

Ανοικτό Πανεπιστήμιο Κύπρου

Σχολή Θετικών & Εφαρμοσμένων Επιστημών

Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών

Διαχείριση & Προστασία Περιβάλλοντος

Μεταπτυχιακή Διατριβή



Περιβαλλοντική ευπάθεια και φυσικοί κίνδυνοι των υδρολογικών ενοτήτων της Εύβοιας που επλήγησαν από τις καταστρεπτικές πυρκαγιές τον Αύγουστο του 2019

Αντώνιος Ακριώτης

**Επιβλέπων Καθηγητής
Σταύρος Κολιός**

Μάιος 2020

Ανοικτό Πανεπιστήμιο Κύπρου

Σχολή Θετικών & Εφαρμοσμένων Επιστημών

Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών

Διαχείριση & Προστασία Περιβάλλοντος

Μεταπτυχιακή Διατριβή

Περιβαλλοντική ευπάθεια και φυσικοί κίνδυνοι των υδρολογικών ενοτήτων της Εύβοιας που επλήγησαν από τις καταστρεπτικές πυρκαγιές τον Αύγουστο του 2019

Αντώνιος Ακριώτης

**Επιβλέπων Καθηγητής
Σταύρος Κολιός**

Η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή υποβλήθηκε προς μερική εκπλήρωση των απαιτήσεων για απόκτηση μεταπτυχιακού τίτλου σπουδών

στις 04 Μαΐου 2020

από τη Σχολή Θετικών & Εφαρμοσμένων Επιστημών
του Ανοικτού Πανεπιστημίου Κύπρου.

Μάιος 2020

ΛΕΥΚΗ ΣΕΛΙΔΑ

Περίληψη

Οι δασικές πυρκαγιές αποτελούν μία από τις ουσιαστικότερες αιτίες στην διαταραχή των δασικών οικοσυστημάτων της Νότιας Ευρώπης.

Μελέτες προβολής που βασίζονται στο σύστημα Canadian Forest Fire Weather Index (FWI) αλλά και εκτιμήσεις από την εξέταση του δείκτη KBDI ανέδειξαν την μελλοντική αύξηση του κινδύνου πυρκαγιάς.

Αξιοποιώντας προϊόντα Sentinel – 2, η αξιολόγηση και η διαβάθμιση της έντασης της πυρκαγιάς μέσω του δείκτη dNBR είναι ένα εργαλείο καταγραφής της σφοδρότητας της εκτίμησης των δυνητικά θιγόμενων εκτάσεων και του βαθμού της προκληθείσας καταστροφής.

Η χωροθέτηση της διαβαθμισμένης, εξαιτίας της σφοδρότητας καύσης, επιφάνειας σε υπόβαθρο ψηφιακών μεταδεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν για τη κατασκευή χαρτών γαιοικανότητας διευκολύνουν με τη χρήση GIS την εκτίμηση της ευπάθειας των εδαφών.

Ο καθορισμός των υδρολογικών ενοτήτων (υδρογραφικό δίκτυο και λεκάνες) θα συγκεκριμενοποιήσει τις ζώνες επιδείνωσης των γεωμορφολογικών διαδικασιών κατά τη διάρκεια ενός συμβάντος βροχόπτωσης και στην υδρολογική απόκριση των λεκανών απορροής.

Η χρησιμοποίηση πλεγματικών δεδομένων DEM της ΕΚΧΑ Α.Ε. από τη συνδυαστική χρήση των HEC – RAS και HEC – GeoRas μπορούν να εκτιμήσουν την έκθεση των πεδινών περιοχών σε πλημμυρικούς κινδύνους αξιοποιώντας πληροφορίες και δεδομένα των Σχεδίων Διαχείρισης Πλημμυρών και της καταρχήν χωροθετημένες Ζ.Υ.Δ.Κ.

Η σύνθεση των γεωλογικών χαρτών και του χάρτη γαιοικανότητας σε συνδυασμό με τον υδρολιθολογικό χάρτη αναδεικνύουν, μέσω πολυκριτηριακής ανάλυσης, την ευπάθεια των εδαφών σε κινδύνους διάβρωσης εξαιτίας επεισοδίων βροχόπτωσης.

Οι διαβαθμισμένες ζώνες ευπάθειας σε επίπεδο υδρολογικών ενοτήτων σε συνδυασμό με τις κλίσεις του εδάφους θα καθορίσουν τις ζώνες επέμβασης για την κατασκευή αντιδιαβρωτικών έργων και οι ισχύουσες τεχνικές προδιαγραφές χωροθέτησης αυτών θα δώσουν άμεσα αποτελέσματα εκτίμησης ποσοτήτων.

Η εκτίμηση κινδύνου πλημμύρας στη πεδινή κοίτη ανάδειξε την επιπλέον προσθήκη έργων διευθέτησης στην ορεινή κοίτη, με τη κατασκευή φραγμάτων βάρους εξασφαλίζοντας, μέσω της επίτευξης της κλίσης ισορροπίας, στη φάση λειτουργίας του έργου μηδενικές συνθήκες στερεομεταφοράς και λασποροής.

Η αξιοποίηση των όμβριων καμπυλών και της έντασης της βροχής όπως περιγράφονται στα Σχέδια διαχείρισης πλημμυρών σε συνδυασμό με το open source λογισμικό προσδιορισμού της υδατοπαροχής και της κλίσης αντιστάθμισης του ΥΠΕΝ αντίστοιχα, αναδείχθηκαν σε σοβαρά εργαλεία εκπόνησης αποτελεσμάτων κατά το στάδιο αυτό.

Λέξεις – Κλειδιά: HEC-RAS, HEC-GeoRAS, GIS, NDVI, dNBR, Sentinel, Landsat, υδρογραφικό δίκτυο, πυρκαγιές, πλημμύρες, διάβρωση, Μεσογειακά οικοσυστήματα

Abstract

Wildfires are one of the main causes which lead to significant losses in the forest ecosystems of southern Europe.

Projection studies, based on the FWI system, as well as the evaluation of the examination index KBDI, highlighted and revealed the future conditions which are likely to lead to an increase of the fire risk.

By optimizing Sentinel-2 products, the assessment of the wild fire's intensity gradations, through the application of the dNBR index, is a useful implement for measuring its severity, as well as estimating the potentially affected forest areas and the rate of the damage caused.

The siting of the graded, due to the combustion intensity, surface levels, based on the used digital metadata for the map designing of the land capacity, and by involving the usage of the GIS program, facilitate the assessment of the soil's sensitivity and vulnerability.

By defining the hydrological units (hydrographic network and basin), the deterioration zones of geomorphological processes during a rainfall and the hydrological response of the drainage basin can be determined.

The application of the DEM grid data of the EKXA S.A. by the combined use of HEC – RAS, and HEC – GeoRas may estimate the risk exposure of the flat land due to potential floods, when used concurrently with information and data of the flood risk management plans and the so sited, in principle, Z.Y.Δ.K.

The composition of geological maps and the land capacity map, in combination with the hydrogeological maps, via the multi-criteria analysis, present the risk of soil erosion of the analyzed territory, due to potential floods.

The graded vulnerability zones, at hydrological units level, combined with the steep slopes, will indicate the emergency zones where the construction of anti-erosion and flood prevention projects. The current technical specifications concerning the location of them will provide results for the estimated quantities.

The flood risk assessment of lowland riverbeds demonstrated the need of additional arrangement projects in the mountainous riverbed, by constructing weight barriers ensuring, through the attainment of the heel in the equilibrium position, the operation phase of the project has zero solid transportation and mudslide.

The development of precipitation curves and the rainfall intensity, as specified in the flood risk management plans, in combination with the open course identification software for determining the stream measurement and the slope compensation of the YIEN respectively, have proved themselves as great implements in result outcome, during this stage.

Ευχαριστίες

Τις θερμές μου ευχαριστίες στον επιβλέποντα καθηγητή της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής, Δρ. Σταύρο Κολιό.

Στον αείμνηστο, εξαιρετικό επιστήμονα και καθηγητή Δρ. Γιώργο Μηλιαρέση.

