ΠΜΣ: ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΟΥ ΧΩΡΟΥ

ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ: ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

ΜΑΘΗΜΑ: ΕΙΔΙΚΑ ΘΕΜΑΤΑ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗΣ ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΣΤΟ ΓΕΩΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΓΕΩΡΓΙΟΣ Π. ΠΕΤΡΟΠΟΥΛΟΣ

ΦΟΙΤΗΤΡΙΑ | ΑΜ: ΑΝΝΑ ΔΟΣΙΟΥ | 222305

ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ 2: ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ WEBGIS ΠΛΑΤΦΟΡΜΑΣ

1. Εισαγωγή

Τα αστικά πάρκα αποτελούν οάσεις πρασίνου που επηρεάζουν θετικά το μικροκλίμα μιας περιοχής.

Προσφέρουν στους κατοίκους της χαμηλότερες θερμοκρασίες, αίσθηση δροσιάς και ωφελούν την

ψυχική τους υγεία. Ένα ακόμα πλεονέκτημα των αστικών πάρκων είναι ότι συχνά φιλοξενούν ιδιαίτερα

είδη χλωρίδας και πανίδας, και συμβάλλουν στην αειφόρο ανάπτυξη και στην βιωσιμότητα, αρχές που

προωθούνται και στους επισκέπτες τους. Οι χώροι πράσινου βοηθούν την ψύξη των πόλεων, αφού η

εξατμισοδιαπνοή της βλάστησης μειώνει την θερμοκρασία του αέρα και αυξάνει την υγρασία, και επίσης

συντελούν στον μετριασμό της συγκέντρωσης διοξειδίου του άνθρακα των πόλεων.

Η συγκέντρωση διοξειδίου του άνθρακα στις πόλεις αυξάνεται συνεχώς λόγω των ανθρωπογενών

δραστηριοτήτων. Όμως η βλάστηση στις πόλεις μπορεί να αποθηκεύει τον άνθρακα μέσω της

φωτοσύνθεσης και να σχηματίζει φυτική βιομάζα (Gratani, et al., 2016).

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η συλλογή δεδομένων από τον Εθνικό Κήπο Αθηνών και τους

Κήπους του Ζάππειου Μεγάρου σχετικά με την θερμοκρασία, την υγρασία και το διοξείδιο του άνθρακα,

καθώς και η απεικόνισή τους σε μία διαδικτυακή εφαρμογή, χρησιμοποιώντας προϊόντα του ArcGIS, και

χωρική παρεμβολή. Οι μετρήσεις συσχετίζονται άμεσα με τον ρόλο του αστικού πάρκου στην μείωση της

θερμοκρασίας και του διοξειδίου του άνθρακα στο κέντρο της Αθήνας.

2. Περιγραφή Περιοχής Μελέτης και Δεδομένων

2.1 Περιοχή Μελέτης

Ο Εθνικός Κήπος προσελκύει χιλιάδες επισκέπτες καθημερινά, Έλληνες και ξένους, ως μία όαση στο

κέντρο της Αθήνας, αλλά και ως ιστορικός τόπος που ανακηρύχθηκε το 2011. Η έκταση του κήπου

ανέρχεται στα 15,4 στρέμματα και βρίσκεται δίπλα στο κτήριο της Βουλής των Ελλήνων. Τα είδη

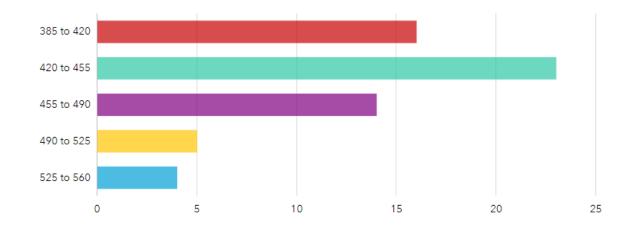
βλάστησης σε αυτόν ποικίλλουν, γιατί συναντώνται πολλά τόσο μεσογειακά είδη όσο και ξενικά. Κάποια από τα φυτά που συναντώνται είναι αειθαλή δένδρα και φυλλοβόλα, θάμνοι, πολυετή ποώδη φυτά, αναρριχώμενα, παχύφυτα, ετήσια ανθόφυτα, και φυτά εδαφοκάλυψης. Τα πιο χαρακτηριστικά φυτά είναι οι κινέζικοι αείλανθοι, οι ψευδοπιπεριές από την Κεντρική Αμερική, οι φυτολάκες (Νότια Αμερική), οι ουασιγκτώνιες, και οι ευκάλυπτοι και οι καζουαρίνες από την Αυστραλία. Στην περιοχή ενδιαφέροντος οι συνθήκες ευνοούν να ζουν και να αναπαράγονται πολλά είδη πανίδας. Στον κήπο ζουν παπαγάλοι, πάπιες, παγώνια, χελώνες, σκίουροι, κουνέλια, αίγαγροι, ψάρια, φρύνοι κ.α. Η παρουσία του υγρού στοιχείου στον κήπο δεν βοηθά μόνο αισθητικά αλλά καλύπτει την άρδευση της βλάστησης και βοηθά στην βελτίωση των βιοκλιματικών δεικτών του κήπου (Δήμος Αθηναίων, 2023).

