



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ**

«Χρήση Γεωπληροφορικής για την εκτίμηση περιβαλλοντικών κινδύνων»

«The use of Geoinformatics in environmental risk assesement»

Υπό

ΣΤΕΛΙΟΥ ΚΑΡΑΝΙΚΑ

Πτυχιακή Εργασία

Υπεβλήθη για την εκπλήρωση μέρους των απαιτήσεων για
την απόκτηση του Πτυχίου του Τμήματος Συστημάτων Ενέργειας

Λάρισα, 2024

Εγκρίθηκε από τα Μέλη της Τριμελούς Εξεταστικής Επιτροπής:

- Πρώτος Εξεταστής Δρ. Κωτσόπουλος Σπυρίδων,
(Επιβλέπων) Καθηγητής, Τμήμα Συστημάτων Ενέργειας,
Σχολή Τεχνολογίας, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
- Δεύτερος Εξεταστής Δρ. Παπανδριανός Νικόλαος
Αναπληρωτής Καθηγητής, Τμήμα Συστημάτων Ενέργειας,
Σχολή Τεχνολογίας, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
- Τρίτος Εξεταστής Δρ. Θεοδοσίου Θεοδόσιος
Αναπληρωτής Καθηγητής, Τμήμα Συστημάτων Ενέργειας,
Σχολή Τεχνολογίας, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

ΥΠΕΥΘΥΝΗ ΔΗΛΩΣΗ

Με το παρόν κείμενο βεβαιώνω ότι ο κάτωθι υπογράφων είμαι συγγραφέας της παρούσης πτυχιακής εργασίας, η οποία εκπονήθηκε στο πλαίσιο των απαιτήσεων του προγράμματος σπουδών του Τμήματος Συστημάτων Ενέργειας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας και η οποία παραδόθηκε, μετά από έγκριση του επιβλέποντας καθηγητή μου, σε έντυπη και ψηφιακή μορφή στη Γραμματεία του Τμήματος. Επίσης δηλώνω πως κάθε πηγή που χρησιμοποίησα (βιβλιογραφία, αρθρογραφία, δικτυογραφία), για την υποστήριξη των υποθέσεων της μελέτης και της ερευνάς μου, είναι πλήρως συμβατή με τα ακολουθούμενα επιστημονικά πρότυπα και, επιπλέον, αναφέρεται ρητά, υπό μορφή αναφοράς-παραπομπής, σε όλο το φάσμα κειμένων της παρούσης εργασίας. Το αυτό ισχύει για τη χρήση δευτερογενών δεδομένων (πινάκων, διαγραμμάτων και εικόνων), ιδεών και λέξεων, τα οποία και αναφέρονται είτε ακριβώς όπως υπάρχουν στις πηγές είτε μεθερμηνεύονται από εμένα.

ΕΠΩΝΥΜΟ	ΚΑΡΑΝΙΚΑΣ
ΟΝΟΜΑ	ΣΤΕΛΙΟΣ
ΑΡΙΘΜΟΣ ΜΗΤΡΩΟΥ	2921004
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	
ΥΠΟΓΡΑΦΗ	

© 2024. ΣΤΕΛΙΟΣ ΚΑΡΑΝΙΚΑΣ

Η έγκριση της πτυχιακής εργασίας από το Τμήμα Συστημάτων Ενέργειας της Σχολής Τεχνολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας δεν υποδηλώνει αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα (Ν. 5343/32 αρ. 202 παρ. 2).

Περιεχόμενα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1° - ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2° - ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΠΕΡΙΗΓΗΣΗΣ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	4
2.1 Γενικά χαρακτηριστικά.....	4
2.2 Οπτικοποιήσεις δορυφορικών δεδομένων	5
2.3 Εργαλεία επεξεργασίας δορυφορικών δεδομένων	15
2.4 Εξερεύνηση εικόνων.....	25
2.5 Σύγκριση εικόνων.....	28
2.6 Επιλογές επιπέδων υποβάθρου.....	31
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3° - ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ.....	32
3.1 Πλημμυρικά φαινόμενα	32
3.2 Ατμοσφαιρική ρύπανση.....	41
3.3 Πυρκαγιές	47
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4° - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	56
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	58

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1: Κανάλια του Προγράμματος Περιήγησης Δορυφορικών Δεδομένων.....	5
Εικόνα 2: True color (κανάλια 4, 3, 2).....	6
Εικόνα 3: False color (κανάλια 8, 4, 3).....	7
Εικόνα 4: Δείκτης βλάστησης (NDVI)	8
Εικόνα 5: Barren soil.....	9
Εικόνα 6: Moisture Index (NDMI)	10
Εικόνα 7: Moisture Stress (ταξινόμηση NDMI για άρδευση)	11
Εικόνα 8: Γεωργία (σύνθετο καλλιέργειας).....	12
Εικόνα 9: Δείκτης βλάστησης εδαφικά προσαρμοσμένος (SAVI)	13
Εικόνα 10: Κανονικοποιημένος δείκτης νερού (NDWI).....	14
Εικόνα 11: Σύνθετο του μικροκυματικού υπέρυθρου (SWIR).....	15
Εικόνα 12: Προφίλ ανύψωσης εκατέρωθεν του λόφου Γεντίκι.....	16
Εικόνα 13: Μέτρηση ‘ανοίγματος’ του Παγασητικού Κόλπου	17
Εικόνα 14: Παραγωγή εικόνας υψηλής ανάλυσης.....	17
Εικόνα 15: Υπολογισμός εμβαδού με ορισμό πολυγώνου	18
Εικόνα 16: Εξέλιξη του δείκτη βλάστησης σε έκταση με βαμβάκι	19

Εικόνα 17: Εξέλιξη του δείκτη υγρασίας σε έκταση με ελαιόδεντρα	20
Εικόνα 18: Εξέλιξη του δείκτη βλάστησης σε έκταση με κριθάρι	21
Εικόνα 19: Προσδιορισμός σημείου ενδιαφέροντος και μέτρηση δείκτη SAVI	22
Εικόνα 20: Ιστόγραμμα NDVI στις 31-8-23 για περιοχή πλησίον της λίμνης Κάρλας	23
Εικόνα 21: Ιστόγραμμα NDVI στις 10-9-23 για περιοχή πλησίον της λίμνης Κάρλας	23
Εικόνα 22: Τρισδιάστατη απεικόνιση της εισόδου της κοιλάδας των Τεμπών	24
Εικόνα 23: Το μενού επιλογής για τη λειτουργία timelapse.....	25
Εικόνα 24: Προσδιορισμός Θέματος για την επιλογή δορυφόρων	26
Εικόνα 25: Διαθέσιμοι δορυφόροι	26
Εικόνα 26: Προσδιορισμός μέγιστης νεφοκάλυψης και χρονικού εύρους της αναζήτησης....	27
Εικόνα 27: Προβολή διαθέσιμων εικόνων	28
Εικόνα 28: Ορισμός πινέζας για μια εικόνα	29
Εικόνα 29: Ορισμός εικόνων προς σύγκριση	29
Εικόνα 30: Σύγκριση εικόνων με Διαχωρισμό για την περιοχή της λίμνης Ιωαννίνων	30
Εικόνα 31: Σύγκριση εικόνων με Αδιαφάνεια για την περιοχή της λίμνης Ιωαννίνων.....	30
Εικόνα 32: Επιλογές διαφόρων υποβάθρων στο μενού ‘Layers’	31
Εικόνα 33: Θεσσαλία, SWIR στις 31-8-23.....	33
Εικόνα 34: Θεσσαλία, SWIR στις 10-9-23.....	33
Εικόνα 35: Θεσσαλία, SWIR στις 10-10-23.....	34
Εικόνα 36: Θεσσαλία, SWIR στις 9-12-23.....	34
Εικόνα 37: Θεσσαλία, SWIR στις 23-3-24.....	35
Εικόνα 38: Περιοχή Γυρτώνης, True color στις 10-9-23	36
Εικόνα 39: Περιοχή λίμνης Κάρλας, True color στις 10-9-23.....	36
Εικόνα 40: Μέτρηση ‘μετώπου’ λίμνης Κάρλας στις 28-3-24	37
Εικόνα 41: Μέτρηση πλάτους λίμνης Κάρλας στις 28-3-24	37
Εικόνα 42: Τρισδιάστατη απεικόνιση της νέας λίμνης Κάρλας στις 28-3-24	38
Εικόνα 43: Τρισδιάστατη απεικόνιση (NDWI) της νέας λίμνης Κάρλας στις 28-3-24	38
Εικόνα 44: Εξέλιξη του NDVI στην περιοχή της Γυρτώνης	39
Εικόνα 45: Εξέλιξη του NDMI στην περιοχή της Γυρτώνης	39
Εικόνα 46: Άγονες εκτάσεις στη περιοχή της Γυρτώνης στις 28-3-24 (SWIR)	40
Εικόνα 47: Άγονες εκτάσεις στην περιοχή της λίμνης Κάρλας στις 28-3-24 (SWIR).....	41
Εικόνα 48: Αέρια που ανιχνεύει στην ατμόσφαιρα ο Sentinel-5P	42
Εικόνα 49: Επίπεδα NO ₂ στην Ελλάδα στις 10-4-24	43
Εικόνα 50: Επίπεδα NO ₂ στην Ελλάδα στις 15-4-24	43
Εικόνα 51: Επίπεδα NO ₂ στην Ελλάδα και στην Τουρκία στις 15-4-24	44
Εικόνα 52: Δείκτης αερολύματος στην Ανατολική Μεσόγειο στις 23-4-24	45
Εικόνα 53: Δείκτης αερολύματος στην Ανατολική Μεσόγειο στις 24-4-24	46
Εικόνα 54: Δείκτης αερολύματος στην Ανατολική Μεσόγειο στις 25-4-24	46
Εικόνα 55: Δείκτης αερολύματος στην Ανατολική Μεσόγειο στις 26-4-24	47
Εικόνα 56: Ατμοσφαιρική Διείσδυση στη βόρεια Εύβοια στις 8-8-21	48
Εικόνα 57: BAI στη βόρεια Εύβοια στις 8-8-21	49
Εικόνα 58: Ανίχνευση Καμένων Περιοχών στη βόρεια Εύβοια στις 8-8-21	50
Εικόνα 59: NBR στη βόρεια Εύβοια στις 16-8-21.....	51
Εικόνα 60: NDVI πενταετίας για την οριοθετημένη καμένη περιοχή στη βόρεια Εύβοια	51
Εικόνα 61: Θερμοκρασία εδάφους στη βόρεια Εύβοια στις 5-8-21	52

Εικόνα 62: Θερμοκρασία εδάφους στη βόρεια Εύβοια στις 7-8-21	53
Εικόνα 63: Θερμοκρασία εδάφους στη βόρεια Εύβοια στις 9-8-21	53
Εικόνα 64: Συγκέντρωση αερολύματος στη βόρεια Εύβοια στις 6-8-21	54
Εικόνα 65: Συγκέντρωση NO ₂ στη βόρεια Εύβοια στις 6-8-21.....	55
Εικόνα 66: Συγκέντρωση CO στη βόρεια Εύβοια στις 6-8-21	55

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στις μέρες μας γίνεται ολοένα και πιο σημαντική η αξιολόγηση διάφορων περιβαλλοντικών επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής. Η μελέτη τους συνίσταται στην συλλογή δεδομένων, στην μετάδοσή τους με εύληπτο τρόπο και στην εκτίμηση των μελλοντικών βημάτων που πρέπει να υλοποιηθούν για να επιτευχθεί η κλιματική ανθεκτικότητα. Η ευρωπαϊκή υπηρεσία διαστήματος (European Space Agency) με το πρόγραμμα Copernicus βρίσκεται στην πρωτοπορία της Γεωπληροφορικής. Εδώ και κάποια χρόνια παρέχει στο κοινό τόσο μια ευρεία συλλογή δεδομένων της παρατήρησης της γης από τους δορυφόρους της όσο και τα εργαλεία οπτικοποίησης και ανάλυσης αυτών των δεδομένων.

Στη μελέτη μας περιγράφουμε αναλυτικά τα χαρακτηριστικά ενός από αυτά τα εργαλεία, της διαδικτυακής πλατφόρμας Περιήγησης Δορυφορικών Δεδομένων (Sentinel EO Browser). Αρχικά δίνουμε παραδείγματα για την κατανόηση όλων των επιμέρους χαρακτηριστικών της και έπειτα χρησιμοποιούμε τη γνώση μας για να μελετήσουμε ειδικότερα φαινόμενα, όπως οι πλημμύρες, η ατμοσφαιρική ρύπανση και οι πυρκαγιές. Το αποτέλεσμα της εργασίας μας είναι η αποτύπωση σε εικόνα της συσχέτισης δορυφορικών δεδομένων με τα συστήματα γεωδαισίας του γήινου αναγλύφου. Συμπερασματικά, η επεξεργασία μιας εικόνας όπου η πληροφορία αποτυπώνεται με χρωματικό κώδικα επάνω σε ένα χάρτη είναι πολύ χρήσιμη, καθώς μας διευκολύνει σε περαιτέρω ανάλυση της έκτασης και της εξέλιξης ενός περιβαλλοντικού προβλήματος.

Λέξεις-κλειδιά : περιβάλλον, γεωπληροφορική, περιήγηση δορυφορικών δεδομένων (Sentinel EO Browser), πλημμύρες, αέρια ρύπανση, πυρκαγιές

ABSTRACT

Nowadays it is becoming increasingly important to assess various environmental impacts of climate change. Their study consists of collecting data, communicating it in an understandable way and assessing the future steps that need to be implemented to achieve climate resilience. The European Space Agency with the Copernicus program is at the forefront of Geoinformatics. For some years now, it has been providing the public with both a wide collection of earth observation data from its satellites and the tools to visualize and analyze this data.

In our study we describe in detail the features of one of these tools, the online platform Sentinel EO Browser (Satellite Earth Observation). We first give examples to understand all its individual features and then use our knowledge to study particular phenomena, such as floods, air pollution and wildfires. The result of our work is the imaging of the correlation of satellite data with earth's geodetic systems. In conclusion, processing an image where information is color-coded on a map is very useful, as it facilitates further analysis of the extent and evolution of an environmental problem.

Key words : environment, geoinformatics, Sentinel EO Browser, floods, air pollution, wildfires

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο - ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (GIS) αποτελούν ένα ευρύ φάσμα από τεχνολογίες, μεθόδους και εφαρμογές που ασχολούνται με τη συλλογή, αποθήκευση, επεξεργασία, ανάλυση, ερμηνεία και αναπαράσταση γεωχωρικών δεδομένων [1]. Το γενικό αντικείμενο των GIS είναι να παρέχουν ένα πλαίσιο για τη διαχείριση και την κατανόηση της γεωγραφικής πληροφορίας, η οποία συχνά είναι συσχετισμένη με συγκεκριμένες θέσεις στον πλανήτη [2].

Τα GIS αναπτύχθηκαν σε μια πολυδιάστατη επιστήμη, συνδυάζοντας τη γεωγραφία, την πληροφορική, την μηχανική, τις μαθηματικές επιστήμες και άλλους τομείς. Η βασική αρχή των GIS είναι η αναπαράσταση του κόσμου γύρω μας με γεωχωρικά δεδομένα. Αυτά μπορεί να είναι τόσο χωρικά (συντεταγμένες, γραμμές, πολύγωνα) όσο και αναφορικά με άλλες πτυχές του περιβάλλοντος, όπως οικονομικά, κοινωνικά, περιβαλλοντικά κλπ [3].

Τα GIS αποτελούνται από δύο βασικά συστατικά:

1. Γεωγραφικά Δεδομένα: Τα γεωγραφικά δεδομένα αποτελούν τον πυρήνα των GIS. Περιλαμβάνουν πληροφορίες που είναι συσχετισμένες με συγκεκριμένες γεωγραφικές θέσεις στον πλανήτη. Αυτά τα δεδομένα πολλές φορές προέρχονται από ποικίλες πηγές, όπως δορυφορικές εικόνες, αεροφωτογραφίες, ψηφιοποιημένους χάρτες, αισθητήρες στο πεδίο και βάσεις δεδομένων.

2. Λογισμικό GIS: Το λογισμικό αυτό αποτελεί το εργαλείο που χρησιμοποιείται για τη διαχείριση, την ανάλυση και την αναπαράσταση των γεωγραφικών δεδομένων. Παρέχει επίσης εργαλεία για τη δημιουργία χαρτών, την εκτέλεση αναλύσεων, την επικοινωνία με τα δεδομένα και πολλά άλλα [4].

Τα GIS έχουν εφαρμογές σε μια ευρεία γκάμα τομέων και βιομηχανιών. Κάποιες από τις κύριες εφαρμογές τους περιλαμβάνουν [5]:

α. Περιβάλλον: Στον τομέα του περιβάλλοντος, τα GIS χρησιμοποιούνται για την παρακολούθηση και τη διαχείριση των φυσικών πόρων, την πρόβλεψη φυσικών

καταστροφών, τη διαχείριση υδάτινων πόρων, την παρακολούθηση της αποψίλωσης των δασών και πολλά άλλα.

Β. Υποδομές: Στον τομέα των υποδομών, τα GIS χρησιμοποιούνται για τον σχεδιασμό, την κατασκευή και τη διαχείριση των δημοσίων και ιδιωτικών υποδομών, όπως οδοί, αεροδρόμια, γέφυρες, αγωγοί και δίκτυα μεταφορών.

Γ. Δημόσια Διοίκηση: Στον τομέα της δημόσιας διοίκησης, τα GIS χρησιμοποιούνται για την ανάπτυξη πολιτικών, την παροχή δημόσιων υπηρεσιών, τη διαχείριση των φορολογικών βάσεων και την ανάπτυξη των πόλεων.

Δ. Υγεία: Στον τομέα άλλες υγείας, τα GIS χρησιμοποιούνται για την ανάλυση των δεδομένων υγείας, τον εντοπισμό περιοχών με υψηλό κίνδυνο επιδημίας και τη διαχείριση των ιατρικών εγκαταστάσεων.

Ε. Ασφάλεια: Στον τομέα άλλες ασφάλειας, τα GIS χρησιμοποιούνται για την ανάλυση του αστικού περιβάλλοντος, τη διαχείριση κρίσεων και την πρόληψη εγκληματικών ενεργειών.

Στ. Εμπόριο: Οι επιχειρήσεις λιανικής πώλησης χρησιμοποιούν GIS για να αναλύσουν τα δεδομένα τους σχετικά με την τοποθεσία των καταστημάτων, τις προτιμήσεις των πελατών και τον καταμερισμό των αγορών.

Ζ. Αγροτικές Εφαρμογές: Στον τομέα της γεωργίας, τα GIS χρησιμοποιούνται για τον σχεδιασμό της αγροτικής γης, τη διαχείριση των καλλιεργούμενων εκτάσεων, την πρόβλεψη παραγωγής και τη διαχείριση των φυτοφαρμάκων.

Συνολικά, τα GIS προσφέρουν ένα πολύπλευρο και ισχυρό εργαλείο για την αντιμετώπιση πολυάριθμων προκλήσεων σε διάφορους τομείς, παρέχοντας σημαντική συνεισφορά στην πρόοδο και την ανάπτυξη της κοινωνίας και της επιστήμης [6]. Τόσο το Google Earth όσο και ο Περιηγητής Δορυφορικών Δεδομένων Sentinel EO Browser είναι παραδείγματα δημοφιλών εφαρμογών GIS που χρησιμοποιούν γεωχωρικά δεδομένα για την ανάπτυξη χαρτών, την παρακολούθηση του περιβάλλοντος και άλλες εφαρμογές.

Το **Google Earth** είναι μια εφαρμογή που προσφέρει δυνατότητες προβολής και αλληλεπίδρασης με γεωχωρικά δεδομένα της Γης. Με το Google Earth, οι χρήστες μπορούν να εξερευνήσουν τον κόσμο μέσα από δορυφορικές εικόνες,

ψηφιοποιημένους χάρτες, και άλλα γεωχωρικά δεδομένα. Παρέχει επίσης δυνατότητες όπως πλοήγηση σε 3D χάρτες, επίσκεψη σε διάφορα μέρη του κόσμου μέσω προσομοιωμένων ταξιδιών και αλληλεπίδραση με πληροφορίες σχετικά με τοπικά αξιοθέατα, καταστροφές και πολλά άλλα. Είναι ένα από τα πιο δημοφιλή εργαλεία για εξερεύνηση της Γης από απόσταση.

Ο **Sentinel EO Browser** (<https://apps.sentinel-hub.com/eo-browser/>) από την άλλη πλευρά, είναι μια διαδικτυακή πλατφόρμα [7] που παρέχει πρόσβαση σε εικόνες υψηλής ανάλυσης από τους δορυφόρους του προγράμματος Copernicus [8] της Ευρωπαϊκής Υπηρεσίας Διαστήματος (ESA). Οι δορυφόροι Sentinel παρέχουν δεδομένα για την παρακολούθηση του περιβάλλοντος, την ανίχνευση αλλαγών στη γη, την παρακολούθηση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και άλλες εφαρμογές. Ο Περιηγητής Δορυφορικών Δεδομένων EO Browser επιτρέπει στους χρήστες να περιηγηθούν σε πλούσιο χαρτογραφικό υλικό, να επιλέξουν εικόνες υψηλής ανάλυσης και να εφαρμόσουν διάφορες επεξεργασίες, όπως ενίσχυση του χρώματος, ανίχνευση αλλαγών και άλλες αναλύσεις. Αποτελεί ισχυρό εργαλείο για επιστημονικές έρευνες, περιβαλλοντική παρακολούθηση και εφαρμογές διαχείρισης φυσικών πόρων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο - ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΠΕΡΙΗΓΗΣΗΣ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

2.1 Γενικά χαρακτηριστικά

Ένα από τα κύρια χαρακτηριστικά του Προγράμματος Περιήγησης Δορυφορικών Δεδομένων (Sentinel EO Browser) είναι η πολυεπίπεδη προβολή δεδομένων. Οι χρήστες μπορούν να προβάλουν και να αναλύσουν διάφορα είδη εικόνων, συμπεριλαμβανομένων οπτικών, υπερύθρων και ραδιομετρικών εικόνων, καθώς και άλλα γεωχωρικά δεδομένα. Οι εικόνες αυτές προέρχονται από τους δορυφόρους Sentinel της ESA, οι οποίοι παρέχουν κάλυψη σε όλο τον κόσμο και παρέχουν ενημερωμένες εικόνες υψηλής ανάλυσης και ανάλυσης για πολλούς σκοπούς.

Ένα άλλο σημαντικό χαρακτηριστικό είναι η δυνατότητα προσαρμογής των εικόνων και η εκτέλεση αναλύσεων δεδομένων. Οι χρήστες μπορούν να προσαρμόσουν τις εικόνες με διάφορους τρόπους, όπως ενίσχυση του χρώματος, αντίθεση, φίλτρα, και να προσθέσουν επιπλέον στρώσεις δεδομένων όπως χάρτες και διαγράμματα. Επιπλέον, οι χρήστες μπορούν να εκτελέσουν διάφορες αναλύσεις δεδομένων, όπως η ανίχνευση αλλαγών στη γη, η μέτρηση των επιπέδων ρύπανσης και η αξιολόγηση περιβαλλοντικών παραμέτρων.