*Στη Μνήμη της γυναίκας μου
Μαρικαίτης*

Περιεχόμενα

Κεφάλαιο 1.....	1
Εισαγωγή.....	1
1.1 Μεσογειακά οικοσυστήματα - Δασικές Πυρκαγιές.....	1
1.2 Κλιματική αλλαγή – Δασικές Πυρκαγιές.....	1
1.3 Υδρολογική συμπεριφορά Λεκανών απορροής.....	4
1.3.1 Υδρολογικός κύκλος.....	4
1.3.2 Υδατικό ισοζύγιο	6
1.3.2.1 Υδατοσυγκράτηση.....	6
1.3.2.2 Διήθηση.....	6
1.3.2.3 Συγκράτηση υγρασίας.....	7
1.4 Υδρολογική συμπεριφορά Λεκανών απορροής.....	7
1.5 Σχέδια Διαχείρισης Πλημμύρας	10
1.6 Γεωσκόπηση	10
1.6.1 Διαχρονική παρακολούθηση δασικών διαταραχών και υποβάθμισης δασών με τη χρήση της Γεωσκόπησης.....	11
1.6.2 Ευρωπαϊκό πρόγραμμα Γεωσκόπησης Copernicus.....	12
1.6.2.1 Δορυφόροι Sentinel	13
1.7 Καταγραφή του προβλήματος	15
1.8 Σκοπός έρευνας.....	15
1.9 Προσδοκώμενα αποτελέσματα	15
Κεφάλαιο 2.....	16
Βιβλιογραφική ανασκόπηση.....	16
2.1 Εισαγωγή.....	16
2.2 Μεσογειακά οικοσυστήματα	17
2.2.1 Γενικά χαρακτηριστικά.....	17
2.2.2 Λεκάνη της Μεσογείου	18
2.2.2.1 Κλίμα	18

2.2.2.2 Γεωλογία – Έδαφος.....	18
2.2.2.3 Βλάστηση	21
2.2.2.4 Φωτιά	21
2.2.2.5 Βόσκηση	21
2.2.2.6 Εξελικτική πορεία βλάστησης - φυτοπροστασία	22
2.3 Αποκατάσταση περιβάλλοντος.....	23
2.3.1 Γενικά	23
2.3.2 Σκοπός της αποκατάστασης.....	23
2.3.3 Επικρατούσες αντιλήψεις αποκατάστασης στα πλαίσια των επεμβάσεων.....	23
2.3.4 Αρχές Αποκατάστασης	24
2.3.4.1 Αρχή της διατήρησης του εδάφους	24
2.3.4.2 Αρχή της «αυτοδιαδοχής».....	25
2.4 Τεχνικές διατήρησης του εδάφους.....	26
2.4.1 Γενικά	26
2.4.1.1 Κλαδοπλέγματα ή Φακελώματα	26
2.4.1.2 Κορμοσειρές ή Κορμοδέματα	26
2.4.1.3 Ξύλινα φράγματα ή κορμοφράγματα.....	26
2.4.1.4 Άλλες κατασκευές	26
2.4.1.5 Σύγχρονες τεχνικές.....	27
2.4.1.6 Σκυρόδετα, Λιθόδημητα φράγματα.....	27
2.5 Δορυφόροι και αισθητήρες	27
2.5.1 Κίνηση των δορυφόρων γύρω από τη γη	27
2.5.2 Παθητικοί και Ενεργητικοί Αισθητήρες	28
2.5.2.1 Παθητικοί Αισθητήρες	28
2.5.2.2 Ενεργητικοί Αισθητήρες.....	29
2.5.3 Χαρακτηριστικά των οργάνων καταγραφής	30
2.5.3.1 Χωρική διακριτική ικανότητα - spatial resolution	30
2.5.3.2 Φασματική διακριτική ικανότητα – spectral resolution	30
2.5.3.3 Ραδιομετρική διακριτική ικανότητα – radiometric resolution	30

2.6 Προϊόντα Sentinel	30
2.6.1 Επισκόπηση Προϊόντων Sentinel 2	32
2.6.2 Ραδιομετρική διόρθωση και γεωαναφορά.....	32
2.6.3 Τοπογραφική και Ατμοσφαιρική διόρθωση	33
2.6.4 Διάθεση προϊόντων Sentinel 2.....	33
2.6.5 Σύγκριση Sentinel 2 – Landsat 8 και Landsat 7	33
2.6.6 Γεωγραφική κάλυψη εικόνων Sentinel 2 level 2A	35
2.7 Εφαρμογές Sentinel	36
2.7.1 Παρακολούθηση δασικών πυρκαγιών.....	36
2.7.2 Ραδιομετρικοί ή Φασματικοί δείκτες καμένων εκτάσεων	37
2.7.2.1 Γενικά	37
2.7.2.2 Κανονικοποιημένος Λόγος Καμένης Έκτασης (Normalized Burn Ratio –NBR)	38
2.7.2.3 Κανονικοποιημένος Δείκτης Διαφοράς Βλάστησης (Normalized Difference Vegetation Index -NDVI).....	40
2.7.2.4 Διαφορικός Κανονικοποιημένος Λόγος Καμένης Έκτασης (Differenced Normalized Burn Ratio – dNBR).....	42
2.8 Χαρτογράφηση – Ταξινόμηση και Αξιολόγηση των Γαιών: Τεχνικές προδιαγραφές.....	43
2.8.1 Γενικά	43
2.8.1.1 Κριτήρια Ταξινόμησης και Χαρτογράφησης των Γαιών.	43
2.8.1.1.1 Οικολογική περιοχή (τοπικό κλίμα)	43
2.8.1.1.2 Βαθμός ανθρωπογενούς Επίδρασης στη Φυσική Βλάστηση	44
2.8.1.1.3 Γεωμορφές	44
2.8.1.1.4 Βάθος Εδάφους.....	46
2.8.1.1.5 Διάβρωση εδάφους	46
2.8.1.1.6 Κλίση της επιφάνειας του εδάφους.....	46
2.8.1.1.7 Έκθεση.....	46
2.8.2. Σύνταξη του Χάρτη Γαιών	46
2.9 Υδρολιθολογικός Χάρτης	48
2.9.1 Εδαφικοί τύποι.....	48

2.9.2 Καθορισμός εδαφικών τύπων για τον ορεινό χώρο και τα Δασικά εδάφη.....	48
2.9.3 Υδρολιθολογικός χάρτης.....	50
2.9.4 Δείκτης USLE, RUSLE,L,LS	51
2.10 Υψομετρική πληροφορία.....	51
2.10.1 Γενικά	51
2.10.2 Ψηφιακά Μοντέλα Εδάφους – DEM της ΕΚΧΑ Α.Ε.	52
2.11 Προσομοίωση Ροής.....	53
2.11.1 Γενικά	53
2.11.2 Εντοπισμός Υδρογραφικού Δικτύου	53
2.11.3 Εντοπισμός Υδρολογικής Λεκάνης, Μορφομετρική Ανάλυση Λεκανών	53
2.11.3.1 Εντοπισμός Υδρολογικής Λεκάνης.....	53
2.11.3.2 Μορφομετρικά στοιχεία Υδρολογικής Λεκάνης.....	54
2.11.4 Λογισμικό προσομείωσης ροής	55
2.11.4.1 Προεπεξεργασία εδάφους.....	55
2.11.4.1.1 Φίλτρα.....	55
2.11.4.1.2 Υπερχείλιση βυθισμάτων.....	56
2.11.4.1.3 Υπολογισμός της διεύθυνσης ροής και συσσώρευσης ροής- καθορισμός υδρογραφικού δικτύου.....	56
2.11.4.1.4 Υπολογισμός λεκάνης απορροής περιοχής ενδιαφέροντος.....	56
2.11.5 Υδραυλικά χαρακτηριστικά λεκανών απορροής	58
2.11.5.1 Γενικά – Ορισμοί.....	58
2.11.5.2 Χρόνος συρροής.....	60
2.11.5.3 Παροχές σχεδιασμού	61
2.11.5.4 Συντελεστής απορροής	62
2.11.5.5 Ένταση κρίσιμης βροχόπτωσης	62
2.11.6 Διαστάσεις Υδραυλικών Μοντέλων (1D/2D)	63
2.12 Δασικός χάρτης	63
2.13 Ελληνική Τεχνική Προδιαγραφή (ξυλοφράκτες, κορμοδεμάτα, κορμοφράγματα κ.λ.π.)..	64
2.14 ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ HEC-RAS	65