Στον κήπο οι χαμηλότερες θερμοκρασίες παρατηρούνται όπου υπάρχει πυκνή βλάστηση και συχνό πότισμα, ενώ υψηλές θερμοκρασίες επικρατούν σε στενά μονοπάτια χωρίς σκίαση, με μικρή ροή αέρα και βλάστηση κακής κατάστασης. Στους κήπους του Ζάππειου η θερμοκρασία είναι μειωμένη λόγω της σκίασης από το κτήριο, της αυξημένης ροής του αέρα, και της φροντισμένης βλάστησης (Zoulia, Santamouris, & Dimoudi, 2009).

### 2.2 Δεδομένα

Τα δεδομένα από τον Εθνικό Κήπο Αθηνών συλλέχθηκαν στις 4 Ιουνίου του 2023 τις μεσημεριανές ώρες, από τις 12:00 έως τις 14:30. Τα δεδομένα αφορούν την συγκέντρωση σε διοξείδιο του άνθρακα, την θερμοκρασία, και την σχετική υγρασία κατά μήκος του Εθνικού Κήπου και των κήπων του Ζάππειου Μεγάρου. Οι τιμές αφορούν σημεία σε σκιασμένα μονοπάτια, σε πυκνή και αραιή βλάστηση, ή κοντά σε υδάτινες επιφάνειες. Τα σημεία συνολικά ανέρχονται στα 62. Στις εικόνες 1-3 παρουσιάζονται σε κλάσεις τιμών οι μετρήσεις στο ArcGIS Survey123.

Σύμφωνα με τον Μετεωρολογικό Σταθμό Αθηνών - Περιοχή Γκάζι, η μέγιστη θερμοκρασία εκείνη την ημέρα ήταν 28.2 °C. Ο σταθμός απέχει 2 χιλιόμετρα από τον Εθνικό Κήπο, και βρίσκεται σε υψόμετρο 60 μέτρων (LAT: 37° 58' 42" N, LONG: 23° 42' 56" E) (National Observatory of Athens, 2023).

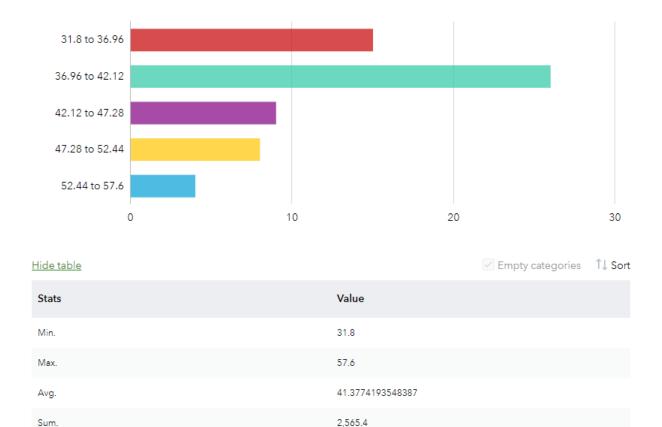


<u>Hide table</u>		Empty categories	T↓ Sort
Stats	Value		
Min.	385		
Max.	560		
Avg.	447.758064516129		
Sum.	27,761		