Επιπρόσθετα, με το Πρόγραμμα Περιήγησης είναι εφικτή η διαδραστική πλοήγηση. Οι χρήστες μπορούν να εξερευνήσουν τα δεδομένα με διάφορους τρόπους, συμπεριλαμβανομένης της προβολής σε τρεις διαστάσεις και της προσθήκης σημειώσεων και επισημειώσεων. Αυτό επιτρέπει να εξερευνηθούν τα δορυφορικά δεδομένα με πιο διαδραστικό και επικοινωνιακό τρόπο.

Παρέχεται επίσης η δυνατότητα εξαγωγής δεδομένων και επεξεργασίας ή ανάλυσή τους σε διάφορες μορφές, όπως εικόνες, shapefiles και geotiffs. Έτσι μπορεί να αξιοποιηθούν σε άλλες εφαρμογές GIS ή περιβάλλοντα ανάπτυξης λογισμικού [9].

Συνολικά, το Πρόγραμμα Περιήγησης Δορυφορικών Δεδομένων Sentinel EO Browser αποτελεί ένα ισχυρό εργαλείο για την ανάλυση και την αξιοποίηση των δορυφορικών δεδομένων από τους δορυφόρους Sentinel, και αποτελεί ένα απαραίτητο εργαλείο για ερευνητές, επαγγελματίες και άλλους που ενδιαφέρονται για

την παρακολούθηση και την κατανόηση του περιβάλλοντος και των φυσικών αλλαγών στη Γη.

2.2 Οπτικοποιήσεις δορυφορικών δεδομένων

Τα δεδομένα του δορυφόρου είναι τα ποσοστά των ανακλώμενων ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων [10] στα παρακάτω μήκη κύματος:



Εικόνα 1: Κανάλια του Προγράμματος Περιήγησης Δορυφορικών Δεδομένων

- B01: Παράκτια ζώνη αερολύματος 443nm
- B02: Μπλε 490nm
- B03: Πράσινο 560nm
- B04: Κόκκινο 665nm
- B05: Βλάστηση Red Edge 705nm
- B06: Βλάστηση Red Edge 740nm
- B07: Βλάστηση Red Edge 783nm
- B08: Εγγύς Υπέρυθρο NIR 842nm
- B8A: Βλάστηση Red Edge 865nm
- B09: Υδρατμοί 945nm
- B11: Μικροκυματικό Υπέρυθρο SWIR 1620nm
- B12: Μικροκυματικό Υπέρυθρο SWIR 2190nm

Οι οπτικοποιήσεις παράγονται από διάφορους έτοιμους συνδυασμούς των παραπάνω καναλιών. Εναλλακτικά ο χρήστης μπορεί να κάνει τους δικούς του συνδυασμούς. Για παράδειγμα, μερικές έτοιμες οπτικοποιήσεις είναι οι εξής:

Φυσικό έγχρωμο σύνθετο (True color)

Οι αισθητήρες των δορυφόρων μπορούν να απεικονίσουν τη Γη σε διαφορετικές περιοχές του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος. Κάθε περιοχή στο φάσμα αποτελεί ένα κανάλι. Ο δορυφόρος Sentinel-2 έχει 12 κανάλια. Το φυσικό έγχρωμο σύνθετο χρησιμοποιεί τα κανάλια κόκκινο, πράσινο και μπλε, τα οποία αντιστοιχίζονται στα κανάλια κόκκινου, πράσινου και μπλε χρώματος, με αποτέλεσμα να δημιουργείται ένα προϊόν με φυσικό χρώμα, που αποτελεί μια αναπαράσταση της Γης, όπως την αντιλαμβάνεται το ανθρώπινο μάτι.

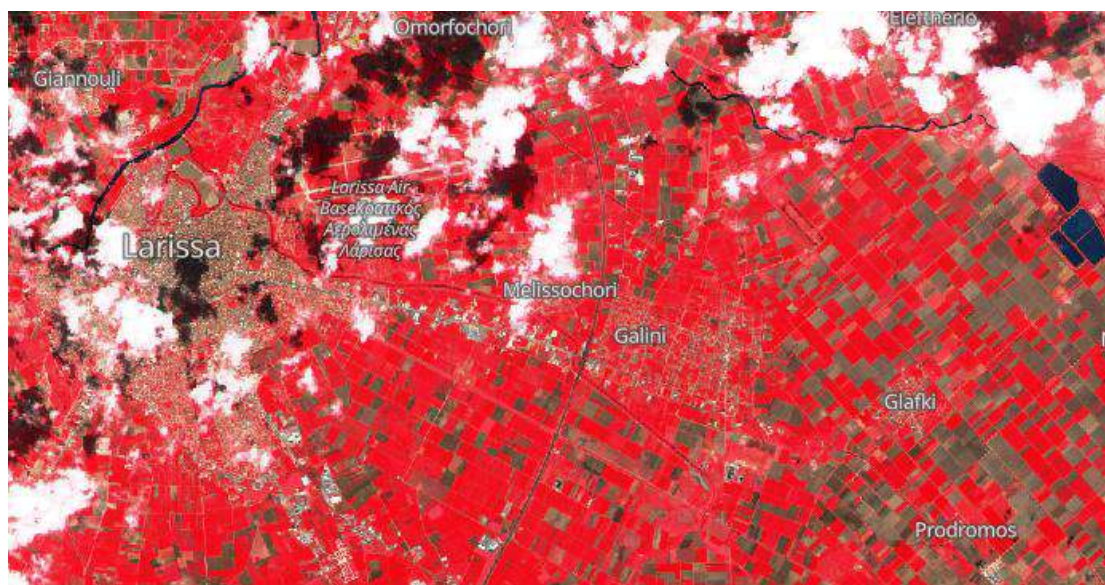


Εικόνα 2: True color (κανάλια 4, 3, 2)

Ψευδο-έγχρωμο σύνθετο (False color)

Ένα ψευδο-έγχρωμο σύνθετο βασίζεται σε τουλάχιστον ένα μη ορατό μήκος κύματος για την οπτικοποίηση της Γης. Το σύνθετο που χρησιμοποιεί το εγγύς υπέρυθρο, κόκκινο και πράσινο κανάλι είναι πολύ δημοφιλές. Το ψευδο-έγχρωμο σύνθετο

συνήθως χρησιμοποιείται για την εκτίμηση της πυκνότητας και της υγείας των φυτών, καθώς τα φυτά αντανακλούν κοντά στο υπέρυθρο και πράσινο φως, ενώ απορροφούν το κόκκινο. Οι πόλεις και το έδαφος εμφανίζονται γκρι ή μαύρα και το νερό εμφανίζεται μπλε ή μαύρο.



Εικόνα 3: False color (κανάλια 8, 4, 3)

Κανονικοποιημένος δείκτης βλάστησης (NDVI)

Με βάση το συνδυασμό καναλιών $(B8 - B4) / (B8 + B4)$

Ο κανονικοποιημένος δείκτης βλάστησης (Normalized Difference Vegetation Index) είναι ένας απλός, αλλά αποτελεσματικός δείκτης για τον ποσοτικό προσδιορισμό της πράσινης βλάστησης. Είναι ένα μέτρο της κατάστασης της βλάστησης που βασίζεται στον τρόπο με τον οποίο τα φυτά αντανακλούν το φως σε ορισμένα μήκη κύματος. Το εύρος τιμών του NDVI είναι -1 έως 1. Οι αρνητικές τιμές του NDVI (τιμές που πλησιάζουν στο -1) αντιστοιχούν στο νερό. Οι τιμές κοντά στο μηδέν (-0,1 έως 0,1) αντιστοιχούν γενικά σε άγονες περιοχές, με στοιχεία βράχων, άμμου ή χιονιού. Οι χαμηλές, θετικές τιμές αντιπροσωπεύουν θάμνους και λιβάδια (περίπου 0,2 έως 0,4), ενώ οι υψηλές τιμές υποδεικνύουν την ύπαρξη εύκρατων και τροπικών δασών (τιμές πλησιάζουν το 1).



Εικόνα 4: Δείκτης βλάστησης (NDVI)

Ενισχυμένος δείκτης βλάστησης (EVI)

Ο ενισχυμένος δείκτης βλάστησης (Enhanced Vegetation Index) είναι ένας «βελτιστοποιημένος» δείκτης βλάστησης καθώς διορθώνει τα σήματα του θορύβου του εδάφους και τις ατμοσφαιρικές επιδράσεις. Είναι πολύ χρήσιμος σε περιοχές με πυκνή κομοστέγη. Το εύρος τιμών για EVI είναι -1 έως 1, με υγιή βλάστηση γενικά περίπου 0,20 έως 0,80. Οι εικόνες που αποδίδει ομοιάζουν με τον κανονικοποιημένο δείκτη βλάστησης.

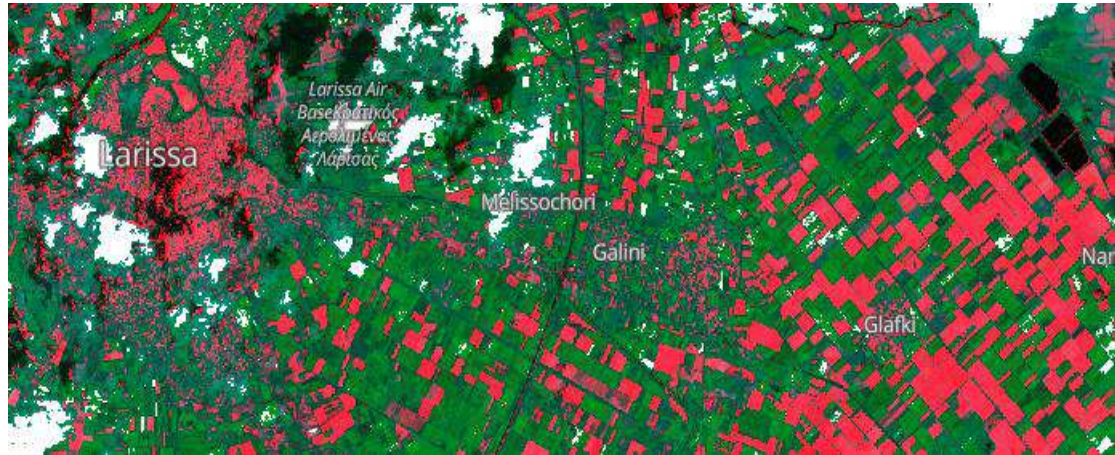
Απεικόνιση Γυμνού Εδάφους (Barren Soil)

Με βάση το συνδυασμό: BSI, B08, B11

Η απεικόνιση του γυμνού εδάφους μπορεί να φανεί χρήσιμη για τη χαρτογράφηση του χώματος, τον εντοπισμό κατολισθήσεων ή την έκταση της διάβρωσης σε περιοχές χωρίς βλάστηση. Αυτή η απεικόνιση δείχνει τη βλάστηση σε πράσινο και το άγονο

έδαφος σε κόκκινο χρώμα. Το νερό εμφανίζεται σε μαύρο. Ο Bare Soil Index (BSI) έχει διάφορους ορισμούς, με κυριότερο τον :

$$BSI = ((B11 + B04) - (B08 + B02)) / ((B11 + B04) + (B08 + B02))$$

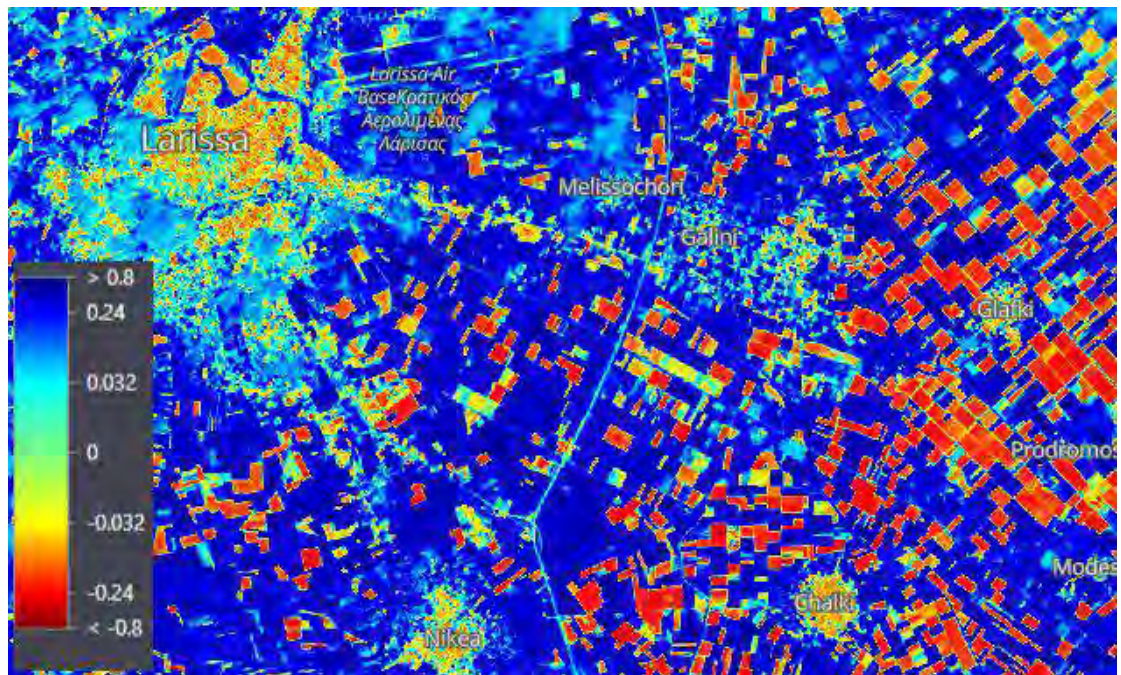


Εικόνα 5: Barren soil

Κανονικοποιημένος δείκτης υγρασίας (NDMI)

Με βάση το συνδυασμό καναλιών $(B8A - B11) / (B8A + B11)$

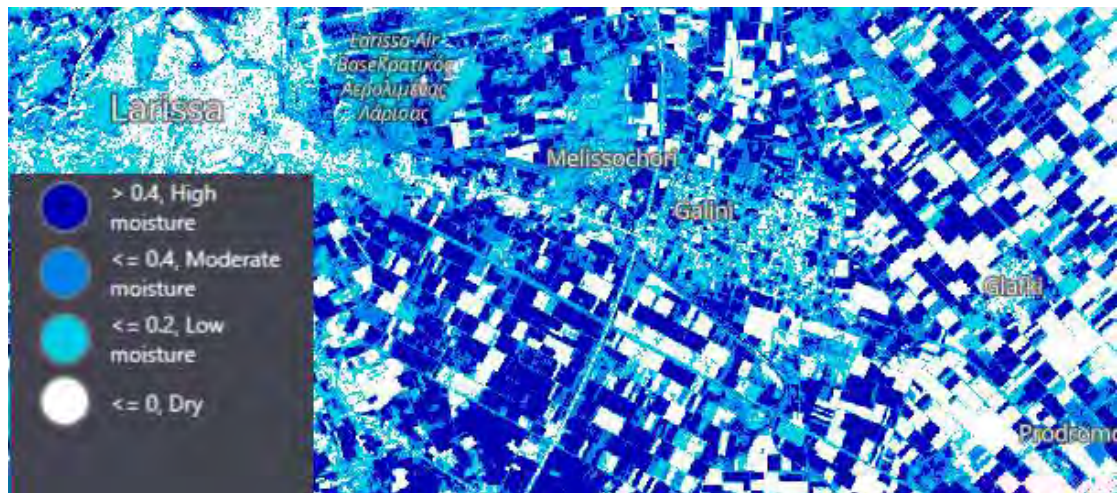
Ο κανονικοποιημένος δείκτης υγρασίας (Normalized Difference Moisture Index) χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό της περιεκτικότητας σε νερό και την παρακολούθηση της ξηρασίας. Το εύρος τιμών του NDMI είναι -1 έως 1. Οι αρνητικές τιμές του NDMI (τιμές που πλησιάζουν στο -1) αντιστοιχούν σε άγονο έδαφος. Οι τιμές γύρω στο μηδέν (-0,2 έως 0,4) αντιστοιχούν γενικά στην έλλειψη νερού. Υψηλές, θετικές τιμές αντιπροσωπεύουν υψηλή κομοστέγη με επάρκεια νερού (περίπου 0,4 έως 1).



Εικόνα 6: Moisture Index (NDMI)

NDMI για την έλλειψη υγρασίας (ταξινόμηση NDMI για άρδευση)

Ο κανονικοποιημένος δείκτης για την έλλειψη υγρασίας (NDMI for Moisture Stress) μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παρακολούθηση της άρδευσης. Για όλες τις τιμές δείκτη άνω του 0, λαμβάνοντας υπόψη τη χρήση και κάλυψη γης, είναι δυνατόν να προσδιοριστεί εάν έχει γίνει άρδευση. Γνωρίζοντας τον τύπο της καλλιέργειας που καλλιεργείται (π.χ. εσπεριδοειδή), είναι δυνατό να προσδιοριστεί εάν η άρδευση είναι αποτελεσματική ή όχι κατά τη διάρκεια της κρίσιμης καλλιεργητικής θερινής περιόδου, καθώς και εάν ορισμένα τμήματα της καλλιέργειας υπόκεινται σε υπερθέρμανση.

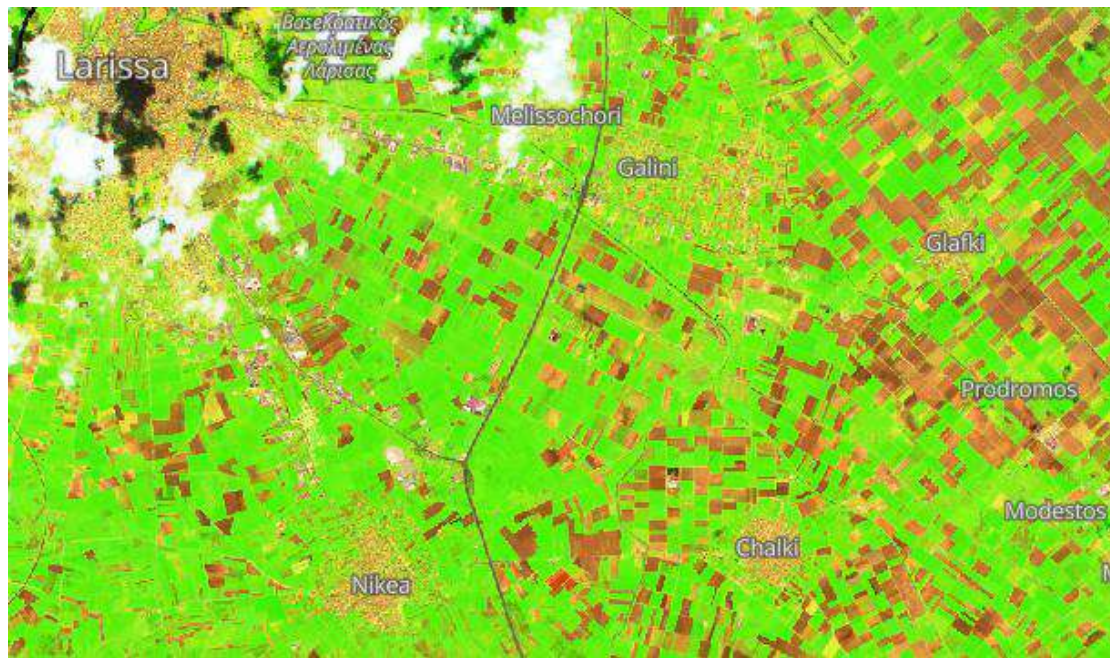


Εικόνα 7: Moisture Stress (ταξινόμηση NDMI για άρδευση)

Σύνθετο Καλλιέργειας

Με βάση τα κανάλια B11, B08, B02

Αυτό το σύνθετο χρησιμοποιεί το μικροκυματικό και εγγύς υπέρυθρο και το μπλε κανάλι με στόχο την παρακολούθηση της υγείας των καλλιεργειών. Τα υπέρυθρα κανάλια συμβάλουν στην ανάδειξη της πυκνής βλάστησης, η οποία εμφανίζεται σκούρο πράσινο στο σύνθετο. Οι καλλιέργειες εμφανίζονται σε ένα ζωντανό πράσινο και το γυμνό έδαφος σε απόχρωση του καφέ.



Εικόνα 8: Γεωργία (σύνθετο καλλιέργειας)

Εδαφικά προσαρμοσμένος δείκτης βλάστησης (SAVI)

Ο εδαφικά προσαρμοσμένος δείκτης βλάστησης (Soil Adjusted Vegetation Index) είναι παρόμοιος με το δείκτη βλάστησης NDVI, αλλά χρησιμοποιείται σε περιοχές όπου η βλάστηση είναι χαμηλή (<40%). Ο δείκτης αποτελεί μια τεχνική μετασχηματισμού που ελαχιστοποιεί τις επιδράσεις της φωτεινότητας του εδάφους, σε σχέση με τους δείκτες φασματικής βλάστησης που περιλαμβάνουν μήκη κύματος κόκκινου και εγγύς υπέρυθρου (NIR). Ο δείκτης είναι χρήσιμος για την ανάλυση του εδάφους, νέων καλλιεργειών και ξηρών περιοχών με αραιά βλάστηση.



Εικόνα 9: Δείκτης βλάστησης εδαφικά προσαρμοσμένος (SAVI)

Κανονικοποιημένος δείκτης νερού (NDWI)

Με βάση το συνδυασμό καναλιών $(B3 - B8) / (B3 + B8)$

Ο κανονικοποιημένος δείκτης νερού (Normalized Difference Water Index) είναι ο πλέον κατάλληλος για τη χαρτογράφηση υδάτινων σωμάτων. Οι τιμές των υδάτινων σωμάτων είναι μεγαλύτερες από 0,5. Η βλάστηση έχει μικρότερες τιμές. Ο αστικός ιστός έχει θετικές τιμές μεταξύ μηδέν και 0,2.



