQI 1
0
0.2
0.4
0.6
0.8
1
1.2
1.4
1.6
1.8
2
2.2
2.4
2.6
2.8
3
3.2
3.4
3.6
3.8
Μέση ταχύτητα ανέμου (m/s)
SCK_Ag.Georgios_PM2.5 (ug/m3)

Κατανομή ποιότητας αέρα με βάση την κατεύθυνση του ανέμου

Φ. Δούλη 7

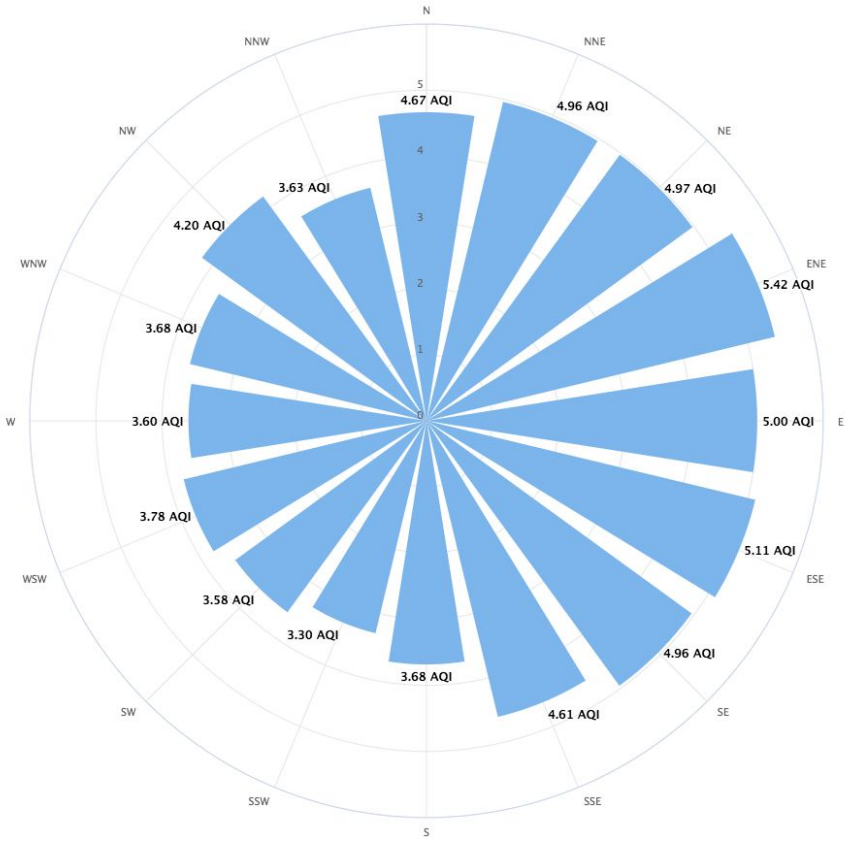




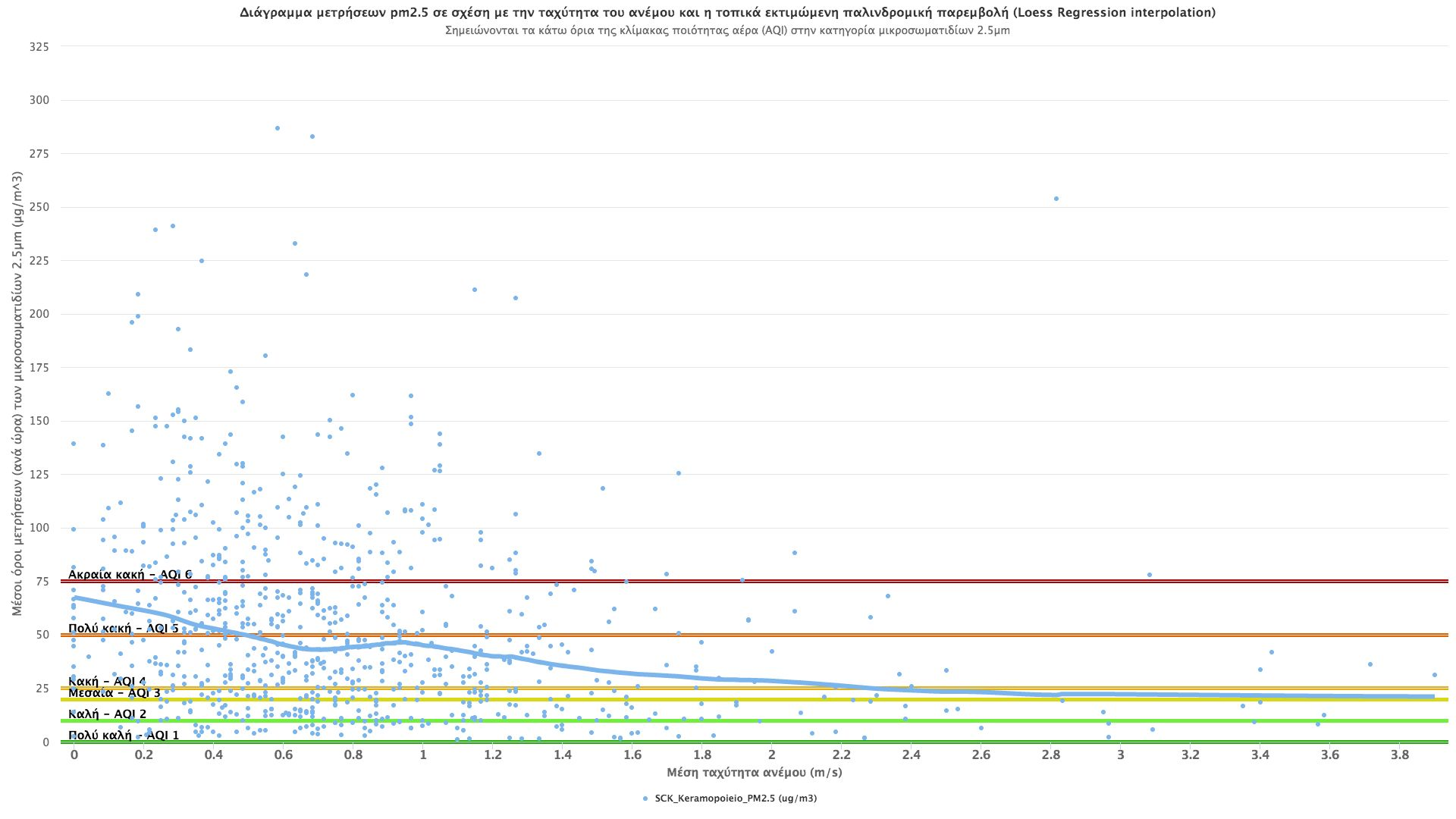

Διάγραμμα μετρήσεων pm2.5 σε σχέση με την ταχύτητα του ανέμου και η τοπικά εκτιμώμενη παλινδρομική παρεμβολή (Loess Regression interpolation)
Σημειώνονται τα κάτω όρια της κλίμακας ποιότητας αέρα (AQI) στην κατηγορία μικροσωματιδίων 2.5μm
Μέσοι όροι μετρήσεων (ανά ώρα) των μικροσωματιδίων 2.5μm (μg/m^3)
240
220
200
180
160
140
120
100
80
60
40
20
0
Ακραία κακή - AQI 6
Πολύ κακή - AQI 5
Κακή - AQI 4
Μεσαία - AQI 3
Καλή - AQI 2
Πολύ καλή - AQI 1
0
0.2
0.4
0.6
0.8
1
1.2
1.4
1.6
1.8
2
2.2
2.4
2.6
2.8
3
3.2
3.4
3.6
3.8
Μέση ταχύτητα ανέμου (m/s)
SCK_F.Douli_PM2.5 (ug/m3)

Κατανομή ποιότητας αέρα με βάση την κατεύθυνση του ανέμου

Κεραμοποιείο

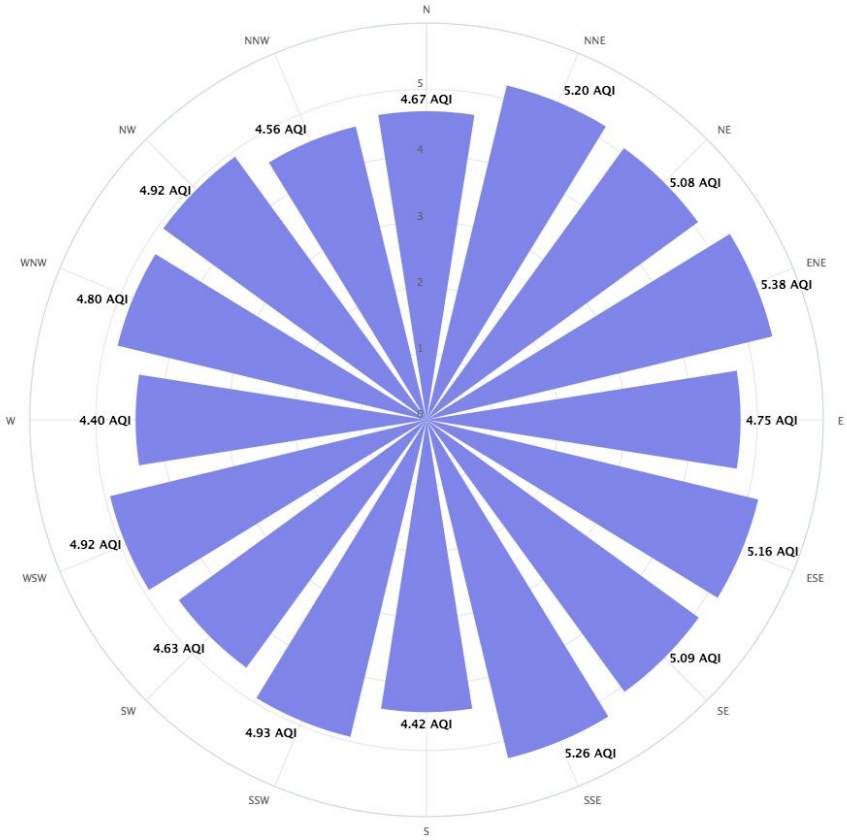





Διάγραμμα μετρήσεων pm2.5 σε σχέση με την ταχύτητα του ανέμου και η τοπικά εκτιμώμενη παλινδρομική παρεμβολή (Loess Regression interpolation)
Σημειώνονται τα κάτω όρια της κλίμακας ποιότητας αέρα (AQI) στην κατηγορία μικροσωματιδίων 2.5μm
Μέσοι όροι μετρήσεων (ανά ώρα) των μικροσωματιδίων 2.5μm (μg/m^3)
325
300
275
250
225
200
175
150
125
100
75
50
25
0
Ακραία κακή - AQI 6
Πολύ κακή - AQI 5
Κακή - AQI 4
Μέσαια - AQI 3
Καλή - AQI 2
Πολύ καλή - AQI 1
0
0.2
0.4
0.6
0.8
1
1.2
1.4
1.6
1.8
2
2.2
2.4
2.6
2.8
3
3.2
3.4
3.6
3.8
Μέση ταχύτητα ανέμου (m/s)
SCK_Keramopoieio_PM2.5 (ug/m3)

Κατανομή ποιότητας αέρα με βάση την κατεύθυνση του ανέμου

Βύρωνος 21

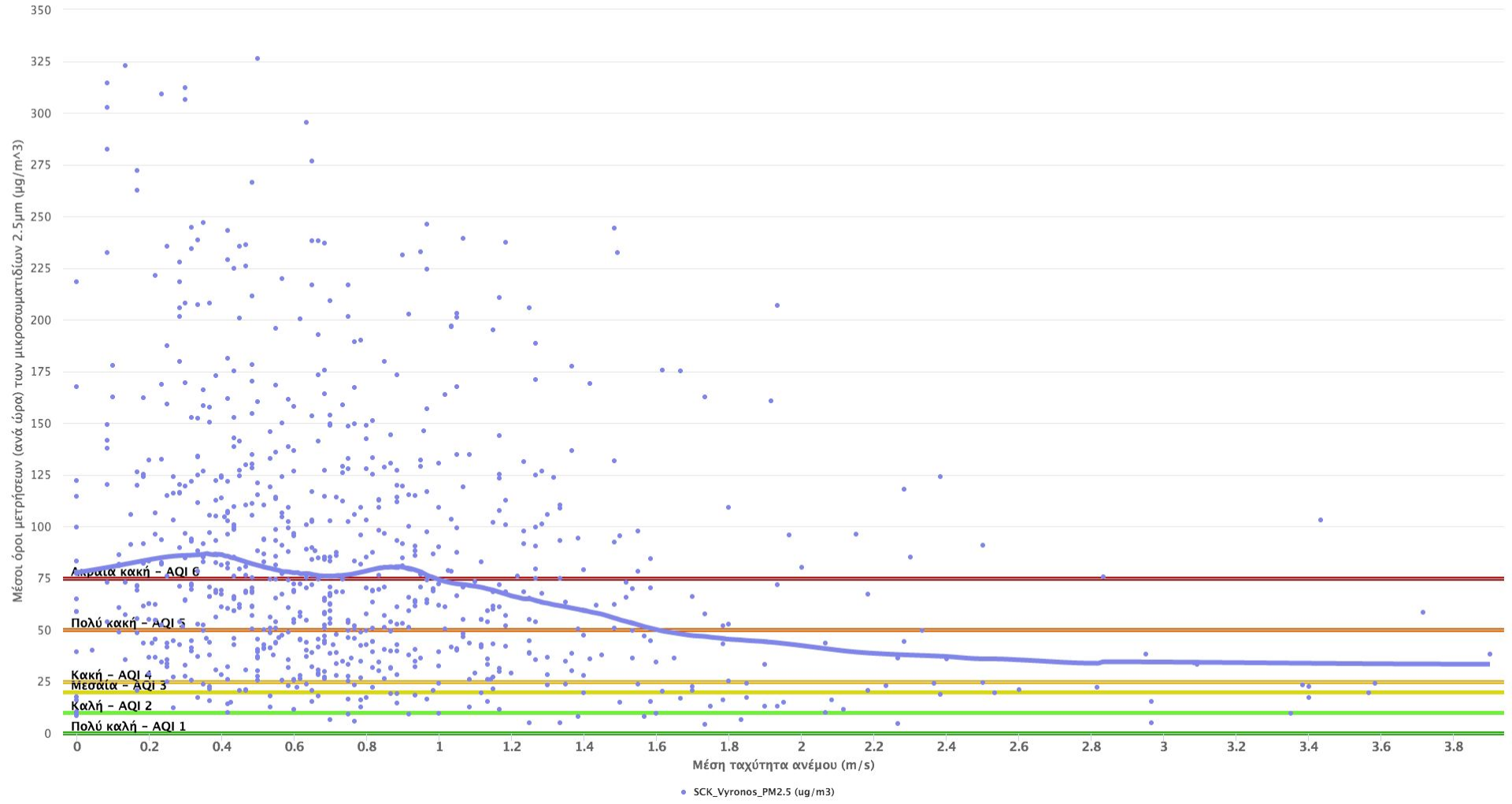


Βύρωνος 21 (AQI Wind avarages)



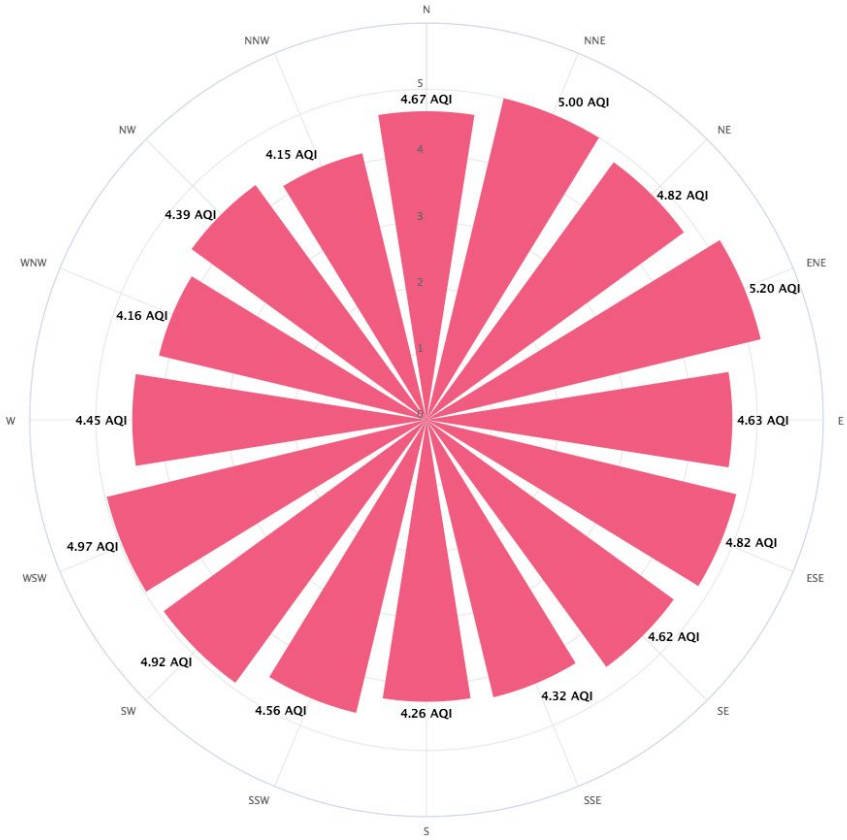
Διάγραμμα μετρήσεων pm2.5 σε σχέση με την ταχύτητα του ανέμου και η τοπικά εκτιμώμενη παλινδρομική παρεμβολή (Loess Regression interpolation)

Σημειώνονται τα κάτω όρια της κλίμακας ποιότητας αέρα (AQI) στην κατηγορία μικροσωματιδίων 2.5μm