2.14.1 Γεωμετρικά δεδομένα.....	65
2.14.2 Μόνιμη Ροή (STEADY FLOW DATA).....	66
2.14.3 Περιορισμοί.....	67
2.14.4 Εκτέλεση Υδραυλικού Μοντέλου.....	67
2.15 ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ HEC- GeoRAS.....	67
2.16 Διευθέτηση Χειμάρρων.....	68
2.16.1 Ποτάμιες διεργασίες.....	68
2.16.2 Συνθήκες ισορροπίας των κοιτών, οριακές κλίσεις.....	69
Κεφάλαιο 3.....	71
Μεθοδολογία.....	71
3.1 Εισαγωγή.....	71
3.1.1 Περιοχή μελέτης - Αναγνώριση.....	71
3.1.2 Πηγές στοιχείων αναγνωριστικής μελέτης.....	71
3.1.3 Χωρογραφικές, μορφολογικές και τοπογραφικές συνθήκες.....	72
3.1.4 Βλάστηση.....	73
3.1.5 Γεωλογία – έδαφος.....	74
3.2 Ερευνητικά ερωτήματα.....	76
3.3 Καθορισμός Περιοχής Μελέτης.....	78
3.3.1 Προσδιορισμός καμένης έκτασης.....	78
3.3.1.1 Γεωγραφικός προσδιορισμός (συντεταγμένες) και Επιλεγμένη περιοχή.....	78
3.3.1.2 Χρησιμοποιούμενα λογισμικά επεξεργασίας.....	79
3.3.1.3 Αποτέλεσμα διαδικασίας (Όριο καμένης έκτασης – διαβάθμιση σφοδρότητας πυρκαγιάς.....	82
3.3.2 Προσδιορισμός υδρολογικής λεκάνης.....	83
3.3.3 Δασικός Χάρτης.....	85
3.3.4 Περιοχή Μελέτης – Αποτέλεσμα 1.....	86
3.4 Επιλογή Τελικών Επιφανειών.....	90
3.4.1 Δημιουργία χάρτη Ευπάθειας.....	90
3.4.1.1 Χάρτης βάθος εδάφους.....	90

3.4.1.2 Υδρολιθολογικός χάρτης.....	92
3.4.1.3 Χάρτης Ευπάθειας.....	93
3.4.2 Δημιουργία χάρτη Κλίσεων	94
3.5 Επιλογή τελικών επιφανειών	95
3.6 Δημιουργία ισοϋψών επιλογή ισοδιάστασης.....	97
3.7 Θέσεις κατασκευής, αριθμός κορμοφραγμάτων.....	98
3.8 Εκτίμηση κινδύνου Πλημμύρας	99
3.8.1 Υπολογισμός Παροχής	99
3.8.1.1 Υπολογισμός όμβριας καμπύλης	99
3.8.1.2 Υπολογισμός στοιχείων λεκάνης απορροής.....	100
3.8.1.3 Υπολογισμός χρόνου συγκέντρωσης (tc) με τη μέθοδο του Giandotti	101
3.8.1.4 Υπολογισμός συντελεστή απορροής	101
3.8.2 Προσομείωση πλημμύρας στη πεδινή κοίτη (Λογισμικά ArcGis, Hec – GeoRas, Hec – Ras).....	104
3.8.2.1 Εισαγωγή στοιχείων στο ArcGis	104
3.8.2.2 Εισαγωγή στοιχείων στο Hec – Ras.....	105
3.8.2.3 Εισαγωγή αποτελεσμάτων στο ArcGis.....	107
3.9 Διευθέτηση Χειμάρρου	107
3.9.1 Αποτύπωση	107
3.9.2 Υπολογισμός κλίσης αντιστάθμισης και κλίσης ισορροπίας	108
Κλίση αντισταθμίσεως.....	109
3.9.3 Χωροθέτηση έργων (ΦΡΑΓΜΑΤΩΝ ΒΑΡΟΥΣ)	109
Κεφάλαιο 4.....	111
Αποτελέσματα.....	111
4.1 Υπολογισμός κορμοδεμάτων ή ξυλοφρακτών.....	111
4.2 Υπολογισμός κορμοφραγμάτων	112
4.3 Υπολογισμός κινδύνου Πλημμύρας	113
4.4 Χωροθέτηση Φραγμάτων βάρους.	115
Κεφάλαιο 5.....	116

Συζήτηση – Συμπεράσματα – Προτάσεις.....	116
5.1 Συμπεράσματα	116
5.2 Συζήτηση - Προτάσεις	117
Παραρτήματα.....	120
Α. Υπολογισμός της διεύθυνσης ροής και συσσώρευσης ροής- καθορισμός υδρογραφικού δικτύου (ArcGis)	121
Β. Υπολογισμός της διεύθυνσης ροής και συσσώρευσης ροής- καθορισμός υδρογραφικού δικτύου δημιουργία λεκανών απορροής (ArcHydro)	125
Βιβλιογραφία	129

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1. Χάρτης περιοχών που θα παρουσιάσουν αυξημένο δείκτη δυσφορίας. (Πηγή: Giannakopoulos et al., 2011).	2
Εικόνα 2. Χάρτης περιοχών με αυξανόμενη πιθανότητα εκδήλωσης πυρκαγιών Πηγή: (Giannakopoulos et al., 2011).	3
Εικόνα 3. Χάρτης του Π.Δ. 575/1980 Πηγή: (https://www.civilprotection.gr/el/)	3
Εικόνα 4. Μηνιαίο διάγραμμα εκδήλωσης πυρκαγιών περιόδου 2000 – 2018. (πηγή: Στατιστικά Αρχείου Συμβάντων - Πυροσβεστικό Σώμα - Σύνολα Δεδομένων - data.gov.gr , 2020) Επεξεργασία: Available at: https://solomonmag.com/project/mia-apotiposi-ton-pirkagion-rou-ekapsan-ta-dasi-tis-eladas-2000-2018/ (Accessed: 30 March 2020).	4
Εικόνα 5. Υδρολογικές διεργασίες κατά τη μετατροπή της βροχής σε απορροή στη κοίτη εκκένωσης ή λαϊμός (κοίτη αναμετακινήσεως) μίας λεκάνης απορροής (πηγή: Μπαλούτσος et al., 2001).	5
Εικόνα 6. (Α) ΖΥΔΚ Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας.	10
Εικόνα 7. Ο δορυφόρος Sentinel 2 και η τροχιά του. Πηγή: (http://www.cesbio.ups-tlse.fr , http://spaceflight101.com/copernicus/sentinel-	31
Εικόνα 8. Χαρακτηριστικά του πολυφασματικού οργάνου καταγραφής MSI του Sentinel 2. Πηγή: (Immitzer et al., 2016).	32
Εικόνα 9. Σύγκριση καναλιών μεταξύ του Landsat 7 και 8 και του Sentinel 2. Πηγή: (http://landsat.gsfc.nasa.gov).	35
Εικόνα 10. Γεωγραφική κάλυψη προϊόντων Sentinel Level 2A. Πηγή: (http:// www.eurosdrr.net /sites/default/files/images/inline/1-	36
Εικόνα 11. Φάσματα ανακλαστικότητας για υγιή βλάστηση και πυρκαγιές που εξελίσσονται σε διαφορετικά στρώματα βλάστηση,	38
Εικόνα 12. Σύγκριση της ανακλαστικότητας υγιούς βλάστησης και των καμένων περιοχών. (Πηγή: U.S. Forest service)	39
Εικόνα 13. Σύγκριση της ανακλαστικότητας υγιούς βλάστησης (πριν τη φωτιά- μπλε), αμέσως μετά τη φωτιά – κόκκινο και ένα χρόνο	40
Εικόνα 14. Διαγράμματα φασματικών υπογραφών νερού, εδάφους και βλάστησης. (Πηγή: ESA).....	41
Εικόνα 15. Σύγκριση της ανακλαστικότητας υγιούς βλάστησης (πριν τη φωτιά- μπλε), αμέσως μετά τη φωτιά – κόκκινο και ένα χρόνο	42
Εικόνα 16. Κατηγορίες φυσιογραφίας που χρησιμοποιούνται στην ταξινόμηση γαιών: (Πηγή: Νάκος, 1991)	45
Εικόνα 17. Παράδειγμα Ταξινόμησης Χαρτογράφηση γαιών (Πηγή: Νάκος, 1991)	47