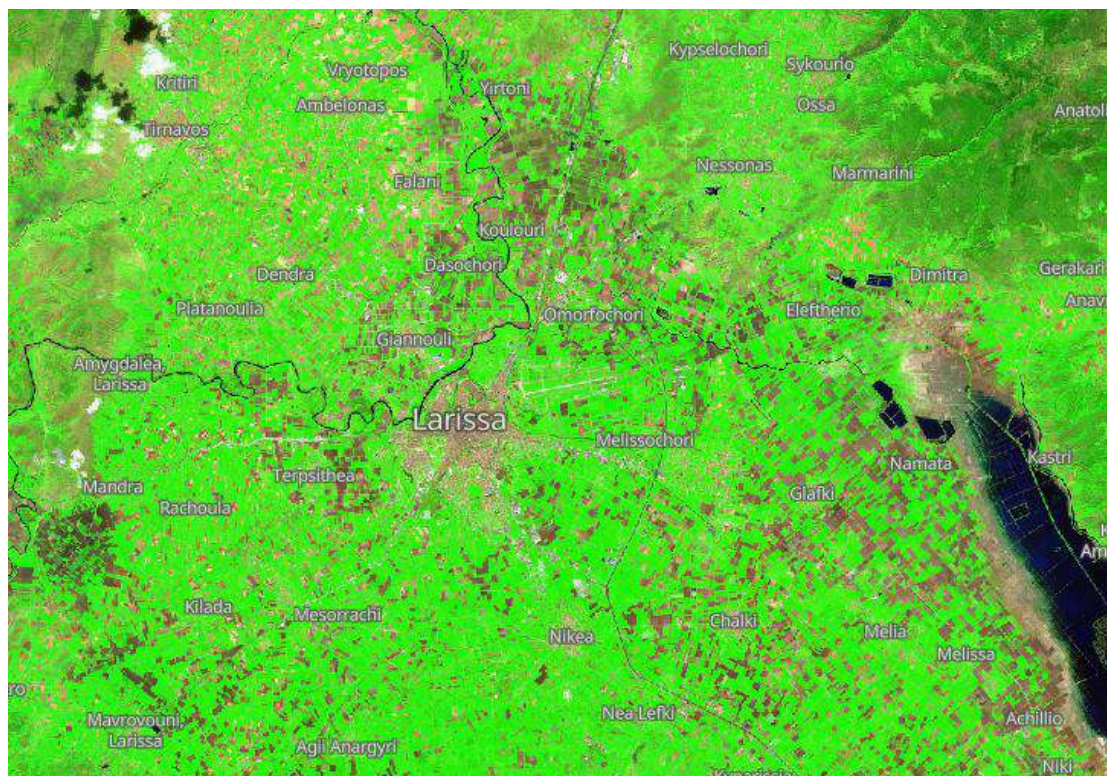
Εικόνα 10: Κανονικοποιημένος δείκτης νερού (NDWI)

Σύνθετο του μικροκυματικού υπέρυθρου (SWIR)

Με βάση τα κανάλια 12, 8A, 4

Οι μετρήσεις υπέρυθρων μικρού κύματος (Short Wave Infra Red) μπορούν να βοηθήσουν τους επιστήμονες να εκτιμήσουν πόσο νερό υπάρχει στα φυτά και το έδαφος, καθώς το νερό απορροφά μήκη κύματος SWIR. Τα υπέρυθρα κανάλια μικρού κύματος είναι επίσης χρήσιμα για τη διάκριση μεταξύ διαφορετικών τύπων σύννεφων (σύννεφα νερού έναντι σύννεφων πάγου), χιονιού και πάγου, που εμφανίζονται λευκά σε ορατό φως. Σε αυτό το σύνθετο η βλάστηση εμφανίζεται σε αποχρώσεις του πράσινου, τα εδάφη και οι τεχνητές περιοχές βρίσκονται σε διάφορες αποχρώσεις του καφέ και το νερό εμφανίζεται μαύρο. Η πρόσφατα καμένη γη αντανάκλα έντονα τις ζώνες SWIR, καθιστώντας τις πολύτιμες για τη χαρτογράφηση των ζημιών από φωτιά. Κάθε τύπος βραχώδους εδάφους αντανάκλα το υπέρυθρο φως

μικρού κύματος, με αποτέλεσμα να καθίσταται δυνατή η χαρτογράφηση της γεωλογίας.



Εικόνα 11: Σύνθετο του μικροκυματικού υπέρυθρου (SWIR)

2.3 Εργαλεία επεξεργασίας δορυφορικών δεδομένων

Το λογισμικό διαθέτει διάφορα εργαλεία για τον ορισμό της γεωμετρίας στη μελέτη μας. Αυτά είναι τα παρακάτω.

Προφίλ ανύψωσης

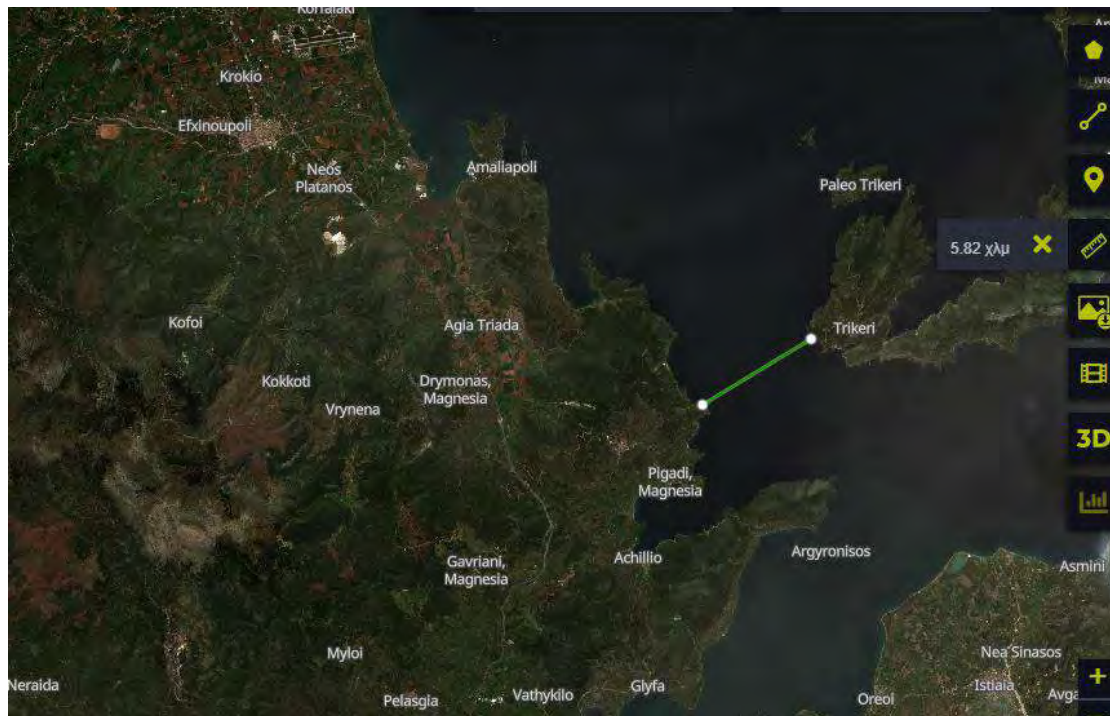
Μας δίνεται η δυνατότητα να διερευνήσουμε το ανάγλυφο της περιοχής ενδιαφέροντος. Διαλέγοντας δύο σημεία στο χάρτη μπορούμε να παράγουμε ένα γράφημα του υψομέτρου σαν συνάρτηση της απόστασης των σημείων. Για παράδειγμα στην παρακάτω εικόνα φαίνεται η απόσταση μεταξύ δύο χωριών του νομού Λάρισας, του Ομορφοχωρίου και του Καλοχωρίου, τα οποία βρίσκονται εκατέρωθεν του λόφου Γεντίκι.



Εικόνα 12: Προφίλ ανύψωσης εκατέρωθεν του λόφου Γεντίκι

Μέτρηση αποστάσεων.

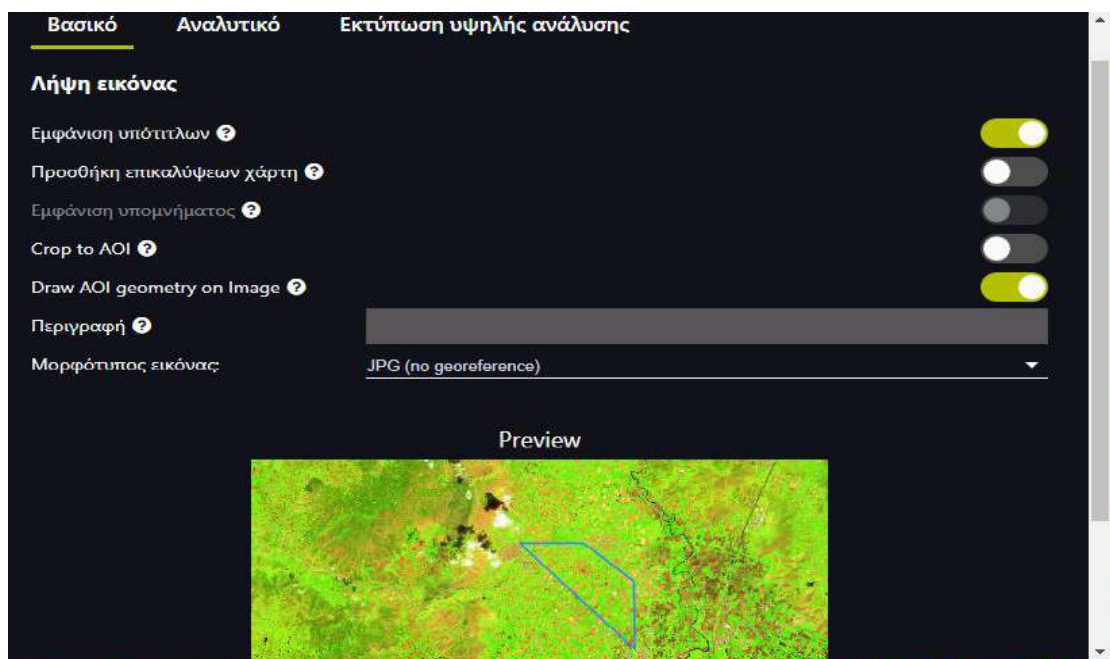
Με το εργαλείο του χάρακα μπορούμε να επιλέξουμε δύο σημεία στο χάρτη και να μετρήσουμε την απόστασή τους σε ευθεία γραμμή. Για παράδειγμα μετράμε το ‘άνοιγμα’ του Παγασητικού Κόλπου, το οποίο το βρίσκουμε 5,82km.



Εικόνα 13: Μέτρηση ‘ανοίγματος’ του Παγασητικού Κόλπου

Παραγωγή εικόνας υψηλής ανάλυσης.

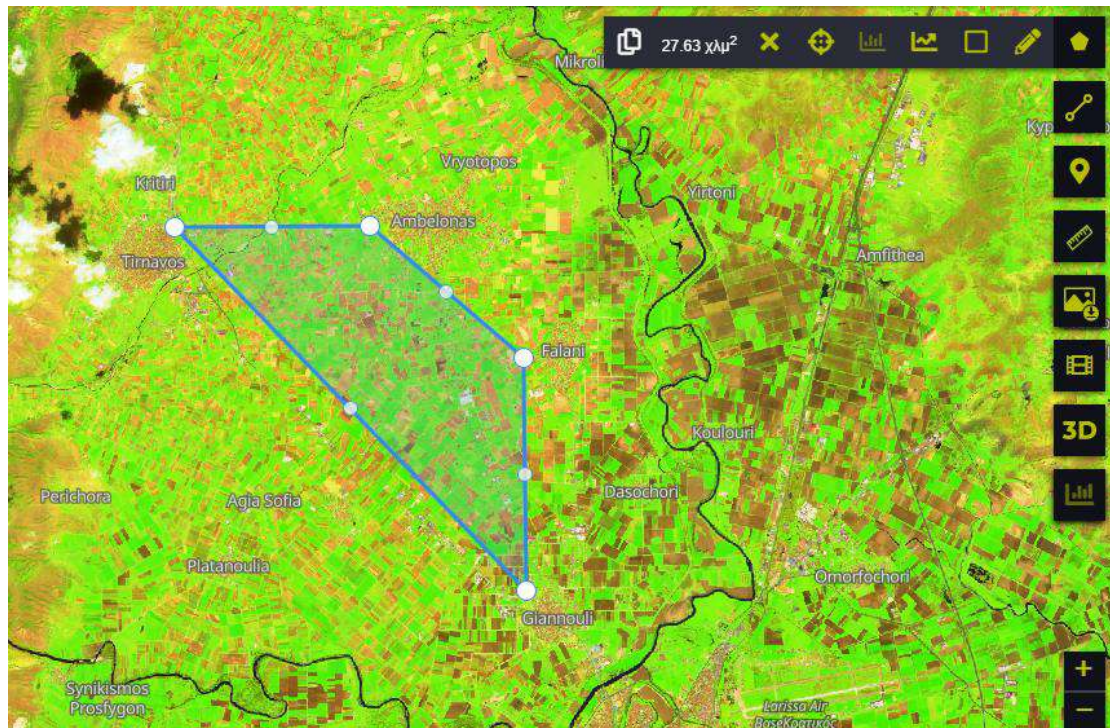
Με το εργαλείο της λήψης εικόνας, μπορούμε να παράγουμε εικόνες υψηλής ανάλυσης της περιοχής ενδιαφέροντος (600dpi).



Εικόνα 14: Παραγωγή εικόνας υψηλής ανάλυσης

Δημιουργία πολυγώνου περιοχής ενδιαφέροντος

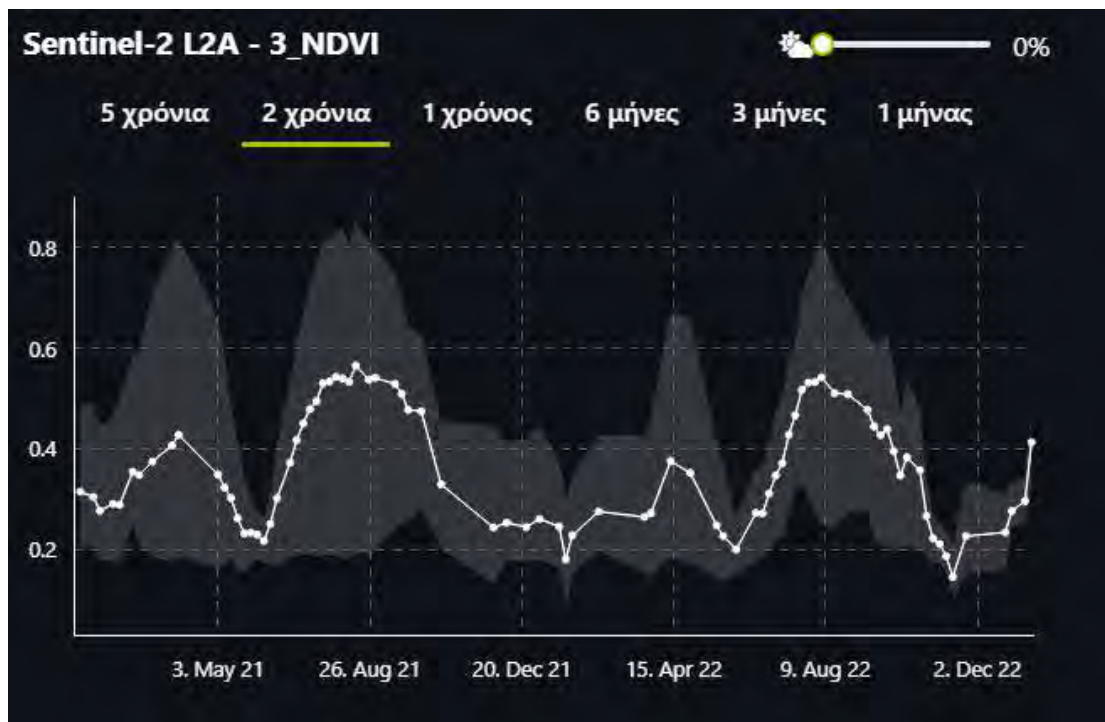
Με το εργαλείο αυτό ορίζουμε μια κλειστή πολυγωνική επιφάνεια για να βρούμε το εμβαδό της. Στην εικόνα που ακολουθεί ορίζουμε το πολύγωνο ανάμεσα σε Τύρναβο, Αμπελώνα, Φαλάνη και Γιάννουλη, το οποίο έχει εμβαδό περίπου 27km².



Εικόνα 15: Υπολογισμός εμβαδού με ορισμό πολυγώνου

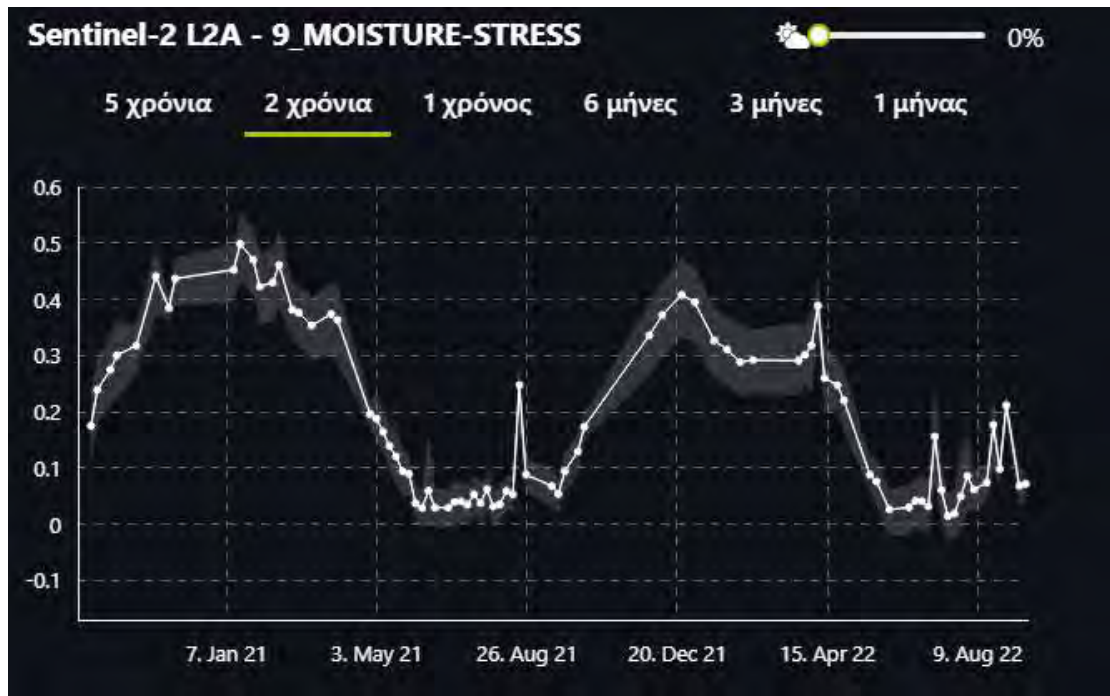
Αφού έχουμε ορίσει μια περιοχή ενδιαφέροντος, μπορούμε στη συνέχεια γι' αυτή να δούμε τη χρονική εξέλιξη κάποιου δείκτη, για παράδειγμα NDVI ή NDMI, έως και 5 χρόνια πίσω από μια προκαθορισμένη ημερομηνία. Αυτή η λειτουργία είναι πολύ χρήσιμη, γιατί μας επιτρέπει να αντλήσουμε πληροφορίες σχετικά με την αγροτική εκμετάλλευση εκτάσεων, όπως η ένταση της φυτοκάλυψης και επιφανειακή υγρασία, που θα προσδιορίσουν τις εργασίες της συγκομιδής, ψεκάσματος, λίπανσης και ποτίσματος.

Στο παράδειγμα της εικόνας απεικονίζεται η εξέλιξη του κανονικοποιημένου δείκτη βλάστησης NDVI για ένα τυπικό βαμβακοχώραφο 60 στρεμμάτων για δύο χρόνια. Τα μέγιστα της βλάστησης είναι πριν από τη συλλογή του Σεπτεμβρίου, ενώ τα ελάχιστα τοποθετούνται τον χειμώνα, πριν το όργωμα και τη σπορά.



Εικόνα 16: Εξέλιξη του δείκτη βλάστησης σε έκταση με βαμβάκι

Στο παράδειγμα της επόμενης εικόνας δίνεται η διετής εξέλιξη του κανονικοποιημένου δείκτη υγρασίας NDMI σε ένα ποτιστικό χωράφι με δενδρώδη καλλιέργεια έκτασης 100 στρεμμάτων. Όπως είναι φυσικό, τα μέγιστα βρίσκονται τους χειμερινούς μήνες (Ιανουάριος) και τα ελάχιστα τους θερινούς (Ιούλιος).



Εικόνα 17: Εξέλιξη του δείκτη υγρασίας σε έκταση με ελαιόδεντρα

Στο επόμενο παράδειγμα παρουσιάζουμε την εξέλιξη του δείκτη βλάστησης σε ένα ποτιστικό χωράφι 30 στρεμμάτων με κριθάρι, στο οποίο δεν έγινε ζιζανιοκτονία μετά τη συγκομιδή. Η απότομη κάμψη αντιστοιχεί στο πλημμύρισμα του χωραφιού από τον Πηνειό τον Σεπτέμβριο του 2023 (κακοκαιρία Daniel). Η δεύτερη κάμψη μετά τον Μάρτιο του 2024 αντιστοιχεί σε ψέκασμα του χωραφιού με drone και υποχώρηση της ανεπιθύμητης βλάστησης.



Εικόνα 18: Εξέλιξη του δείκτη βλάστησης σε έκταση με κριθάρι

Σημείο ενδιαφέροντος

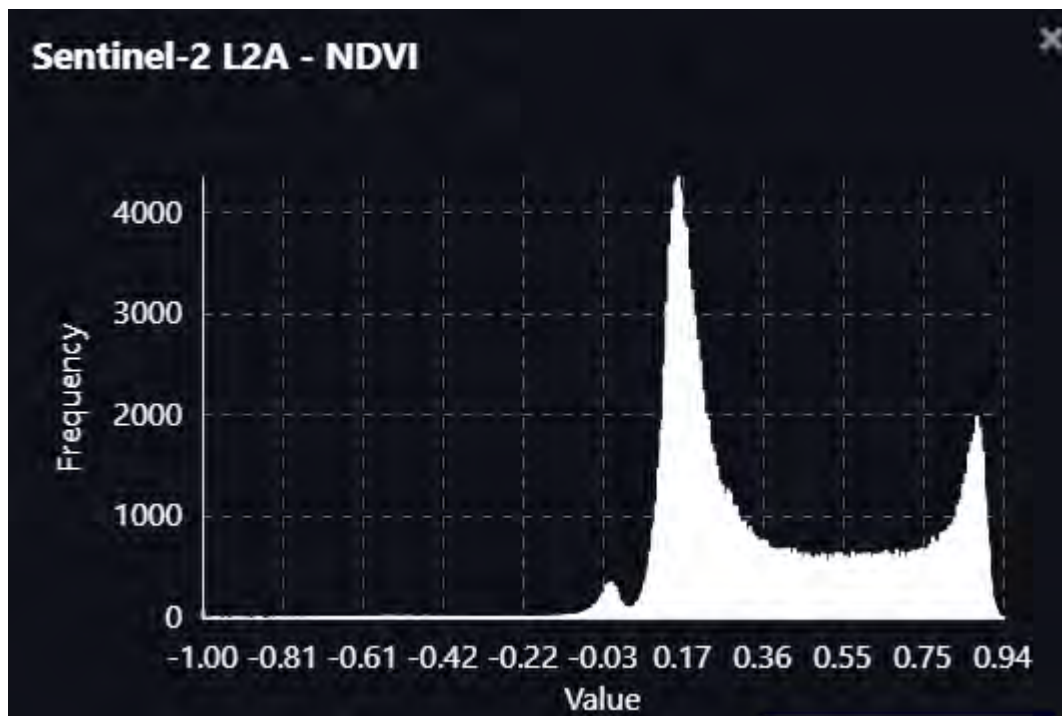
Εάν δεν ενδιαφερόμαστε για μια επιφάνεια, αλλά για ένα και μόνο ενδεικτικό σημείο, τότε μας δίνεται η δυνατότητα να το επιλέξουμε και να μετρηθεί από το πρόγραμμα η τιμή των επιθυμητών δεικτών σε αυτό, καθώς επίσης και η χρονική εξέλιξή τους. Για παράδειγμα η παρακάτω 'πινέζα' μας μετρά την τιμή του δείκτη βλάστησης SAVI στο κτήμα του campus Γαιόπολις του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.