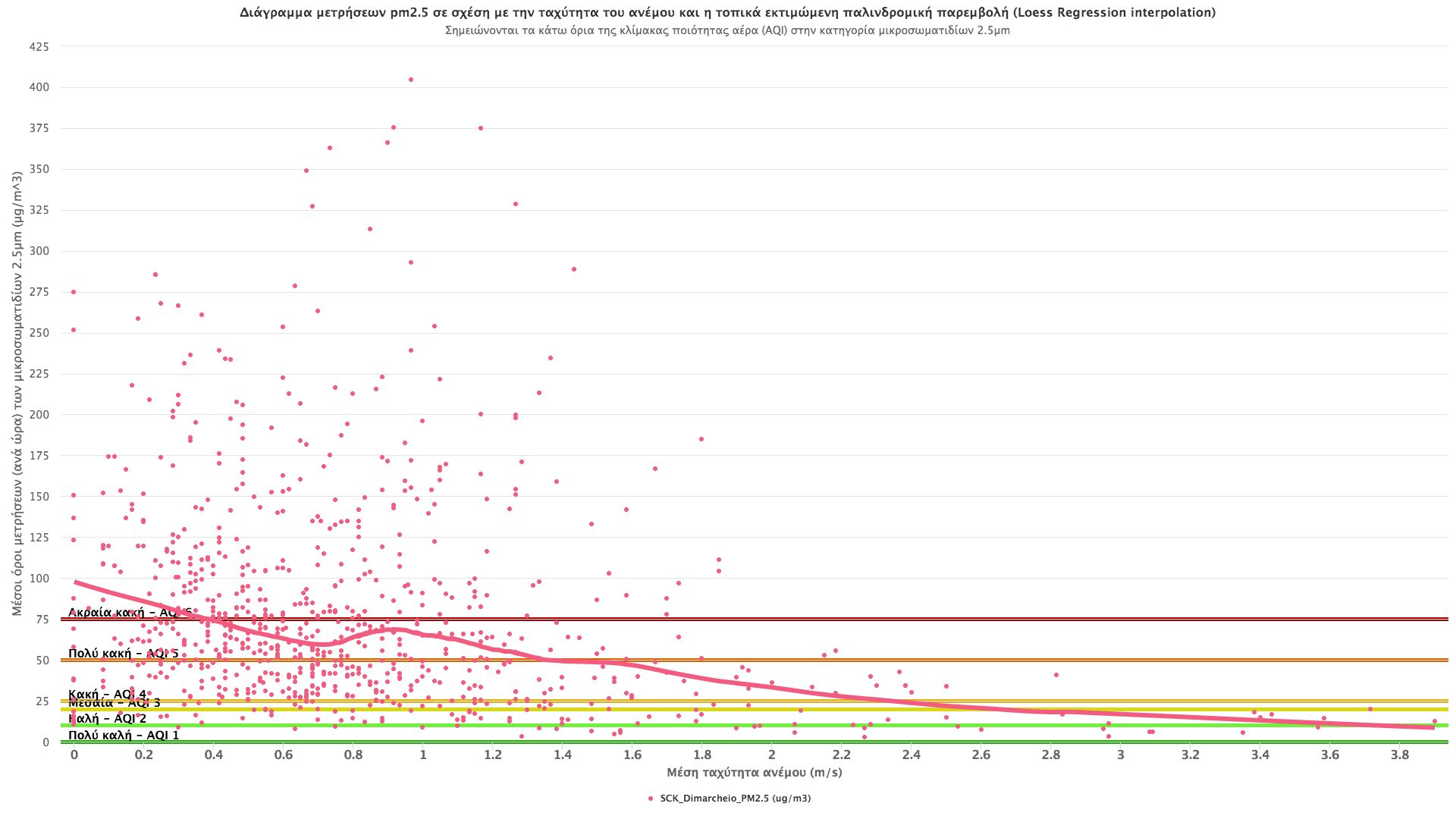


Κατανομή ποιότητας αέρα με βάση την κατεύθυνση του ανέμου

Δημαρχείο Νάουσας

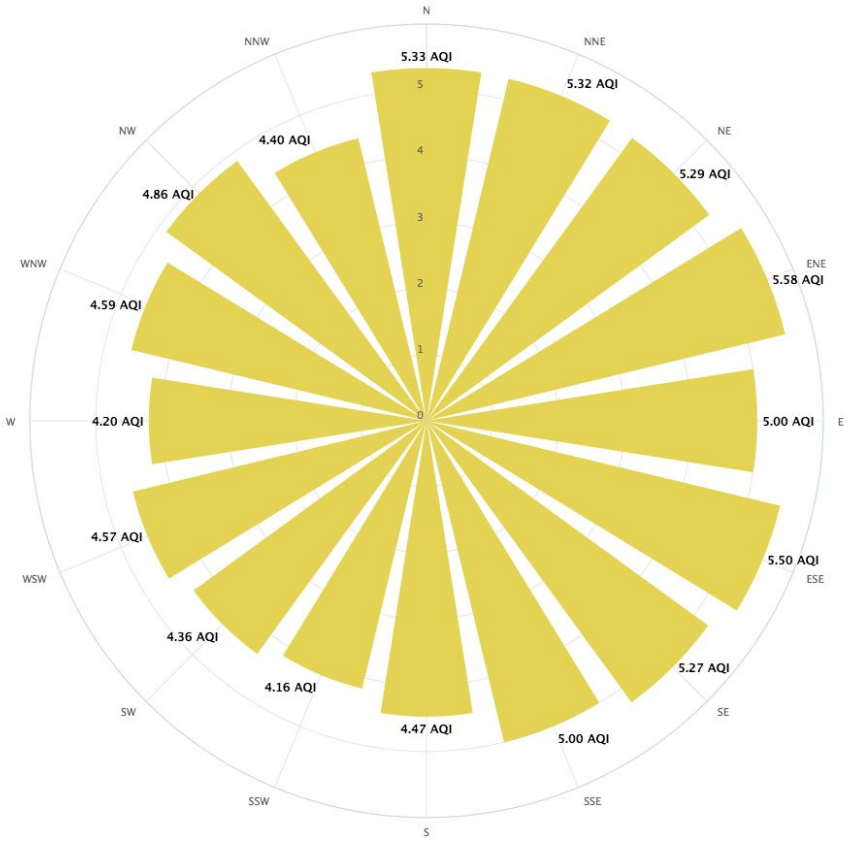




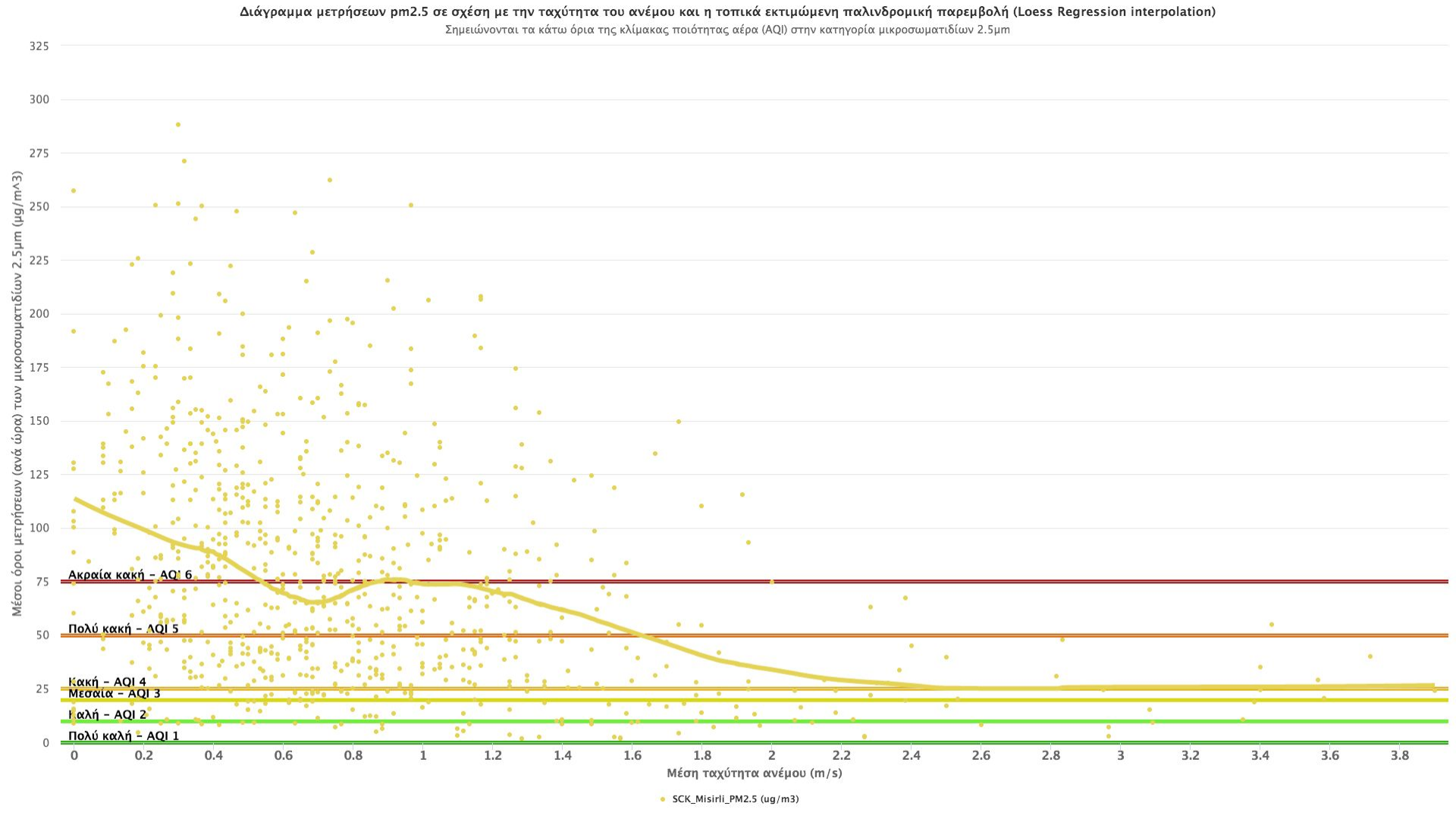

Διάγραμμα μετρήσεων pm2.5 σε σχέση με την ταχύτητα του ανέμου και η τοπικά εκτιμώμενη παλινδρομική παρεμβολή (Loess Regression interpolation)
Σημειώνονται τα κάτω όρια της κλίμακας ποιότητας αέρα (AQI) στην κατηγορία μικροσωματιδίων 2.5μm
Μέσοι όροι μετρήσεων (ανά ώρα) των μικροσωματιδίων 2.5μm (μg/m^3)
Μέση ταχύτητα ανέμου (m/s)
Πολύ κακή - AQI 5
Κακή - AQI 4
Μέτρια - AQI 3
Καλή - AQI 2
Πολύ καλή - AQI 1
SCK_Dimarcheio_PM2.5 (ug/m3)

Κατανομή ποιότητας αέρα με βάση την κατεύθυνση του ανέμου

Μισιρλή 12

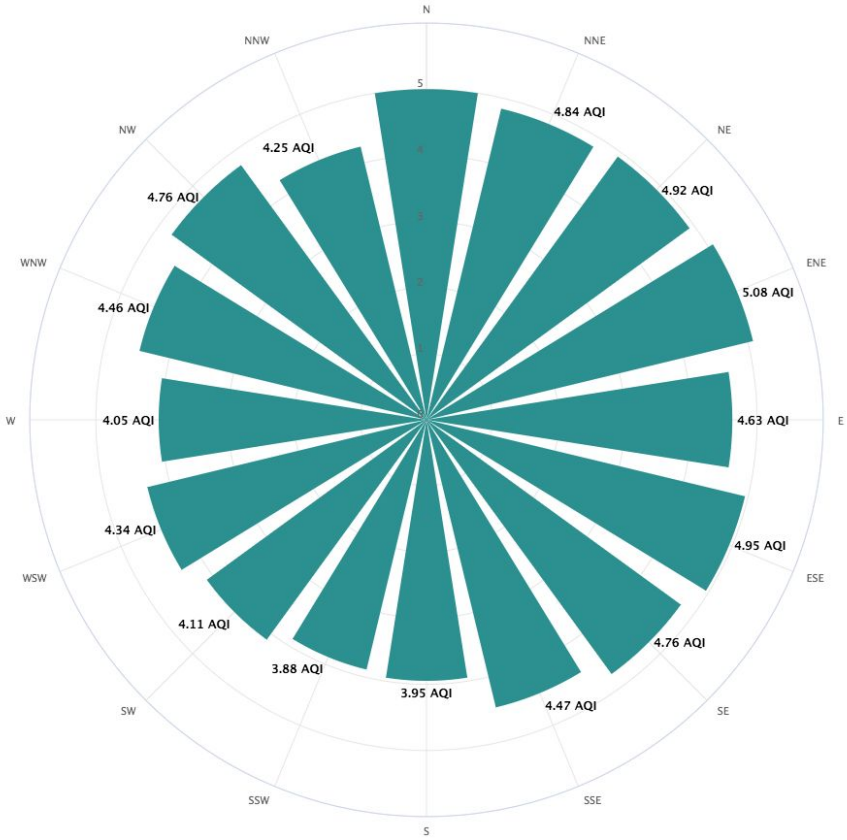





Διάγραμμα μετρήσεων pm2.5 σε σχέση με την ταχύτητα του ανέμου και η τοπικά εκτιμώμενη παλινδρομική παρεμβολή (Loess Regression interpolation)
Σημειώνονται τα κάτω όρια της κλίμακας ποιότητας αέρα (AQI) στην κατηγορία μικροσωματιδίων 2.5μm
Μέσοι όροι μετρήσεων (ανά ώρα) των μικροσωματιδίων 2.5μm (μg/m^3)
325
300
275
250
225
200
175
150
125
100
75
50
25
0
Ακραία κακή - AQI 6
Πολύ κακή - AQI 5
Κακή - AQI 4
Μέσαία - AQI 3
Καλή - AQI 2
Πολύ καλή - AQI 1
0
0.2
0.4
0.6
0.8
1
1.2
1.4
1.6
1.8
2
2.2
2.4
2.6
2.8
3
3.2
3.4
3.6
3.8
Μέση ταχύτητα ανέμου (m/s)
SCK_Misirli_PM2.5 (ug/m3)

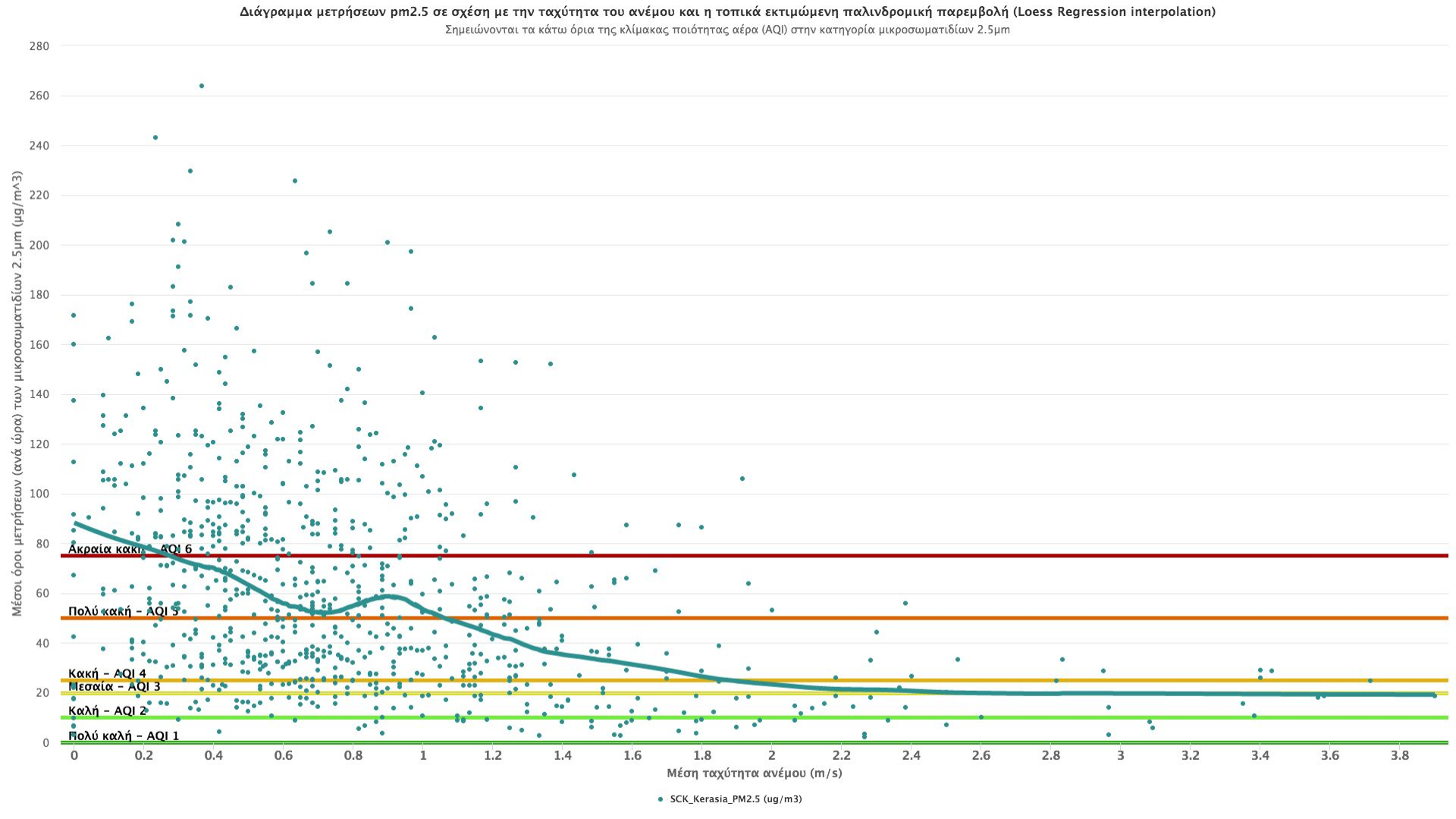
Κατανομή ποιότητας αέρα με βάση την κατεύθυνση του ανέμου

Κερασιά



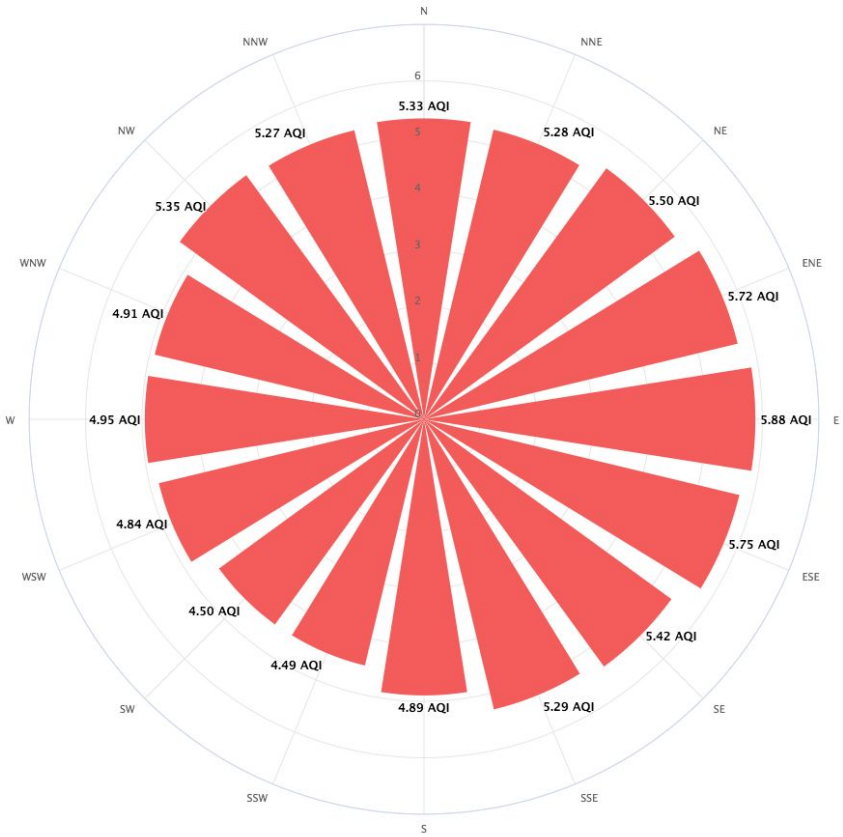
Κερασία (AQI Wind avarages)