Εικόνα 18. Υδρολιθολογικός χάρτης Αν. Στερεάς (Πηγή: https://floods.ypeka.gr/egyfloods/gr07/gr07_maps_jpg_p01/	50
Εικόνα 19. Εφαρμογή φίλτρου Majority (Πηγή:("Smoothing zone edges with Boundary Clean and Majority Filter—Help ArcGIS for.....	56
Εικόνα 20. Διαδικασία επεξεργασίας ΨΥΜΕ σε περιβάλλον ArcGis και την επέκταση "ArcHydro Tools".	57
Εικόνα 21. Διάγραμμα ροής επεξεργασίας ΨΥΜΕ σε περιβάλλον ArcGis και την επέκταση "ArcHydro Tools". Πηγή: (Chatziantoniou et	57
Εικόνα 22. Επεξηγήσεις Κατηγοριών Δασικών Χαρτών (Πηγή: https://www.teetdk.gr/documents/dasikoi_hartes/xlykas.pdf)	64
Εικόνα 23. (A)Μενού geometric data	66
Εικόνα 24. Μενού Steady Flow Data (Hec - Ras).....	66
Εικόνα 25. Hec – GeoRas extension.	68
Εικόνα 26. Εντοπισμός έκτασης – υδρογραφικής λεκάνης.	72
Εικόνα 27. Υδρογραφικό δίκτυο και σε υπέρθεση πολύγωνο πυρκαγιάς.	73
Εικόνα 28. Χάρτης βλάστησης (Πηγή:ΥΠΕΝ).	74
Εικόνα 29. Απόσπασμα Γεωλογικού Χάρτη.	76
Εικόνα 30. Γεωγραφικός προσδιορισμός (συντεταγμένες) και Επιλεγμένη περιοχή.....	78
Εικόνα 31. Quicklook και μεταδεδομένα (T34SGH_A012231_20190710T091754)	79
Εικόνα 32. Quicklook και μεταδεδομένα (T34SGH_A012946_20190829T091434)	79
Εικόνα 33. Ατμοσφαιρική διόρθωση. (SCP).....	80
Εικόνα 34. Α. Διαβάθμιση σφοδρότητας πυρκαγιάς.....	82
Εικόνα 35. Διάγραμμα ροής και διατομές ελέγχου	106
Εικόνα 36. Χαρακτηριστικές διατομές από την επίλυση.....	106
Εικόνα 37. Μηκοτομή κοίτης χειμάρρου από την αποτύπωση με UAV.....	110
Εικόνα 38. Μηκοτομή κοίτης χειμάρρου από DEM ΕΚΧΑ Α.Ε.	110
Εικόνα 39. Χωροθέτηση φραγμάτων βάρους επί της μηκοτομής της κοίτης χειμάρρου	115
Εικόνα 40. Οριζοντιογραφική απόδοση χωροθέτησης φραγμάτων βάρους	115
Εικόνα 41. Εφαρμογή εντολής Spatial Analyst Tools – Hydrology – Flow Direction	121
Εικόνα 42. Εφαρμογή εντολής Spatial Analyst Tools – Hydrology – Flow Accumulation.....	122
Εικόνα 43. Εφαρμογή εντολής Spatial Analyst -> Math -> Logical -> Greater Than	122
Εικόνα 44. Εφαρμογή εντολής Spatial Analyst -> Hydrology -> Flow Length	122
Εικόνα 45. Εφαρμογή εντολής Spatial Analyst -> Hydrology -> Stream Link.....	123
Εικόνα 46. Εφαρμογή εντολής Spatial Analyst -> Hydrology -> Stream Order (Strahler).....	123
Εικόνα 47. Εφαρμογή εντολής Spatial Analyst -> Hydrology -> Stream to Feature	123
Εικόνα 48. Unique values “Stream to Feature” (Properties – Symbology).....	124

Εικόνα 49. Κατάλογος εντολών ArcYdro	125
Εικόνα 50. Ρουτίνα ArcYdro->Terrain Preprocessing -> Dem Manipulation -> Fill Sinks	125
Εικόνα 51. Ρουτίνα ArcYdro->Terrain Preprocessing -> Flow Direction	126
Εικόνα 52. ArcYdro->Terrain Preprocessing -> Flow Accumulation.....	126
Εικόνα 53. ArcYdro->Terrain Preprocessing -> Stream Definisition	126
Εικόνα 54. ArcYdro->Terrain Preprocessing ->Stream segmentation.....	127
Εικόνα 55. ArcYdro->Terrain Preprocessing ->Catchment grid delineation	127
Εικόνα 56. ArcYdro->Terrain Preprocessing ->Catchment Polygon Processing	127
Εικόνα 57. ArcYdro->Terrain Preprocessing ->Drainage Line Processing	128
Εικόνα 58. ArcYdro->Terrain Preprocessing ->Adjoint Catchment Processing	128
Εικόνα 59. Point Delineation->Watershead.shp	128

Κατάλογος Σχημάτων

Σχήμα 1. Απορροή με φυτοκάλυψη (πηγή: Μπαλούτσος, et al., 2001).....	9
Σχήμα 2. Απορροή χωρίς φυτοκάλυψη (πηγή: Μπαλούτσος et al., 2001).	9
Σχήμα 3. Γεωγραφικός προσδιορισμός περιοχής μελέτης.....	78
Σχήμα 4. Πολυκριτηριακή ανάλυση δημιουργίας τελικών επιφανειών εφαρμογή αντιδιαβρωτικών έργων.....	90

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1. Συγκράτηση υγρασίας (mm/1cm βάθος) από διάφορες κατηγορίες εδαφών	7
Πίνακας 2. Συντελεστής Διαβρωσιμότητας K	8
Πίνακας 3. Δορυφορικοί αισθητήρες που χρησιμοποιούνται για χαρτογράφηση καμένων περιοχών.	29
Πίνακας 4. Σύγκριση προδιαγραφών εικόνων Landsat και Sentinel 2. Πηγή: (Santos and Goncalves, 2014)	33
Πίνακας 5. Περιγραφή τιμών NDVI.(Πηγή: https://www.sentinel-hub.com/eoproducts/ndvi-normalized-difference-vegetation-index)	41
Πίνακας 6. Οι οικολογικές περιοχές (κύριες ζώνες φυσικής βλάστησης)	43
Πίνακας 7. Κατηγορίες φυσιογραφίας στην ταξινόμηση γαιών.....	44
Πίνακας 8. Κατηγορίες μητρικού πετρώματος (πετρογραφία).	45
Πίνακας 9. Επικρατούντες υδρολογικοί εδαφικοί τύποι των κυριότερων πετρωμάτων στην Ελλάδα.	49
Πίνακας 10. Διαδικτυακοί τόποι διαθεσιμότητας ΨΥΜΕ. (Πηγή: ΑΠΚΥ)	52
Πίνακας 11. Μορφομετρικά χαρακτηριστικά υδρογραφικής λεκάνης	54
Πίνακας 12. Τιμές συντελεστή τραχύτητας Manning	60
Πίνακας 13. Τιμές dNBR που χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση της σφοδρότητας πυρκαγιάς. Πηγή: (Mallinis, Mitsopoulos and Chrysafi, 2018).	81
Πίνακας 14. Κατηγορίες Υδατοπερατότητας	93
Πίνακας 15. Συνδυασμός Βάθους Εδάφους – Κατηγορίες υδατοπερατότητας	93
Πίνακας 16. Συνδυασμός Κλίσης Εδάφους – Κατηγορίες ευπάθειας	96
Πίνακας 17. Τελικές τιμές παραμέτρων σημειακών όμβριων καμπυλών στις θέσεις των βροχομετρικών σταθμών του Υδατικού Διαμερίσματος Στ. Ελλάδας (Πηγή: ΥΠΕΝ).....	99
Πίνακας 18. Στατιστικά στοιχεία Λεκάνης απορροής.....	100
Πίνακας 19. Υπολογισμός χρόνου συρροής (Giandotti)	101
Πίνακας 20. Διακύμανση του συντελεστή απορροής (Πηγή: Chow, V.T., Maidment, D.R., Mays, L.W. 1988)	102
Πίνακας 21. Κατανομή εκτάσεων corine ανά κλάση κλίσεως και ποσοστού βαρύτητας	102
Πίνακας 22. Υπολογισμός συντελεστή απορροής	102
Πίνακας 23. Υπολογισμός παροχής υδρογραφικής λεκάνης.....	103
Πίνακας 24. Αριθμός κορμοφραγμάτων ανά κατηγορία κλίσεων	112