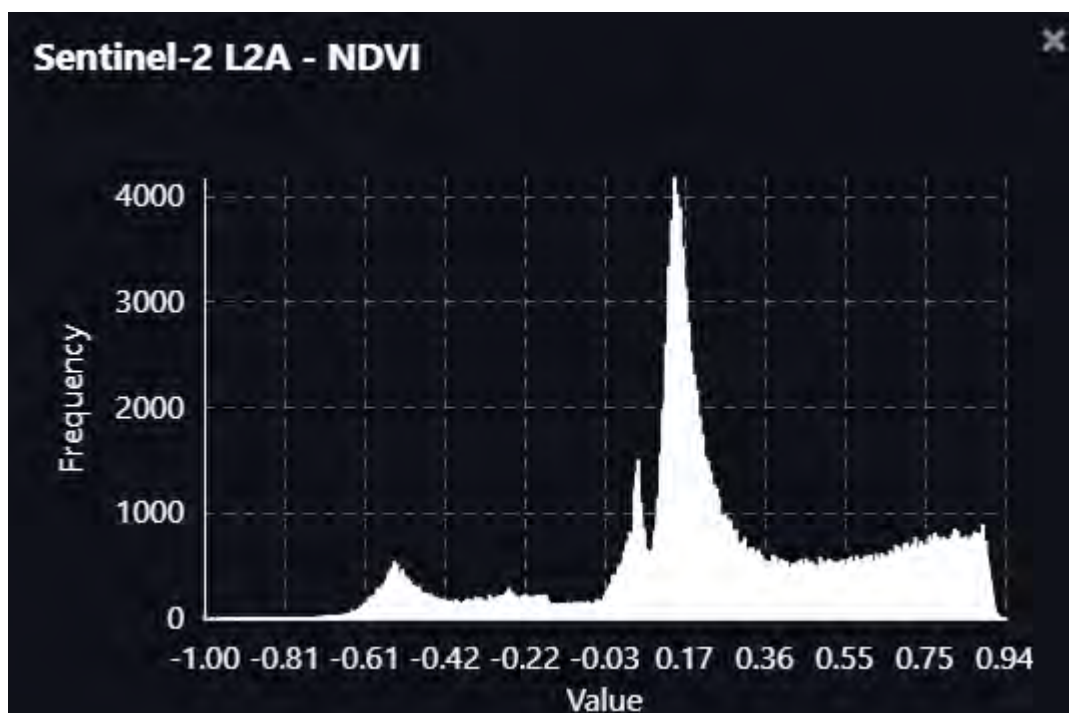
Εικόνα 19: Προσδιορισμός σημείου ενδιαφέροντος και μέτρηση δείκτη SAVI

Ιστογράμμο

Με τη λειτουργία αυτή μπορούμε να απεικονίσουμε τη συχνότητα καταγραφών ανά τιμή δείκτη, για να βγάλουμε συμπεράσματα σχετικά με την τιμή που είναι συνηθέστερη. Για παράδειγμα, τα παρακάτω ιστογράμματα αναφέρονται σε μια περιοχή έκτασης 100.000 στρεμμάτων πλησίον της λίμνης Κάρλας, που είναι ακόμη και σήμερα (Απρίλιος 2024) πλημμυρισμένη από την κακοκαιρία Daniel. Το τελευταίο μέγιστο στις μεγάλες τιμές του δείκτη βλάστησης NDVI υπάρχει μόνο πριν τα πλημμυρικά φαινόμενα στις 31-8-23 (Εικόνα 20) και λείπει μετά από αυτά στις 10-9-23 (Εικόνα 21). Το μέγιστο αυτό αντιπροσωπεύει τις ώριμες σοδειές του βαμβακιού και καλαμποκιού που δεν πρόλαβαν συλλεχθούν επειδή τα χωράφια πλημμύρισαν.



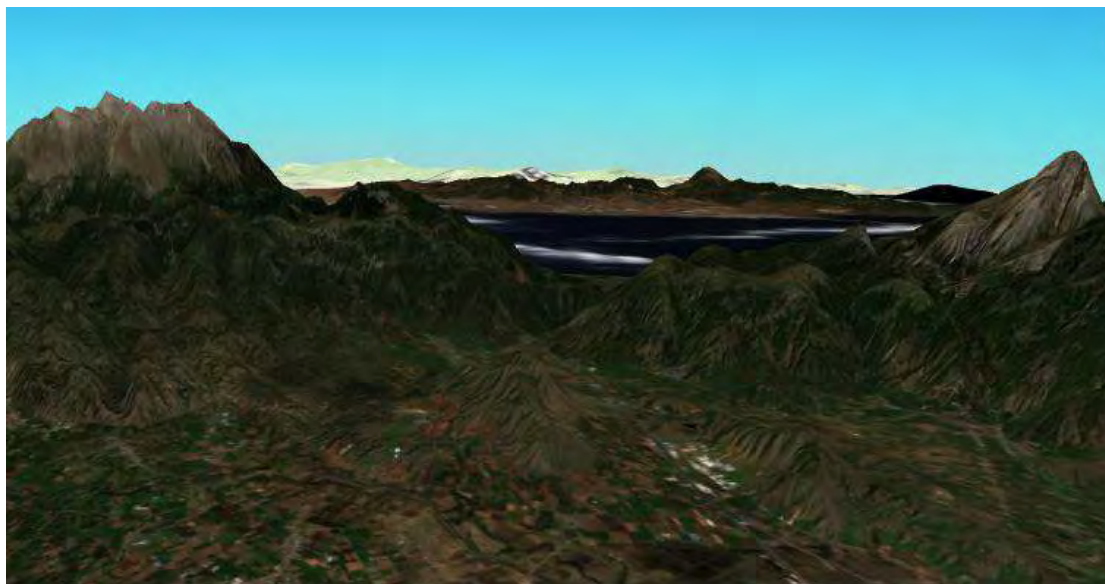
Εικόνα 20: Ιστόγραμμα NDVI στις 31-8-23 για περιοχή πλησίον της λίμνης Κάρλας



Εικόνα 21: Ιστόγραμμα NDVI στις 10-9-23 για περιοχή πλησίον της λίμνης Κάρλας

Τρισδιάστατες απεικονίσεις.

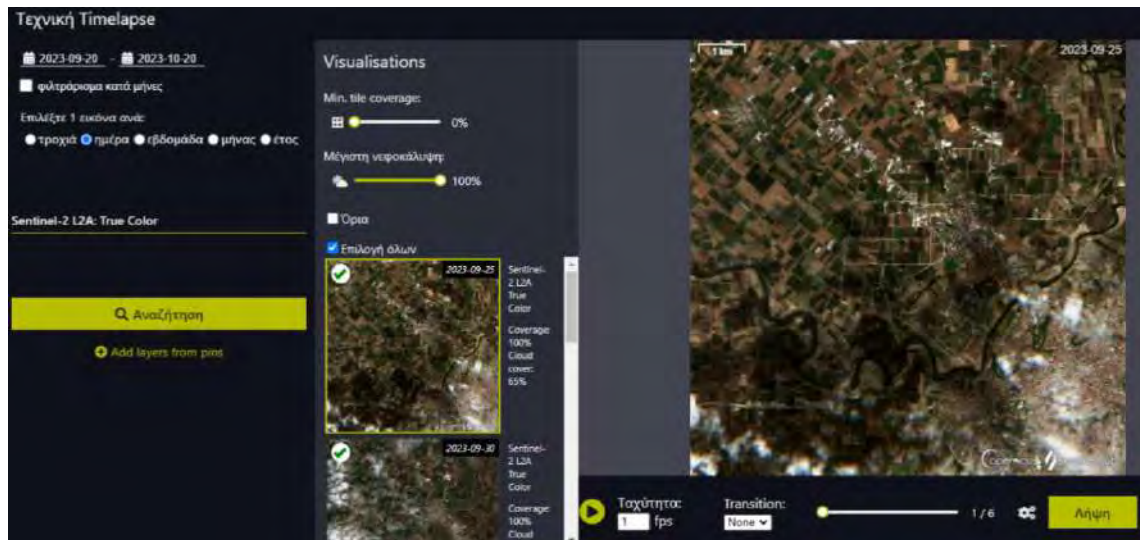
Με τη λειτουργία 3D μπορούμε να πάρουμε τρισδιάστατες εικόνες ρυθμίζοντας παραμέτρους όπως η σκίαση του ήλιου και η κλίμακα του κατακόρυφου αναγλύφου. Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται μια τρισδιάστατη απεικόνιση της εισόδου της κοιλάδας των Τεμπών από το Νότο. Ξεχωρίζουν οι ορεινοί όγκοι του Ολύμπου στα αριστερά, του Κισσάβου στα δεξιά, καθώς και η θάλασσα στο βάθος.



Εικόνα 22: Τρισδιάστατη απεικόνιση της εισόδου της κοιλάδας των Τεμπών

Κινούμενες εικόνες

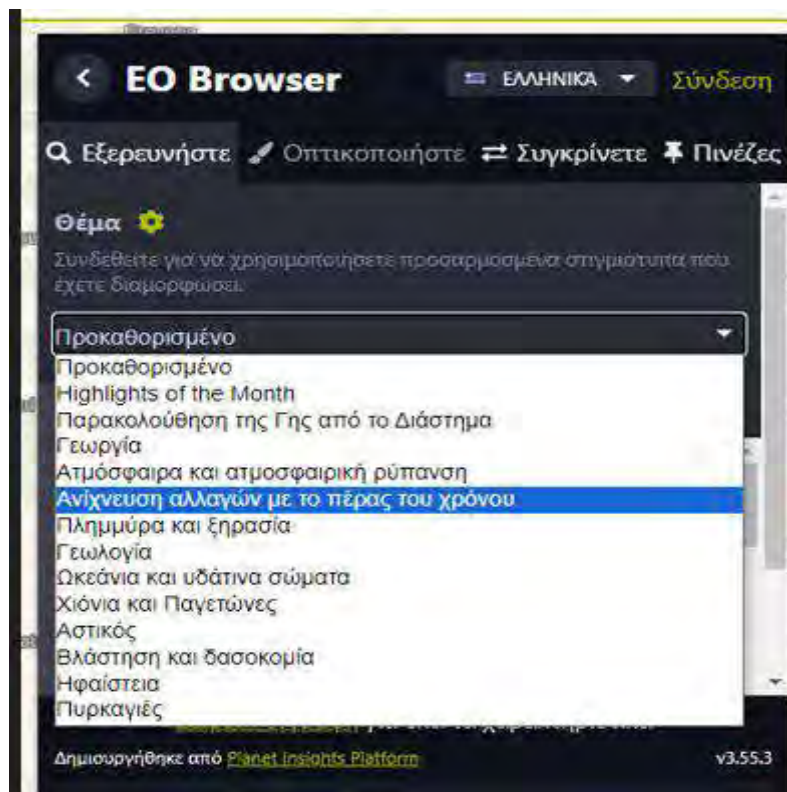
Με τη λειτουργία timelapse μια σειρά από εικόνες προβάλλονται η μια μετά την άλλη για να μας δώσουν καλύτερη αίσθηση των αλλαγών σε μια περιοχή ενδιαφέροντος. Μπορούμε να ρυθμίσουμε την ταχύτητα εναλλαγής, καθώς και την επιλογή μιας εικόνας ανά ημέρα/εβδομάδα/μήνα/χρόνο. Ένα παράδειγμα του μενού επιλογής φαίνεται στην παρακάτω εικόνα. Το αποτέλεσμα είναι ένα αρχείο .gif κινούμενης εικόνας.



Εικόνα 23: Το μενού επιλογής για τη λειτουργία timelapse

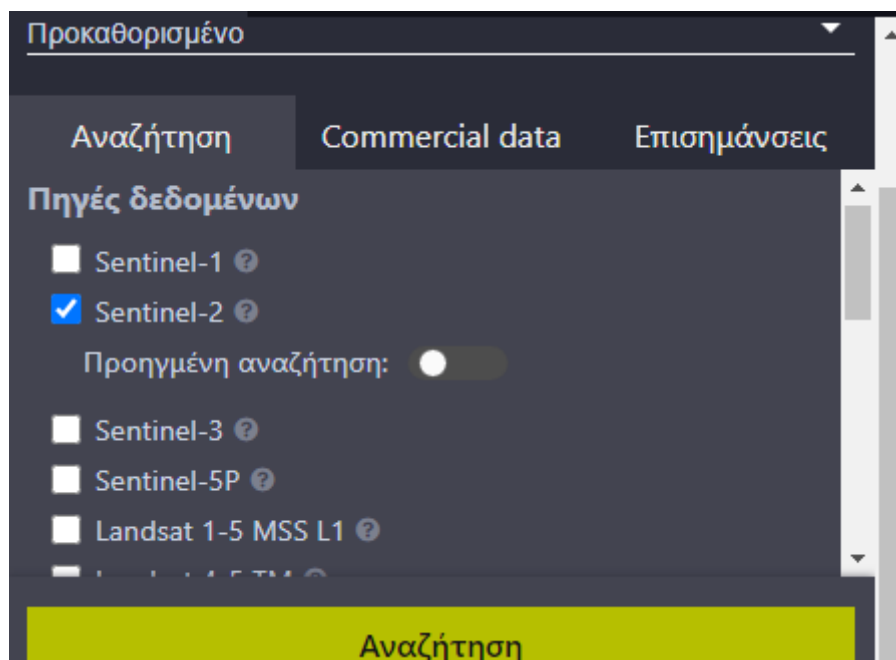
2.4 Εξερεύνηση εικόνων

Κατά την εξερεύνηση των διαθέσιμων εικόνων, ζητείται αρχικά από την πλατφόρμα να προσδιοριστεί το ‘Θέμα’ του ερευνητικού μας σκοπού, ώστε να προσφέρει την ανάλογη σειρά δορυφόρων. Το ‘Θέμα’ μπορεί να είναι ένα από τα αναφερόμενα στη σχετική εικόνα.



Εικόνα 24: Προσδιορισμός Θέματος για την επιλογή δορυφόρων

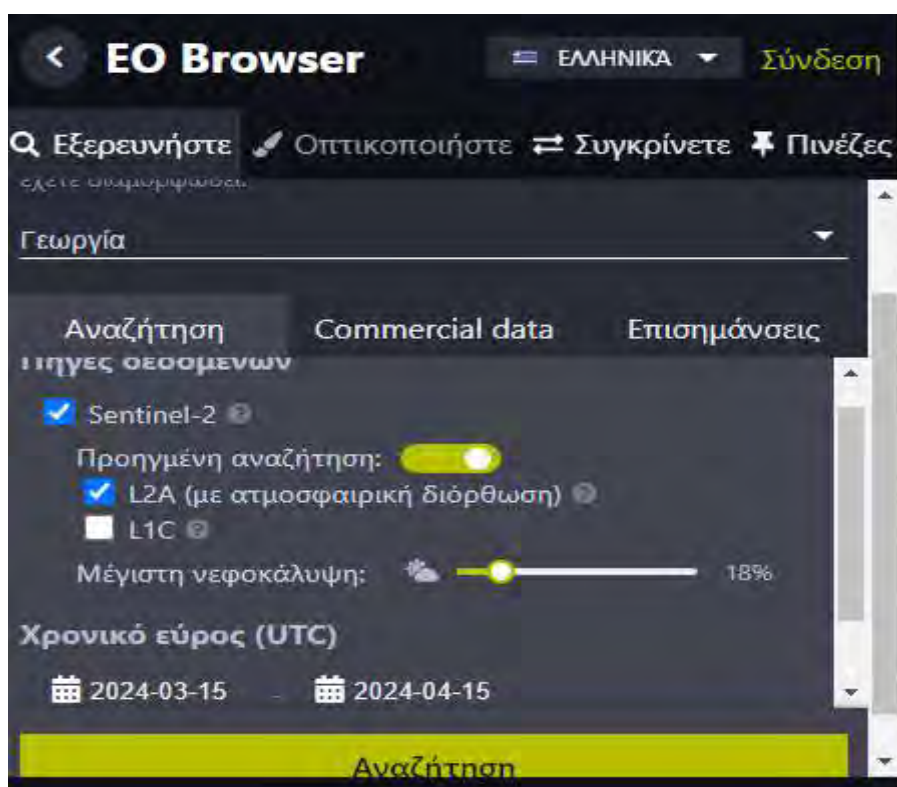
Με την επιλογή 'Προκαθορισμένο' προσφέρονται όλοι οι διαθέσιμοι δορυφόροι.



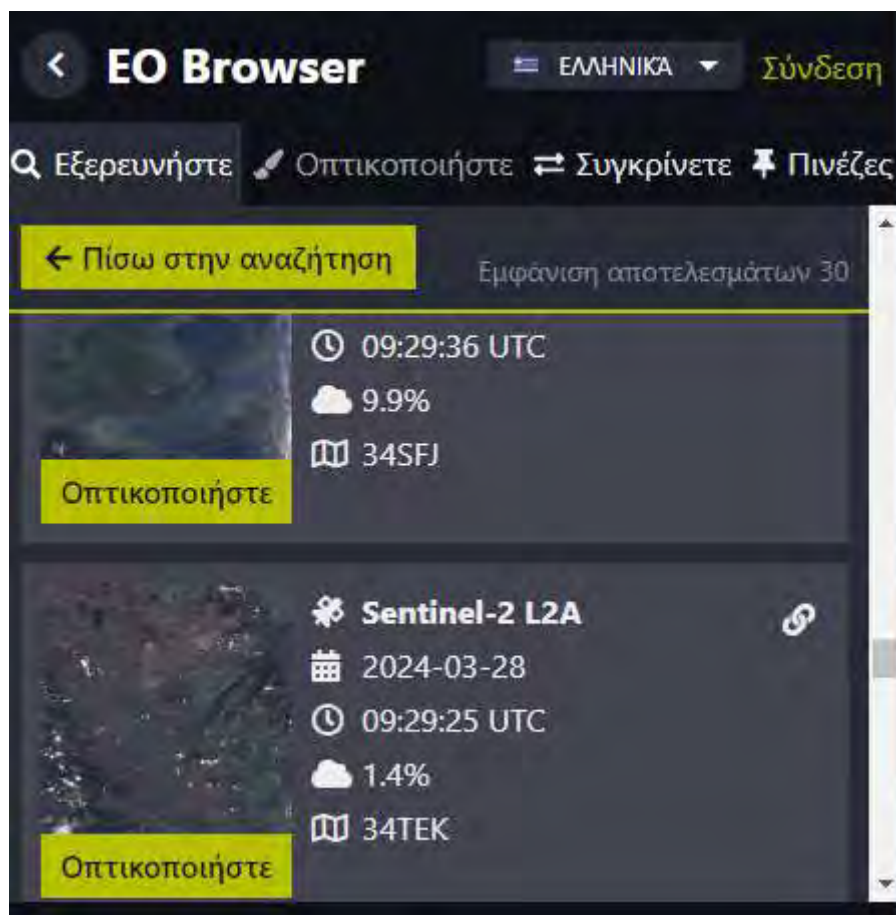
Εικόνα 25: Διαθέσιμοι δορυφόροι

Με την επιλογή ενός οποιοδήποτε Θέματος, οι προσφερόμενοι δορυφόροι θα είναι κυρίως ο Sentinel-2 και δευτερευόντως ο Landsat. Ο Sentinel-5P έρχεται στο προσκήνιο όταν πρόκειται για ερευνητικό ενδιαφέρον σχετικό με την ατμόσφαιρα.

Αν επιλεγεί για παράδειγμα το Θέμα : ‘Γεωργία’, τότε προσφέρεται ο Sentinel-2. Στην επιλογή : ‘Προηγμένη Αναζήτηση’ μπορεί να γίνει φιλτράρισμα των διαθέσιμων εικόνων με βάση το ποσοστό της νεφοκάλυψης. Ένα ποσοστό μέγιστης νεφοκάλυψης μέχρι το 10-20% είναι συνήθως μια καλή επιλογή για να επιτευχθεί μια καλή συλλογή εικόνων (Εικόνα 26). Στη συνέχεια προσδιορίζεται το χρονικό εύρος του ενδιαφέροντος και γίνεται ‘Αναζήτηση’, για να εμφανιστούν οι διαθέσιμες εικόνες, με πληροφορίες για την ώρα που τραβήχτηκαν και το ακριβές ποσοστό της νεφοκάλυψης (Εικόνα 27). Έπειτα, με την επιλογή ‘Οπτικοποιήστε’ αποδίδεται η επιθυμητή εικόνα. Σημειωτέον ότι είναι προτιμότερο να έχει βρεθεί προκαταβολικά η περιοχή του ενδιαφέροντος με την επιθυμητή εστίαση πριν από την εξερεύνηση των εικόνων. Αυτό πραγματοποιείται είτε με κύλιση του χάρτη είτε χρησιμοποιώντας τη σχετική μπάρα αναζήτησης.