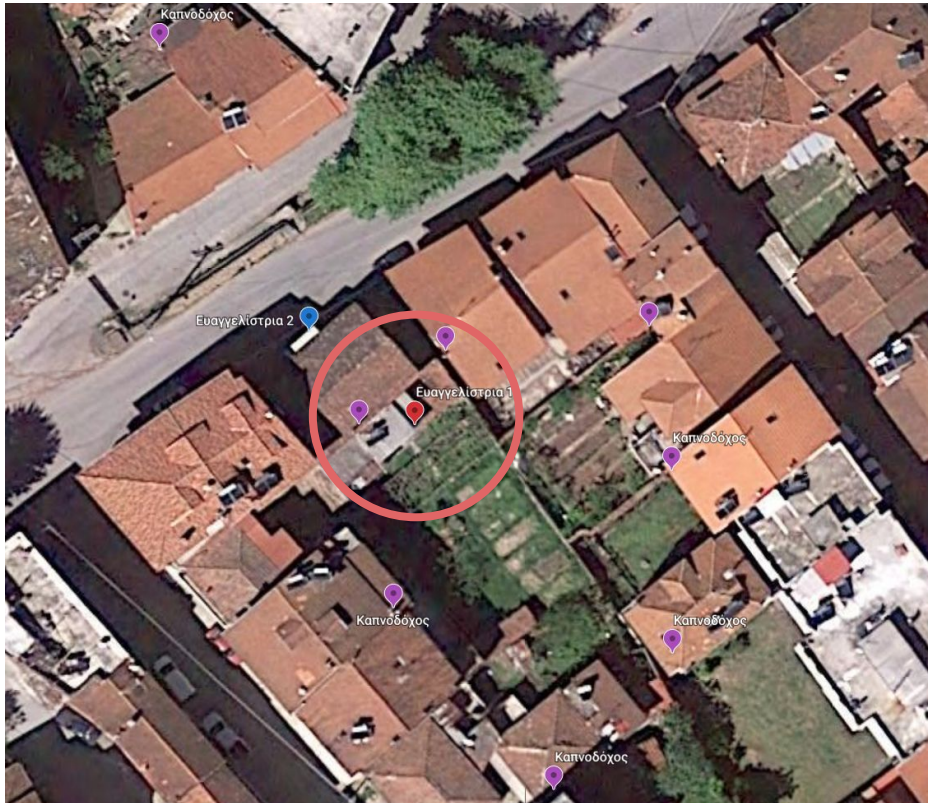

Διάγραμμα μετρήσεων pm2.5 σε σχέση με την ταχύτητα του ανέμου και η τοπικά εκτιμώμενη παλινδρομική παρεμβολή (Loess Regression interpolation)
Σημειώνονται τα κάτω όρια της κλίμακας ποιότητας αέρα (AQI) στην κατηγορία μικροσωματιδίων 2.5μm
Μέσοι όροι μετρήσεων (ανά ώρα) των μικροσωματιδίων 2.5μm (μg/m^3)
Μέση ταχύτητα ανέμου (m/s)
Άκραία κακή - AQI 6
Πολύ κακή - AQI 5
Κακή - AQI 4
Μεσαία - AQI 3
Καλή - AQI 2
Πολύ καλή - AQI 1
SCK_Kerasia_PM2.5 (ug/m3)

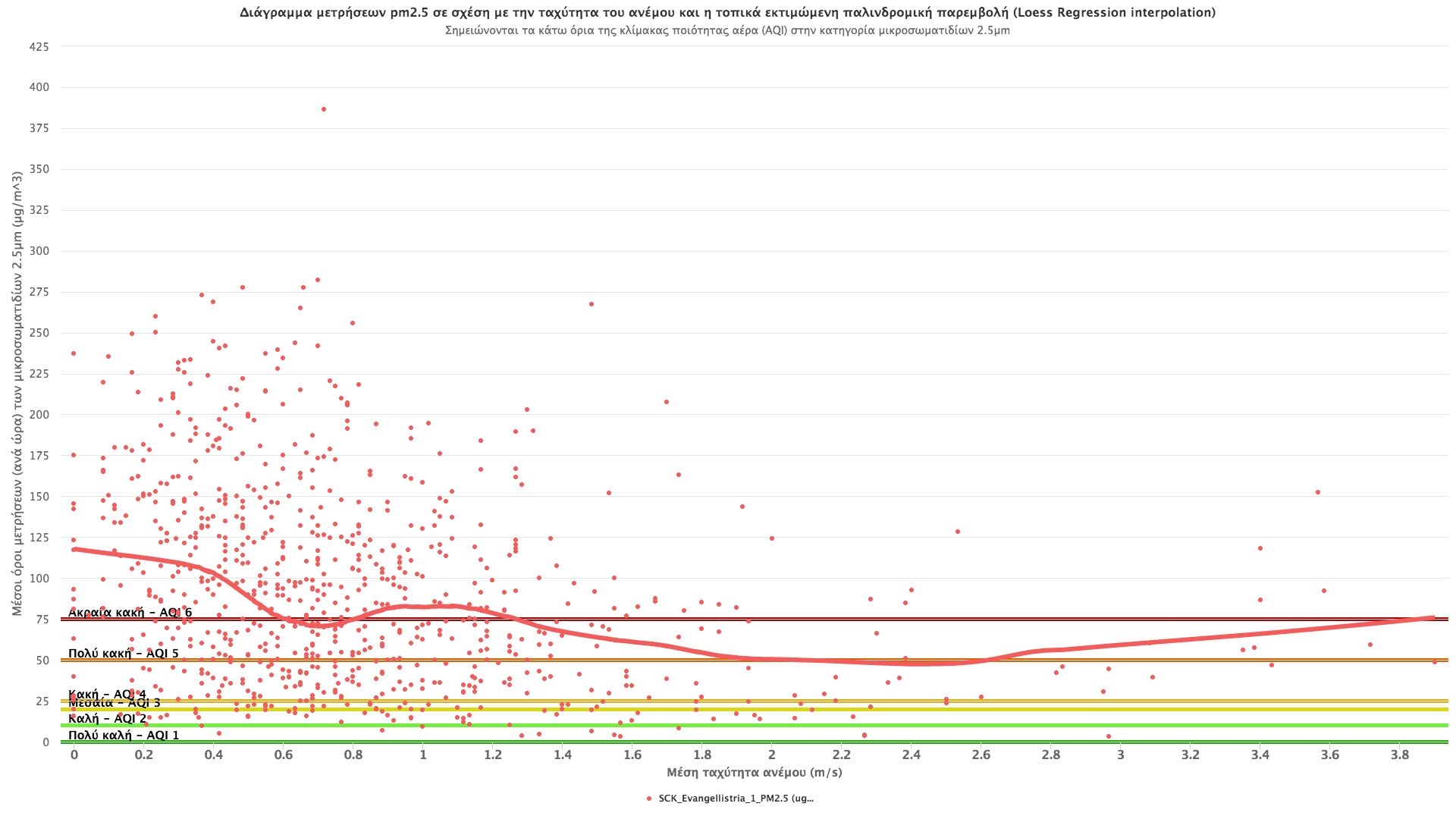
Κατανομή ποιότητας αέρα με βάση την κατεύθυνση του ανέμου

Ευαγγελίστρια 1



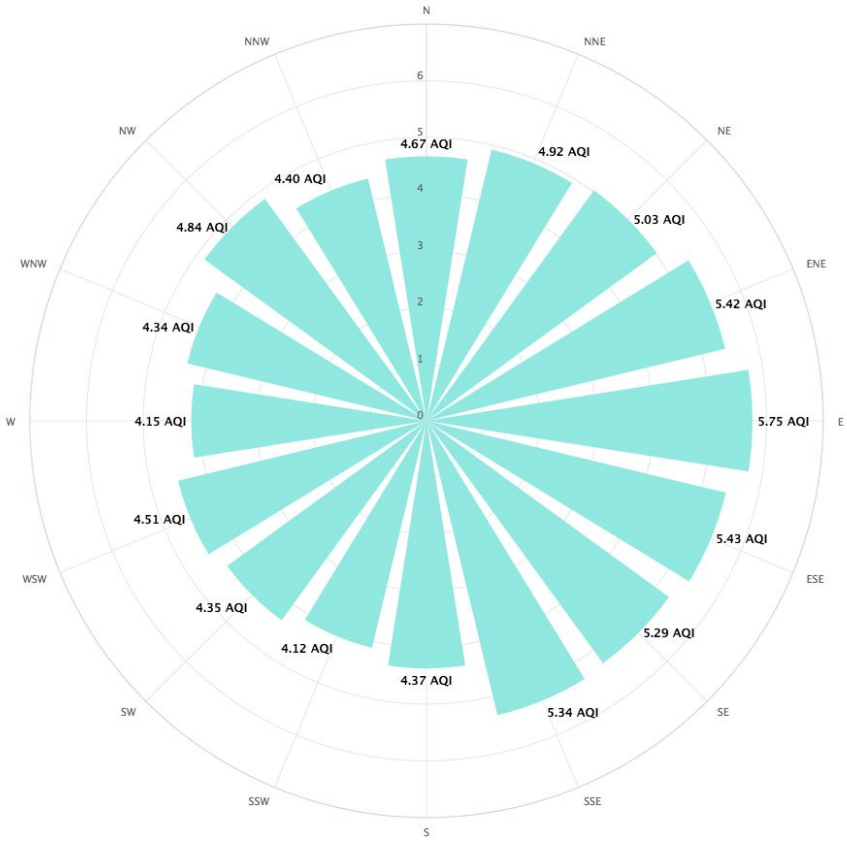
Ευαγγελίστρια 1 (AQI Wind avar...




Διάγραμμα μετρήσεων pm2.5 σε σχέση με την ταχύτητα του ανέμου και η τοπικά εκτιμώμενη παλινδρομική παρεμβολή (Loess Regression interpolation)
Σημειώνονται τα κάτω όρια της κλίμακας ποιότητας αέρα (AQI) στην κατηγορία μικροσωματιδίων 2.5μm
Μέσοι όροι μετρήσεων (ανά ώρα) των μικροσωματιδίων 2.5μm (μg/m^3)
425
400
375
350
325
300
275
250
225
200
175
150
125
100
75
50
25
0
Ακραία κακή - AQI 6
Πολύ κακή - AQI 5
Κακή - AQI 4
Μέτρια - AQI 3
Καλή - AQI 2
Πολύ καλή - AQI 1
0
0.2
0.4
0.6
0.8
1
1.2
1.4
1.6
1.8
2
2.2
2.4
2.6
2.8
3
3.2
3.4
3.6
3.8
Μέση ταχύτητα ανέμου (m/s)
SCK_Evangellistria_1_PM2.5 (ug...

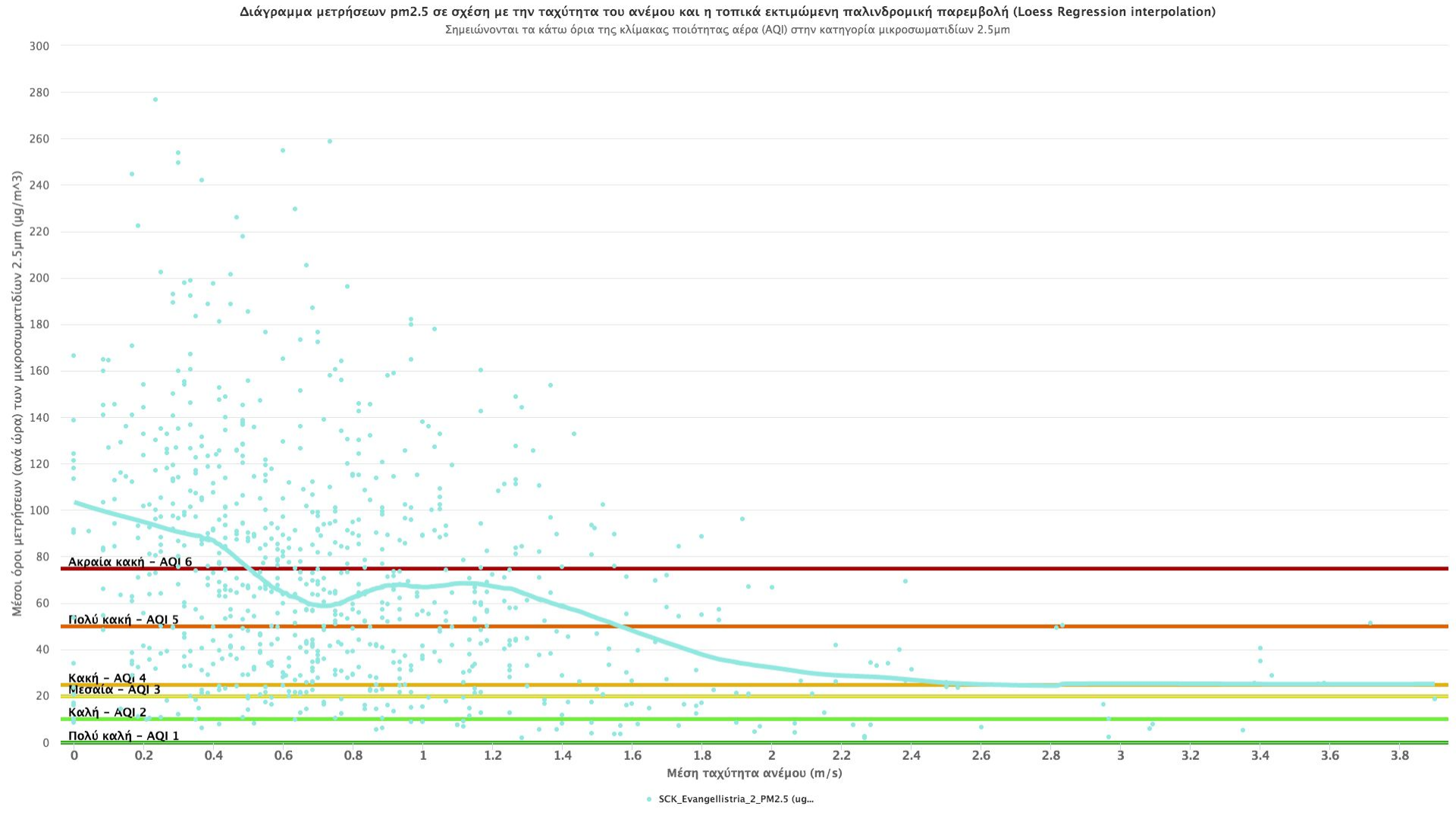
Κατανομή ποιότητας αέρα με βάση την κατεύθυνση του ανέμου

Ευαγγελίστρια 2



Ευαγγελίστρια 2 (AQI Wind avar...

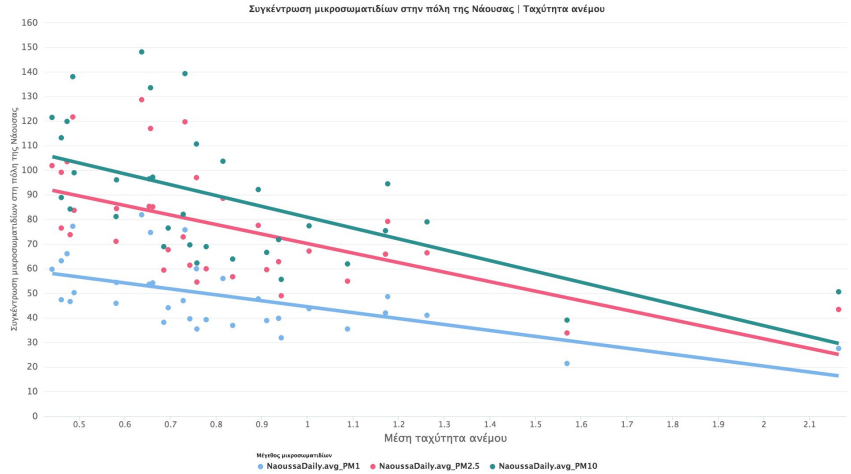


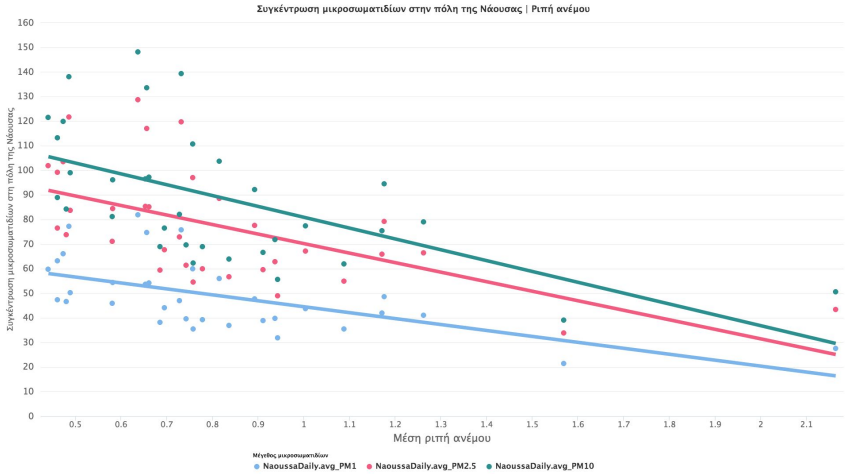

Διάγραμμα μετρήσεων pm2.5 σε σχέση με την ταχύτητα του ανέμου και η τοπικά εκτιμώμενη παλινδρομική παρεμβολή (Loess Regression interpolation)
Σημειώνονται τα κάτω όρια της κλίμακας ποιότητας αέρα (AQI) στην κατηγορία μικροσωματιδίων 2.5μm
Μέσοι όροι μετρήσεων (ανά ώρα) των μικροσωματιδίων 2.5μm (μg/m^3)
300
280
260
240
220
200
180
160
140
120
100
80
60
40
20
0
Ακραία κακή - AQI 6
Πολύ κακή - AQI 5
Κακή - AQI 4
Μεσαία - AQI 3
Καλή - AQI 2
Πολύ καλή - AQI 1
0
0.2
0.4
0.6
0.8
1
1.2
1.4
1.6
1.8
2
2.2
2.4
2.6
2.8
3
3.2
3.4
3.6
3.8
Μέση ταχύτητα ανέμου (m/s)
SCK_Evangellistria_2_PM2.5 (ug...