Κατάλογος Χαρτών

Χάρτης 1. Α. Χάρτης πολυγώνου σφόδρας καμένης έκτασης, Β. Εμβαδά ανά κλάση σφοδρότητας καύσης.....	83
Χάρτης 2. Χάρτης προσομείωσης ροής.....	84
Χάρτης 3. Υδρογραφική λεκάνη, υδρολογικό δίκτυο	84
Χάρτης 4. Υδρογραφικό δίκτυο στα όρια της υδρολογικής λεκάνης	85
Χάρτης 5. Χωροθέτηση εν δυνάμει εκτάσεων υποδοχής έργων.....	86
Χάρτης 6. Σφόδρα καμένης έκτασης εντός της υδρογραφικής λεκάνης.....	86
Χάρτης 7. Περιοχή Μελέτης.....	87
Χάρτης 8. Καμένη έκταση σε υπέρθεση χάρτη γαιοικανότητας και υδρογραφικού δικτύου	88
Χάρτης 9. Σφόδρα καμένης έκτασης σε υπόβαθρο RGB.....	89
Χάρτης 10. Χάρτης απεικόνισης έκτασης μελέτης.....	89
Χάρτης 11. Χάρτης Γαιοικανότητας.....	91
Χάρτης 12. Χάρτης βάθους εδάφους (Πηγή: Εδαφολογικός Χάρτης - Γεωργία (Επικράτεια) — ΥΠΕΝ - Γεωχωρικές Πληροφορίες & Χάρτες, 2009).....	91
Χάρτης 13. Χάρτης Βάθους εδάφους.....	92
Χάρτης 14. Ψηφιοποίηση υδρολιθολογικού και αποκοπή στα όρια της υδρογραφικής λεκάνης	92
Χάρτης 15. 1. Πράσινο χρώμα: Αδιαπέρατοι Σχηματισμοί, 2. Μπλέ χρώμα: Ημιδιαπερατοί Σχηματισμοί,	93
Χάρτης 16. Χάρτης Ευπάθειας	94
Χάρτης 17. Χάρτης Κλίσεων	95
Χάρτης 18. Χάρτης έκτασης υποδοχής έργων.	97
Χάρτης 19. Χάρτης ισοϋψών.....	98
Χάρτης 20. Δημιουργία ανάγλυφου λεκάνης (αρχείο TIN).	100
Χάρτης 21. Υπέρθεση καμένης έκτασης σε χρήσεις γης corine.....	101
Χάρτης 22. Χωροθέτηση χειμάρρου πεδινής κοίτης για την εκτίμηση κινδύνου πλημμύρας.....	105
Χάρτης 23. Αρχείο DEM από αποτύπωση με τη χρήση UAV	108
Χάρτης 24. Χωροθέτηση αντιδιαβρωτικών κατασκευών	112
Χάρτης 25. Υδρογραφικό δίκτυο στα όρια της μελέτης υποδοχής κορμοφραγμάτων.	113
Χάρτης 26. Εκτίμηση κινδύνου πλημμύρας στη πεδινή κοίτη με χαρακτηριστικές πλημμυρικές διατομές.....	114

Κεφάλαιο 1

Εισαγωγή

1.1 Μεσογειακά οικοσυστήματα - Δασικές Πυρκαγιές

Ένα μεγάλο μέρος των οικολογικών μελετών που εξετάζουν την ιστορικότητα της πυρκαγιάς στην Ευρώπη αναφέρουν ότι η εξάπλωση της νεολιθικής γεωργίας χρησιμοποίησε την φωτιά για την δυναμική εκκαθάριση των δασών πριν 3000 χρόνια. (Marlonetal., 2013, Molinari κ.ά., 2013).

Οι περιβαλλοντικές πιέσεις (ξηρασία κ.λ.π.) σε συνδυασμό με τον οικολογικό ρόλο της πυρκαγιάς στις βιοτικές αλλά και στις αβιοτικές συνθήκες των δασικών οικοσυστημάτων αποτέλεσαν ουσιαστικό και δυναμικό μηχανισμό εξέλιξης των δασών στα μεσογειακού τύπου οικοσυστήματα. (Vallejo, Arrianoutsou and Moreira, 2012).

Οι πυρκαγιές προκαλούν αλλαγές στις εδαφικές ισορροπίες με την καύση της βιομάζας επιδρούν δυσμενώς στους βιογεωχημικούς κύκλους, υποβαθμίζουν το πορώδες και τη δομή του εδάφους, αυξάνουν την απορροή και τη διαβρωσιμότητα των εδαφών που συνδυαστικά μέσω της πτητικότητας οδηγούν σε σημαντικές απώλειες θρεπτικών ουσιών, επιφέροντας αρνητικά δυναμική αλλαγή της παραγωγικότητας και της αξίας των οικοτόπων για πολλά χρόνια. (Mitic et al., 2015).

Αντίστοιχες επιπτώσεις δημιουργούνται με μείωση των πληθυσμών στην εδαφική πανίδα όπως επίσης και στους υπόλοιπους ζωικούς πληθυσμούς, η ανάκαμψη των οποίων εξαρτάται από το χρόνο επαναφοράς της βλάστησης. (Pons et al., 2003).

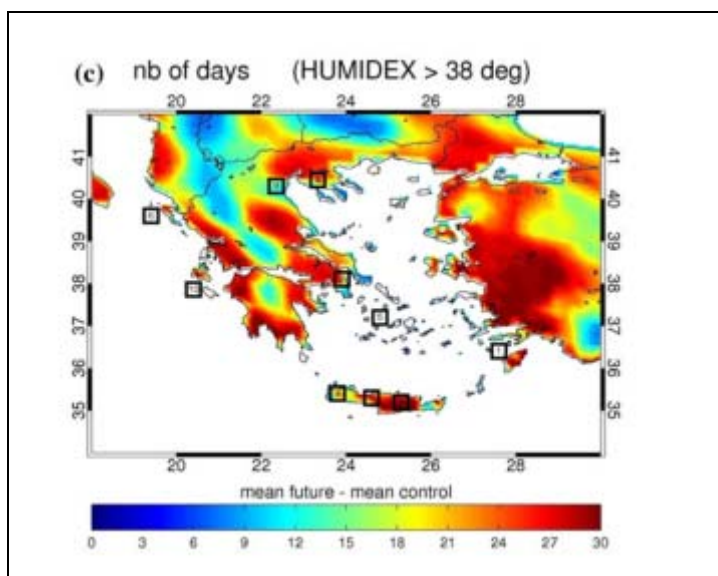
1.2 Κλιματική αλλαγή – Δασικές Πυρκαγιές

Η Μεσόγειος σαν ευρύτερη ζώνη λόγω των χαρακτηριστικών της που αφορούν, την χωροθετησή της (γεωγραφικό πλάτος) και την τροπική δυναμική σε συνδυασμό με ότι πρόκειται για ημικλειστή θάλασσα, παρουσιάζεται ως πλέον ευάλωτη στη κλιματική αλλαγή επιδεινώνοντας το μείζον ζήτημα της εποχής που είναι οι δασικές πυρκαγιές (Alpert et al., 1990).

Οι αναμενόμενες συνέπειες της κλιματικής αλλαγής στις διαβρεχόμενες από τη Μεσόγειο χώρες (Amelung et al., 2006) είναι:

- ✓ Μείωση του ύψους βροχής με άμεσο αντίκτυπο την διαθέσιμη ποσότητα των υδατικών πόρων, αν και αναμένεται αύξηση των ακραίων καιρικών φαινομένων με ταυτόχρονη επιδείνωση της ραγδιότητας των βροχών.