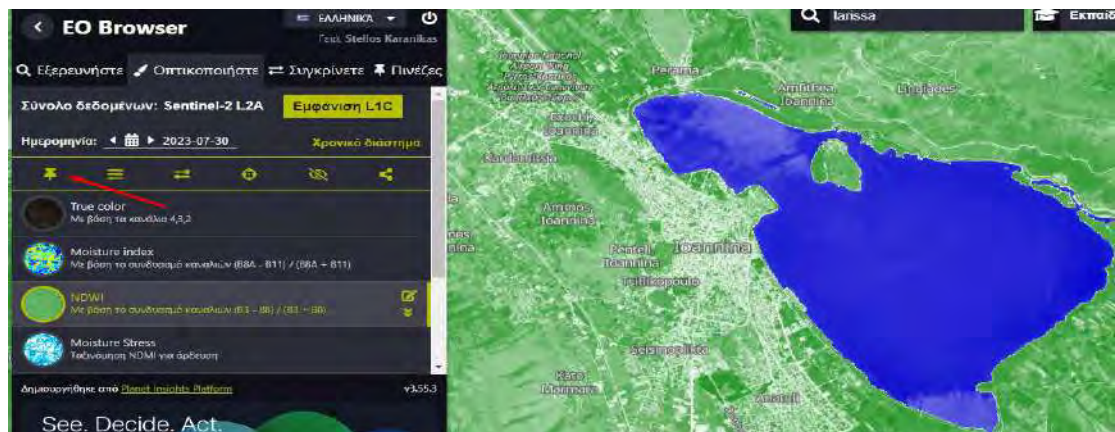
Εικόνα 26: Προσδιορισμός μέγιστης νεφοκάλυψης και χρονικού εύρους της αναζήτησης



Εικόνα 27: Προβολή διαθέσιμων εικόνων

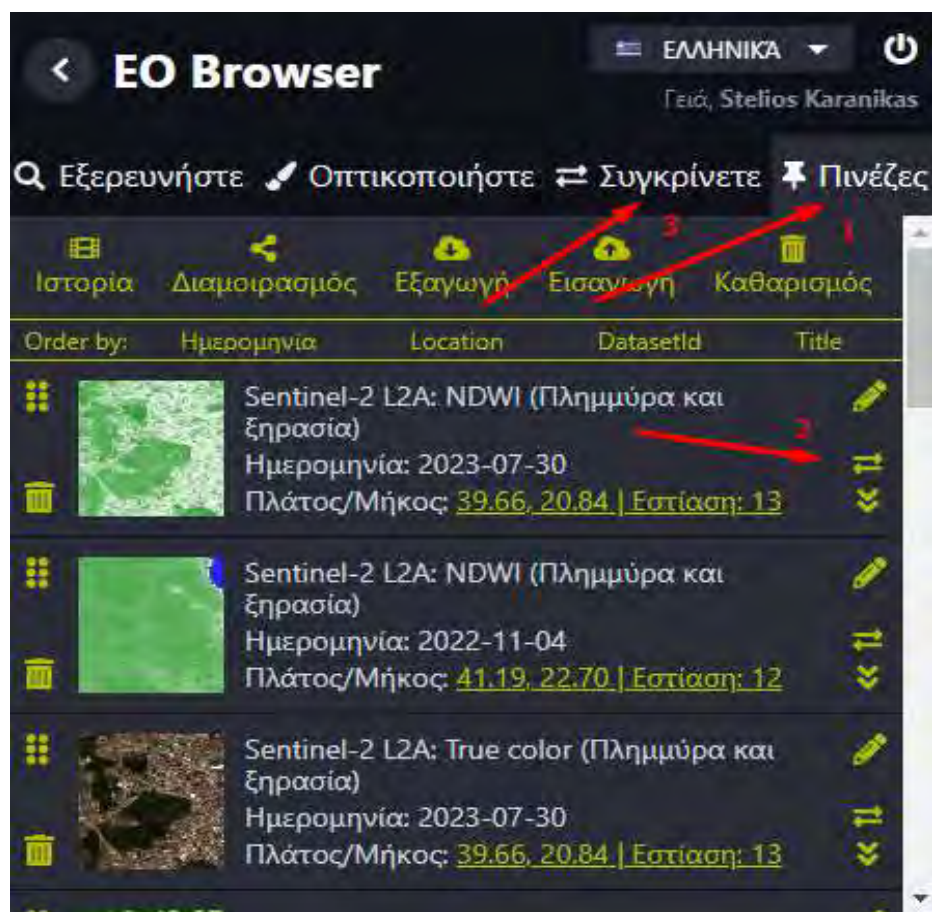
2.5 Σύγκριση εικόνων

Για να συγκριθούν δύο διαφορετικές εικόνες (διαμορφώσεις) της ίδιας περιοχής ενδιαφέροντος πρέπει αρχικά να οριστεί μια 'πινέζα' στην κάθε εικόνα, όπως στην παρακάτω εικόνα :



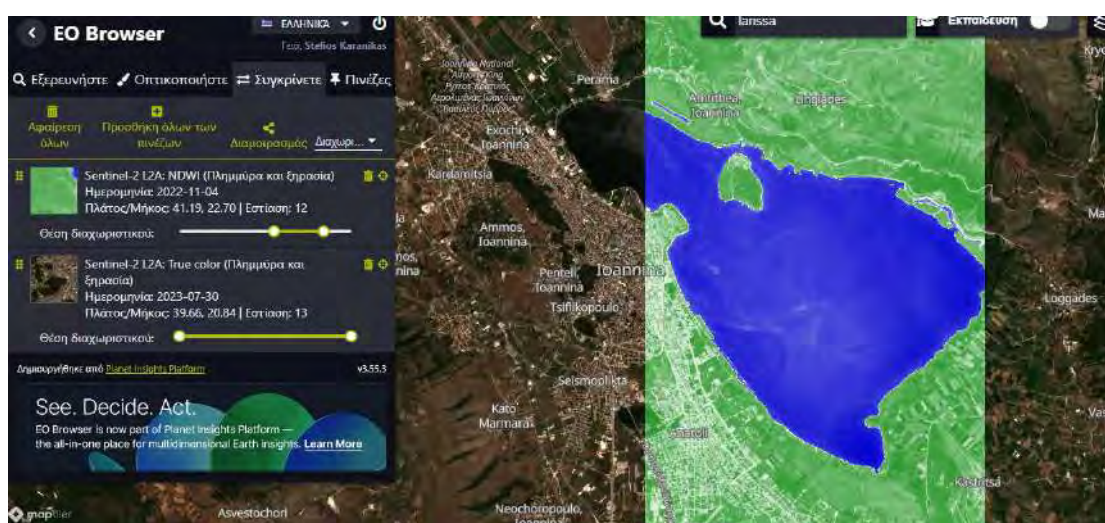
Εικόνα 28: Ορισμός πινέζας για μια εικόνα

Στη συνέχεια, στην καρτέλα ‘Πινέζες’ (1) εισάγονται σε διαδικασία ‘Σύγκρισης’ οι δύο εικόνες με το διπλό βελάκι (2) και μετά γίνεται μετάβαση στην καρτέλα ‘Συγκρίνετε’ (3).



Εικόνα 29: Ορισμός εικόνων προς σύγκριση

Από εδώ και πέρα υπάρχουν δύο επιλογές. Στην πρώτη επιλογή μπορεί να γίνει ‘Διαχωρισμός’ των εικόνων από την ειδική μπάρα για να εμφανιστεί ένας συνδυασμός τους, όπως στο παρακάτω παράδειγμα για την λίμνη των Ιωαννίνων (Εικόνα 30). Η δεύτερη επιλογή είναι η ‘Αδιαφάνεια’, όπου η μία εικόνα φαίνεται στο υπόβαθρο της άλλης με μια καθορισμένη ένταση (συνήθως 30-50%), για να αναδειχθούν τα χαρακτηριστικά που επιθυμούμε (π.χ. ένας όγκος νερού). Το παράδειγμα παρακάτω αναδεικνύει την λίμνη (με δείκτη NDWI) μέσα από μια εικόνα ‘True Color’ για την περιοχή της λίμνης Ιωαννίνων (Εικόνα 31).



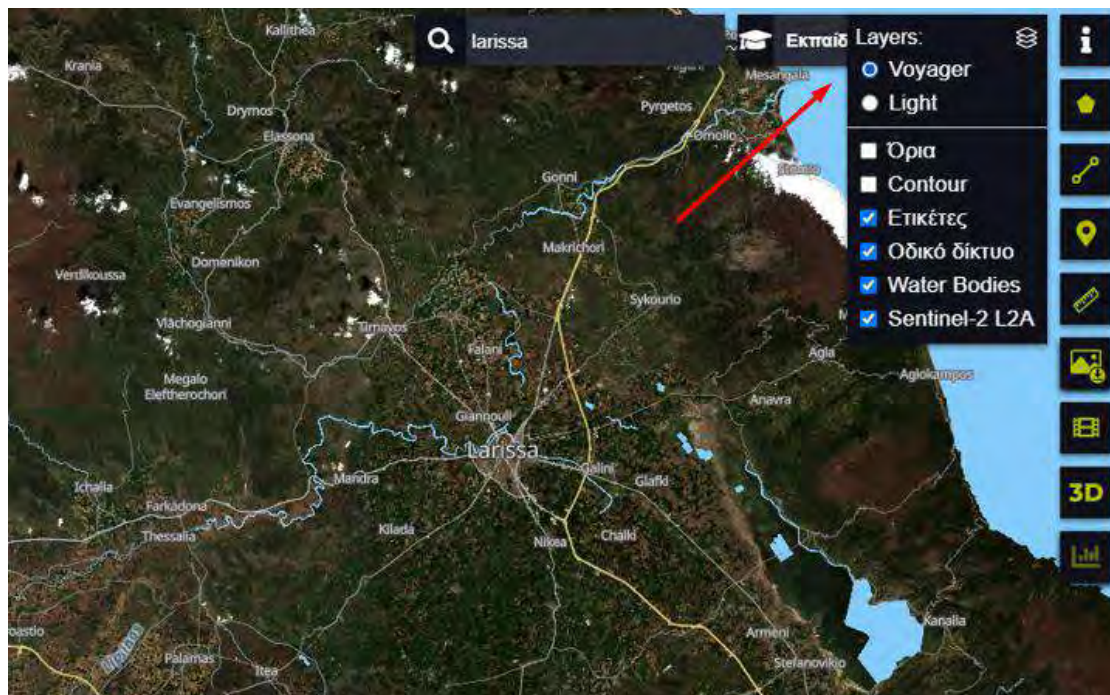
Εικόνα 30: Σύγκριση εικόνων με Διαχωρισμό για την περιοχή της λίμνης Ιωαννίνων



Εικόνα 31: Σύγκριση εικόνων με Αδιαφάνεια για την περιοχή της λίμνης Ιωαννίνων

2.6 Επιλογές επιπέδων υποβάθρου

Στο πάνω δεξιά μέρος της οθόνης μας δίνεται η δυνατότητα της επιλογής με το μενού ‘Layers’ διαφόρων επιπέδων υποβάθρου, όπως το οδικό δίκτυο, όγκοι νερού, ονομασίες περιοχών, όρια κρατών κ.α. Με το άνοιγμα του διακόπτη ‘Εκπαίδευση’ γίνεται χρήση της πλατφόρμας SENTINEL HUB EO BROWSER ελαφρώς απλοποιημένης για εκπαιδευτικούς σκοπούς.



Εικόνα 32: Επιλογές διαφόρων υποβάθρων στο μενού ‘Layers’

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο - ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

Η ευκολία στη χρήση του λογισμικού Sentinel EO Browser και ο πλούτος των δορυφορικών δεδομένων τα οποία έχει ενσωματώσει, το καθιστούν δημοφιλές εργαλείο σε σύγχρονες αναλύσεις περιβαλλοντικών φαινομένων, όπως οι πλημμύρες, η αέρια ρύπανση και οι πυρκαγιές.

Ενδεικτικά αναφέρουμε τη χρήση του σε μελέτες Υδρολογίας για τον αριθμητική ανακατασκευή πλημμυρικών φαινομένων [11] και τον προσδιορισμό του περιβαλλοντικού κινδύνου με αριθμητική προσομοίωση της κίνησης των υδάτινων ρευμάτων [12, 13].

Στον τομέα της ρύπανσης της ατμόσφαιρας, οι μελέτες με τη χρήση του λογισμικού εστιάζουν κυρίως στην επιβάρυνση των αστικών περιοχών. Προσδιορίζεται η ατμοσφαιρική ευαλωτότητα αναφορικά με τη δημόσια υγεία [14], αλλά ο τελικός σκοπός είναι η επίτευξη της αστικής ανθεκτικότητας και βιωσιμότητας [15], μέσω της διευκόλυνσης λήψης των κατάλληλων πολιτικών αποφάσεων.

Αναφορικά με την μελέτη των πυρκαγιών, το λογισμικό έχει χρησιμοποιηθεί τόσο σε μελέτες εκπαιδευτικής σκοπιμότητας [16] όσο και σε μελέτες πρόβλεψης [17], μηχανισμού επέκτασης [18] των πυρκαγιών, αλλά και σε μελέτες αλλαγής του φυσικού τοπίου λόγω των πολεμικών δραστηριοτήτων [19].

Στην παρούσα μελέτη θα αναφερθούμε σε παρόμοια φαινόμενα που εντοπίζονται στον ελλαδικό χώρο.

3.1 Πλημμυρικά φαινόμενα

Το Σεπτέμβριο του 2023 μεγάλης έντασης πλημμυρικά φαινόμενα έλαβαν χώρα στη Θεσσαλία, λόγω της σφοδρής κακοκαιρίας Daniel και της αδυναμίας του Πηνειού να διαχειριστεί τον τεράστιο όγκο του νερού που μαζευόταν. Σαν συνέπεια, περιοχές στις παρυφές της πόλης καλύφθηκαν με νερά και άνθρωποι απομακρύνθηκαν από τις κατοικίες τους. Εδώ θα μελετήσουμε με τη βοήθεια του Προγράμματος Περιήγησης Δορυφορικών Δεδομένων Sentinel EO Browser [20] τα πλημμυρικά φαινόμενα στην περιοχή της Γυρτώνης, όπου υπάρχει και φράγμα στη ροή του Πηνειού, καθώς και στην περιοχή γύρω από τη λίμνη Κάρλα, της οποίας τα όρια έφτασαν την έκταση που κατείχε προ της αποξήρανσής της το 1962. Ακόμη και σήμερα (Μάιος 2024) ο επιπλέον όγκος ύδατος γύρω από τη Κάρλα δεν έχει παροχετευτεί.

Στις απεικονήσεις SWIR που ακολουθούν φαίνεται η εξέλιξη των πλημμυρικών φαινομένων σε όλη τη Θεσσαλία. Παρατηρούμε ότι ενώ στην περιοχή της Γυρτώνης τα νερά έχουν υποχωρήσει σχετικά γρήγορα, αυτό δεν συμβαίνει στην περιοχή του άξονα του Μαυροβουνίου.



Εικόνα 33: Θεσσαλία, SWIR στις 31-8-23



Εικόνα 34: Θεσσαλία, SWIR στις 10-9-23



Εικόνα 35: Θεσσαλία, SWIR στις 10-10-23



Εικόνα 36: Θεσσαλία, SWIR στις 9-12-23



Εικόνα 37: Θεσσαλία, SWIR στις 23-3-24

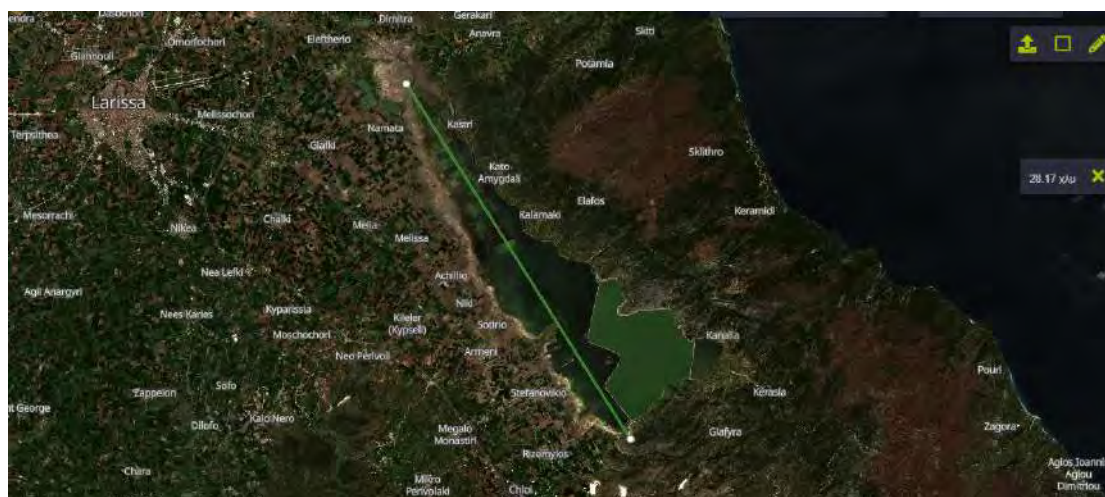
Η πλημμυρισμένη έκταση στην περιοχή της Γυρτώνης είναι περίπου 75.000 στρέμματα στις 10-9-23 (Εικόνα 38), ενώ στην περιοχή της λίμνης Κάρλας γύρω στα 120.000 στρέμματα (Εικόνα 39). Να σημειωθεί ότι η έκταση της λίμνης Κάρλας όπως αυτή είχε ανασυσταθεί από το 2018 ήταν 36.000 στρέμματα. Στις 28-3-24 το μέτωπο της ‘νέας’ λίμνης που έχει δημιουργηθεί είναι 28km (Εικόνα 40) ενώ το πλάτος της φτάνει τα 6,5km (Εικόνα 41). Στην τρισδιάστατη απεικόνιση της σχετικής εικόνας οι κτιριακές εγκαταστάσεις που φαίνονται βυθισμένες είναι το στρατόπεδο της 1^{ης} Ταξιαρχίας Αεροπορίας Στρατού στο Στεφανοβίκειο που έχει εγκαταληφθεί (Εικόνες 42, 43).



Εικόνα 38: Περιοχή Γυρτώνης, True color στις 10-9-23



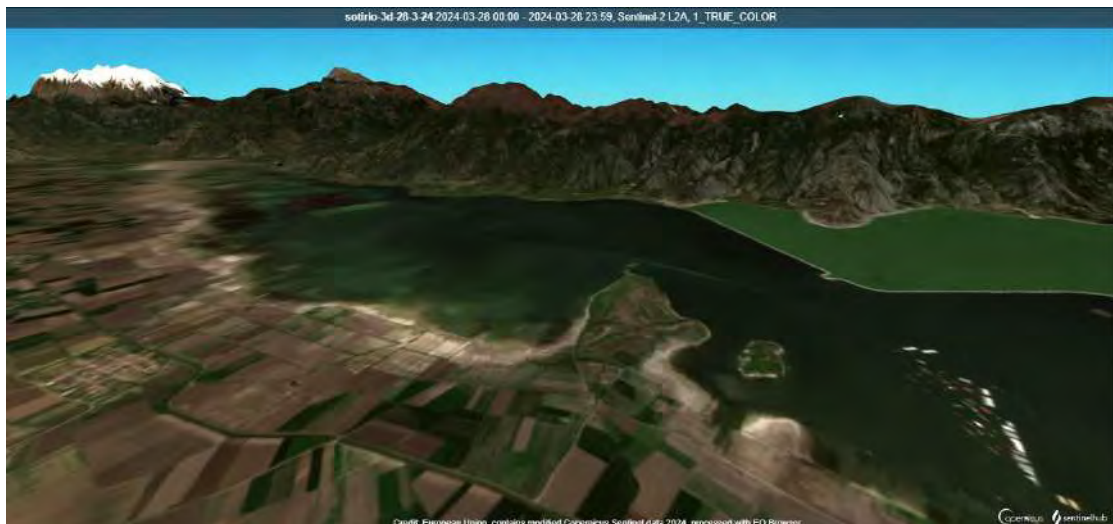
Εικόνα 39: Περιοχή λίμνης Κάρλας, True color στις 10-9-23



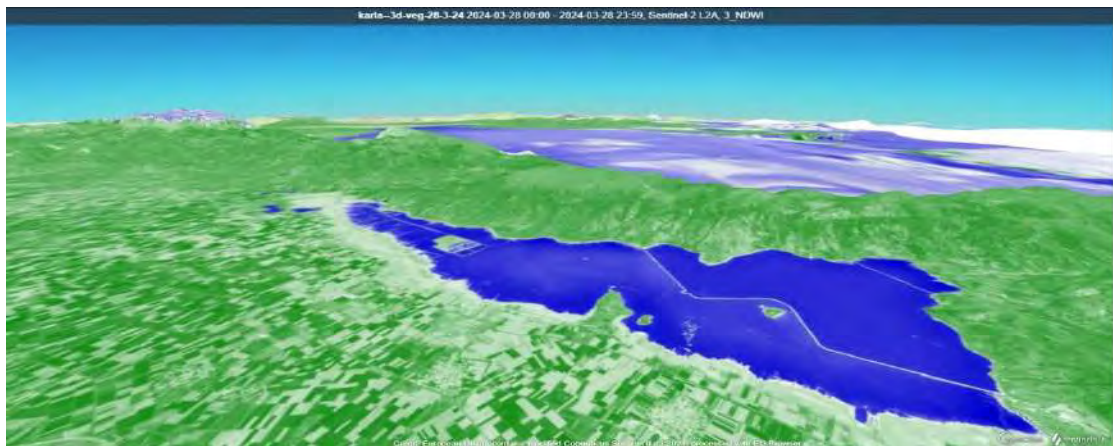
Εικόνα 40: Μέτρηση ‘μετώπου’ λίμνης Κάρλας στις 28-3-24



Εικόνα 41: Μέτρηση πλάτους λίμνης Κάρλας στις 28-3-24

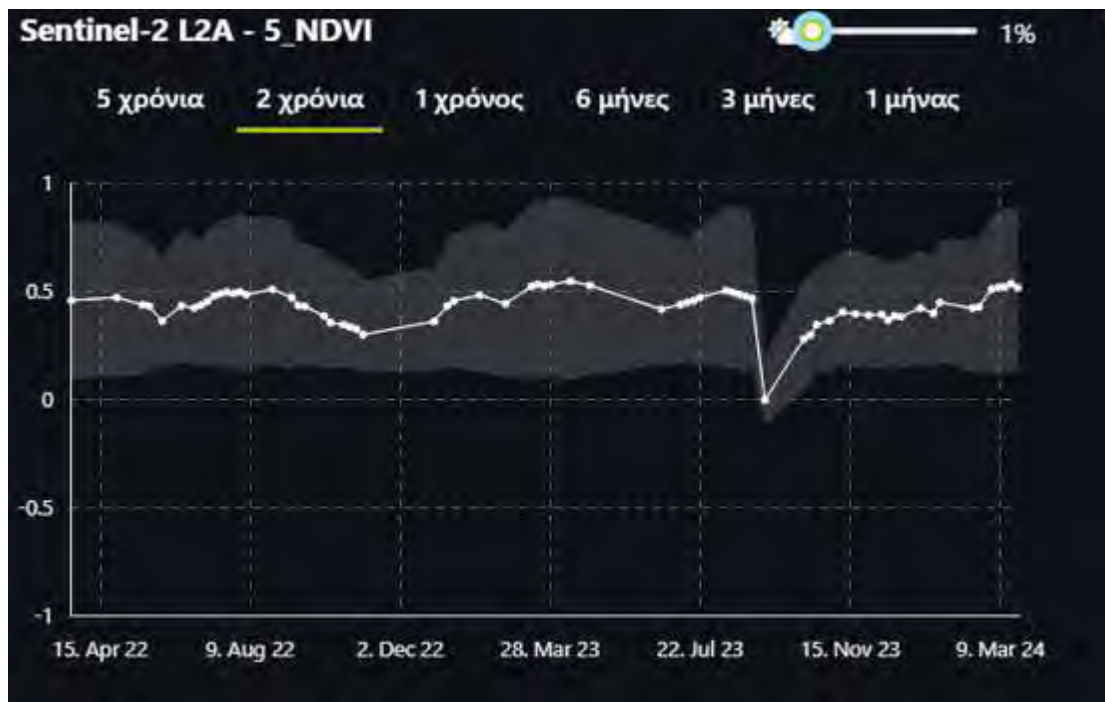


Εικόνα 42: Τρισδιάστατη απεικόνιση της νέας λίμνης Κάρλας στις 28-3-24

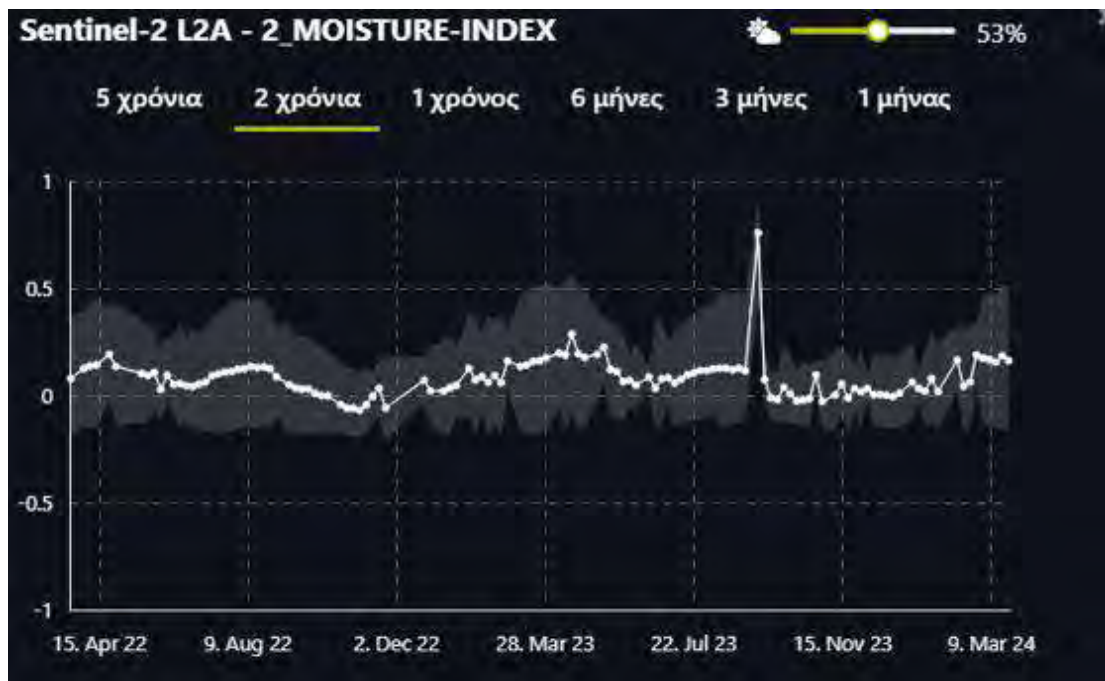


Εικόνα 43: Τρισδιάστατη απεικόνιση (NDWI) της νέας λίμνης Κάρλας στις 28-3-24

Για την έκταση των 75.000 στρεμμάτων της περιοχής της Γυρτώνης κάναμε μια ανάλυση στον δείκτη βλάστησης (Εικόνα 44) και τον δείκτη υγρασίας (Εικόνα 45) για τα τελευταία 2 χρόνια.