Correlations - Συσχετίσεις

n=34 (ημέρες)

PM - Ταχύτητα ανέμου (Wind Speed) / Ριπή ανέμου (Wind Gust)





	WindSpeed_Avg_ms	p-values < 0,05
NaoussaDaily.avg_PM2.5	-0,591	0,0002
NaoussaDaily.avg_PM10	-0,579	0,0003
NaoussaDaily.avg_PM1	-0,593	0,0002

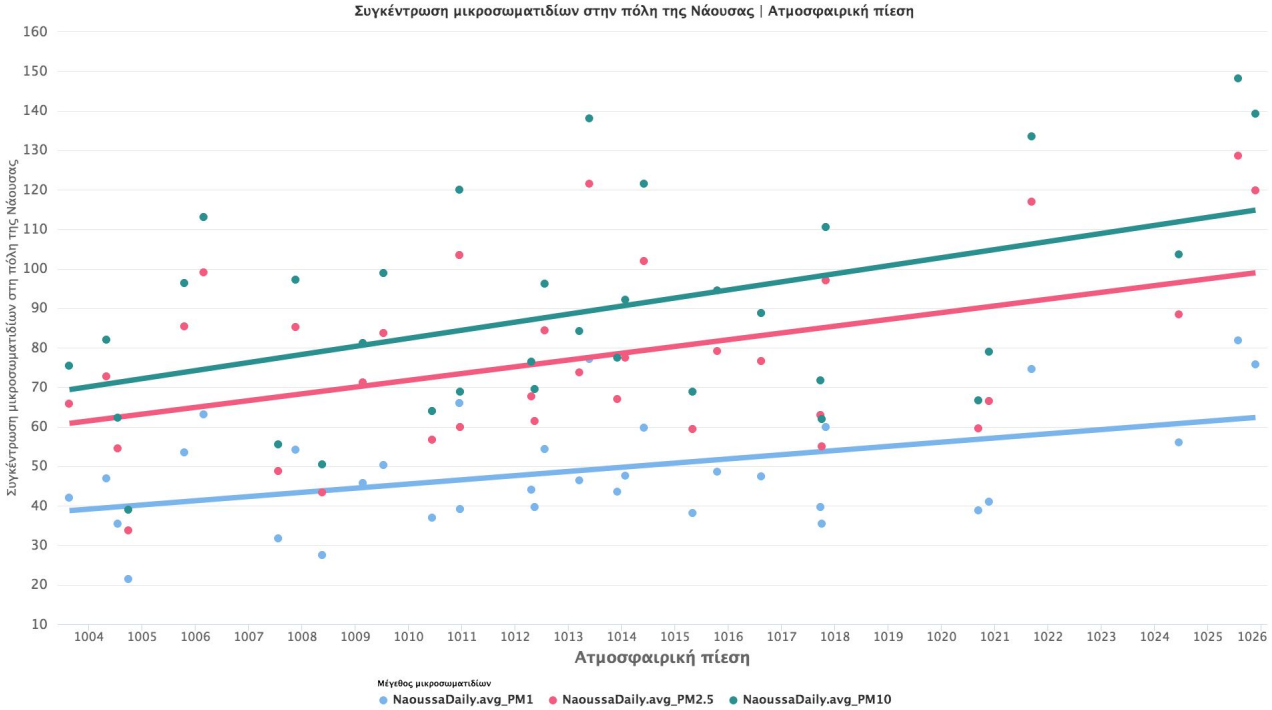
$r_{pm,\ (WindSp\ -\ GustSp)} \approx -0,6$

	WindSpeed_Gust_ms	p-values < 0,05
NaoussaDaily.avg_PM2.5	-0,593	0,0002
NaoussaDaily.avg_PM10	-0,581	0,0003
NaoussaDaily.avg_PM1	-0,596	0,0002

$r_{pm,\ Wind} < r_{pm,\ Gust}$

$r_{pm1,\ Wind\ -\ Gust} > r_{pm2.5,\ Wind\ -\ Gust} > r_{pm10,\ Wind\ -\ Gust}$

PM - Ατμοσφαιρική πίεση

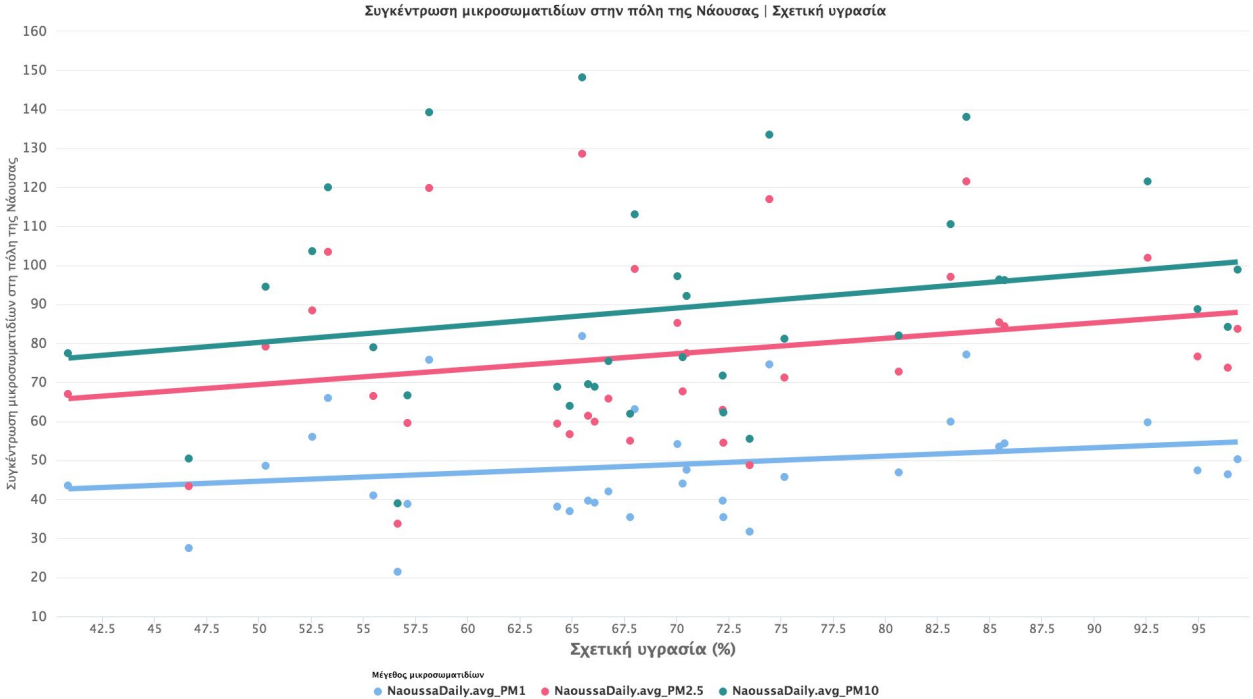


	AtmPressure_hPa	p-values < 0,05	AtmPressure_hPa.max	p-values < 0,05
NaoussaDaily.avg_PM2.5	0,459	0,0063	0,503	0,0024
NaoussaDaily.avg_PM10	0,471	0,0049	0,511	0,002
NaoussaDaily.avg_PM1	0,457	0,0066	0,501	0,0025

$r_{pm,\ Atm\ Pressure} \simeq +0{,}5$

$r_{pm,\ Atm\ Pressure} < r_{pm,\ Atm\ Pressure.max}$

PM - Σχετική υγρασία



	Hum_Out_Percent	p-value > 0.05
NaoussaDaily.avg_PM2.5	0,245	0,1634
NaoussaDaily.avg_PM10	0,235	0,1819
NaoussaDaily.avg_PM1	0,214	0,2245

$r_{pm,\,rh} \simeq +0{,}23$

Pairwise Pearson Correlations

n = 34

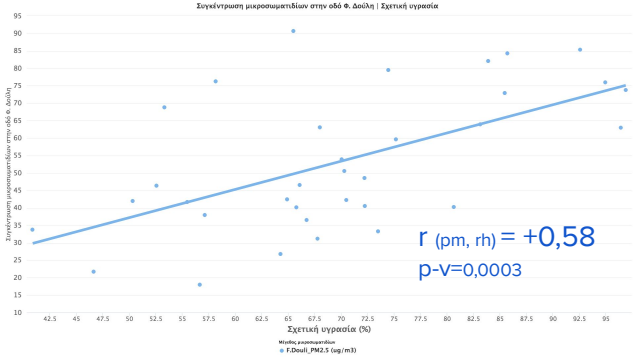
Sample 1	Sample 2	Correlation	95% CI for ρ	P-Value
WindSpeed_Avg_ms	NaoussaDaily.avg_PM2.5	-0,591	(-0,774; -0,316)	0,000
AtmPressure_hPa	NaoussaDaily.avg_PM2.5	0,459	(0,143; 0,690)	0,006
Temp_Out_C	NaoussaDaily.avg_PM2.5	-0,150	(-0,465; 0,198)	0,396
Hum_Out_Percent	NaoussaDaily.avg_PM2.5	0,245	(-0,102; 0,538)	0,163
Recoded Winds	NaoussaDaily.avg_PM2.5	0,227	(-0,121; 0,525)	0,197

Correlations

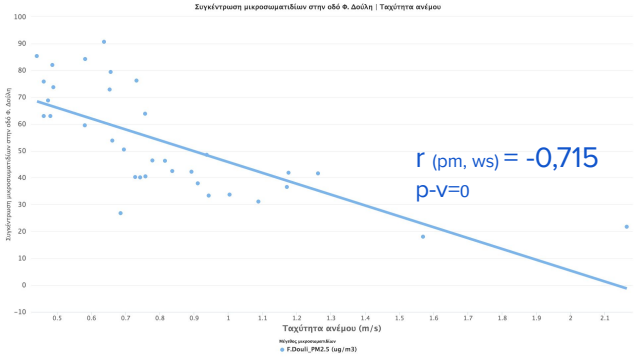
		AtmPressure_hPa	WindSpeed_Avg_ms	NaoussaDaily.avg_PM2.5
AtmPressure_hPa	Pearson Correlation	1	-0,107	.459**
	Sig. (2-tailed)		0,546	0,006
	N	34	34	34
WindSpeed_Avg_ms	Pearson Correlation	-0,107	1	-.591**
	Sig. (2-tailed)	0,546		0,000
	N	34	34	34
NaoussaDaily.avg_PM2.5	Pearson Correlation	**.459****	**-.591****	1
	Sig. (2-tailed)	0,006	0,000	
	N	34	34	34

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

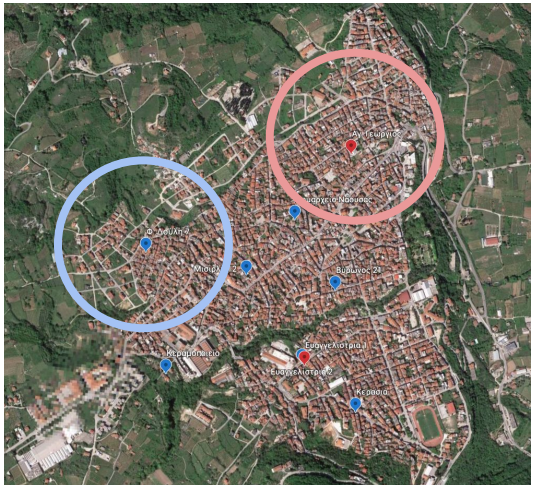
Σύγκριση περιοχών (Φ. Δούλη / Αγ. Γεώργιος)

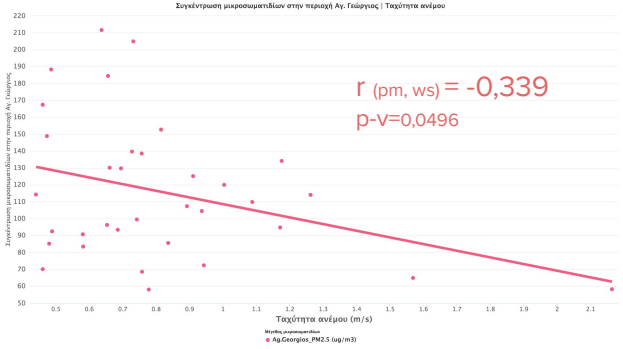


r (pm, rh) = +0,58
p-v=0,0003

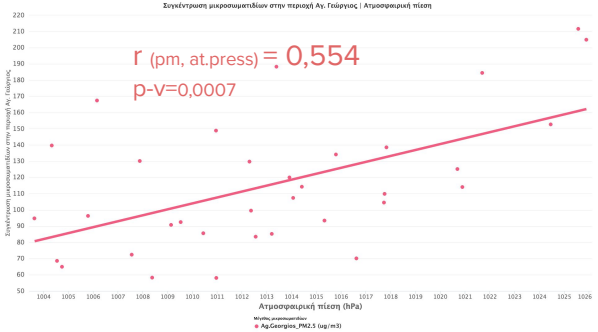


r (pm, ws) = -0,715
p-v=0





r (pm, ws) = -0,339
p-v=0,0496



r (pm, at.press) = 0,554
p-v=0,0007

Pairwise Pearson Correlations

n = 34

Sample 1	Sample 2	Correlation	95% CI for ρ	P-Value
WindSpeed_Avg_ms	**NaoussaDaily.avg_PM2.5**	**-0,591**	**(-0,774; -0,316)**	**0,000**
AtmPressure_hPa	**NaoussaDaily.avg_PM2.5**	**0,459**	**(0,143; 0,690)**	**0,006**
Temp_Out_C	*NaoussaDaily.avg_PM2.5*	*-0,150*	*(-0,465; 0,198)*	*0,396*
Hum_Out_Percent	NaoussaDaily.avg_PM2.5	0,245	(-0,102; 0,538)	0,163
Recoded Winds (Direction)	NaoussaDaily.avg_PM2.5	0,227	(-0,121; 0,525)	0,197

Πολλαπλή Γραμμική Παλινδρόμηση

Επιλογή ανεξάρτητων μεταβλητών

Best Subsets Regression:
NaoussaDaily.avg_PM2.5 versus
WindSpeed_Avg_ms; AtmPressure_hPa; Recoded Winds; Hum_Out_Percent

Vars	R-Sq	R-Sq (adj)	R-Sq (pred)	Mallows Cp	S	WindSpeed_Avg_ms	AtmPressure_hPa	Recoded Winds	Hum_Out_Percent
1	34,9	32,9	24,4	15,2	18,957	X			
1	21,1	18,6	9,8	24,8	20,874		X		
2	50,7	47,6	35,2	6,2	16,754	X	X		
2	45,0	41,5	11,3	10,2	17,703	X		X	
3	57,7	53,5	21,0	**3,3**	15,781	X	X	X	
3	50,8	45,9	31,0	8,1	17,016	X	X		X
4	58,2	52,4	19,2	5,0	15,956	X	X	X	X

Stephanie. (2020, Μάρτιος 5). *Mallows' Cp*. Statistics How To.
https://www.statisticshowto.com/mallows-cp/

Το μοντέλο με το ελάχιστο Mallows Cp είναι και το καλύτερο, καθώς με αυτόν τον τρόπο υποδηλώνεται το μικρότερο μη ερμηνεύσιμο σφάλμα

Best Subsets Regression:
NaoussaDaily.avg_PM2.5 versus
WindSpeed_Avg_ms; AtmPressure_hPa; Recoded Winds; Hum_Out_Percent

Vars	R-Sq	R-Sq (adj)	R-Sq (pred)	Mallows Cp	S	WindSpeed_Avg_ms	AtmPressure_hPa	*Recoded Winds*	Hum_Out_Percent
1	34,9	32,9	24,4	15,2	18,957	X			
1	21,1	18,6	9,8	24,8	20,874		X		
2	50,7	47,6	35,2	6,2	16,754	X	X		
2	45,0	41,5	11,3	10,2	17,703	X		X	
3	57,7	53,5	21,0	**3,3**	15,781	X	X	X	
3	50,8	45,9	31,0	8,1	17,016	X	X		X
4	58,2	52,4	19,2	5,0	15,956	X	X	X	X

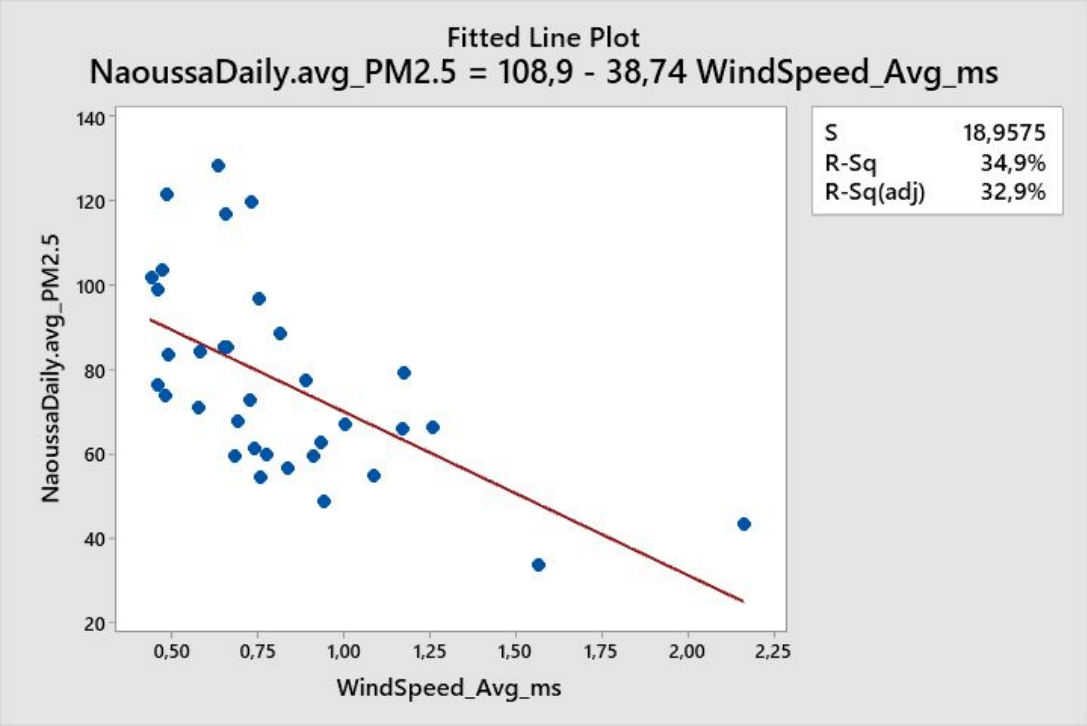
Γραμμική Παλινδρόμηση & Πολλαπλή Γραμμική Παλινδρόμηση

Δόμηση και Επιλογή μοντέλου

α1) Γραμμική παλινδρόμηση

Response: PM2.5
Predictor: WindSpeed

Γραμμική παλινδρόμηση (PM2.5 - WindSpeed)



The regression equation is

PM2.5 = 108,9 - 38,74 WindSpeed

Όταν WindSpeed=0 =>

PM2.5 = 108,9 - 38,74 * 0

PM2.5 = 108,9 μg/m^3

Για PM2.5=0 =>

0 = 108,9 - 38,74 * WindSpeed

WindSpeed = 2,811 m/s

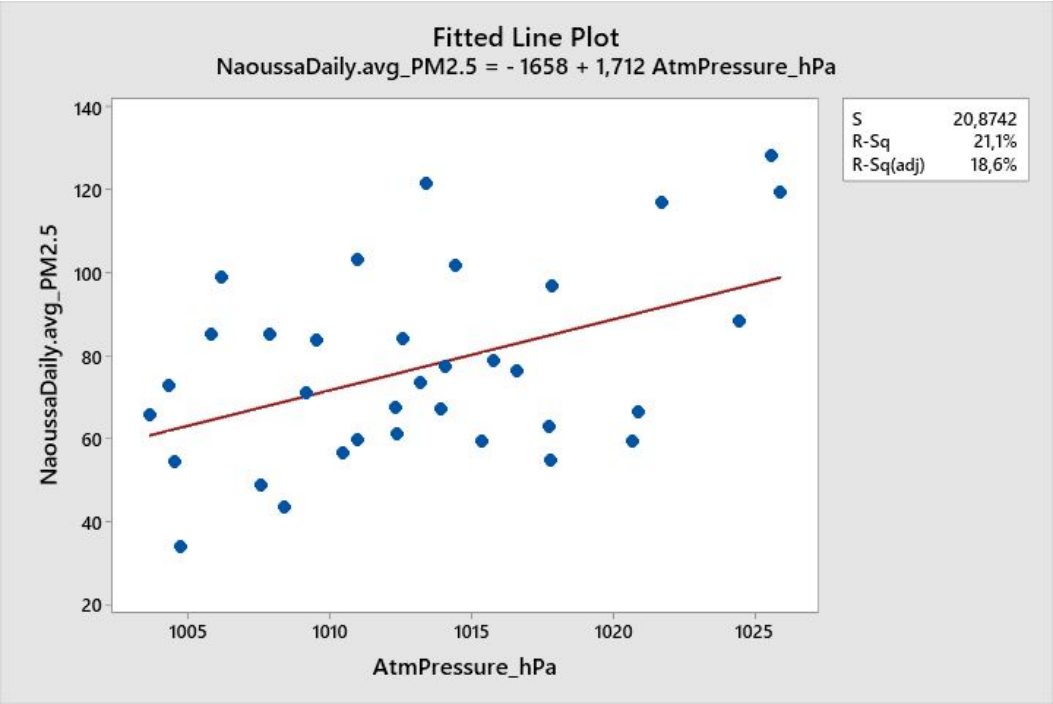
Ερμηνεία συντελεστή γραμμικής παλινδρόμησης