Εικόνα 1: Μετρήσεις για την περιεκτικότητα σε CO2 στον Εθνικό Κήπο Αθηνών



Εικόνα 2: Μετρήσεις για την θερμοκρασία στον Εθνικό Κήπο Αθηνών



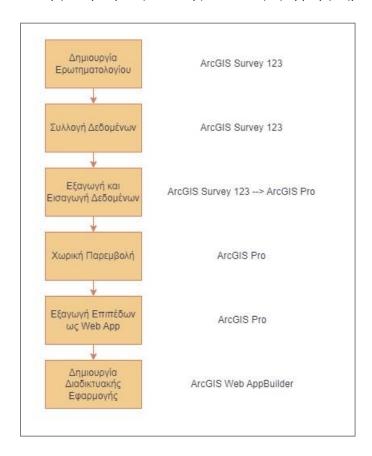
Εικόνα 3: Μετρήσεις για την σχετική υγρασία στον Εθνικό Κήπο Αθηνών

## 3. Περιγραφή Μεθοδολογίας

Για την διεκπεραίωση της εργασίας και την εξαγωγή των επιθυμητών αποτελεσμάτων εκτελέστηκαν τα βήματα που απεικονίζονται στο διάγραμμα ροής 1. Αρχικά, δημιουργήθηκε στην εφαρμογή "ArcGIS Survey123" μία φόρμα για να συλλεχθούν τα κατάλληλα δεδομένα, δηλαδή η τοποθεσία των σημείων μέτρησης, η θερμοκρασία, η σχετική υγρασία, και το  $CO_2$ , και η φόρμα δημοσιοποιήθηκε. Έπειτα, στο πεδίο χρησιμοποιήθηκε το όργανο μέτρησης, και τα δεδομένα συμπληρώθηκαν στην φόρμα διαδικτυακά με τη χρήση κινητού τηλεφώνου. Το όργανο που χρησιμοποιήθηκε είναι το JD-3002 Air Quality Tester  $CO_2$  TVOC HCHO Air Quality Meter Temperature Humidity Monitor Assistant. Τα δεδομένα εξάχθηκαν από το ArcGIS Survey123 ως shapefile και προστέθηκαν σε νέο project στο ArcGIS Pro.

Στο ArcGIS Pro από το περιβάλλον του Geostatistical Wizard επιλέχθηκε ως μέθοδος χωρικής παρεμβολής η "Inverse Distance Weighting" για τα δεδομένα ξεχωριστά. Οι παράμετροι που χρησιμοποιήθηκαν, μετά από διερεύνηση των αποτελεσμάτων, είναι οι: Power: 2 και Minimum / Maximum Neighbors: 10 / 15. Από το Cross Validation των δεδομένων προέκυψαν κατά προσέγγιση οι

τιμές του πίνακα 1. Το αποτέλεσμα που παράχθηκε έγινε export ως ψηφιδωτό αρχείο. Στη συνέχεια, το αρχείο διαμοιράστηκε ως web map για να ενσωματωθεί στο ArcGIS Online. Στα περιεχόμενα του χρήστη επιλέχθηκε ο φάκελος με τα αρχεία της περιοχής μελέτης και δημιουργήθηκε μια διαδικτυακή εφαρμογή στο Web App Builder. Στην εφαρμογή προστέθηκαν πέντε εργαλεία (widgets), εξαρτόμενα και μη. Τα εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν είναι ένα διάγραμμα για την σχετική υγρασία (Chart), ο χάρακας (Measurement), ένα φιλτράρισμα για τις θερμοκρασίες (Filter), οι σελιδοδείκτες (Bookmark), και η αλλαγή υποβάθρου (Basemap). Έπειτα, η εφαρμογή δημοσιεύθηκε.



Διάγραμμα 1: Διάγραμμα Ροής Μεθοδολογίας – Βήματα ανά λογισμικό/εφαρμογή

Πίνακας 1: Cross Validation των μεταβλητών κατά την χωρική παρεμβολή

CROSS VALIDATION				
	CO2	Temperature	Humidity	
Mean	-2.085	-0,048	-0,076	
Root-Mean-Square	43.378	1,039	4,131	

Με την χωρική παρεμβολή υπολογίζονται τιμές μιας παραμέτρου για θέσεις χωρίς μετρήσεις βάσει άλλων σε κοντινή περιοχή. Η μέθοδος χωρικής παρεμβολής αντίστροφης απόστασης (Inverse Distance Weighting - IDW) είναι τοπική μέθοδος. Η τιμή της μετρούμενης παραμέτρου σε ένα σημείο υπολογίζεται