Εικόνα 44: Εξέλιξη του NDVI στην περιοχή της Γυρτώνης



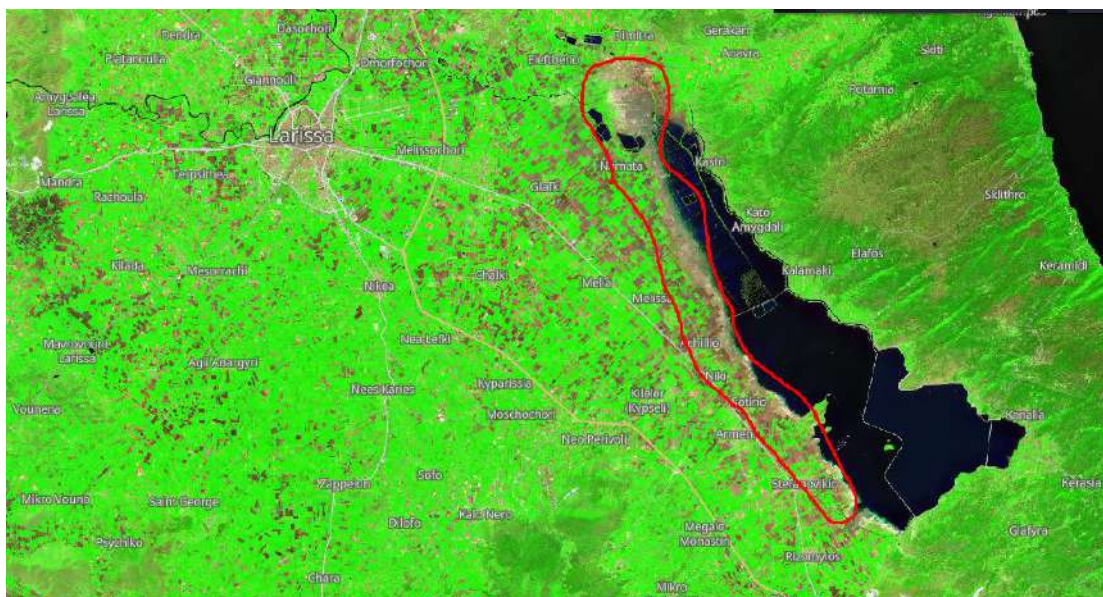
Εικόνα 45: Εξέλιξη του NDMI στην περιοχή της Γυρτώνης

Τα ελάχιστο στον δείκτη βλάστησης και το μέγιστο στο δείκτη υγρασίας αντιστοιχούν στα πλημμυρικά φαινόμενα στις αρχές Σεπτεμβρίου 2023. Στις

παρακάτω λήψεις φαίνεται στο κανάλι SWIR η υποβάθμιση των καλλιεργούμενων εκτάσεων, λόγω των φερτών υλών του Πηνειού, στη περιοχή της Γυρτώνης (Εικόνα 46). Επίσης φανερώνεται το άγονο των εδαφών που αποκαλύπτονται καθώς το νερό αποτραβιέται στην περιοχή της λίμνης Κάρλας (Εικόνα 47).



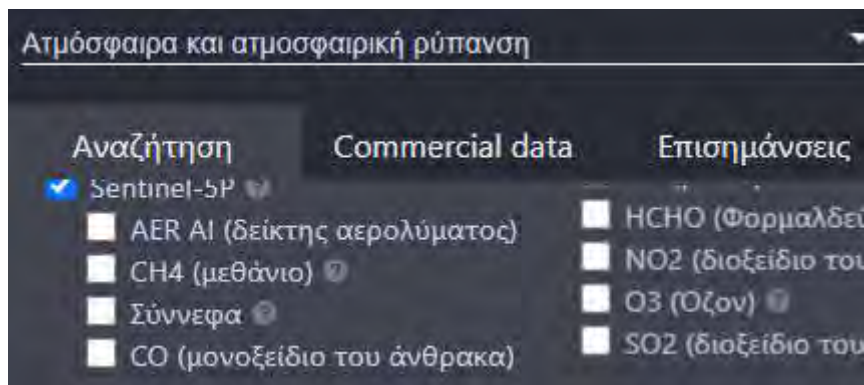
Εικόνα 46: Άγονες εκτάσεις στη περιοχή της Γυρτώνης στις 28-3-24 (SWIR)



Εικόνα 47: Άγονες εκτάσεις στην περιοχή της λίμνης Κάρλας στις 28-3-24 (SWIR)

3.2 Ατμοσφαιρική ρύπανση

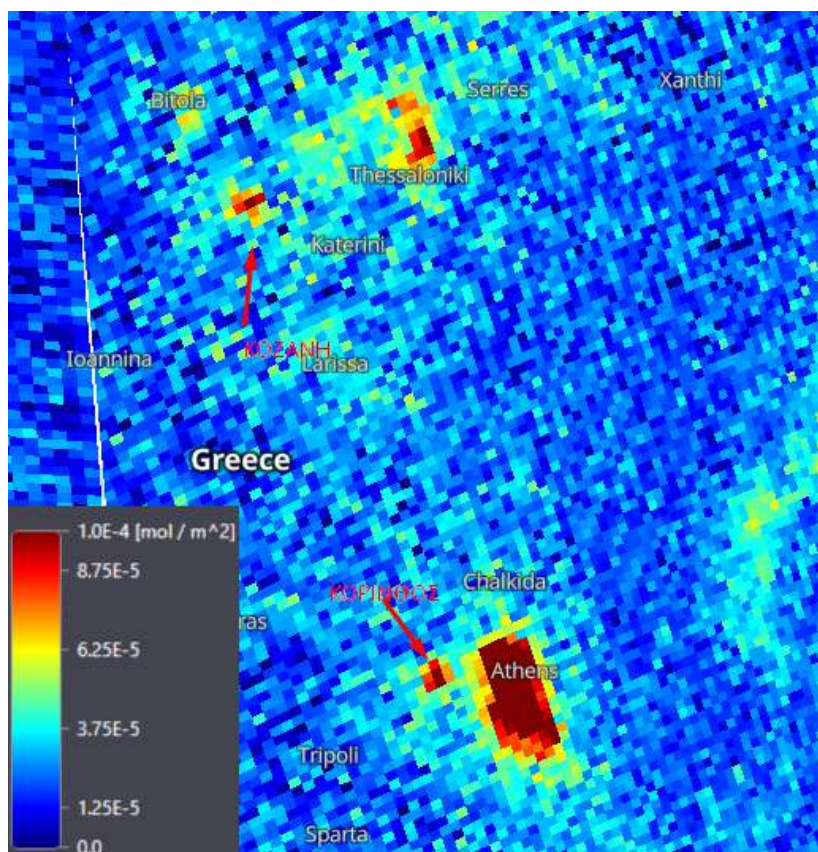
Εάν επιλεγεί για ‘Θέμα’ της πλοήγησής μας στην πλατφόρμα το ‘Ατμόσφαιρα και Ατμοσφαιρική Ρύπανση’, τότε η μοναδική επιλογή δορυφόρου είναι ο Sentinel-5P. Το φασματόμετρο αυτού του δορυφόρου μετράει το ποσοστό της ακτινοβολίας που ανακλάται πίσω στο διάστημα από την ατμόσφαιρα και ανιχνεύει τα αποτυπώματα αερίων όπως το μεθάνιο (CH_4), το μονοξείδιο του άνθρακα (CO), η φορμαλδεΰδη (HCHO), το διοξείδιο του αζώτου (NO_2), το όζον (O_3), το διοξείδιο του θείου (SO_2), καθώς και την πυκνότητα των αερολυμάτων (Εικόνα 48). Οι περιοχές του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος που μετράει ο ανιχνευτής είναι το ορατό, το υπεριώδες, το εγγύς υπέρυθρο και το υπέρυθρο μικρού μήκους. Η χωρική ανάλυση είναι γενικά $7\text{km} \times 3,5\text{km}$ και η μονάδα μέτρησης είναι το ppb (parts per billion) ή το mole/m^2 . Παρακάτω θα γίνει μελέτη του διοξειδίου του αζώτου και των αερολυμάτων [21].



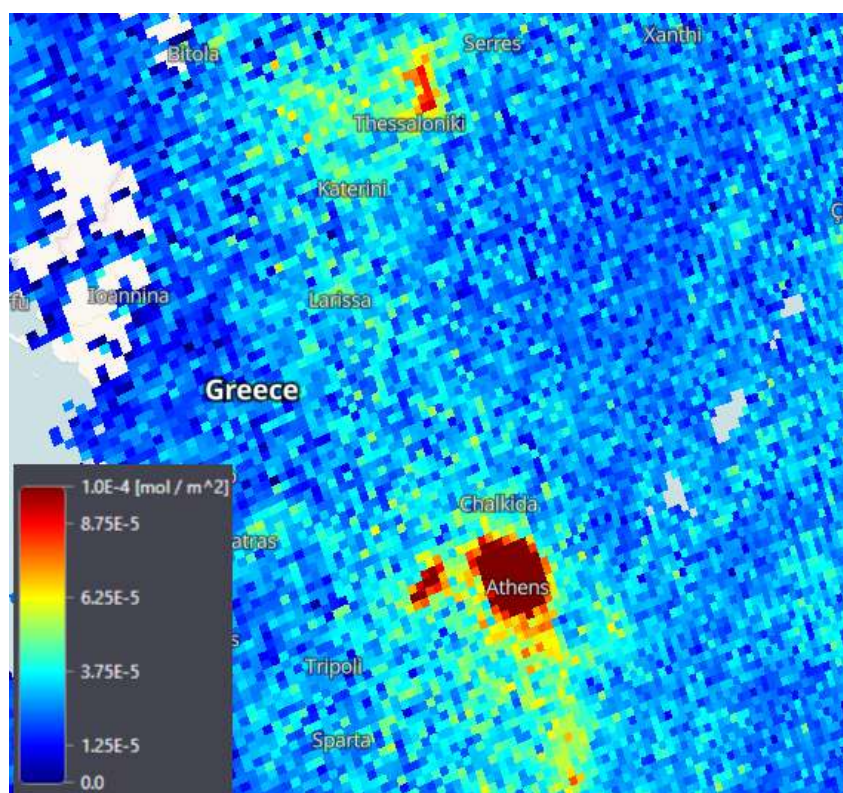
Εικόνα 48: Αέρια που ανιχνεύει στην ατμόσφαιρα ο Sentinel-5P

Το διοξείδιο του αζώτου (NO_2) και το μονοξείδιο του αζώτου (NO) αναφέρονται συνήθως ως οξειδία του αζώτου. Είναι σημαντικά στοιχεία στην ατμόσφαιρα της Γης, τα οποία υπάρχουν τόσο στην τροπόσφαιρα όσο και στη στρατόσφαιρα. Εισέρχονται στην ατμόσφαιρα ως αποτέλεσμα ανθρωπογενών δραστηριοτήτων (ιδίως καύσης ορυκτών καυσίμων και καύσης βιομάζας) αλλά και φυσικών διεργασιών (όπως μικροβιολογικές διεργασίες σε εδάφη, πυρκαγιές και κεραυνοί).

Παρουσιάζουμε την εικόνα των επιπέδων διοξειδίου του αζώτου στον ελλαδικό χώρο για δύο ενδεικτικές ημερομηνίες, στις 10-4-24 (Εικόνα 49) και 15-4-24 (Εικόνα 50).



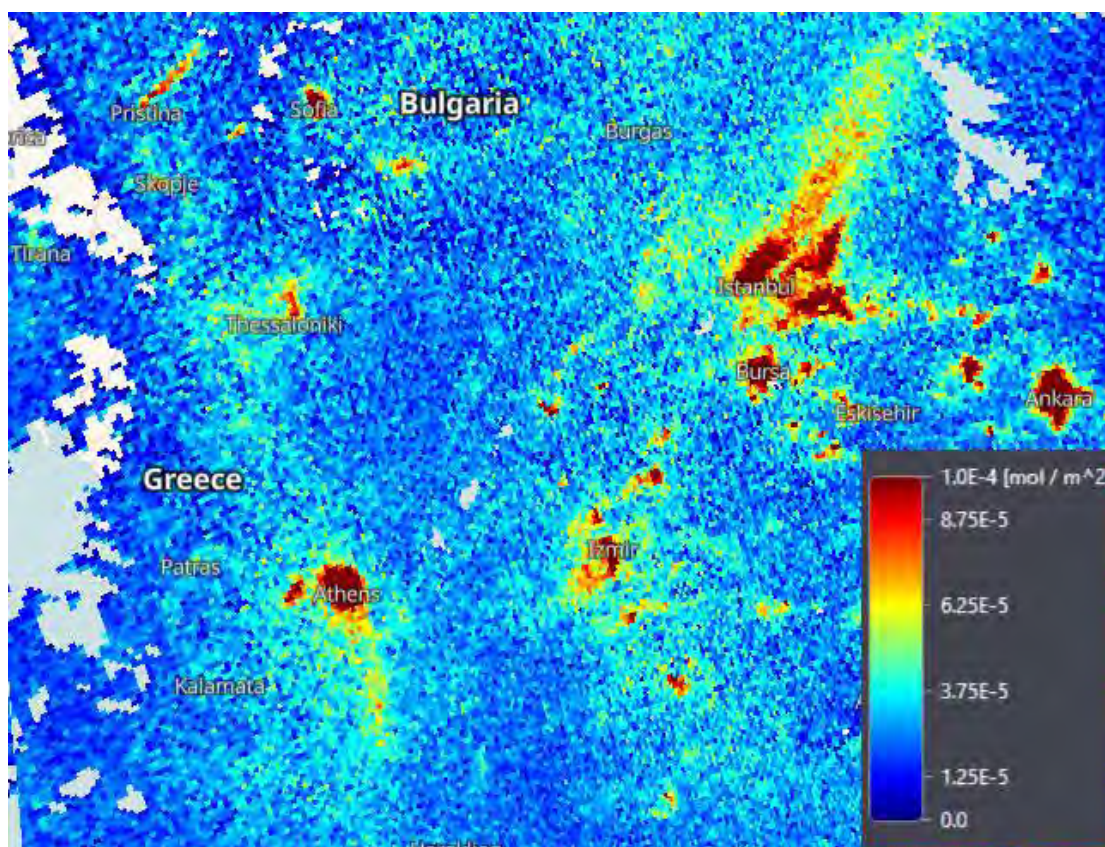
Εικόνα 49: Επίπεδα NO₂ στην Ελλάδα στις 10-4-24



Εικόνα 50: Επίπεδα NO₂ στην Ελλάδα στις 15-4-24

Παρατηρούμε ότι στις 10-4-24 υψηλή συγκέντρωση NO_2 παρουσιάζουν οι περιοχές με μεγαλύτερη πυκνότητα πληθυσμού (Αθήνα, Θεσσαλονίκη), με μεγαλύτερη συγκέντρωση βιομηχανικής δραστηριότητας (Αθήνα, Θεσσαλονίκη, Κόρινθος), καθώς και η Κοζάνη, όπου συγκεντρώνεται η βιομηχανία παραγωγής ηλεκτρικής ισχύος. Η Κόρινθος και η Κοζάνη σημειώνονται με βέλος στην Εικόνα 49. Στις 15-4-24 η εικόνα είναι παρόμοια, με την διαφοροποίηση ότι, μάλλον λόγω ισχυρών ρευμάτων αέρα στη βόρεια Ελλάδα, οι περιοχές της Κοζάνης και της Θεσσαλονίκης είναι εμφανώς αποφορτισμένες από τον αέριο ρύπο.

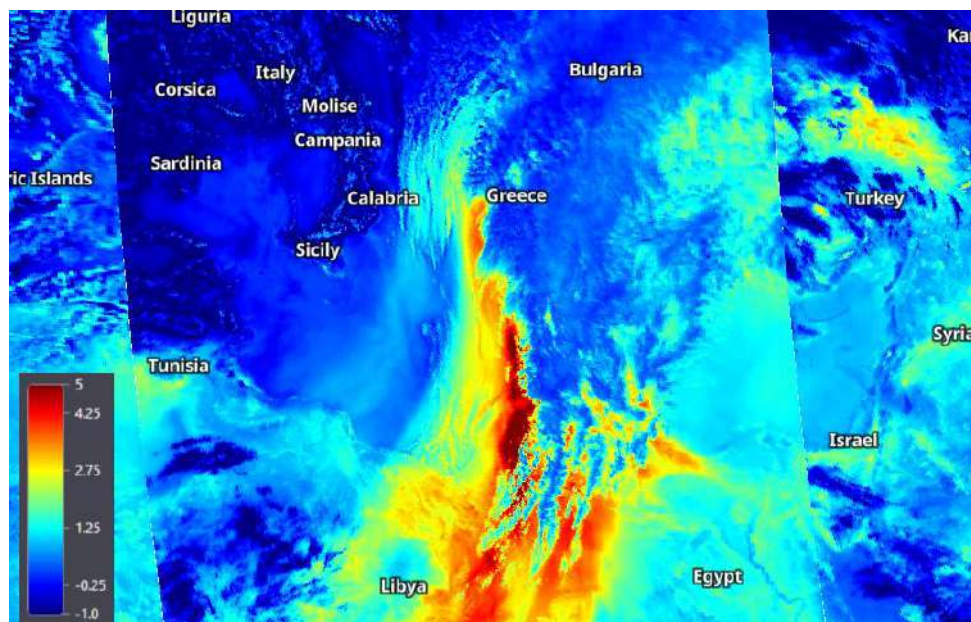
Στη συνέχεια παραθέτουμε την εικόνα με ημερομηνία 15-4-24 συμπεριλαμβάνοντας τις τρεις μεγαλύτερες πόλεις της γειτονικής Τουρκίας (Κωνσταντινούπολη, Άγκυρα, Σμύρνη), ώστε να γίνει μια εκτίμηση για το μέγεθος της βιομηχανίας και του πληθυσμού σε σχέση με την Ελλάδα, μετρώντας τα επίπεδα των αέριων ρύπων NO_2 .



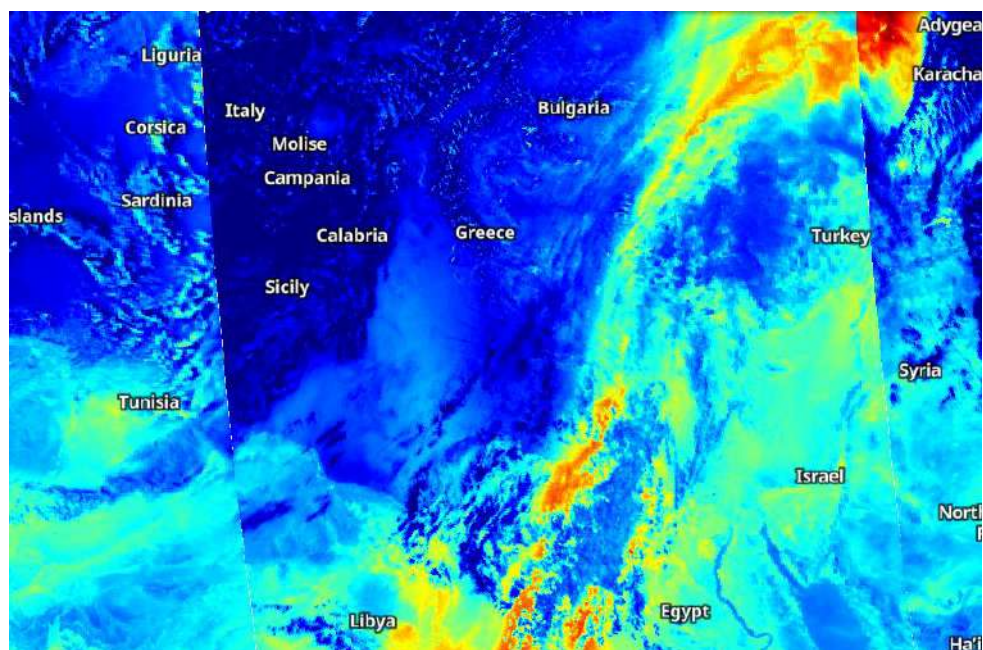
Εικόνα 51: Επίπεδα NO_2 στην Ελλάδα και στην Τουρκία στις 15-4-24

Ένας άλλος χρήσιμος δείκτης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης είναι η πυκνότητα των μικροσωματιδίων που αιωρούνται ή δείκτης αερολύματος. Αυτός είναι ένας ποιοτικός δείκτης που δείχνει την παρουσία υψηλών στρωμάτων αερολυμάτων στην ατμόσφαιρα. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ανίχνευση της παρουσίας αερολυμάτων που απορροφούν την υπεριώδη ακτινοβολία, όπως η σκόνη της ερήμου και η ηφαιστειακή τέφρα. Οι θετικές τιμές (από ανοιχτό μπλε έως κόκκινο) υποδεικνύουν την παρουσία αερολυμάτων απορρόφησης UV. Αυτός ο δείκτης υπολογίζεται για δύο ζεύγη μήκους κύματος: 340/380 nm και 354/388 nm.