Αύξηση ενός (1) m/s στην ταχύτητα του αέρα επιφέρει μείωση 38,74 μg/m^3 των PM2.5

α2) Γραμμική παλινδρόμηση

Response: PM2.5
Predictor: Atm Pressure

Γραμμική παλινδρόμηση (PM2.5 - AtmPressure)



The regression equation is
PM2.5 = - 1658 + 1,712 AtmPressure

Ερμηνεία συντελεστή γραμμικής παλινδρόμησης

Αύξηση ενός (1) hPa στην ατμοσφαιρική πίεση του αέρα επιφέρει αύξηση 1,712 μg/m^3 των PM2.5

β1) Πολλαπλή Γραμμική Παλινδρόμηση

Response: PM2.5
Predictor: WindSpeed + Atm Pressure

Πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση

Regression Equation

NaoussaDaily.avg_**PM2.5** = -1406 - 35,92 **WindSpeed**_Avg_ms + 1,493 **AtmPressure**_hPa

Coefficients

Term	Coef	SE Coef	95% CI	T-Value	P-Value	VIF
Constant	-1406	480	(-2385; -427)	-2,93	0,006	
WindSpeed_Avg_ms	-35,92	8,31	(-52,87; -18,97)	-4,32	0,000	1,01
AtmPressure_hPa	1,493	0,473	(0,529; 2,457)	3,16	0,004	1,01

Analysis of Variance

Source	DF	Seq SS	Contribution	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Regression	2	8966	50,75%	8966	4482,8	15,97	0,000
WindSpeed_Avg_ms	1	6167	34,91%	5242	5241,6	18,67	0,000
AtmPressure_hPa	1	2799	15,84%	2799	2798,5	9,97	0,004
Error	31	8702	49,25%	8702	280,7		
Total	33	17667	100,00%				

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	PRESS	R-sq(pred)	AICc	BIC
16,7542	50,75%	47,57%	11440,7	35,24%	294,39	299,12

β2) Πολλαπλή Γραμμική Παλινδρόμηση με ονοματική μεταβλητή

Response: PM2.5
Predictor: WindSpeed + Atm Pressure + Winds

Πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση με ονομ. μεταβλητή

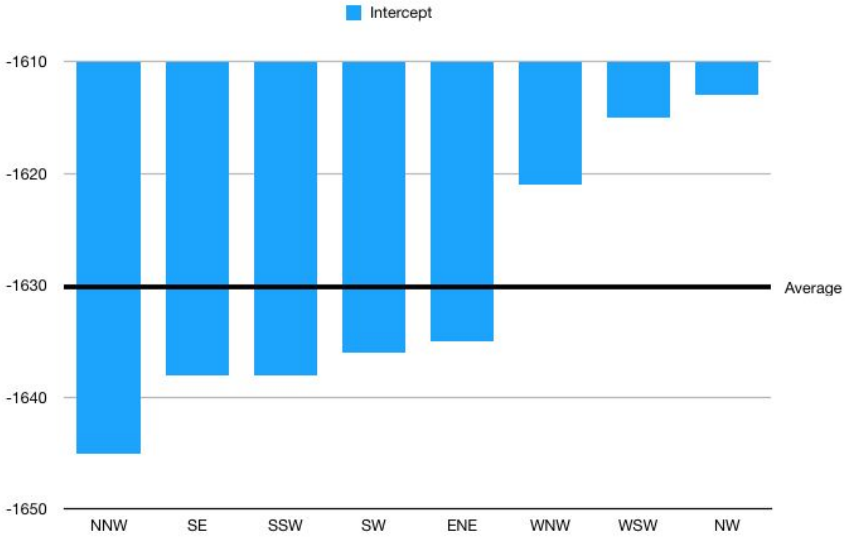
Response: **PM2.5**

Predictors: **WindSpeed** + **AtmPressure** + **Winds**

Regression Equation

Winds

ENE	NaoussaDaily.avg_PM2.5 =	-1635	- 43,63 WindSpeed_Avg_ms + 1,713 AtmPressure_hPa
NNW	NaoussaDaily.avg_PM2.5 =	-1645	- 43,63 WindSpeed_Avg_ms + 1,713 AtmPressure_hPa
NW	NaoussaDaily.avg_PM2.5 =	-1613	- 43,63 WindSpeed_Avg_ms + 1,713 AtmPressure_hPa
SE	NaoussaDaily.avg_PM2.5 =	-1638	- 43,63 WindSpeed_Avg_ms + 1,713 AtmPressure_hPa
SSW	NaoussaDaily.avg_PM2.5 =	-1638	- 43,63 WindSpeed_Avg_ms + 1,713 AtmPressure_hPa
SW	NaoussaDaily.avg_PM2.5 =	-1636	- 43,63 WindSpeed_Avg_ms + 1,713 AtmPressure_hPa
WNW	NaoussaDaily.avg_PM2.5 =	-1621	- 43,63 WindSpeed_Avg_ms + 1,713 AtmPressure_hPa
WSW	NaoussaDaily.avg_PM2.5 =	-1615	- 43,63 WindSpeed_Avg_ms + 1,713 AtmPressure_hPa



Πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση με ονομ. μεταβλητή

Response: **PM2.5**

Predictors: **WindSpeed** + **AtmPressure** + **Winds**

Coefficients

Term	Coef	SE Coef	95% CI	T-Value	P-Value	VIF
Constant	-1635	431	(-2523; -746)	-3,80	0,001	
WindSpeed_Avg_ms	-43,63	7,51	(-59,14; -28,12)	-5,81	0,000	1,15
AtmPressure_hPa	1,713	0,425	(0,836; 2,590)	4,03	0,000	1,13
Winds						
NNW	-10,9	14,3	(-40,4; 18,5)	-0,77	0,450	1,89
NW	21,6	13,0	(-5,3; 48,5)	1,65	0,111	2,97
SE	-3,4	17,6	(-39,7; 32,9)	-0,19	0,848	1,48
SSW	-3,1	17,7	(-39,6; 33,3)	-0,18	0,861	1,50
SW	-1,1	11,9	(-25,7; 23,5)	-0,09	0,925	3,47
WNW	13,8	17,7	(-22,7; 50,4)	0,78	0,442	1,50
WSW	19,6	11,0	(-3,1; 42,3)	1,78	0,088	5,08

Πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση με ονομ. μεταβλητή

Response: **PM2.5**

Predictors: **WindSpeed** + **AtmPressure** + **Winds**

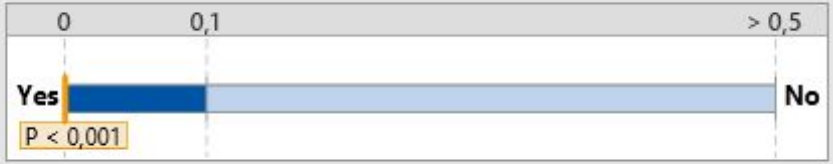
Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	PRESS	R-sq(pred)	AICc	BIC
14,2187	72,54%	62,24%	*	*	299,16	303,95

Analysis of Variance

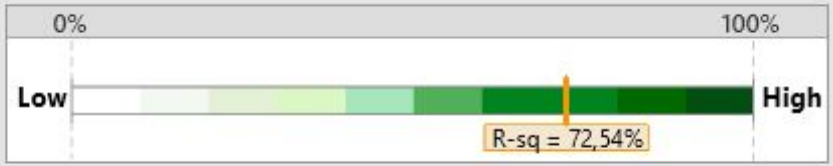
Source	DF	Seq SS	Contribution	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Regression	9	12815	72,54%	12815	1423,9	7,04	0,000
WindSpeed_Avg_ms	1	6167	34,91%	6817	6816,9	33,72	0,000
AtmPressure_hPa	1	2799	15,84%	3289	3289,2	16,27	0,000
Winds	7	3850	21,79%	3850	550,0	2,72	0,032
Error	24	4852	27,46%	4852	202,2		
Total	33	17667	100,00%				

Is there a relationship between Y and the X variables?



The relationship between Y and the X variables in the model is statistically significant (p < 0,10).

% of variation explained by the model



72,54% of the variation in Y can be explained by the regression model.

Πολλαπλή γραμμική παλινδρόμηση με ονομ. μεταβλητή

Response: **PM2.5**

Predictors: **WindSpeed** + **AtmPressure** + **Winds**

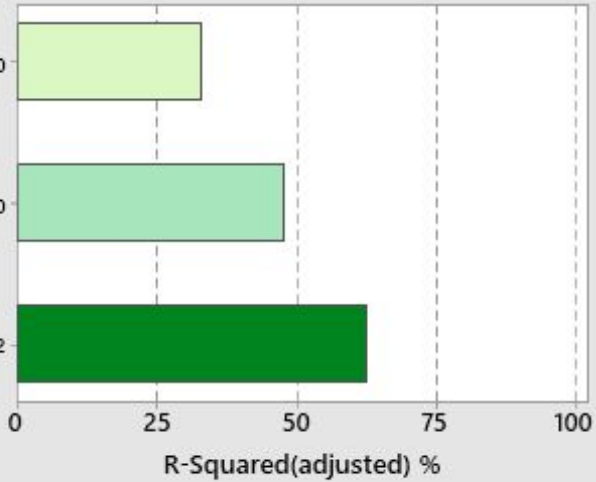
Multiple Regression for NaoussaDaily
Model Building Report

X1: WindSpeed_Av X2: AtmPressure_ X3: Winds

Model Building Sequence

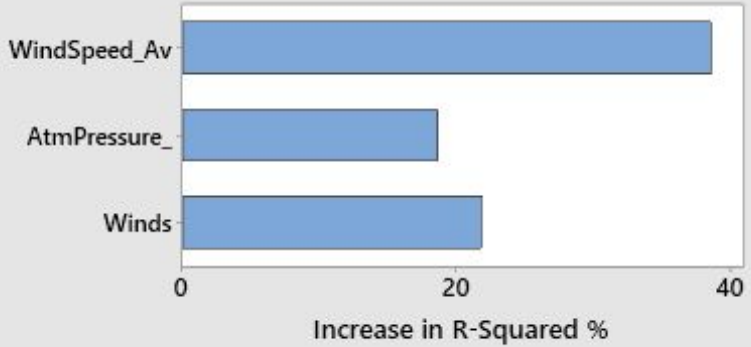
Displays the order in which terms were added or removed.

Step	Change	Step P	Final P
1	Add X1	0,000	0,000
2	Add X2	0,004	0,000
3	Add X3	0,032	0,032



Incremental Impact of X Variables

Long bars represent Xs that contribute the most new information to the model.



γ) Πολλαπλή Γραμμική Παλινδρόμηση με ονοματική μεταβλητή + τετραγωνικούς όρους

Response: PM2.5

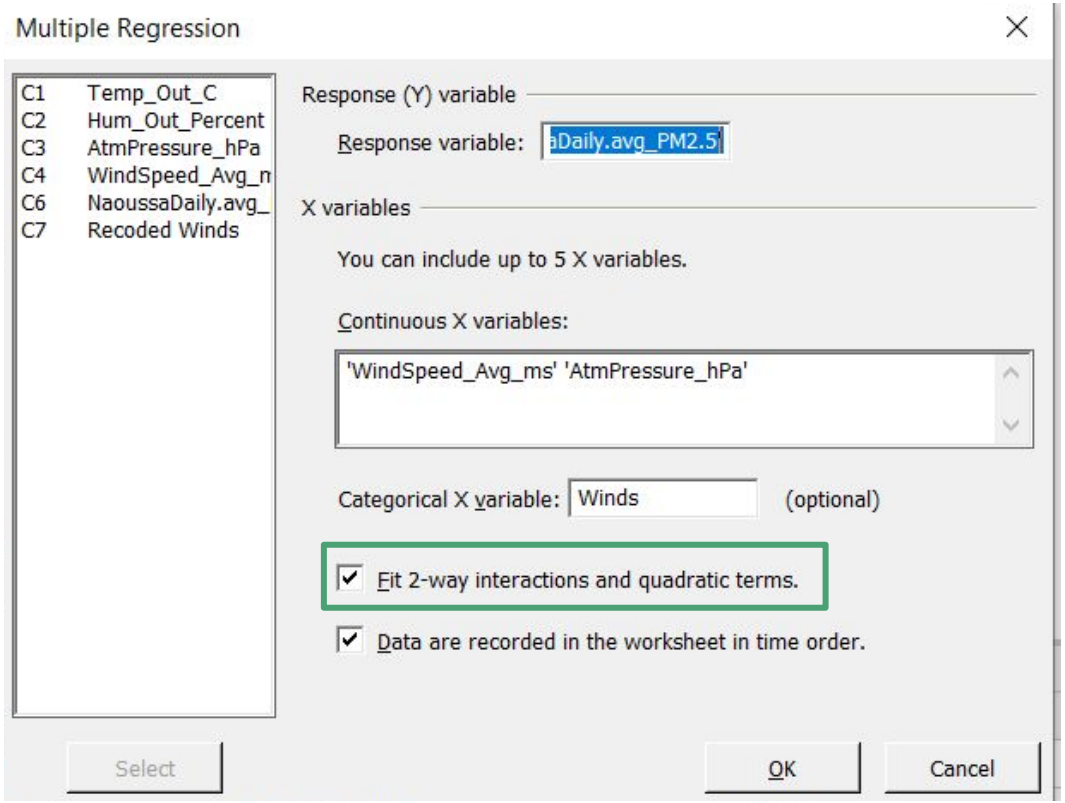
Predictor: WindSpeed + Atm Pressure + Winds + WindSpeed^2 + Atm Pressure^2

Πολλαπλή Γραμμική Παλινδρόμηση με ονοματική μεταβλητή + τετραγωνικούς όρους

Response: PM2.5

Predictor: WindSpeed + Atm Pressure + Winds + WindSpeed^2 + Atm Pressure^2





Πολλαπλή Γραμμική Παλινδρόμηση με ονοματική μεταβλητή + τετραγωνικούς όρους

Response: PM2.5

Predictor: WindSpeed + Atm Pressure + Winds + WindSpeed^2 + Atm Pressure^2

Regression Equation

Winds

ENE NaoussaDaily.avg_PM2.5 = 95063 - 155,4 WindSpeed_Avg_ms - 189,0 AtmPressure_hPa
+ 48,1 WindSpeed_Avg_ms*WindSpeed_Avg_ms
+ 0,0941 AtmPressure_hPa*AtmPressure_hPa

NNW NaoussaDaily.avg_PM2.5 = 95059 - 155,4 WindSpeed_Avg_ms - 189,0 AtmPressure_hPa
+ 48,1 WindSpeed_Avg_ms*WindSpeed_Avg_ms
+ 0,0941 AtmPressure_hPa*AtmPressure_hPa

NW NaoussaDaily.avg_PM2.5 = 95082 - 155,4 WindSpeed_Avg_ms - 189,0 AtmPressure_hPa
+ 48,1 WindSpeed_Avg_ms*WindSpeed_Avg_ms
+ 0,0941 AtmPressure_hPa*AtmPressure_hPa

SE NaoussaDaily.avg_PM2.5 = 95076 - 155,4 WindSpeed_Avg_ms - 189,0 AtmPressure_hPa
+ 48,1 WindSpeed_Avg_ms*WindSpeed_Avg_ms
+ 0,0941 AtmPressure_hPa*AtmPressure_hPa

SSW NaoussaDaily.avg_PM2.5 = 95078 - 155,4 WindSpeed_Avg_ms - 189,0 AtmPressure_hPa
+ 48,1 WindSpeed_Avg_ms*WindSpeed_Avg_ms
+ 0,0941 AtmPressure_hPa*AtmPressure_hPa

SW NaoussaDaily.avg_PM2.5 = 95074 - 155,4 WindSpeed_Avg_ms - 189,0 AtmPressure_hPa
+ 48,1 WindSpeed_Avg_ms*WindSpeed_Avg_ms
+ 0,0941 AtmPressure_hPa*AtmPressure_hPa

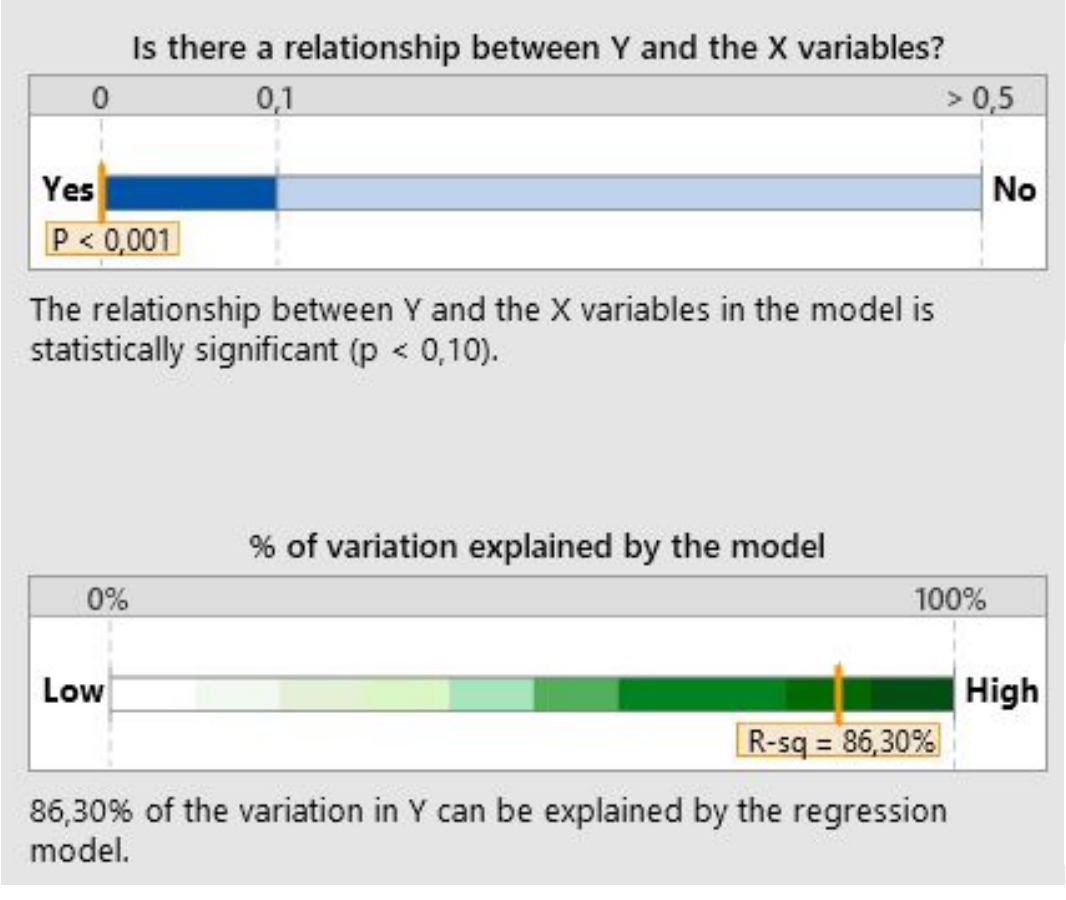
WNW NaoussaDaily.avg_PM2.5 = 95097 - 155,4 WindSpeed_Avg_ms - 189,0 AtmPressure_hPa
+ 48,1 WindSpeed_Avg_ms*WindSpeed_Avg_ms
+ 0,0941 AtmPressure_hPa*AtmPressure_hPa