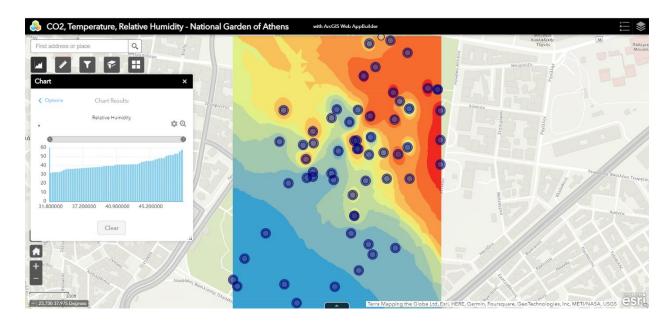
από τον σταθμισμένο μέσο όσο των τιμών των σημείων δειγματοληψίας, που βρίσκονται κοντινότερα στο σημείο ενδιαφέροντος. Ο σταθμισμένος μέσος αφορά την απόδοση βαρών στην απόσταση του σημείου με γνωστή τιμή και του σημείου που αναζητείται. Η μέθοδος θεωρείται ακριβής γιατί χρησιμοποιείται η αληθινή τιμή της παραμέτρου. Ο χάρτης διαμορφώνεται ανάλογα με την ομαδοποίηση των δεδομένων. Συχνά σε απομονωμένα σημεία που οι τιμές τους διαφέρουν σημαντικά από τα γειτονικά τους, απεικονίζονται στον χάρτη παρεμβολής "αυγοειδείς" σχηματισμοί (Καλύβας, 2023).

Η μέθοδος θεωρεί ότι όσο πιο απομακρυσμένο είναι ένα σημείο από την θέση δειγματοληψίας, τόσο μειώνεται η επιρροή της σε αυτό. Η παράμετρος Power ελέγχει την επίδραση των γειτονικών σημείων στην μεταβλητή. Υψηλότερη ισχύς προσδίδει μεγαλύτερη βαρύτητα στα γειτονικά σημεία. Η χαμηλότερη τιμή ισχύος δημιουργεί μια ομαλότερη επιφάνεια, καθώς η επιρροή διευρύνεται και στα σημεία που βρίσκονται πιο μακριά. Αν όμως η τιμή της ισχύος ή η απόσταση είναι πολύ μεγάλη τότε ενδέχεται τα αποτελέσματα να είναι αναληθή (ESRI, 2023).

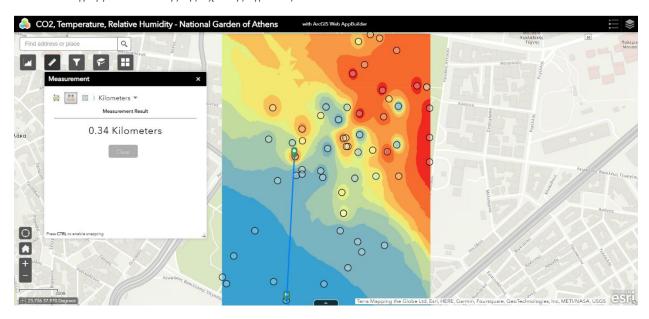
Για να εξασφαλιστεί η ακρίβεια και η αξιοπιστία της μεθόδου παρεμβολής χρησιμοποιείται η διασταυρούμενη επικύρωση (cross validation). Αυτή η μέθοδος βασίζεται ξεκινώντας σε όλα τα αρχικά σημεία για να εκτιμηθούν οι παράμετροι παρεμβολής, αλλά έπειτα αφαιρεί ένα σημείο και χρησιμοποιεί τα υπόλοιπα για να προβλέψει την τιμή στη θέση του κρυμμένου σημείου. Η προβλεπόμενη τιμή συγκρίνεται με την μετρούμενη, και στη συνέχεια το κρυμμένο σημείο προστίθεται ξανά στο σύνολο. Η διαδικασία επαναλαμβάνεται για κάθε αρχικό σημείο ξεχωριστά. Εάν τα σφάλματα επικύρωσης για τα γνωστά αλλά κρυμμένα σημεία είναι μικρά, τότε η πρόβλεψη σε άγνωστες περιοχές θεωρείται ότι θα έχει μικρά σφάλματα (ESRI, 2023).