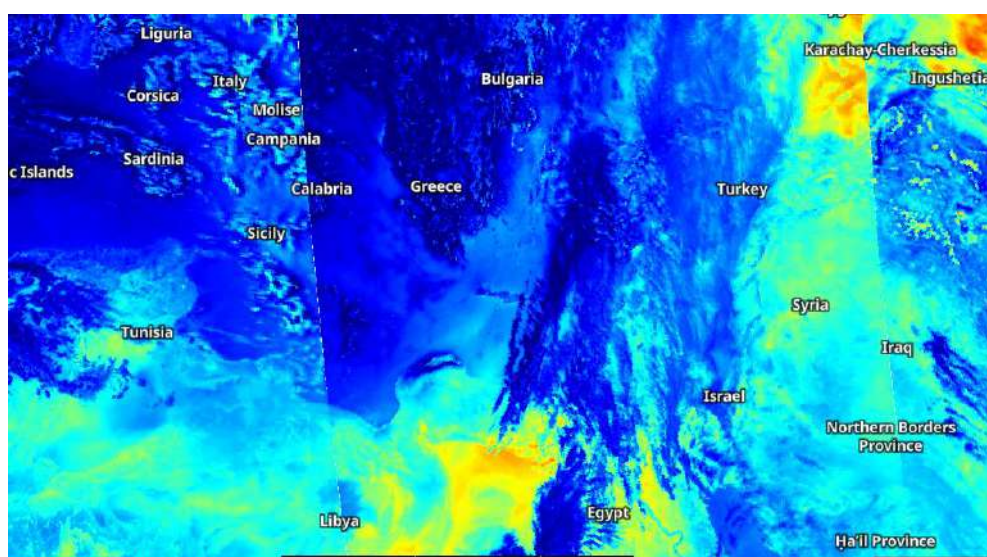
Το φαινόμενο που θέλουμε να μελετήσουμε είναι η διείδυση της αφρικανικής σκόνης στον ελλαδικό χώρο τον Απρίλιο του 2024. Οι παρακάτω εικόνες δείχνουν το πώς εξελίσσεται το φαινόμενο από τις 23-4-24 μέχρι τις 26-4-24.



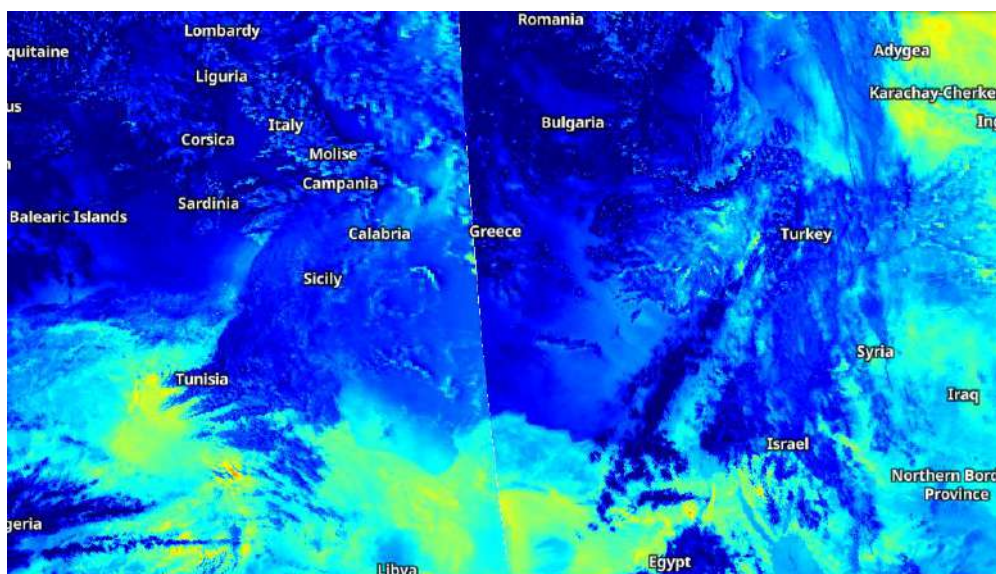
Εικόνα 52: Δείκτης αερολύματος στην Ανατολική Μεσόγειο στις 23-4-24



Εικόνα 53: Δείκτης αερολύματος στην Ανατολική Μεσόγειο στις 24-4-24



Εικόνα 54: Δείκτης αερολύματος στην Ανατολική Μεσόγειο στις 25-4-24



Εικόνα 55: Δείκτης αερολύματος στην Ανατολική Μεσόγειο στις 26-4-24

3.3 Πυρκαγιές

Θα θέλαμε να μελετήσουμε την πυρκαγιά που έκαψε το δάσος και τους οικισμούς της βόρειας Εύβοιας το χρονικό διάστημα 3-16 Αυγούστου 2021.

Εάν επιλεγεί το Θέμα της οπτικοποίησης ‘Πυρκαγιές’, τότε οι διαθέσιμοι δορυφόροι - εκτός από τον Sentinel 2- είναι ο Sentinel 5P που μετράει τους αέριους ρύπους και ο Sentinel 3 που μετράει θερμοκρασία εδάφους [22]. Μερικές από τις έτοιμες οπτικοποιήσεις που προσφέρει το Πρόγραμμα Περιήγησης Δορυφορικών Δεδομένων σε αυτό το Θέμα είναι η Ατμοσφαιρική Διείσδυση, ο Δείκτης Καμένης Έκτασης (Burn Area Index, BAI), η Ανίχνευση Καμένων Περιοχών και ο Κανονικοποιημένος Δείκτης Καμένης Έκτασης (Normalized Burn Ratio, NBR).

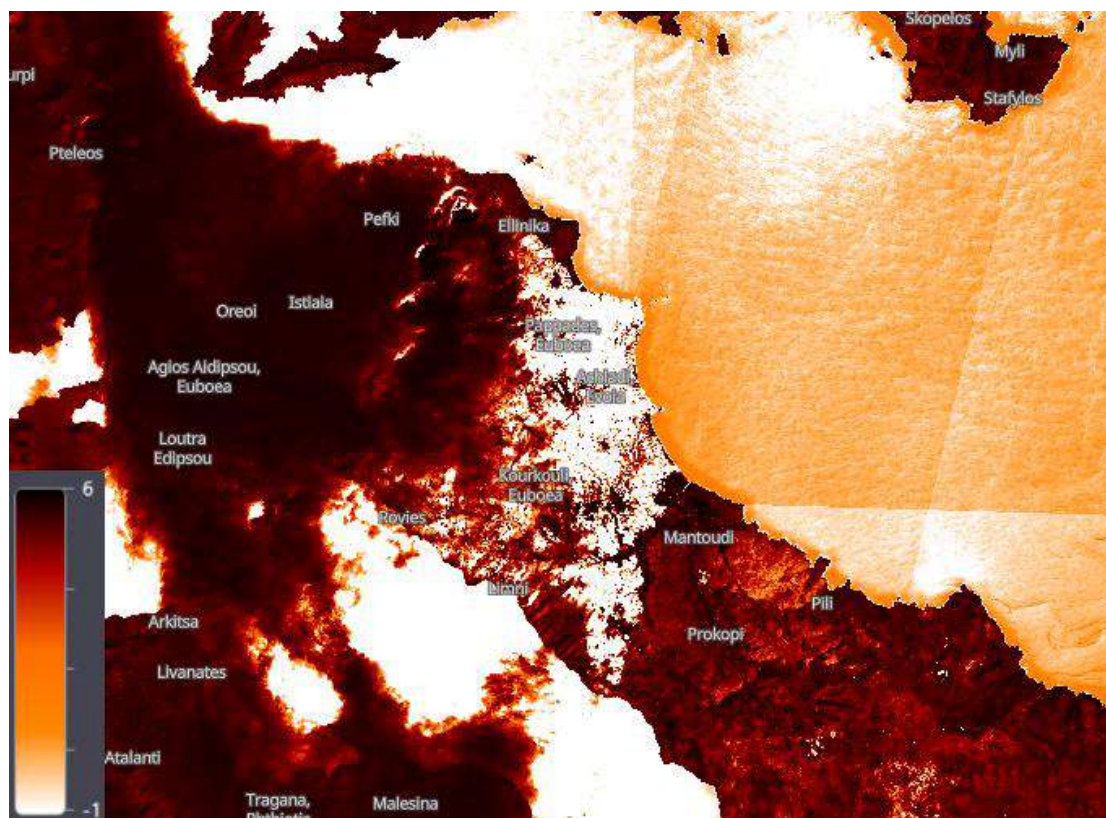
Η Ατμοσφαιρική Διείσδυση χρησιμοποιεί διαφορετικά κανάλια στο μη ορατό τμήμα του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος για να μειώσει την επίδραση της ατμόσφαιρας στην εικόνα. Τα βραχυκυματικά υπέρυθρα κανάλια 11 και 12 αντανακλώνται έντονα από θερμές περιοχές, κάνοντάς τα κατάλληλα για τη χαρτογράφηση πυρκαγιών και καμένων περιοχών. Το βραχυκυματικό υπέρυθρο κανάλι 8, αντιθέτως, ανακλάται ιδιαίτερα από τη βλάστηση, κάτι το οποίο καταδεικνύει την απουσία πυρκαγιάς. Η βλάστηση εμφανίζεται μπλε, εμφανίζοντας λεπτομέρειες που σχετίζονται με την

κατάσταση της βλάστησης. Η υγιής βλάστηση εμφανίζεται με γαλάζιο χρώμα ενώ η αραιή ή/και άνυδρη βλάστηση εμφανίζεται με θαμπό μπλε. Ο αστικός ιστός εμφανίζεται με λευκά, γκρίζα, κυανά ή μωβ.



Εικόνα 56: Ατμοσφαιρική Διείσδυση στη βόρεια Εύβοια στις 8-8-21

Ο Δείκτης Καμένης Έκτασης (BAI) χρησιμοποιεί το ευρύτερο φάσμα των καναλιών του ορατού, Red-Edge, NIR και SWIR. Το εύρος τιμών του δείκτη είναι από '-1' έως '1' για καμένες περιοχές και από '1' - '6' για ενεργές πυρκαγιές. Διαφορετικές εντάσεις πυρκαγιάς μπορεί να οδηγήσουν σε διαφορετικά κατώφλια: το εύρος τιμών προέκυψε μετά από βαθμονόμηση σε μεσογειακές κυρίως περιοχές.



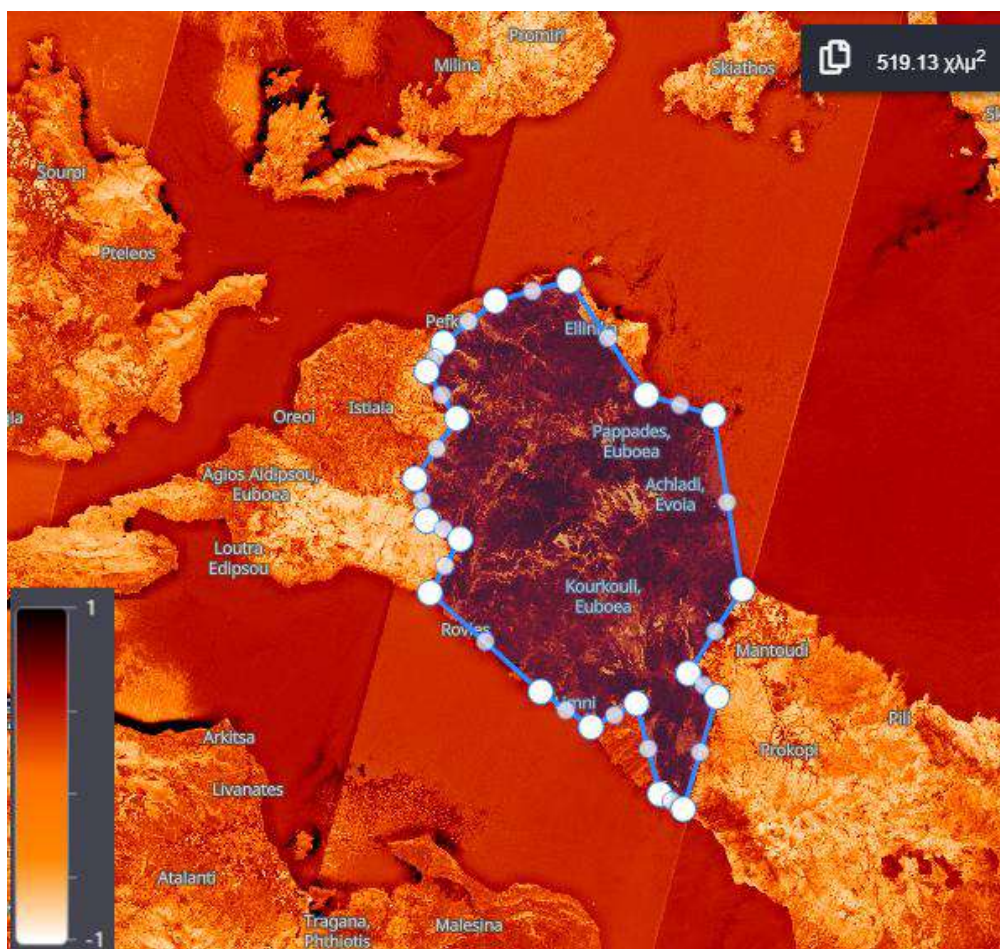
Εικόνα 57: ΒΑΙ στη βόρεια Εύβοια στις 8-8-21

Η Ανίχνευση Καμένων Περιοχών χρησιμοποιείται για τον εντοπισμό μεγάλων περιοχών που έχουν καεί πρόσφατα. Τα κόκκινα εικονοστοιχεία απεικονίζουν καμένες περιοχές και όλα τα άλλα εικονοστοιχεία απεικονίζονται σε φυσικό χρώμα.

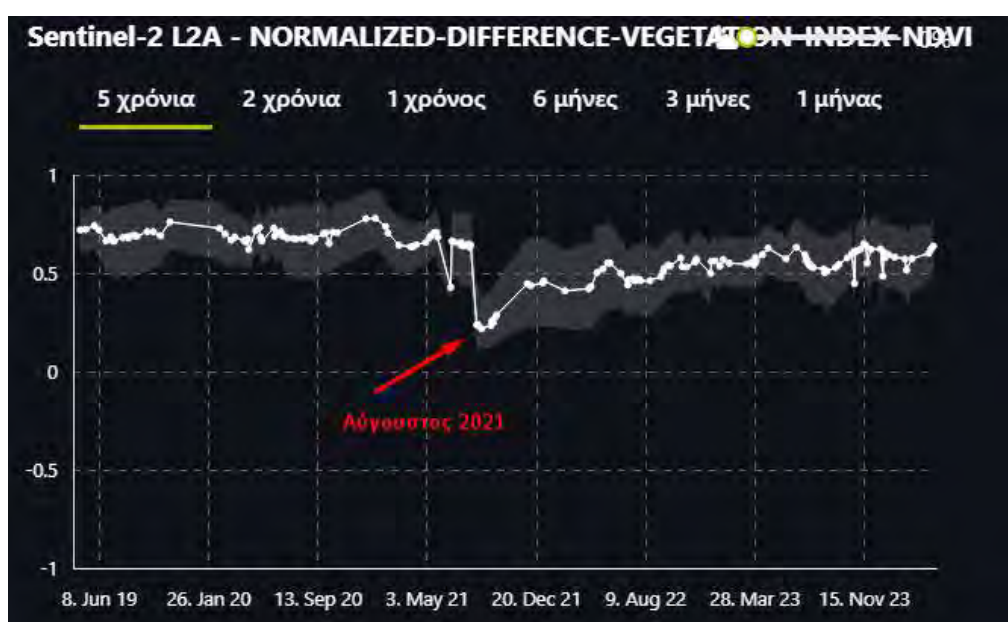


Εικόνα 58: Ανίχνευση Καμένων Περιοχών στη βόρεια Εύβοια στις 8-8-21

Ο Κανονικοποιημένος Δείκτης Καμένης Έκτασης (NBR) χρησιμοποιείται συχνά για την εκτίμηση της έντασης της καταστροφής του εδάφους. Χρησιμοποιεί εγγύς (NIR) και βραχυκυματικά (SWIR) υπέρυθρα. Η υγιής βλάστηση έχει υψηλή ανακλαστικότητα στο εγγύς υπέρυθρο τμήμα του φάσματος και χαμηλή στο βραχυκυματικό. Αντίθετα, οι καμένες περιοχές έχουν υψηλή ανακλαστικότητα στο βραχυκυματικό υπέρυθρο, και χαμηλή στο εγγύς. Τα σκούρα εικονοστοιχεία υποδεικνύουν καμένες περιοχές. Στην παρακάτω εικόνα έχουμε οριοθετήσει και την έκταση της καμένης περιοχής, η οποία προκύπτει περίπου 500.000 στρέμματα (Εικόνα 59). Για την ίδια δασική έκταση μπορούμε να μελετήσουμε την εξέλιξη του δείκτη βλάστησης NDVI την τελευταία πενταετία για να συμπεράνουμε την απότομη πτώση του τον Αύγουστο του 2021, λόγω της πυρκαγιάς, αλλά και την αργή πορεία ανόδου του. Ακόμα και σήμερα (2024), τρία χρόνια μετά από την καταστροφή της, η περιοχή δεν φαίνεται να έχει ανακτήσει την προ του 2021 εικόνα της (Εικόνα 60).

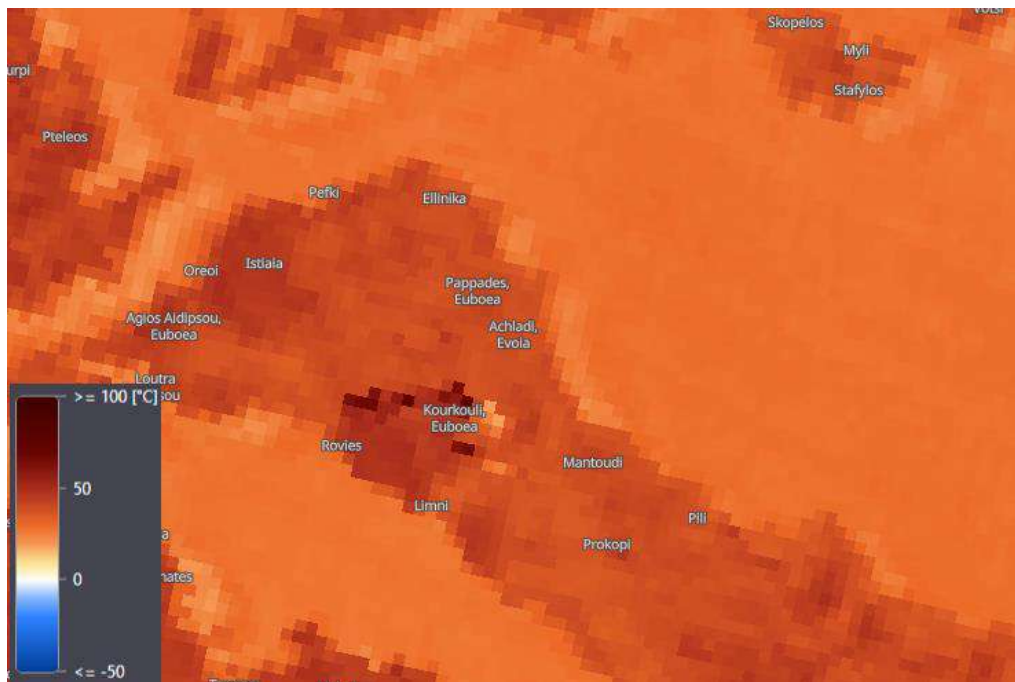


Εικόνα 59: NBR στη βόρεια Εύβοια στις 16-8-21

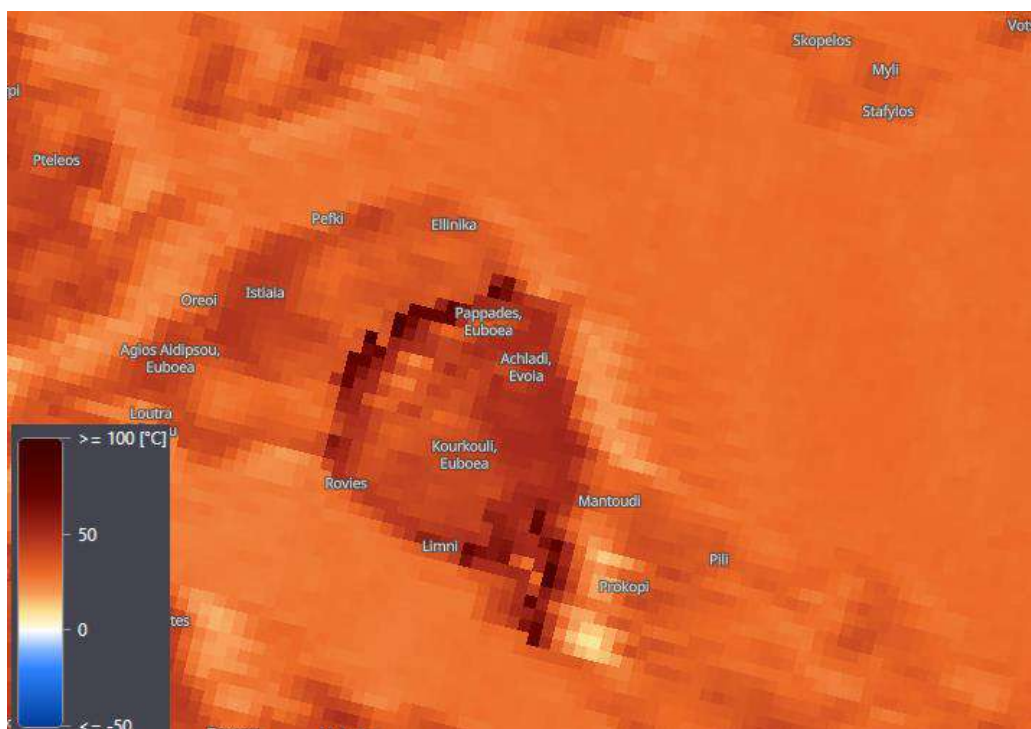


Εικόνα 60: NDVI πενταετίας για την οριοθετημένη καμένη περιοχή στη βόρεια Εύβοια

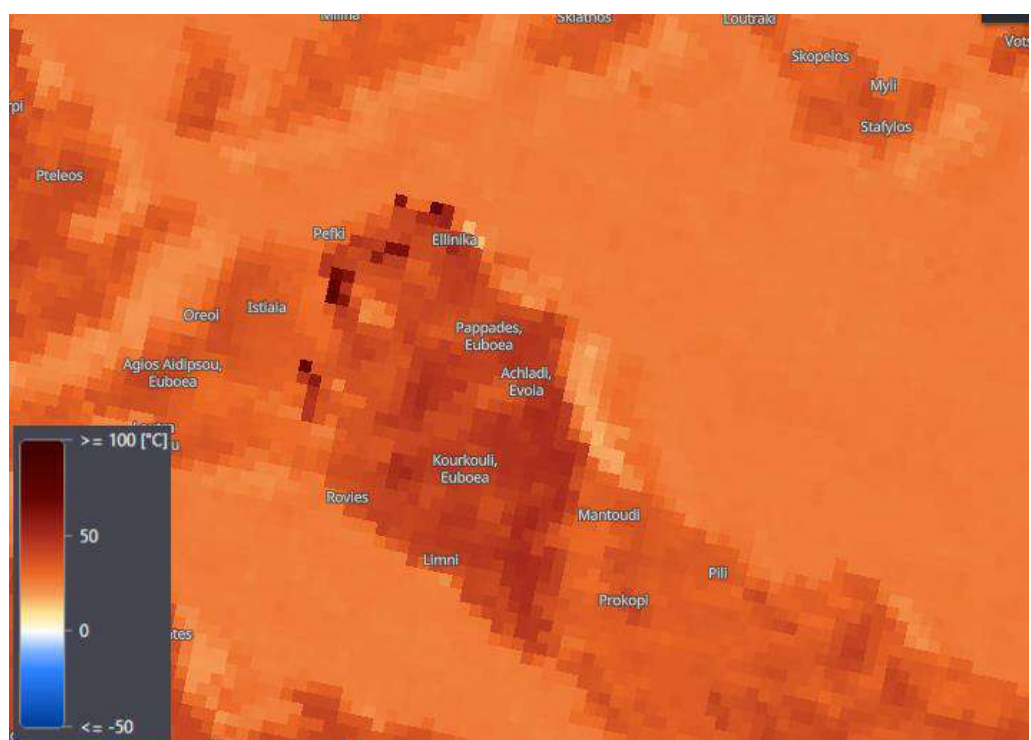
Αν επιλεγεί ο δορυφόρος Sentinel 3, δίδεται η δυνατότητα να οπτικοποιηθεί η θερμοκρασία της επιφάνειας της γης με ανάλυση 1km. Οι μετρήσεις γίνονται στο θερμικό υπέρυθρο (TIR), για την διευκόλυνση στην παρακολούθηση συμβάντων πυρκαγιάς. Το κεντρικό μήκος κύματος είναι 10854 nm. Στις εικόνες που ακολουθούν φαίνεται η εξέλιξη της θερμοκρασίας επιφανείας στη βόρεια Εύβοια στις 5, 7, 9 Αυγούστου 2021.