WSW NaoussaDaily.avg_PM2.5 = 95093 - 155,4 WindSpeed_Avg_ms - 189,0 AtmPressure_hPa
+ 48,1 WindSpeed_Avg_ms*WindSpeed_Avg_ms
+ 0,0941 AtmPressure_hPa*AtmPressure_hPa

Πολλαπλή Γραμμική Παλινδρόμηση με ονοματική μεταβλητή + τετραγωνικούς όρους

Response: PM2.5

Predictor: WindSpeed + Atm Pressure + Winds + WindSpeed^2 + Atm Pressure^2



Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	PRESS	R-sq(pred)	AICc	BIC
10,4889	86,30%	79,45%	*	*	285,71	287,35

Coefficients

Term	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Constant	95063	49997	1,90	0,070	
WindSpeed_Avg_ms	-155,4	25,4	-6,13	0,000	24,02
AtmPressure_hPa	-189,0	98,6	-1,92	0,068	112186,65
Winds					
NNW	-3,8	10,6	-0,36	0,725	1,93
NW	18,75	9,70	1,93	0,066	3,02
SE	12,7	13,4	0,95	0,353	1,59
SSW	14,7	13,6	1,08	0,291	1,63
SW	10,92	9,28	1,18	0,252	3,87
WNW	34,3	13,8	2,49	0,021	1,67
WSW	29,51	8,72	3,38	0,003	5,88
WindSpeed_Avg_ms*WindSpeed_Avg_ms	48,1	10,7	4,50	0,000	24,18
AtmPressure_hPa*AtmPressure_hPa	0,0941	0,0486	1,94	0,066	112178,89

Πολλαπλή Γραμμική Παλινδρόμηση με ονοματική μεταβλητή + τετραγωνικούς όρους

Response: PM2.5

Predictor: WindSpeed + Atm Pressure + Winds + WindSpeed^2 + Atm Pressure^2

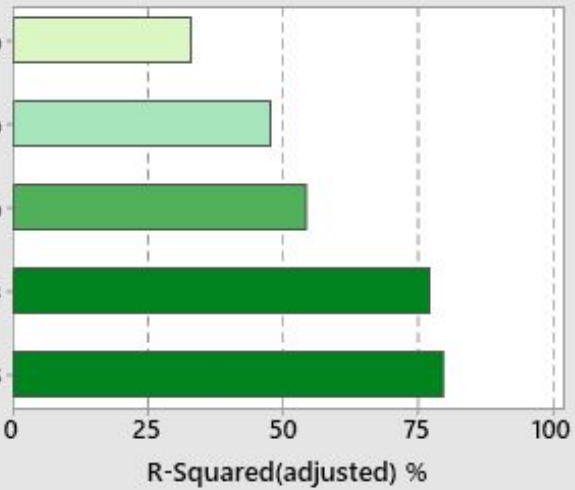
Multiple Regression for NaoussaDaily
Model Building Report

X1: WindSpeed_Av X2: AtmPressure_ X3: Winds

Model Building Sequence

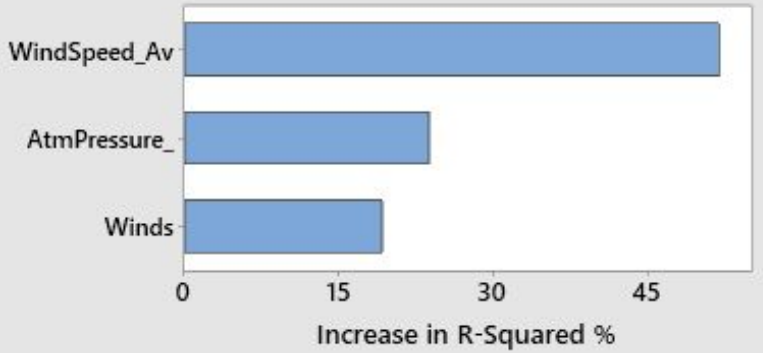
Displays the order in which terms were added or removed.

Step	Change	Step P	Final P
1	Add X1	0,000	0,000
2	Add X2	0,004	0,000
3	Add X1^2	0,026	0,000
4	Add X3	0,001	0,003
5	Add X2^2	0,066	0,066



Incremental Impact of X Variables

Long bars represent Xs that contribute the most new information to the model.



Πολλαπλή Γραμμική Παλινδρόμηση με ονοματική μεταβλητή + τετραγωνικούς όρους

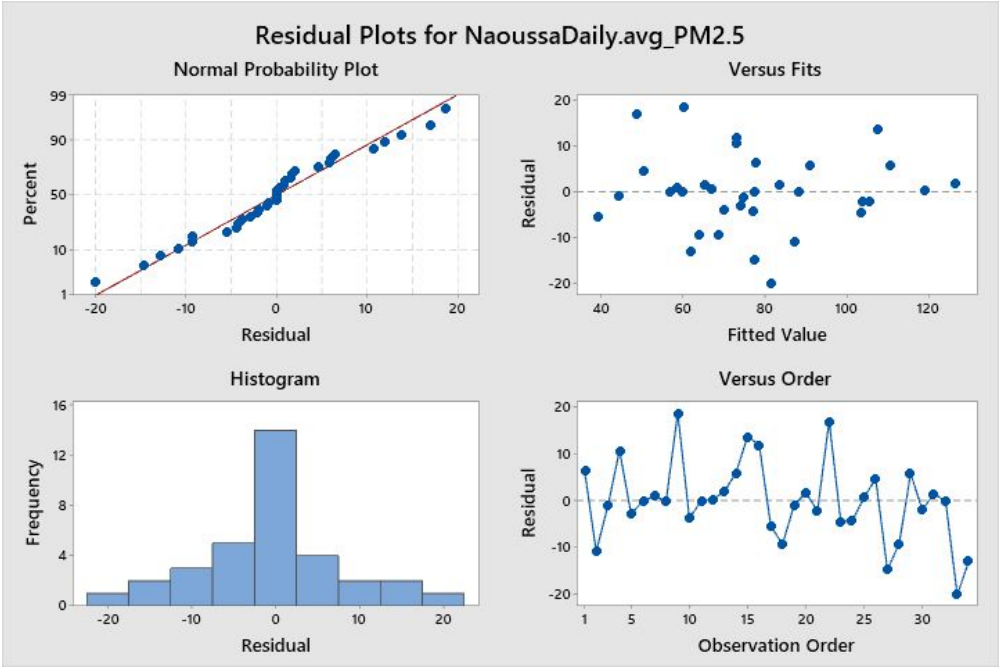
Response: PM2.5

Predictor: WindSpeed + Atm Pressure + Winds + WindSpeed^2 + Atm Pressure^2

Analysis of Variance

Source	DF	Seq SS	Contribution	Adj SS	Adj MS	F-Value
Regression	11	15247,1	86,30%	15247,1	1386,1	12,60
WindSpeed_Avg_ms	1	6167,1	34,91%	4132,5	4132,5	37,56
AtmPressure_hPa	1	2798,5	15,84%	404,4	404,4	3,68
Winds	7	3849,7	21,79%	3392,5	484,6	4,41
WindSpeed_Avg_ms*WindSpeed_Avg_ms	1	2019,4	11,43%	2225,1	2225,1	20,23
AtmPressure_hPa*AtmPressure_hPa	1	412,4	2,33%	412,4	412,4	3,75
Error	22	2420,4	13,70%	2420,4	110,0	
Total	33	17667,5	100,00%			

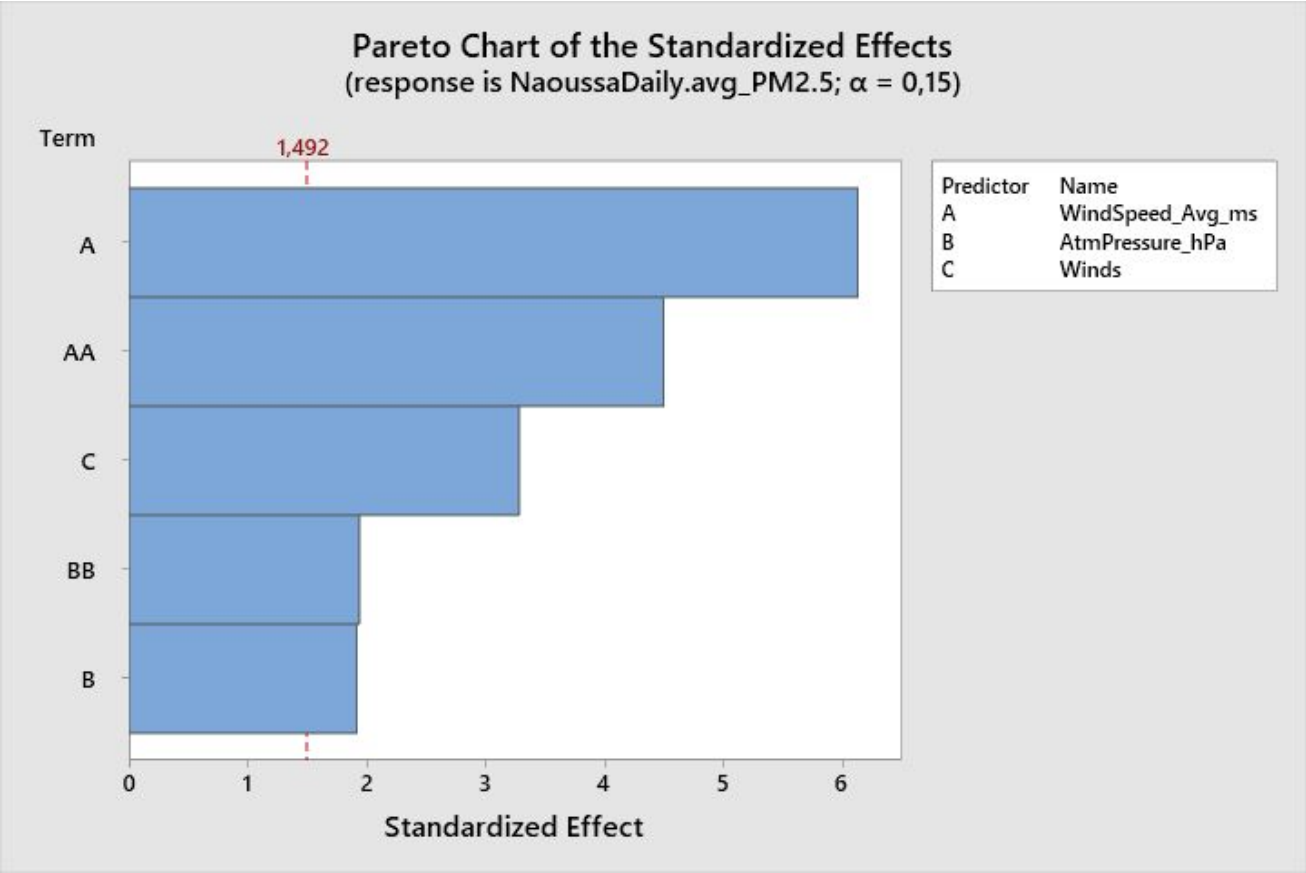
Source	P-Value
Regression	0,000
WindSpeed_Avg_ms	0,000
AtmPressure_hPa	0,068
Winds	0,003
WindSpeed_Avg_ms*WindSpeed_Avg_ms	0,000
AtmPressure_hPa*AtmPressure_hPa	0,066
Error	
Total	



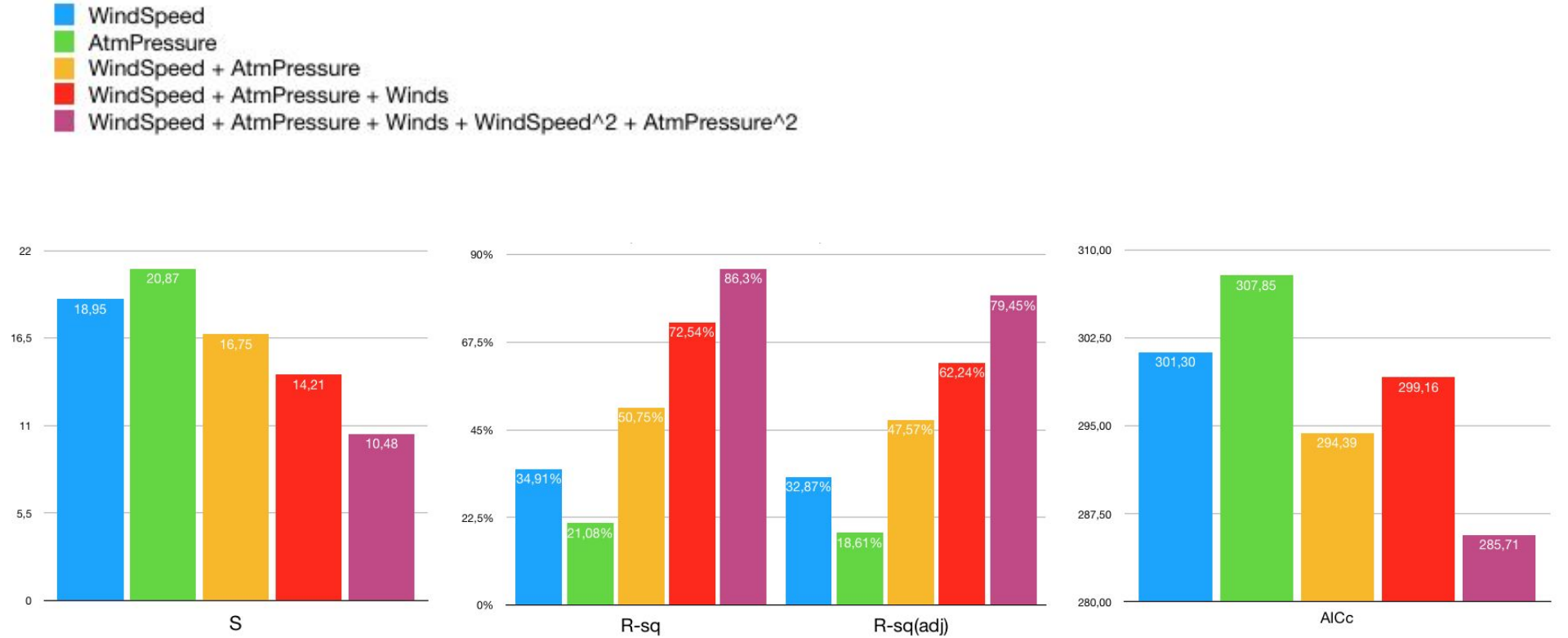
Πολλαπλή Γραμμική Παλινδρόμηση με ονοματική μεταβλητή + τετραγωνικούς όρους

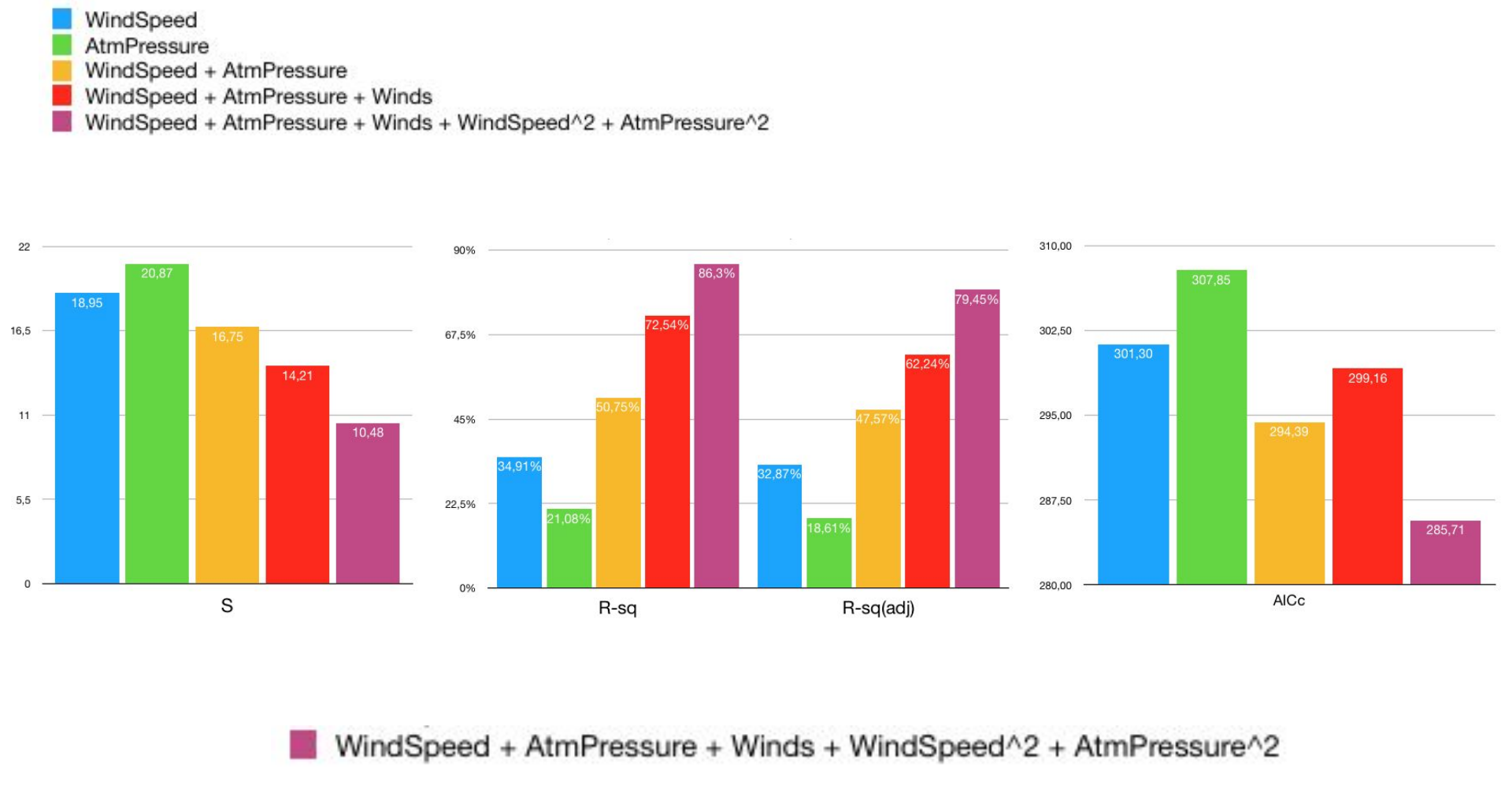
Response: PM2.5

Predictor: WindSpeed + Atm Pressure + Winds + $WindSpeed^2$ + $Atm\ Pressure^2$



Επιλογή μοντέλου


WindSpeed
AtmPressure
WindSpeed + AtmPressure
WindSpeed + AtmPressure + Winds
WindSpeed + AtmPressure + Winds + WindSpeed^2 + AtmPressure^2
22
16,5
11
5,5
0
18,95
20,87
16,75
14,21
10,48
S
90%
67,5%
45%
22,5%
0%
34,91%
21,08%
50,75%
72,54%
86,3%
32,87%
18,61%
47,57%
62,24%
79,45%
R-sq
R-sq(adj)
310,00
302,50
295,00
287,50
280,00
301,30
307,85
294,39
299,16
285,71
AICc