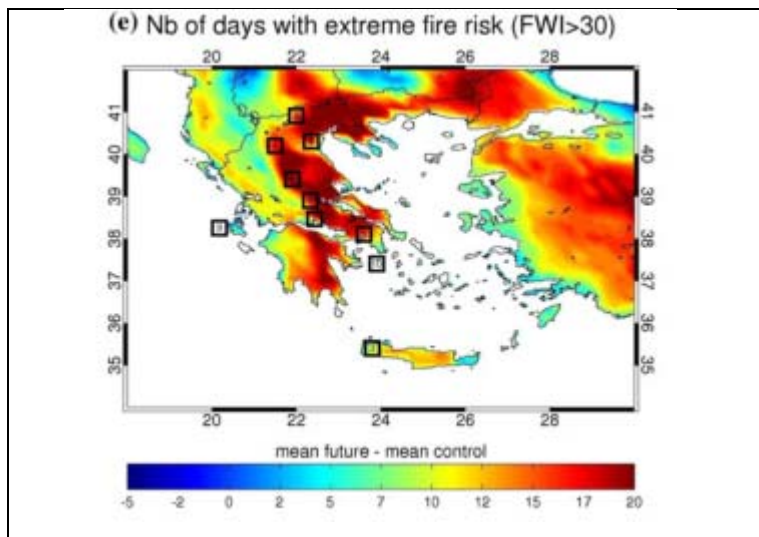
- ✓ Αυξάνονται τόσο οι κατά έτος ημέρες που ο δείκτης δυσφορίας humidex είναι μεγαλύτερος των 38 °C όσο και οι τροπικές νύχτες με νυχτερινή θερμοκρασία > 20 °C. (ΕΙΚΟΝΑ 1)



Εικόνα 1. Χάρτης περιοχών που θα παρουσιάσουν αυξημένο δείκτη δυσφορίας. (Πηγή: Giannakopoulos et al., 2011).

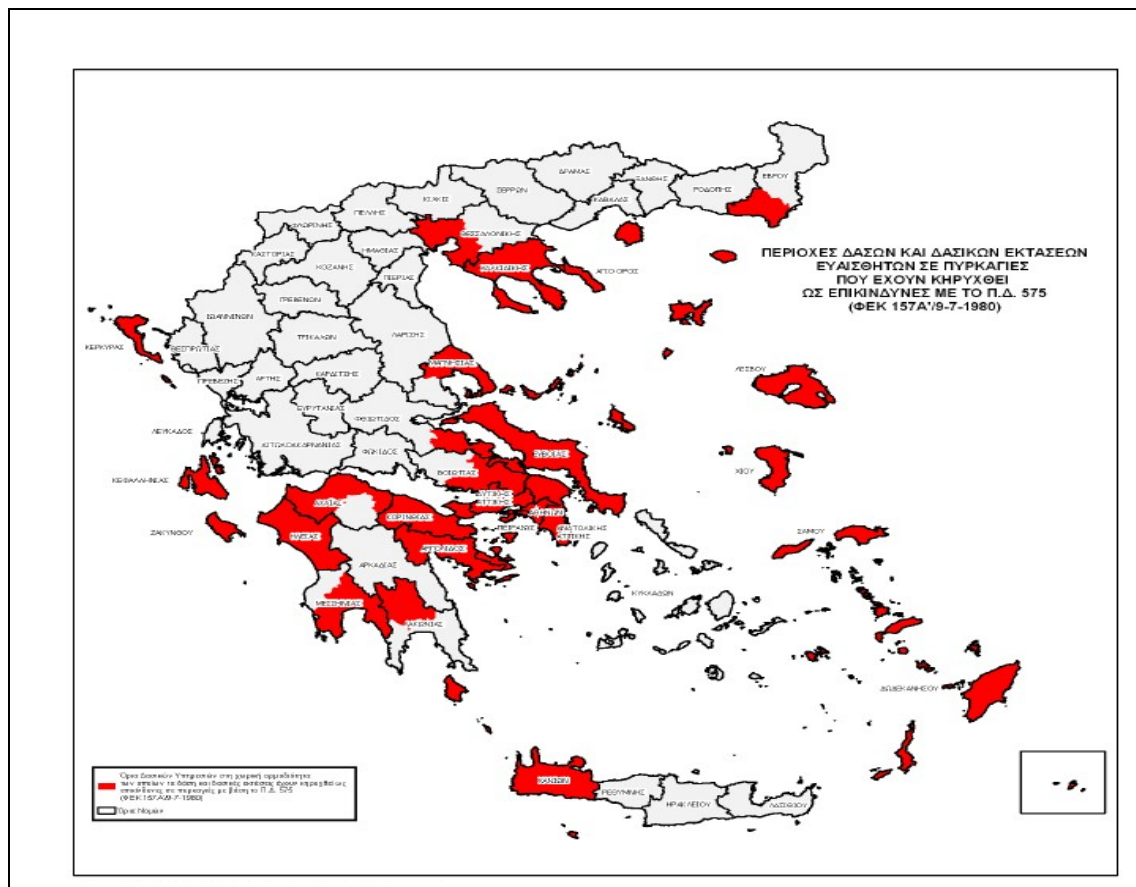
- ✓ Σύμφωνα με την Intergovernmental Panel on Climate Change-IPCC, 2007 αναμένεται αύξηση της στάθμης της θάλασσας κατά 38 cm – ήπιο σενάριο, όμως από άλλους ερευνητές αναμένεται άνοδος της στάθμης της θάλασσας κατά 80cm, ίσως και περισσότερο (Pfeffer et al., 2008a; Rahmstorf, 2007).

- ✓ Ο αριθμός των δασικών πυρκαγιών θα αυξηθεί έχοντας ως άμεσες επιπτώσεις την άμβλυση των αέριων εκπομπών του θερμοκηπίου και δευτερευόντως την διάβρωση των εδαφών με συνέπεια την απώλεια γονιμότητας των καμένων εκτάσεων, την δημιουργία πλημμυρών με δυσμενείς ως καταστρεπτικές συνέπειες στις πεδινές και οικιστικές εκτάσεις. (ΕΙΚΟΝΑ 2)



Εικόνα 2. Χάρτης περιοχών με αυξανόμενη πιθανότητα εκδήλωσης πυρκαγιών Πηγή: (Giannakopoulos et al., 2011).

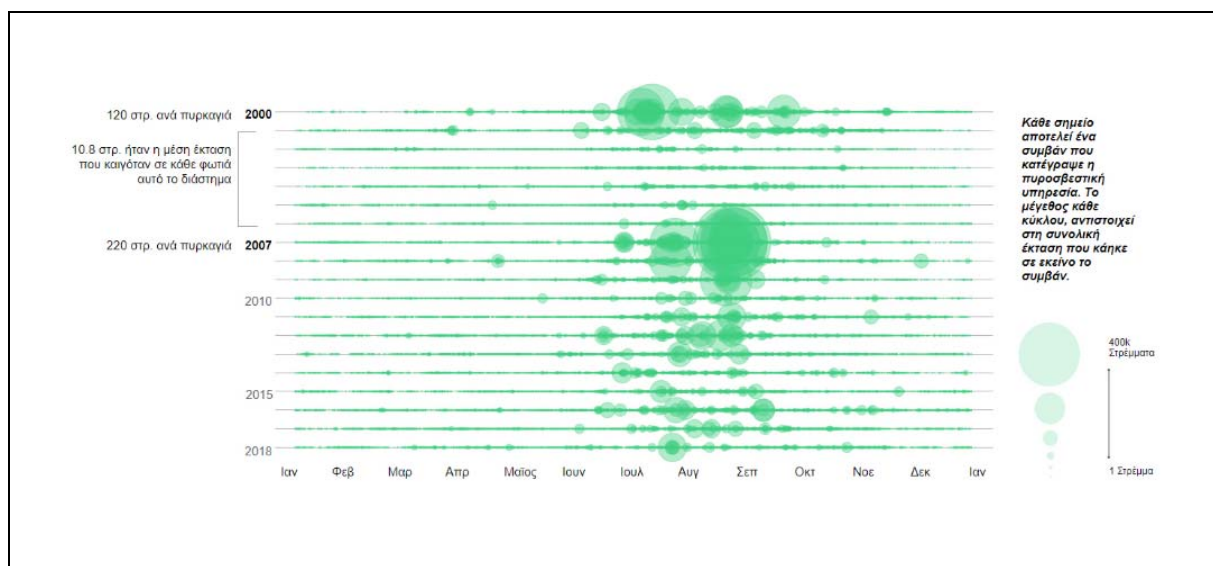
Οι παραπάνω διαπίστωση ακολουθεί τη διατύπωση του Π.Δ. 575/1980 (ΦΕΚ 157/Α') «Περί κηρύξεως ιδιαιτέρως ευαίσθητων ως πυρκαγιάς περιοχών δασών και δασικών εκτάσεων ως επικίνδυνον» κατ' εφαρμογή του άρθρου 25 του Ν. 998/79. (ΕΙΚΟΝΑ 3)



Εικόνα 3. Χάρτης του Π.Δ. 575/1980 Πηγή: (<https://www.civilprotection.gr/el/>)

Το διάγραμμα συμβάντων που ακολουθεί περιγράφει την εκδήλωση των πυρκαγιών σε μηνιαία βάση το χρονικό διάστημα (2000 – 2018), αντιστοιχώντας το μέγεθος της

καείσας έκτασης σε κύκλο με κλιμακούμενη την ακτίνα του και τη χρονική συχνότητα αυτών. (Εικόνα, 4).