## 4. Αποτελέσματα

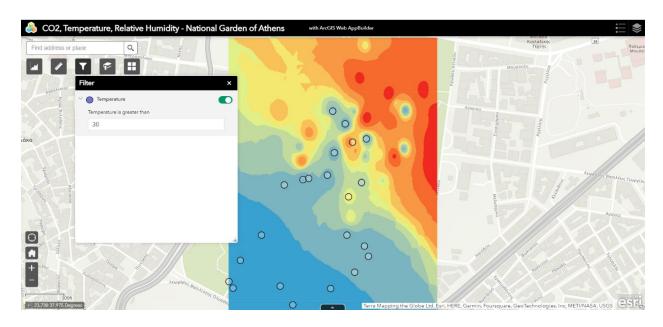
Από τα βήματα που εκτελέστηκαν δημιουργήθηκε η διαδικτυακή εφαρμογή για τον Εθνικό Κήπο Αθηνών, σχετικά με την χωρική παρεμβολή της θερμοκρασία, της σχετική υγρασία, και των τιμών  $CO_2$ . Στις επόμενες εικόνες (4-8) παρουσιάζονται τα εργαλεία (widgets) και η λειτουργία τους. Ο σύνδεσμος της εφαρμογής είναι ο ακόλουθος: <a href="https://hua2021.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=4e1bdef83e8e4f4d88c0764236d">https://hua2021.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=4e1bdef83e8e4f4d88c0764236d</a>



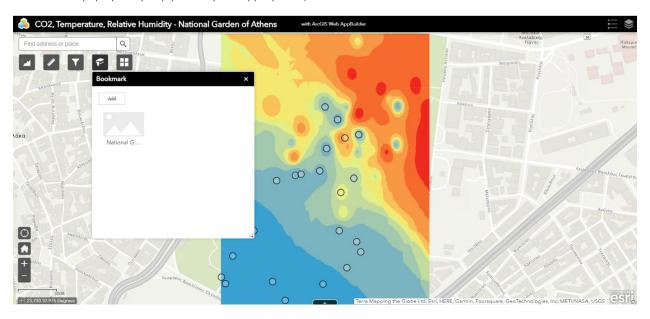
Εικόνα 4: Διάγραμμα απεικόνισης της σχετικής υγρασίας



Εικόνα 5: Μετρήσεις αποστάσεων και εκτάσεων

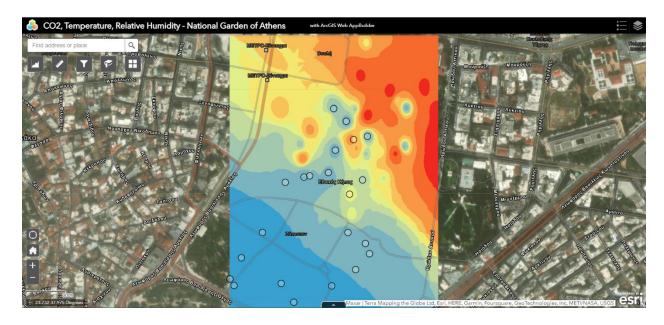


Εικόνα 6: Φιλτράρισμα συγκεκριμένων τιμών θερμοκρασίας



Εικόνα 7: Δημιουργία σελιδοδείκτη σε περιοχή ενδιαφέροντος

Στην εικόνα 4 παρουσιάζεται ένα διάγραμμα για την σχετική υγρασία του αέρα ανά σημείο δειγματοληψίας. Στην 5<sup>η</sup> εικόνα υπολογίζεται η απόσταση ανάμεσα σε δύο σημεία, το ένα βρίσκεται στη νότια πλευρά των κήπων του Ζάππειου, και το άλλο στη νότια πλευρά του Εθνικού Κήπου. Στην εικόνα 6 παρουσιάζονται μόνο τα σημεία δειγματοληψίας όπου επικρατεί θερμοκρασία μεγαλύτερη των 30 βαθμών κελσίου. Στην 7<sup>η</sup> εικόνα φαίνεται η δημιουργία ενός σελιδοδείκτη ο οποίος αν χρησιμοποιηθεί ο χρήστης κατευθύνεται στην ακριβή περιοχή που έχει αποθηκεύσει σε αυτόν. Ακόμα, στην εικόνα 8 με αυτό το εργαλείο ο χρήστης μπορεί να αλλάξει το υπόβαθρο του χάρτη.