WindSpeed
AtmPressure
WindSpeed + AtmPressure
WindSpeed + AtmPressure + Winds
WindSpeed + AtmPressure + Winds + WindSpeed^2 + AtmPressure^2
22
16,5
11
5,5
0
18,95
20,87
16,75
14,21
10,48
S
90%
67,5%
45%
22,5%
0%
34,91%
21,08%
50,75%
72,54%
86,3%
32,87%
18,61%
47,57%
62,24%
79,45%
R-sq
R-sq(adj)
310,00
302,50
295,00
287,50
280,00
301,30
307,85
294,39
299,16
285,71
AICc
WindSpeed + AtmPressure + Winds + WindSpeed^2 + AtmPressure^2

Προτάσεις

Προτάσεις

- Ευαισθητοποίηση του κοινού για την ποιότητα του αέρα και δημοσιοποίηση σε μέσα μαζικής ενημέρωσης των αποτελεσμάτων της έρευνας
- Ευαισθητοποίηση και ενημέρωση του κοινού για τον ρόλο των υγρών ξύλων στην παραγωγή αερίων ατελούς καύσης
- Εμπορία μόνο πιστοποιημένων καυσόξυλων που έχουν αφυγρανθεί για μια 3ετία
- Δημιουργία ειδικού κλιμακίου για τον έλεγχο θερμαντικών συστημάτων και εστιών, με έλεγχο ανά δύο χρόνια και επιβολή προστίμων σε περιπτώσεις που βρεθούν ασυντήρητα συστήματα και καπνοδόχοι. Έλεγχοι του ποσοστού υγρασίας των προς εμπορία καυσόξυλων.
- Επιδοτήσεις για την ενεργειακή αναβάθμιση και μείωση των ενεργειακών απωλειών των σπιτιών
- Επιδοτήσεις για εγκατάσταση φίλτρων συγκράτησης ρυπογόνων εκπομπών στις καπνοδόχους των σπιτιών
- Έλεγχοι για λαθροϋλοτομία
- Συστήματα πρόγνωσης και έγκαιρης προειδοποίησης με σύνδεση των ενημερώσεων τους στα μέσα μαζικής επικοινωνίας και σε ειδικές περιπτώσεις ειδοποιήσεις με SMS. Επίσης, θυροκόλληση της πρόγνωσης ποιότητας αέρα στα σχολεία ώστε εκπαιδευτικοί, γονείς και μαθητές να γνωρίζουν αν είναι κατάλληλη η ποιότητα αέρα για δραστηριότητες σε εξωτερικό χώρο.
- Επιχειρηματικές δράσεις - πρωτοβουλίες με πιθανή επιδότηση μέσω κράτους ή φορέων για εγκατάσταση συστημάτων καθαρισμού αέρα σε σπίτια, εσωτερικούς δημόσιους χώρους και επιχειρήσεις.

Συμπεράσματα

Συμπεράσματα

- Η περιοχή της Νάουσας βρέθηκε στο διάστημα 34 ημερών βρέθηκε να έχει 47,1% των ημερών ακραία κακή ποιότητα αέρα, 44,1% των ημερών πολύ κακή και 8% των ημερών κακή ποιότητα αέρα.
- Η υπόθεση εργασίας πως ο άνεμος μειώνει την ατμοσφαιρική ρύπανση επιβεβαιώθηκε, μάλιστα εξήχθη η γνώση πως χρειάζεται άνεμος τουλάχιστον 2-3 m/s για ώστε η ρύπανση να φτάσει στα 25 $\mu m/m^3$ το οποίο είναι και το όριο - οδηγία του Διεθνούς Οργανισμού Υγείας. Δυστυχώς οι άνεμοι στην περιοχή δεν είναι τόσο ισχυροί, ενώ οι οικονομικοί παράγοντες και η οικονομική ύφεση οδηγούν τους πολίτες στην καύση καυσόξυλων γεγονός που είναι ο κυριότερος παράγοντας της ατμοσφαιρικής ρύπανσης.
- Το πρωί 6:00 - 7:00 παρατηρείται αύξηση των ρύπων γεγονός που συνδέεται με το άναμμα σομπών και ξυλολέβητων. Αξίζει να σημειωθεί πως έρευνα πραγματοποιείται στο χρονικό διάστημα των περιορισμών απαγορεύσεων της κυκλοφορίας, άρα και ο ρόλος της μετακινήσεων είναι μικρός σε αυτή την αύξηση. Στις 8:00 ώρα η ατμοσφαιρική ρύπανση έχει ήδη κορυφωθεί η ατμοσφαιρική ρύπανση γεγονός που θα πρέπει να προβληματίσει την τοπική κοινωνία καθότι είναι η ώρα προσέλευσης των μαθητών στα σχολεία. Από τις 11:00 μέχρι τις 13:00 παρουσιάζεται μια μείωση των συγκεντρώσεων. Η δεύτερη κορύφωση παρουσιάζεται στις 17:00 με τα επίπεδα να παραμένουν υψηλά έως τις 23:00. Αξίζει να σημειωθεί πως σε αυτό το χρονικό διάστημα οι πολίτες βγαίνουν έξω για να κάνουν τον απογευματινό τους περίπατο και βρίσκονται εκτεθειμένοι στο “κόκκινο” της ατμοσφαιρικής ρύπανσης.

Συμπεράσματα

- Μέσω της πολλαπλής γραμμικής παλινδρόμησης είναι δυνατόν να ερμηνευτεί το 86,3% της μεταβολής των PM2.5 μέσα από τις ανεξάρτητες μεταβλητές WindSpeed, Atm Pressure, Winds

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	PRESS	R-sq(pred)	AICc	BIC
10,4889	86,30%	79,45%	*	*	285,71	287,35

Εξέλιξη

- συσχετίσεις μεταξύ γεωγραφικών και πολεοδομικών χαρακτηριστικών,
- και η γεωγραφική οπτικοποίηση των δεδομένων.
- μοντέλα πρόγνωσης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, και τα μοντέλα πρόγνωσης ατμοσφαιρικής ρύπανσης από τηλεπισκόπηση.
- αναλογιστική μελέτη αναγωγή των πρόωρων θανάτων στον πληθυσμό της πόλης.
- Ανάλυση στην χρονική διαφορά των μετρήσεων σε σχέση με την τοποθεσία, την ταχύτητα του ανέμου και την κατεύθυνση του ώστε να βρεθούν σχέσεις μεταξύ τους.
- Τέλος, απώτερος στόχος είναι η δημιουργία συστήματος έγκαιρης προειδοποίησης σχετικά με την ποιότητα του αέρα και η ενσωμάτωσή του στα μέσα μαζικής επικοινωνίας της περιοχής.

Βιβλιογραφία

Γενική Γραμματεία Πολιτικής Προστασίας - Διεύθυνση Σχεδιασμού και Αντιμετώπισης Εκτάκτων Αναγκών. (2017). *Χαρτογραφική απεικόνιση σταθμών μέτρησης αέριας ρύπανσης στην ελληνική επικράτεια* (σ. 180). https://www.civilprotection.gr/sites/default/gscp_uploads/teyhos_harton_stathmon_metrisis_aerias_rypansis.pdf

Γραμμική παρεμβολή | Γιώργος Παναγόπουλος. (χ.χ.). Ανακτήθηκε 12 Φεβρουάριος 2021, από https://teicm.panagop.com/?page_id=594

Δεδομένα Μετρήσεων Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης -. (χ.χ.). Ανακτήθηκε 21 Φεβρουάριος 2021, από http://ypen.gov.gr/perivallon/poiotita-tis-atmosfairas/dedomena-metriseon-atmosfairikis-rypansis/

Δήμος Ηρωικής Πόλης Νάουσας. (2020). Στο *Βικιπαίδεια*. https://el.wikipedia.org/w/index.php?title=%CE%94%CE%AE%CE%BC%CE%BF%CF%82_%CE%97%CF%81%CF%89%CE%B9%CE%BA%CE%AE%CF%82_%CE%A0%CF%8C%CE%BB%CE%B7%CF%82_%CE%9D%CE%AC%CE%BF%CF%85%CF%83%CE%B1%CF%82&oldid=8446228

Η Επιτροπή προτείνει νέες οριακές τιμές για την ποιότητα του αέρα. (1997). [Text]. European Commission - European Commission. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/el/IP_97_853

Κωστίκα, Ξ. (2013). *Μελέτη τρωτότητας από μακροπρόθεσμη έκθεση σε τοξικές αέριες ουσίες και αναλυτικότερα για την περίπτωση του διοξειδίου του αζώτου (NO2)*. Πολυτεχνείο Κρήτης.

Μαρκαντωνάκη, Χ. (2015). *Μελέτη για τον επιμερισμό της συνεισφοράς των καύσεων ξύλων και ορυκτών καυσίμων στην ατμοσφαιρική συγκέντρωση της σωματιδιακής αιθάλης*. Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών.

Πληθυσμιακή διάρθρωση και δημογραφική γήρανση—Statistics Explained. (2020).
https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Population_structure_and_ageing/el#H_.CE.B4.CE.B9.CE.AC.CE.BC.CE.B5.CF.83.CE.B7_.CE.B7.CE.BB.CE.B9.CE.BA.CE.AF.CE.B1_.CE.B5.CE.AF.CE.BD.CE.B1.CE.B9_.CF.85.CF.88.CE.B7.CE.BB.CF.8C.CF.84.CE.B5.CF.81.CE.B7_.CF.83.CF.84.CE.B7.CE.BD_.CE.99.CF.84.CE.B1.CE.BB.CE.AF.CE.B1

Τασιούλας, Τ. (χ.χ.). *Η κρίση βλάπτει σοβαρά τον αέρα που αναπνέουμε στη Θεσσαλονίκη*. Η κρίση βλάπτει σοβαρά τον αέρα που αναπνέουμε στη Θεσσαλονίκη. Ανακτήθηκε 20 Φεβρουάριος 2021, από https://www.voria.gr/article/i-krisi-vlapti-sovara-ton-aera-pou-anapneoume-sti-thessaloniki

Absolute Vs. Relative Barometric Pressure. (χ.χ.). Sciencing. Ανακτήθηκε 12 Φεβρουάριος 2021, από https://sciencing.com/absolute-vs-relative-barometric-pressure-13425786.html

Ahangar, F., Freedman, F., & Venkatram, A. (2019). Using Low-Cost Air Quality Sensor Networks to Improve the Spatial and Temporal Resolution of Concentration Maps. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *16*(7), 1252. https://doi.org/10.3390/ijerph16071252

Amarillo, A., Carreras, H., Krisna, T., Mignola, M., Tavera Busso, I., & Wendisch, M. (2021). Exploratory analysis of carbonaceous PM2.5 species in urban environments: Relationship with meteorological variables and satellite data. *Atmospheric Environment*, *245*, 117987. https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2020.117987

Apte, J. S., Marshall, J. D., Cohen, A. J., & Brauer, M. (2015). Addressing Global Mortality from Ambient PM 2.5. *Environmental Science & Technology*, *49*(13), 8057–8066. https://doi.org/10.1021/acs.est.5b01236

Arce, D., Lima, F., Orellana Cordero, M. P., Ortega, J., Sellers, C., & Ortega, P. (2018). Discovering behavioral patterns among air pollutants: A data mining approach. *Enfoque UTE*, *9*(4), 168–179. https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v9n4.411

Aric LaBarr. (2019, Μάιος 6). *What is Time Series Decomposition*. https://www.youtube.com/watch?v=0ar9extHObg

Bai, Y., Zeng, B., Li, C., & Zhang, J. (2019). An ensemble long short-term memory neural network for hourly PM2.5 concentration forecasting. *Chemosphere*, *222*, 286–294. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.01.121

Banga, A., Ahuja, R., & Sharma, S. C. (2021). Performance analysis of regression algorithms and feature selection techniques to predict PM2.5 in smart cities. *International Journal of System Assurance Engineering and Management*. https://doi.org/10.1007/s13198-020-01049-9

Beljaars, A. C. M. (1987). *THE MEASUREMENT OF GUSTINESS AT ROUTINE WIND STATIONS· A REVIEW*. 52.

Bresser GmbH. (χ.χ.). *Instruction Manual—Bresser WiFi Colour 5-in-1* (Manual Manual_7002580-7002581_WIFI-Colour-WS-5in1_en_BRESSER_v012020a; σ. 24). Bresser GmbH. www.bresser.de

Bulot, F. M. J., Russell, H. S., Rezaei, M., Johnson, M. S., Ossont, S. J. J., Morris, A. K. R., Basford, P. J., Easton, N. H. C., Foster, G. L., Loxham, M., & Cox, S. J. (2020). Laboratory Comparison of Low-Cost Particulate Matter Sensors to Measure Transient Events of Pollution. *Sensors*, *20*(8), 2219. https://doi.org/10.3390/s20082219

Castell, N., Kobernus, M., Liu, H.-Y., Schneider, P., Lahoz, W., Berre, A. J., & Noll, J. (2015). Mobile technologies and services for environmental monitoring: The Citi-Sense-MOB approach. *Urban Climate*, *14*, 370–382. https://doi.org/10.1016/j.uclim.2014.08.002

Castelli, M., Clemente, F. M., Popovič, A., Silva, S., & Vanneschi, L. (2020). A Machine Learning Approach to Predict Air Quality in California. *Complexity*, *2020*, 1–23. https://doi.org/10.1155/2020/8049504

Chakrabarty, R. K., Beeler, P., Liu, P., Goswami, S., Harvey, R. D., Pervez, S., van Donkelaar, A., & Martin, R. V. (2021). Ambient PM2.5 exposure and rapid spread of COVID-19 in the United States. *Science of The Total Environment*, *760*, 143391. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143391

Chen, F., Yamashita, K., Kurokawa, J., & Klimont, Z. (2015). Cost–Benefit Analysis of Reducing Premature Mortality Caused by Exposure to Ozone and PM2.5 in East Asia in 2020. *Water, Air, & Soil Pollution*, *226*(4), 108. https://doi.org/10.1007/s11270-015-2316-7

Chen, S., Cui, K., Yu, T.-Y., Chao, H.-R., Hsu, Y.-C., Lu, I.-C., Arcega, R. D., Tsai, M.-H., Lin, S.-L., Chao, W.-C., Chen, C., & Yu, K.-L. J. (2019). A Big Data Analysis of PM2.5 and PM10 from Low Cost Air Quality Sensors near Traffic Areas. *Aerosol and Air Quality Research*, *19*(8), 1721–1733. https://doi.org/10.4209/aaqr.2019.06.0328

Βιβλιογραφία

Clements, A. L., Reece, S., Conner, T., & Williams, R. (2019). Observed data quality concerns involving low-cost air sensors. *Atmospheric Environment: X*, *3*, 100034. https://doi.org/10.1016/j.aeaoa.2019.100034

Coelho, S., Rafael, S., Lopes, D., Miranda, A. I., & Ferreira, J. (2021). How changing climate may influence air pollution control strategies for 2030? *Science of The Total Environment*, *758*, 143911. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143911

Copernicus air quality index | euronews. (χ.χ.). Ανακτήθηκε 17 Φεβρουάριος 2021, από https://www.euronews.com/weather/copernicus-air-quality-index

DeGaetano, A. T., & Doherty, O. M. (2004). Temporal, spatial and meteorological variations in hourly PM2.5 concentration extremes in New York City. *Atmospheric Environment*, *38*(11), 1547–1558. https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2003.12.020

Dionisio, K. L., Rooney, M. S., Arku, R. E., Friedman, A. B., Hughes, A. F., Vallarino, J., Agyei-Mensah, S., Spengler, J. D., & Ezzati, M. (2010). Within-Neighborhood Patterns and Sources of Particle Pollution: Mobile Monitoring and Geographic Information System Analysis in Four Communities in Accra, Ghana. *Environmental Health Perspectives*, *118*(5), 607–613. https://doi.org/10.1289/ehp.0901365

DiscovAir | Copernicus. (χ.χ.). Ανακτήθηκε 16 Φεβρουάριος 2021, από https://atmosphere.copernicus.eu/discovair

Economic cost of the health impact of air pollution in Europe: Clean air, health and wealth. (2015). 66.

Elen, B., Peters, J., Poppel, M., Bleux, N., Theunis, J., Reggente, M., & Standaert, A. (2012). The Aeroflex: A Bicycle for Mobile Air Quality Measurements. *Sensors*, *13*(1), 221–240. https://doi.org/10.3390/s130100221

European Air Quality Index—European Environment Agency. (χ.χ.). Ανακτήθηκε 17 Φεβρουάριος 2021, από https://www.eea.europa.eu/themes/air/air-quality-index

European Court of Auditors. (2018). *Ατμοσφαιρική ρύπανση: η προστασία της υγείας μας παραμένει ανεπαρκής. Ειδική έκθεση αριθ. 23, 2018*. Publications Office. https://data.europa.eu/doi/10.2865/170737

European Environment Agency. (2020). *Air quality in Europe: 2020 report*. Publications Office. https://data.europa.eu/doi/10.2800/786656

European Lung Foundation. (χ.χ.). *Ατμοσφαιρική ρύπανση και πνεύμονες*.

Eusébio, C., Carneiro, M. J., Madaleno, M., Robaina, M., Rodrigues, V., Russo, M., Relvas, H., Gama, C., Lopes, M., Seixas, V., Borrego, C., & Monteiro, A. (2020). The impact of air quality on tourism: A systematic literature review. *Journal of Tourism Futures*, *ahead-of-print*(ahead-of-print). https://doi.org/10.1108/JTF-06-2019-0049

Franck, U., Odeh, S., Wiedensohler, A., Wehner, B., & Herbarth, O. (2011). The effect of particle size on cardiovascular disorders—The smaller the worse. *Science of The Total Environment*, *409*(20), 4217–4221. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2011.05.049

Gibert, K., Horsburgh, J. S., Athanasiadis, I. N., & Holmes, G. (2018). Environmental Data Science. *Environmental Modelling & Software*, *106*, 4–12. https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2018.04.005

Gramsch, E., Morales, L., Baeza, M., Ayala, C., Soto, C., Neira, J., Pérez, P., & Moreno, F. (2020). Citizens' Surveillance Micro-network for the Mapping of PM2.5 in the City of Concón, Chile. *Aerosol and Air Quality Research*, *20*(2), 358–368. https://doi.org/10.4209/aaqr.2019.04.0179

Griffiths, H. (2003). *Effects of Air Pollution on Agricultural Crops*. http://www.omafra.gov.on.ca/english/crops/facts/01-015.htm

Grimm, H., & Eatough, D. J. (2009). Aerosol Measurement: The Use of Optical Light Scattering for the Determination of Particulate Size Distribution, and Particulate Mass, Including the Semi-Volatile Fraction. *Journal of the Air & Waste Management Association*, *59*(1), 101–107. https://doi.org/10.3155/1047-3289.59.1.101

Gupta, P., Christopher, S. A., Wang, J., Gehrig, R., Lee, Y., & Kumar, N. (2006). Satellite remote sensing of particulate matter and air quality assessment over global cities. *Atmospheric Environment*, *40*(30), 5880–5892. https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2006.03.016

Hapidin, D. A., Munir, M. M., Suprijadi, & Khairurrijal, K. (2020). Development of a new personal air filter test system using a low-cost particulate matter (PM) sensor. *Aerosol Science and Technology*, *54*(2), 203–216. https://doi.org/10.1080/02786826.2019.1678734

Harrison, R. M., & Yin, J. (2000). Particulate matter in the atmosphere: Which particle properties are important for its effects on health? *Science of The Total Environment*, *249*(1–3), 85–101. https://doi.org/10.1016/S0048-9697(99)00513-6

Hasenfratz, D., Saukh, O., Walser, C., Hueglin, C., Fierz, M., Arn, T., Beutel, J., & Thiele, L. (2015). Deriving high-resolution urban air pollution maps using mobile sensor nodes. *Pervasive and Mobile Computing*, *16*, 268–285. https://doi.org/10.1016/j.pmci.2014.11.008

Health risks of air pollution in Europe – HRAPIE project, Recommendations for concentration–response functions for cost–benefit analysis of particulate matter, ozone and nitrogen dioxide. (χ.χ.). 60.