Εικόνα 4. Μηνιαίο διάγραμμα εκδήλωσης πυρκαγιών περιόδου 2000 – 2018. (πηγή: Στατιστικά Αρχείου Συμβάντων - Πυροσβεστικό Σώμα - Σύνολα Δεδομένων - data.gov.gr, 2020) Επεξεργασία: Available at: <https://solomonmag.com/project/mia-apotiposi-ton-pirkagion-pou-ekapsan-ta-dasi-tis-eladas-2000-2018/> (Accessed: 30 March 2020).

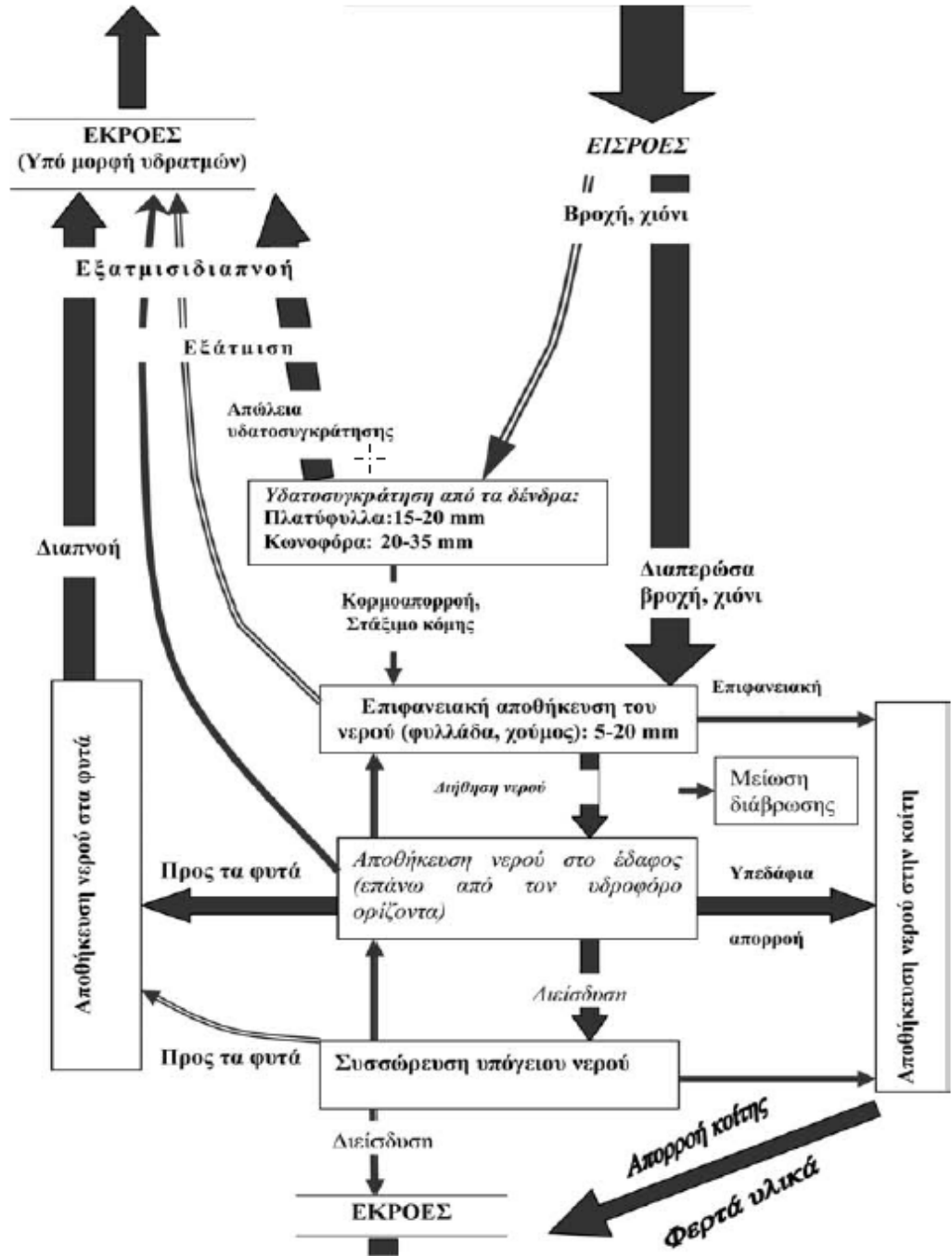
1.3 Υδρολογική συμπεριφορά Λεκανών απορροής

1.3.1 Υδρολογικός κύκλος

Ο υδρολογικός κύκλος του νερού (Μπαλούτσος et al., 2001) περιγράφει τη παρουσία και τη συνεχή ανακύκλωση του νερού στην επιφάνεια της γης, κάτω απ' αυτή και την κίνηση στην ατμόσφαιρα με κύριες διεργασίες: (Εικόνα, 5)

- Επιφανειακή απορροή (surface runoff).
- Υπόγεια απορροή (groundwater runoff)
- Κατακρήμνιση (precipitation).
- Εξάτμιση (evaporation)
- Παρεμπόδιση (interception)
- Κατακράτηση (depression)
- Διήθηση (infiltration)

ΝΕΡΟ ΣΤΗΝ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑ (ΥΓΡΑΣΙΑ)



Εικόνα 5. Υδρολογικές διεργασίες κατά τη μετατροπή της βροχής σε απορροή στη κοίτη εκκένωσης ή λαιμός (κοίτη αναμετακινήσεως) μίας λεκάνης απορροής (πηγή: Μπαλούτσος et al., 2001).

1.3.2 Υδατικό ισοζύγιο

Υδατικό ισοζύγιο είναι η διαφορά μεταξύ της εισροής και εκροής σε μία δεδομένη λεκάνη απορροής κλιμακούμενη με το ρυθμό αλλαγής της αποθήκευσης νερού στη λεκάνη (ΔS) σε καθορισμένο χρόνο (Δt) και εκφράζεται από τον τύπο στην απλοποιημένη του μορφή $P=Q+ET\pm \Delta S$ όπου:

P: Ατμοσφαιρικά κατακρηνίσμα

Q: Η ποσότητα του νερού που απορρέει επιφανειακά

ET: Εξατμισοδιαπνοή

ΔS : Μεταβολή της υγρασίας του εδάφους

Η απλοποιημένη μορφή χρησιμοποιείται όταν η λεκάνη απορροής έχει μικρή σχετικά έκταση με αντίστοιχη ομοιομορφία στις υδροκλιματικές συνθήκες, βρίσκεται σε φυσική κατάσταση χωρίς την ύπαρξη σχετικών τεχνικών έργων που επηρεάζουν την υδρολογική διάταξη, δεν έχει αξιόλογες υπόγειες υδροφορίες και χιονοπτώσεις θεωρώντας την μεταβλητή ΔS σταθερή σε ετήσια βάση.

1.3.2.1 Υδατοσυγκράτηση

Η υδατοσυγκράτηση εξαρτάται από το είδος της βλάστησης (διφυή δάση Χαλεπίου Πεύκης με υπόροφο αείφυλλα πλατύφυλλα, μικτά δάση κωνοφόρων – πλατυφύλλων) που μπορεί να φθάσει έως (20-35)mm ανά επεισόδιο βροχής και στην οποία προστίθενται 2 mm ανά 1cm πάχους παρεδαφιαίας βιομάζας (φυλλάδας, χούμου) ανερχόμενη τελικά έως 50 mm βροχής ανά επεισόδιο. (Μπαλούτσος, et al., 2001).