Εικόνα 8: Αλλαγή υπόβαθρου εφαρμογής

### 5. Συζήτηση Αποτελεσμάτων

Από τις μετρήσεις συμπεραίνεται ότι η μέση συγκέντρωση CO<sub>2</sub> στον Εθνικό Κήπο ήταν περίπου ίση με 448 ppm, η μέση θερμοκρασία 29 °C, και η μέση σχετική υγρασία 41.37. Με βάση την πρόβλεψη για τις τιμές του διοξειδίου του άνθρακα επικρατούν κυρίως μέσες προς υψηλές συγκεντρώσεις CO<sub>2</sub>. Επίσης, η χωρική παρεμβολή των θερμοκρασιών έδειξε ότι σχηματίζονται ζώνες διαδοχικής αύξησης από βορειοανατολικά προς νοτιοδυτικά της περιοχής μελέτης. Το ανάποδο συμβαίνει για την σχετική υγρασία η οποία μειώνεται από βορειοανατολικά προς νοτιοδυτικά. Άρα μέσα στον Εθνικό Κήπο επικρατούν χαμηλότερες θερμοκρασίες και υψηλότερη υγρασία, σε αντίθεση με τους κήπους του Ζάππειου.

# 6. Συμπεράσματα και προτεινόμενες κατευθύνσεις συνέχισης της εργασίας

Στο μέλλον κρίνεται χρήσιμο να μελετηθεί η ικανότητα δέσμευσης των δέντρων σε διοξείδιο του άνθρακα, και επίσης το ποσό που συγκεντρώνουν ανάλογα το είδος, την εποχή, και την ώρα. Τα αποτελέσματα μπορούν συμπληρωματικά να αποτελέσουν μία βάση για την δημιουργία παρόμοιων και βελτιωμένων αστικών πάρκων στην πυκνοκατοικημένη πόλη της Αθήνας. Έτσι θα βελτιωθούν οι δείκτες της θερμοκρασίας και της συγκέντρωσης σε  $CO_2$ .

## 7. Βιβλιογραφία

### Ξένη Βιβλιογραφία

- ESRI. (2023, June 24). *ArcGIS Pro | Documentation*. Aνάκτηση από How IDW works: https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/tool-reference/3d-analyst/how-idw-works.htm
- ESRI. (2023, June 24). ArcGIS Pro | Documentation. Ανάκτηση από Using cross validation to assess interpolation results: https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/help/analysis/geostatistical-analyst/performing-cross-validation-and-validation.htm
- Gratani, L., Catoni, R., Puglielli, G., Varone, L., Crescente, M., Sangiorgio, S., & Lucchetta, F. (2016).

  Carbon dioxide (CO2) sequestration and air temperature amelioration provided by urban parks in Rome. *71st Conference of the Italian Thermal Machines Engineering Association, ATI2016* (σσ. 408 415). Turin: Energy Procedia. doi:10.1016/j.egypro.2016.11.052
- National Observatory of Athens. (2023, June 23). Weather station of Athens Gazi region. Ανάκτηση από Monthly Climatological Summary for Jun. 2023: https://penteli.meteo.gr/stations/athens/NOAAMO.TXT
- Zoulia, I., Santamouris, M., & Dimoudi, A. (2009, August 26). Monitoring the effect of urban green areas on the heat island in Athens. *Environ Monit Assess*, *156*, σσ. 275–292. doi:10.1007/s10661-008-0483-3

### Ελληνική Βιβλιογραφία

- Δήμος Αθηναίων. (2023, Ιούνιος 22). Δήμος Αθηναίων. Ανάκτηση από Εθνικός Κήπος: https://www.cityofathens.gr/who/ethnikos-kipos/
- Καλύβας, Δ. (2023, Ιούνιος 24). *Lesson 10\_GIS\_χωρική παρεμβολή*. Ανάκτηση από opencourses.ionio.gr: chrome
  - extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://opencourses.ionio.gr/modules/docume nt/file.php/DEN107/Lesson%2010\_GIS\_%CF%87%CF%89%CF%81%CE%B9%CE%BA%CE%AE%20%CF%80%CE%B1%CF%81%CE%B5%CE%BC%CE%B2%CE%BF%CE%BB%CE%AE.pdf