Εικόνα 61: Θερμοκρασία εδάφους στη βόρεια Εύβοια στις 5-8-21



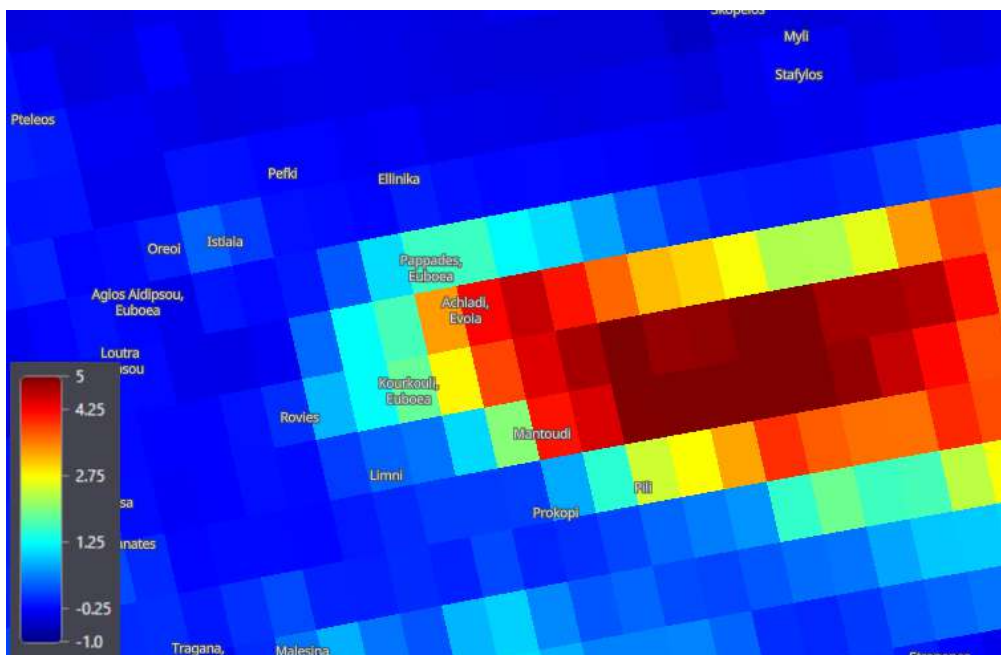
Εικόνα 62: Θερμοκρασία εδάφους στη βόρεια Εύβοια στις 7-8-21



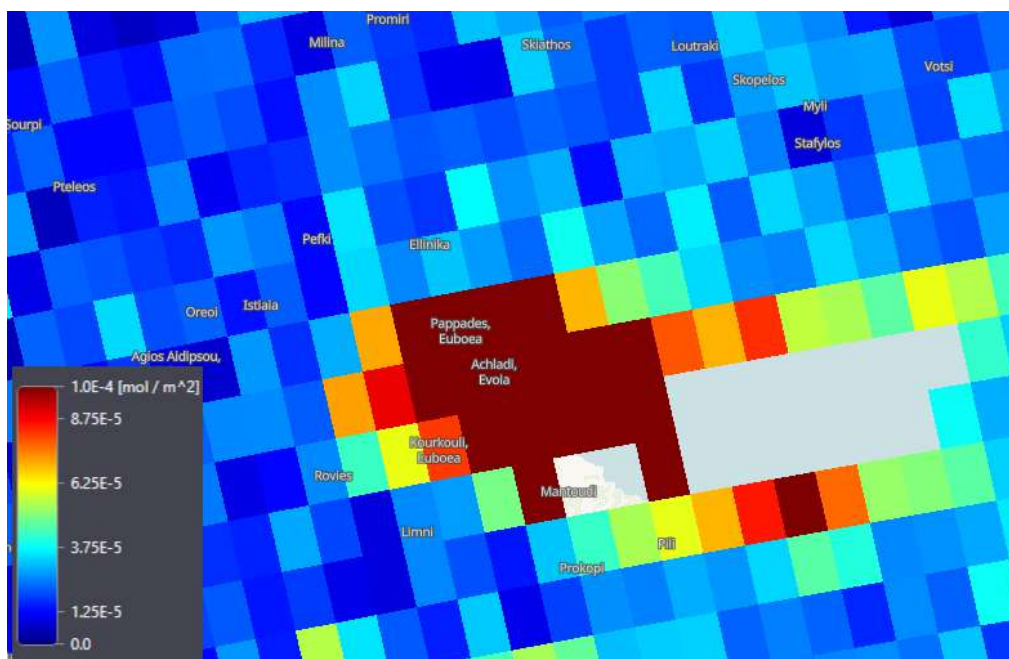
Εικόνα 63: Θερμοκρασία εδάφους στη βόρεια Εύβοια στις 9-8-21

Από τις παραπάνω εικόνες μπορούμε να συμπεράνουμε τη θέση των πιο ισχυρών μετώπων της φωτιάς (σκούρο κόκκινο) και πώς αυτά εξελίσσονται με το χρόνο.

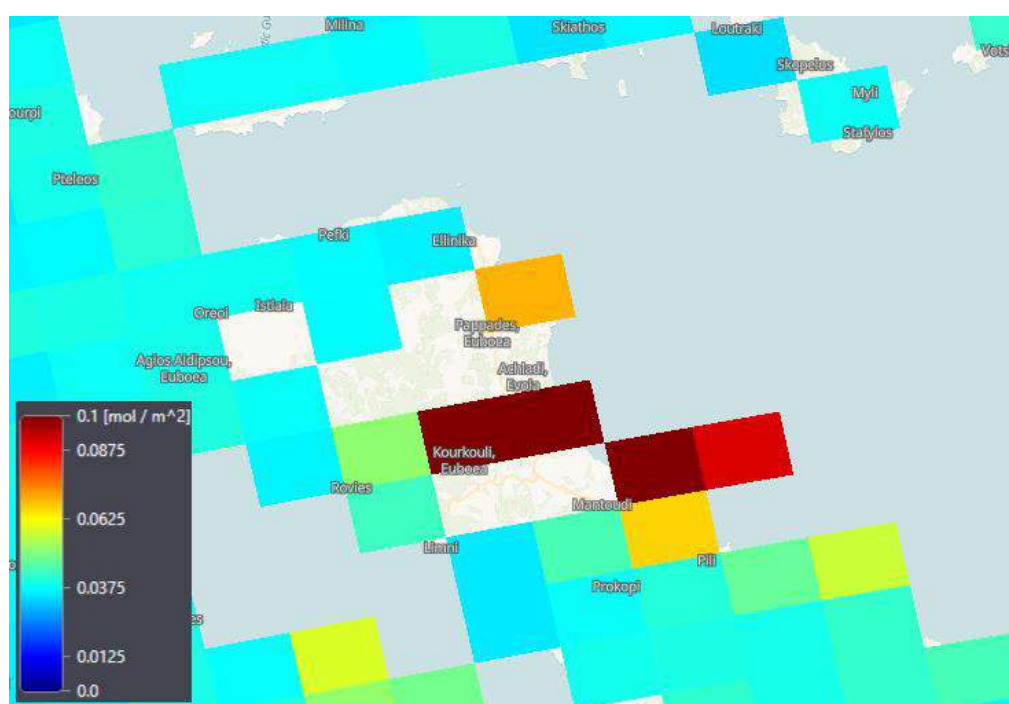
Για να μελετήσουμε τώρα μια πυρκαγιά μέσα από τα αέρια που συγκεντρώνονται στην ατμόσφαιρα, θα πρέπει να γίνει επιλογή του δορυφόρου Sentinel 5P. Είναι βολική για τη μελέτη μας η ενασχόληση με τα αερολύματα, το διοξείδιο του αζώτου και το μονοξείδιο του άνθρακα, τα οποία παράγονται σε μια πυρκαγιά. Στις εικόνες που ακολουθούν παρουσιάζεται το αποτύπωμα της πυρκαγιάς στις 6-8-21 για τα προαναφερθέντα στοιχεία.



Εικόνα 64: Συγκέντρωση αερολύματος στη βόρεια Εύβοια στις 6-8-21



Εικόνα 65: Συγκέντρωση NO₂ στη βόρεια Εύβοια στις 6-8-21



Εικόνα 66: Συγκέντρωση CO στη βόρεια Εύβοια στις 6-8-21

Τα παραπάνω ευρήματα αμβλύνονται σταδιακά καθώς η πυρκαγιά οδεύει προς τη λήξη της στις 16-8-21.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η χρήση της διαδικτυακής πλατφόρμας του Προγράμματος Περιήγησης Sentinel EO Browser παρέχει πρόσβαση σε δορυφορικά δεδομένα σχετικά με την ανάκλαση ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας σε διαφορετικά μέρη του φάσματος, από το υπεριώδες μέχρι το υπέρυθρο. Με συνδυασμό του ποσοστού ανάκλασης διαφόρων ‘καναλιών’ μπορούμε να βγάλουμε συμπεράσματα σχετικά με την ύπαρξη βλάστησης, υδάτινων όγκων, επιφανειακής υγρασίας κτλ. Αυτή η πληροφορία οπτικοποιείται με εύληπτο τρόπο από το λογισμικό, δίνοντας την δυνατότητα να μελετηθεί η εξέλιξη στο χρόνο πολλών περιβαλλοντικών φαινομένων. Η εύρεση ευκρινών εικόνων, η οριοθέτηση αντιπροσωπευτικών περιοχών μέτρησης και η παραγωγή αξιόπιστων γραφημάτων μεταβολής ενός δείκτη με το χρόνο εναπόκειται στην εξοικείωση και την συσσωρευμένη εμπειρία του χρήστη με το λογισμικό. Εξάλλου, τα εργαλεία που προσφέρει το λογισμικό είναι εύκολα στην εκμάθηση και τη χρήση τους, δίνοντας κίνητρο για την ερασιτεχνική ενασχόληση και την παιδαγωγική αξιοποίηση της υπολογιστικής υποδομής, πέραν της εξειδικευμένης ερευνητικής διάστασης.

Η μελέτη της εξέλιξης των πλημμυρικών φαινομένων γίνεται ικανοποιητικά αφού μπορούμε να μετρήσουμε το εμβαδό και τις διαστάσεις των πλημμυρισμένων εκτάσεων. Με την τρισδιάστατη απεικόνιση γίνεται εύκολα η τοποθέτηση των στεκούμενων υδάτων σε σχέση με τους ορεινούς όγκους. Η μεταβολή του δείκτη βλάστησης και του δείκτη επιφανειακής υγρασίας δίνει επιπλέον πληροφορία για την επίπτωση της πλημμύρας σε μια περιοχή ενδιαφέροντος που ορίζει ο χρήστης πάνω στον χάρτη. Με τον συνδυασμό των παραπάνω μεθόδων αναδεικνύονται και οι καλλιεργήσιμες εκτάσεις που λόγω της πλημμύρας μένουν άγονες για κάποιο χρονικό διάστημα. Να σημειωθεί ότι η χωρική ανάλυση αυτών των δεικτών είναι της τάξης των 10^1 - 10^2 m, απόλυτα ικανοποιητική σχετικά με το μέγεθος των αγροτεμαχίων στις υπό μελέτη περιοχές, που είναι κατά κανόνα μία τάξη μεγέθους μεγαλύτερο. Κατ’ επέκταση, με παρόμοιου είδους μελέτη θα μπορούσε να προσδιοριστεί η γειτνίαση πολιτικών και στρατιωτικών εγκαταστάσεων με υδατικά βεβαρημένες περιοχές, ώστε να εξαχθούν συμπεράσματα σχετικά με την ασφάλειά τους, χωρίς την ανάγκη επιτόπιων μετρήσεων.

Αναφορικά με την μελέτη της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, παρόλο που η χωρική ανάλυση είναι αρκετά μεγαλύτερη (της τάξης των 10^3 - 10^4 m) για τον προσδιορισμό της ποσότητας των αέριων ρύπων, η μελέτη κρίνεται ικανοποιητική. Κι αυτό γιατί τα συμπεράσματα για την ρύπανση λόγω της βιομηχανικής δραστηριότητας ή των αναγκών θέρμανσης και μετακίνησης ενός συμπαγούς πληθυσμού είναι ποιοτικά και αναφέρονται στην κλίμακα μιας εκτεταμένης περιοχής (π.χ. μιας πόλης). Μπορούμε επομένως να μελετήσουμε επαρκώς την ένταση των φαινομένων και την κατεύθυνση κίνησης των ρύπων, ακόμη και για την περίπτωση μιας μεγάλης πυρκαγιάς, που εκτείνεται σε κλίμακα μεγαλύτερη από την προαναφερθείσα. Στην περίπτωση των μικροσωματιδίων που μετακινούνται σε κλίμακες μεγαλύτερες των 10^6 m, η αποτύπωση της συγκέντρωσής τους με τη βοήθεια της πλατφόρμας σε συνδυασμό με υπολογιστικά μοντέλα της ατμοσφαιρικής κίνησης, δίνει ένα πολύ αποτελεσματικό προγνωστικό όπλο για την έγκαιρη προστασία του πληθυσμού από φαινόμενα όπως ορυκτή σκόνη (αφρικανική) και ηφαιστειακή τέφρα.

Η μελέτη μιας πυρκαγιάς με τη βοήθεια της πλατφόρμας είναι πολύπλευρη. Αρχικά μπορούμε να σκιαγραφήσουμε μια πυρκαγιά με βάση τους αέριους ρύπους (NO_2 , CO, αερολύματα). Εναλλακτικά, μπορούμε από τις σχετικές οπτικοποιήσεις να βγάλουμε συμπεράσματα για την καταναλωθείσα βλάστηση και την έκταση των καμένων περιοχών. Τέλος, με τη μέτρηση της θερμοκρασίας εδάφους αποκτούμε ένα αξιόπιστο σύμμαχο για την κατάσβεση των πυρκαγιών, μιας και η ένδειξη για τα πιο ισχυρά πύρινα μέτωπα επιτρέπει, μετά και από συνυπολογισμό της μορφολογίας του εδάφους, την ανακατεύθυνση της πυροσβεστικής απόπειρας και την έγκαιρη προειδοποίηση του πληθυσμού.

Συμπερασματικά, με τη χρήση της Γεωπληροφορικής και πιο ειδικά του Προγράμματος Περιήγησης Δορυφορικών Δεδομένων (Sentinel EO Browser) αποκομίζει κανείς πολλαπλές οπτικές στη μελέτη και την εκτίμηση διαφόρων περιβαλλοντικών κινδύνων. Εκτός από τις πλημμύρες, την ατμοσφαιρική ρύπανση και τις πυρκαγιές, μπορούν να μελετηθούν με εξίσου πρακτικό τρόπο οι αλλαγές της χρήσης γης, η συρρίκνωση και η επέκταση των υδάτινων σωμάτων, οι επιπτώσεις της εξόρυξης πρώτων υλών, η εξάπλωση του αστικού ιστού, η ηφαιστειακή δραστηριότητα και η διάβρωση των εδαφών.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Carstensen, L. W. (1986). Regional land information systems development using relational databases and geographic information systems. *Proceedings of the AutoCarto*, London, 507-516.
- [2] Campbell J. and Shin M. *Essentials of Geographic Information Systems v1.0*, Saylor Academy, 2012.
[\[https://saylordotorg.github.io/text_essentials-of-geographic-information-systems/\]](https://saylordotorg.github.io/text_essentials-of-geographic-information-systems/)
- [3] Goodchild, M. (1992). Geographical information science. *International Journal of Geographic Information Systems* 6 (1), 31-45.
- [4] Worboys, M. F. *GIS: A computing perspective*, London, Taylor and Francis, 1995.
- [5] DeMers M.N. *GIS for Dummies*, John Wiley and Sons, 2009.
- [6] Goodchild, M. GIS and geographic research. In *Ground truth: the social implications of geographic information systems*. J. Pickles (eds.), New York, Guilford, 1995.
- [7] Sentinelhub, EO Browser User Guide (2024).
[\[https://www.sentinel-hub.com/explore/eobrowser/\]](https://www.sentinel-hub.com/explore/eobrowser/)
- [8] Copernicus Data Space Ecosystem (2024) *European Space Agency (ESA)*.
[\[https://dataspace.copernicus.eu/ecosystem\]](https://dataspace.copernicus.eu/ecosystem)
- [9] ArcGIS online resources: Tutorials, documentation, Videos & More. (2024).
[\[https://www.esri.com/en-us/arcgis/products/arcgis-online/resources\]](https://www.esri.com/en-us/arcgis/products/arcgis-online/resources)
- [10] NASA's Applied Remote Sensing Training Program, Fundamentals of remote sensing, ανακτήθηκε 30/4/2024.
[\[https://appliedsciences.nasa.gov/sites/default/files/2022-11/Fundamentals_of_RS_Edited_SC.pdf\]](https://appliedsciences.nasa.gov/sites/default/files/2022-11/Fundamentals_of_RS_Edited_SC.pdf)
- [11] Tegos, A., Ziogas, A., Bellos, V., & Tzimas, A. (2022). Forensic Hydrology: A Complete Reconstruction of an Extreme Flood Event in Data-Scarce Area. *Hydrology*, 9 (5), 93.

- [12] Xafoulis, N., Kontos, Y., Farsirotou, E., Kotsopoulos, S., Perifanos, K., Alamanis, N., Dedousis, D., & Katsifarakis, K. (2023). Evaluation of Various Resolution DEMs in Flood Risk Assessment and Practical Rules for Flood Mapping in Data-Scarce Geospatial Areas: A Case Study in Thessaly, Greece. *Hydrology*, 10 (4), 91.
- [13] Xafoulis, N., Farsirotou, E., Kotsopoulos, S., & Alamanis, N. (2022). Flood hazard assessment in a mountainous river basin in Thessaly, Greece, based on 1D/2D numerical simulation. *Energy Nexus*, 8, 100-142.
- [14] Hassaan, M.A., Abdallah, S.M., Shalaby, *et al.* (2023). Assessing vulnerability of densely populated areas to air pollution using Sentinel-5P imageries: a case study of the Nile Delta, Egypt. *Sci Rep* 13, 17406.
- [15] Dolenc S. (2019) Measuring Air Pollution from Space, Sentinel Hub Blog, ανακτήθηκε 15/5/2024.
[<https://medium.com/sentinel-hub/measuring-air-pollution-from-space-7492f5dad7bc>]
- [16] Assimakopoulou P, Nastos P, Vassilakis E. (2019). Using Copernicus EO data and services in primary education. *EGU General Assembly*, 21, 3549.
- [17] Wooster, M.J., Roberts, G.J., Giglio, L. *et al.* (2021). Satellite remote sensing of active fires: History and current status, applications and future requirements, *Remote Sensing of Environment*, 267, 112694.
- [18] Benali, A., Guiomar, N., Gonçalves, H. *et al.* (2023). The Portuguese Large Wildfire Spread database (PT-FireSprd), *Earth Syst. Sci. Data*, 15, 3791–3818.
- [19] Tomchenko, O.V. *et al.* (2023). Assessment and monitoring of fires caused by the War in Ukraine on Landscape scale. *Journal of Landscape Ecology*. 16. 76-97.

- [20] Babiichuk, S.M., Iurkiv, L.Y., Tomchenko, O.V., Kuchma, T.L., (2022) Fundamentals of remote sensing Part I, Kyiv National Academy, ανακτήθηκε 30/4/2024.
[https://www.sentinel-hub.com/explore/education/resources/docs/2022_fundamentals-of-remote-sensing.pdf]
- [21] Gomez, A.C., Wagener N., Sarti F., (2019) Exercise with EO Browser : Air Pollution, ESA, ανακτήθηκε 30/4/2024.
[https://www.sentinel-hub.com/docs/Exercise_EO_Browser_Air_pollution.pdf]
- [22] Gomez, A.C., Pepe, E., Lasaponara, R., (2019) Exercise with EO Browser : Wildfires, ESA, ανακτήθηκε 30/4/2024.
[https://www.sentinel-hub.com/docs/Exercise_EO_Browser_Wildfires.pdf]