Hedworth, H. A., Sayahi, T., Kelly, K. E., & Saad, T. (2021). The effectiveness of drones in measuring particulate matter. *Journal of Aerosol Science*, *152*, 105702. https://doi.org/10.1016/j.jaerosci.2020.105702

Ho, S. H. (2013). Satellite imagery for urban air quality evaluation: Using Landsat and Systeme Pour l'Observation de la Terre image for particulate matter concentration retrieval. *HKIE Transactions*, *20*(4), 196–205. https://doi.org/10.1080/1023697X.2013.861184

Βιβλιογραφία

Huang, G., Li, X., Zhang, B., & Ren, J. (2021). PM2.5 concentration forecasting at surface monitoring sites using GRU neural network based on empirical mode decomposition. *Science of The Total Environment*, *768*, 144516. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144516

Hystad, P., Yusuf, S., & Brauer, M. (2020). Air pollution health impacts: The knowns and unknowns for reliable global burden calculations. *Cardiovascular Research*, *116*(11), 1794–1796. https://doi.org/10.1093/cvr/cvaa092

Imani, M. (2021). Particulate matter (PM2.5 and PM10) generation map using MODIS Level-1 satellite images and deep neural network. *Journal of Environmental Management*, *281*, 111888. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111888

Jiang, Yixuan, Zhu, X., Chen, C., Ge, Y., Wang, W., Zhao, Z., Cai, J., & Kan, H. (2021). On-field test and data calibration of a low-cost sensor for fine particles exposure assessment. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, *211*, 111958. https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2021.111958

Jiang, Yueqi, Xing, J., Wang, S., Chang, X., Liu, S., Shi, A., Liu, B., & Sahu, S. K. (2021). Understand the local and regional contributions on air pollution from the view of human health impacts. *Frontiers of Environmental Science & Engineering*, *15*(5), 88. https://doi.org/10.1007/s11783-020-1382-2

Jiang, Z., Cheng, H., Zhang, P., & Kang, T. (2021). Influence of urban morphological parameters on the distribution and diffusion of air pollutants: A case study in China. *Journal of Environmental Sciences*, *105*, 163–172. https://doi.org/10.1016/j.jes.2020.12.035

Kim, K.-H., Kabir, E., & Kabir, S. (2015). A review on the human health impact of airborne particulate matter. *Environment International*, *74*, 136–143. https://doi.org/10.1016/j.envint.2014.10.005

Kosmopoulos, G., Salamalikis, V., Pandis, S. N., Yannopoulos, P., Bloutsos, A. A., & Kazantzidis, A. (2020). Low-cost sensors for measuring airborne particulate matter: Field evaluation and calibration at a South-Eastern European site. *Science of The Total Environment*, *748*, 141396. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141396

Kotchenruther, R. A. (2020). Recent changes in winter PM2.5 contributions from wood smoke, motor vehicles, and other sources in the Northwest U.S. *Atmospheric Environment*, *237*, 117724. https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2020.117724

Kuhn, T., Jayaratne, R., Thai, P. K., Christensen, B., Liu, X., Dunbabin, M., Lamont, R., Zing, I., Wainwright, D., Witte, C., Neale, D., & Morawska, L. (2021). Air quality during and after the Commonwealth Games 2018 in Australia: Multiple benefits of monitoring. *Journal of Aerosol Science*, *152*, 105707. https://doi.org/10.1016/j.jaerosci.2020.105707

Lassman, W., Pierce, J. R., Bangs, E. J., Sullivan, A. P., Ford, B., Mengistu Tsidu, G., Sherman, J. P., Collett, J. L., & Bililign, S. (2020). Using Low-Cost Measurement Systems to Investigate Air Quality: A Case Study in Palapye, Botswana. *Atmosphere*, *11*(6), 583. https://doi.org/10.3390/atmos11060583

Lee, Y.-W. (2020). A stochastic model of particulate matters with AI-enabled technique-based IoT gas detectors for air quality assessment. *Microelectronic Engineering*, *229*, 111346. https://doi.org/10.1016/j.mee.2020.111346

Lim, S. S., Vos, T., Flaxman, A. D., Danaei, G., Shibuya, K., Adair-Rohani, H., AlMazroa, M. A., Amann, M., Anderson, H. R., Andrews, K. G., Aryee, M., Atkinson, C., Bacchus, L. J., Bahalim, A. N., Balakrishnan, K., Balmes, J., Barker-Collo, S., Baxter, A., Bell, M. L., … Ezzati, M. (2012). A comparative risk assessment of burden of disease and injury attributable to 67 risk factors and risk factor clusters in 21 regions, 1990–2010: A systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2010. *The Lancet*, *380*(9859), 2224–2260. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(12)61766-8

Lin, C., Labzovskii, L. D., Leung Mak, H. W., Fung, J. C. H., Lau, A. K. H., Kenea, S. T., Bilal, M., Vande Hey, J. D., Lu, X., & Ma, J. (2020). Observation of PM2.5 using a combination of satellite remote sensing and low-cost sensor network in Siberian urban areas with limited reference monitoring. *Atmospheric Environment*, *227*, 117410. https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2020.117410

Lin, H., Ratnapradipa, K., Wang, X., Zhang, Y., Xu, Y., Yao, Z., Dong, G., Liu, T., Clark, J., Dick, R., Xiao, J., Zeng, W., Li, X., Qian, Z. (Min), & Ma, W. (2017). Hourly peak concentration measuring the PM 2.5 -mortality association: Results from six cities in the Pearl River Delta study. *Atmospheric Environment*, *161*, 27–33. https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2017.04.015

Liu, H.-Y., Schneider, P., Haugen, R., & Vogt, M. (χ.χ.). *Performance Assessment of a Low-Cost PM2.5 Sensor for a near Four-Month Period in Oslo, Norway*. 19.

Liu, S., Xing, J., Westervelt, D. M., Liu, S., Ding, D., Fiore, A. M., Kinney, P. L., Zhang, Y., He, M. Z., Zhang, H., Sahu, S. K., Zhang, F., Zhao, B., & Wang, S. (2021). Role of emission controls in reducing the 2050 climate change penalty for PM2.5 in China. *Science of The Total Environment*, *765*, 144338. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144338

Liu, X., Jayaratne, R., Thai, P., Kuhn, T., Zing, I., Christensen, B., Lamont, R., Dunbabin, M., Zhu, S., Gao, J., Wainwright, D., Neale, D., Kan, R., Kirkwood, J., & Morawska, L. (2020). Low-cost sensors as an alternative for long-term air quality monitoring. *Environmental Research*, *185*, 109438. https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.109438

Lu, X., Sha, Y. H., Li, Z., Huang, Y., Chen, W., Chen, D., Shen, J., Chen, Y., & Fung, J. C. H. (2021). Development and application of a hybrid long-short term memory – three dimensional variational technique for the improvement of PM2.5 forecasting. *Science of The Total Environment*, *770*, 144221. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144221

Ly, B.-T., Matsumi, Y., Vu, T. V., Sekiguchi, K., Nguyen, T.-T., Pham, C.-T., Nghiem, T.-D., Ngo, I.-H., Kurotsuchi, Y., Nguyen, T.-H., & Nakayama, T. (2021). The effects of meteorological conditions and long-range transport on PM2.5 levels in Hanoi revealed from multi-site measurement using compact sensors and machine learning approach. *Journal of Aerosol Science*, *152*, 105716. https://doi.org/10.1016/j.jaerosci.2020.105716

Manojkumar, N., & Srimuruganandam, B. (2021). Health benefits of achieving fine particulate matter standards in India – A nationwide assessment. *Science of The Total Environment*, *763*, 142999. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142999

Mehmood, K., Bao, Y., Abrar, M. M., Petropoulos, G. P., Saifullah, Soban, A., Saud, S., Khan, Z. A., Khan, S. M., & Fahad, S. (2021). Spatiotemporal variability of COVID-19 pandemic in relation to air pollution, climate and socioeconomic factors in Pakistan. *Chemosphere*, *271*, 129584. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.129584

N. Genikomsakis, K., Galatoulas, N.-F., I. Dallas, P., Candanedo Ibarra, L., Margaritis, D., & S. Ioakimidis, C. (2018). Development and On-Field Testing of Low-Cost Portable System for Monitoring PM2.5 Concentrations. *Sensors*, *18*(4), 1056. https://doi.org/10.3390/s18041056

Βιβλιογραφία

Noh, K., Thi, L. T., & Jeong, B. R. (2019). Particulate matter in the cultivation area may contaminate leafy vegetables with heavy metals above safe levels in Korea. *Environmental Science and Pollution Research*, *26*(25), 25762–25774. https://doi.org/10.1007/s11356-019-05825-4

Noor, N. M., Al Bakri Abdullah, M. M., Yahaya, A. S., & Ramli, N. A. (2014). Comparison of Linear Interpolation Method and Mean Method to Replace the Missing Values in Environmental Data Set. *Materials Science Forum*, *803*, 278–281. https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.803.278

Núñez-Alonso, D., Pérez-Arribas, L. V., Manzoor, S., & Cáceres, J. O. (2019). Statistical Tools for Air Pollution Assessment: Multivariate and Spatial Analysis Studies in the Madrid Region. *Journal of Analytical Methods in Chemistry*, *2019*, 1–9. https://doi.org/10.1155/2019/9753927

OECD. (2016). *The economic consequences of outdoor air pollution*.

Pandey, P., Khan, A. H., Verma, A. K., Singh, K. A., Mathur, N., Kisku, G. C., & Barman, S. C. (2012). Seasonal Trends of PM2.5 and PM10 in Ambient Air and Their Correlation in Ambient Air of Lucknow City, India. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, *88*(2), 265–270. https://doi.org/10.1007/s00128-011-0466-x

Penza, M., Suriano, D., Villani, M. G., Spinelle, L., & Gerboles, M. (2014). Towards air quality indices in smart cities by calibrated low-cost sensors applied to networks. *IEEE SENSORS 2014 Proceedings*, 2012–2017. https://doi.org/10.1109/ICSENS.2014.6985429

Petkus, A. J., Wang, X., Beavers, D. P., Chui, H. C., Espeland, M. A., Gatz, M., Gruenewald, T., Kaufman, J. D., Manson, J. E., Resnick, S. M., Stewart, J. D., Wellenius, G. A., Whitsel, E. A., Widaman, K., Younan, D., & Chen, J.-C. (2021). Outdoor air pollution exposure and inter-relation of global cognitive performance and emotional distress in older women. *Environmental Pollution*, *271*, 116282. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.116282

Rojas, J. P., Urdanivia, F. R., Garay, R. A., García, A. J., Enciso, C., Medina, E. A., Toro, R. A., Manzano, C., & Leiva-Guzmán, M. A. (2021). Effects of COVID-19 pandemic control measures on air pollution in Lima metropolitan area, Peru in South America. *Air Quality, Atmosphere & Health*. https://doi.org/10.1007/s11869-021-00990-3

Sathe, Y., Gupta, P., Bawase, M., Lamsal, L., Patadia, F., & Thipse, S. (2021). Surface and satellite observations of air pollution in India during COVID-19 lockdown: Implication to air quality. *Sustainable Cities and Society*, *66*, 102688. https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102688

Sharma, E., Deo, R. C., Prasad, R., Parisi, A. V., & Raj, N. (2020). Deep Air Quality Forecasts: Suspended Particulate Matter Modeling With Convolutional Neural and Long Short-Term Memory Networks. *IEEE Access*, *8*, 209503–209516. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3039002

Shen, H., Hou, W., Zhu, Y., Zheng, S., Ainiwaer, S., Shen, G., Chen, Y., Cheng, H., Hu, J., Wan, Y., & Tao, S. (2021). Temporal and spatial variation of PM2.5 in indoor air monitored by low-cost sensors. *Science of The Total Environment*, *770*, 145304. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145304

Shin, U., Park, S.-H., Park, J.-S., Koo, J.-H., Yoo, C., Kim, S., & Lee, J. (2021). Predictability of PM2.5 in Seoul based on atmospheric blocking forecasts using the NCEP global forecast system. *Atmospheric Environment*, *246*, 118141. https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2020.118141

Siew, L. Y., Chin, L. Y., & Wee, P. M. J. (2008). *ARIMA AND INTEGRATED ARFIMA MODELS FOR FORECASTING AIR POLLUTION INDEX IN SHAH ALAM, SELANGOR*. *12*(1), 7.

Sindosi, O. A., Markozannes, G., Rizos, E., & Ntzani, E. (2019). Effects of economic crisis on air quality in Ioannina, Greece. *Journal of Environmental Science and Health, Part A*, *54*(8), 768–781. https://doi.org/10.1080/10934529.2019.1592534

Smargiassi, A., Brand, A., Fournier, M., Tessier, F., Goudreau, S., Rousseau, J., & Benjamin, M. (2012). A spatiotemporal land-use regression model of winter fine particulate levels in residential neighbourhoods. *Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology*, *22*(4), 331–338. https://doi.org/10.1038/jes.2012.26

Srbinovska, M., Andova, V., Mateska, A. K., & Krstevska, M. C. (2021). The effect of small green walls on reduction of particulate matter concentration in open areas. *Journal of Cleaner Production*, *279*, 123306. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123306

Su, X., Sutarlie, L., & Loh, X. J. (2020). Sensors and Analytical Technologies for Air Quality: Particulate Matters and Bioaerosols. *Chemistry – An Asian Journal*, *15*(24), 4241–4255. https://doi.org/10.1002/asia.202001051

Symeonidis, P., Mitropoulos, P., Taskaris, S., Vakkas, T., Adamopoulou, E., Karakirios, D., Salamalikis, V., Kosmopoulos, G., & Kazantzidis, A. (2020). ThermiAir: An innovative air quality monitoring system for airborne particulate matter in Thermi, Greece. *Proceedings of the 13th International Conference on Theory and Practice of Electronic Governance*, 775–778. https://doi.org/10.1145/3428502.3428618

Tian, J., Cai, T., Shang, J., Schauer, J. J., Yang, S., Zhang, L., & Zhang, Y. (2019). Effects of the emergency control measures in Beijing on air quality improvement. *Atmospheric Pollution Research*, *10*(2), 580–586. https://doi.org/10.1016/j.apr.2018.10.005

Top Tip Bio. (2020, Αύγουστος 10). *Spearman Correlation Explained (Inc. Test Assumptions)*. https://www.youtube.com/watch?v=JwNwbu-g2m0

Tsai, C. W., Hsiao, Y.-R., Lin, M.-L., & Hsu, Y. (2020). Development of a noise-assisted multivariate empirical mode decomposition framework for characterizing PM 2.5 air pollution in Taiwan and its relation to hydro-meteorological factors. *Environment International*, *139*, 105669. https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.105669

US EPA, O. (2016, Απρίλιος 19). *Particulate Matter (PM) Basics* [Overviews and Factsheets]. US EPA. https://www.epa.gov/pm-pollution/particulate-matter-pm-basics

Ventura, L. M. B., de Oliveira Pinto, F., Soares, L. M., Luna, A. S., & Gioda, A. (2019). Forecast of daily PM2.5 concentrations applying artificial neural networks and Holt–Winters models. *Air Quality, Atmosphere & Health*, *12*(3), 317–325. https://doi.org/10.1007/s11869-018-00660-x

Wang, W.-C. V., Lung, S.-C. C., & Liu, C.-H. (2020). Application of Machine Learning for the in-Field Correction of a PM2.5 Low-Cost Sensor Network. *Sensors*, *20*(17), 5002. https://doi.org/10.3390/s20175002

Βιβλιογραφία

Whalley, J., & Zandi, S. (2016). Particulate Matter Sampling Techniques and Data Modelling Methods. *Air Quality - Measurement and Modeling*. https://doi.org/10.5772/65054

What does the asterisk (*) mean on some locations' AQI? (χ.χ.). Ανακτήθηκε 12 Φεβρουάριος 2021, από http://support.iqair.com/en/articles/3029386-what-does-the-asterisk-mean-on-some-locations-aqi

World Health Organization (Επιμ.). (2006). *Air quality guidelines: Global update 2005: particulate matter, ozone, nitrogen dioxide, and sulfur dioxide*. World Health Organization.

Wu, Y., Yang, X., Wang, H., Jia, G., & Wang, T. (2021). Relationship between ambient PM2.5 exposure and blood cadmium level in children under 14 years in Beijing, China. *Journal of Hazardous Materials*, *403*, 123871. https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.123871

Xu, J., Jia, C., Yu, H., Xu, H., Ji, D., Wang, C., Xiao, H., & He, J. (2021). Characteristics, sources, and health risks of PM2.5-bound trace elements in representative areas of Northern Zhejiang Province, China. *Chemosphere*, *272*, 129632. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.129632

Ye, L., & Wang, Y. (2020). Long-Term Air Quality Study in Fairbanks, Alaska: Air Pollutant Temporal Variations, Correlations, and PM2.5 Source Apportionment. *Atmosphere*, *11*(11), 1203. https://doi.org/10.3390/atmos11111203

Zhang, Q., Sun, S., Sui, X., Ding, L., Yang, M., Li, C., Zhang, C., Zhang, X., Hao, J., Xu, Y., Lin, S., Ding, R., & Cao, J. (2021). Associations between weekly air pollution exposure and congenital heart disease. *Science of The Total Environment*, *757*, 143821. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143821

Zhou, H., Zhang, F., Du, Z., & Liu, R. (2021). Forecasting PM2.5 using hybrid graph convolution-based model considering dynamic wind-field to offer the benefit of spatial interpretability. *Environmental Pollution*, *273*, 116473. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.116473

Zhou, L., Zhang, J., Lu, T., Bao, M., Deng, X., & Hu, X. (2021). Pollution patterns and their meteorological analysis all over China. *Atmospheric Environment*, *246*, 118108. https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2020.118108

Zikova, N., Masiol, M., Chalupa, D., Rich, D., Ferro, A., & Hopke, P. (2017). Estimating Hourly Concentrations of PM2.5 across a Metropolitan Area Using Low-Cost Particle Monitors. *Sensors*, *17*(8), 1922. https://doi.org/10.3390/s17081922