1.3.2.2 Διήθηση

Στα διφυή δάση Χαλεπίου Πεύκης το ριζικό σύστημα επηρεάζει ευνοϊκότερα τη δομή του εδάφους αυξάνοντας τη ταχύτητα διήθησης του νερού και η βροχή να διηθείτε και να κινείται ως υπεδάφια απορροή. Άλλωστε αποτελεί κοινή παρατήρηση ότι η αποφόρτιση των ομβρίων σε δασωμένες εκτάσεις γίνεται μέσω των μονοπατιών, των συρτών μετατόπισης ξυλείας, των δρόμων, των βραχωδών εκτάσεων, τα αβαθή εδάφη κ.λ.π. ελαχιστοποιώντας αντίστοιχα τη διάβρωση του εδάφους και την παραγωγή και παράσυρση φερτών.

1.3.2.3 Συγκράτηση υγρασίας

Το έδαφος συγκρατεί μία ποσότητα υγρασίας που εξαρτάται από το βάθος του, τη δομή και την υφή του, την αρχική του υγρασιακή κατάσταση σε σχέση με την υδατοικανότητα, το ύψος και η διάρκεια της βροχής κ.λ.π.

Η συγκράτηση της υγρασίας σε διάφορες κατηγορίες εδαφών φαίνεται στον ακόλουθο πίνακα (Πίνακας, 1):

Πίνακας 1. Συγκράτηση υγρασίας (mm/1cm βάθος) από διάφορες κατηγορίες εδαφών

Είδος εδαφών	Συγκράτηση υγρασίας (mm/1cm βάθος)			
	Πορώδες εδάφους (αναλογία κατ' όγκο)	Μέχρι σημείο μαρασμού	το μόνιμου	Μεταξύ σημείου μαρασμού και υδατοχωρητικότητας
1	2	3	4	5
Εδάφη λεπτής άμμου	0,41	0,6	0,5	3,0
Αμμοπηλώδη	0,42	0,6	0,8	2,8
Αμμοπηλώδη λεπτής γης	0,44	0,7	1,2	2,5
Πηλώδη	0,46	1,0	1,4	2,2
Ιλοπηλώδη	0,47	1,3	1,5	1,9
Ελαφρά αργιλοπηλώδη	0,48	1,5	1,5	1,8
Αργιλοπηλώδη	0,49	1,7	1,5	1,7
Βαριά αργιλοπηλώδη	0,50	2,0	1,3	1,7
Αργιλώδη	0,52	2,3	1,2	1,7

με τις δύο πρώτες να παίζουν ουσιαστικό ρόλο στην απορροή γιατί η συγκράτηση είναι οριστική (retention storage) και την τρίτη στην επιβράδυνση (detention storage).

Για δεδομένο επεισόδιο βροχής το υδρογράφημα μιας καμένης περιοχής παρουσιάζει μεγαλύτερη αιχμή Q_{max} , μικρότερο χρόνο συρροής και αυξημένο συνολικό πλημμυρικό όγκο εξαιτίας απουσίας της δασικής βλάστησης δια της υδατοσυγκράτησης ενώ το υδρόφοβο εδαφικό επιφανειακό στρώμα διευκολύνει την απορροή και τη διάβρωση.

1.4 Υδρολογική συμπεριφορά Λεκανών απορροής

Για την υδρολογική συμπεριφορά των λεκανών απορροής συνέπεια πυρκαγιάς υπάρχουν πλήθος μελετών οι οποίες αξιολογούν την επίδρασή της στην χειμαρρική συμπεριφορά τους η οποία παίρνει το μέγιστο βαθμό απόκρισης (συντελεστής διαβρωσιμότητας) κατά το πρώτο έτος μετά την πυρκαγιά για να κλιμακωθεί μειωτικά

τα επόμενα έτη με την σταδιακή ανάκτηση ιδιοτήτων εδάφους και επαναφοράς της βλάστησης. (Versini et al., 2013).

Ο συντελεστής Διαβρωσιμότητας «K» του εδάφους αυξάνεται με την θερμοκρασία στο έδαφος κατά τη διάρκεια της πυρκαγιάς λόγω της αποδόμησης των εδαφικών συσσωματωμάτων και παίρνει τις ακόλουθες από τον πίνακα τιμές ανάλογα με το χρόνο μετά την εκδήλωση της πυρκαγιάς.(Πίνακας, 2)

Πίνακας 2. Συντελεστής Διαβρωσιμότητας K

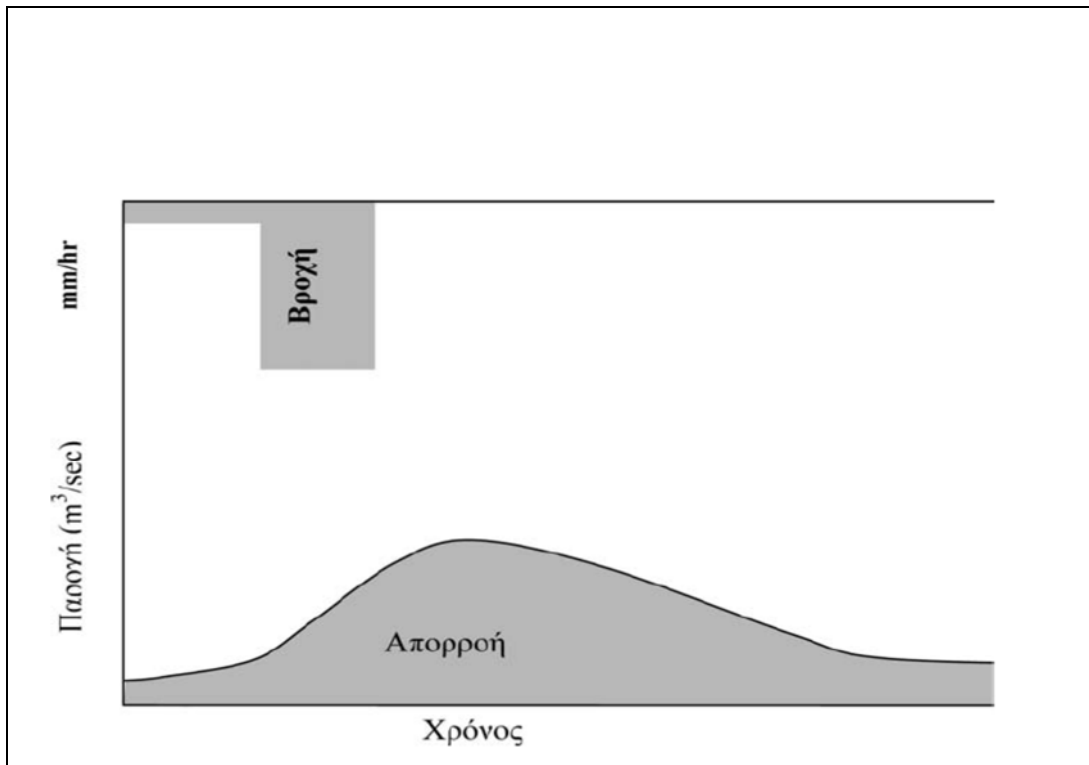
	Ελαφρώς καμένες περιοχές	Έντονα καμένες περιοχές
Πριν	0,001	0,001
Αμέσως μετά	0,3	0,98
Μετά 3 μήνες	0,1	0,8
Μετά 9 μήνες	0,035	0,69
Μετά 1 έτος	0,02	0,65
Μετά 1,5 έτη	0,001	0,68

Για δεδομένο επεισόδιο βροχής το υδρογράφημα μιας καμένης περιοχής παρουσιάζει μεγαλύτερη αιχμή Q_{max} , μικρότερο χρόνο συρροής και αυξημένο συνολικό πλημμυρικό όγκο εξαιτίας απουσίας της δασικής βλάστησης δια της υδατοσυγκράτησης ενώ το υδρόφοβο εδαφικό επιφανειακό στρώμα διευκολύνει την απορροή και τη διάβρωση.

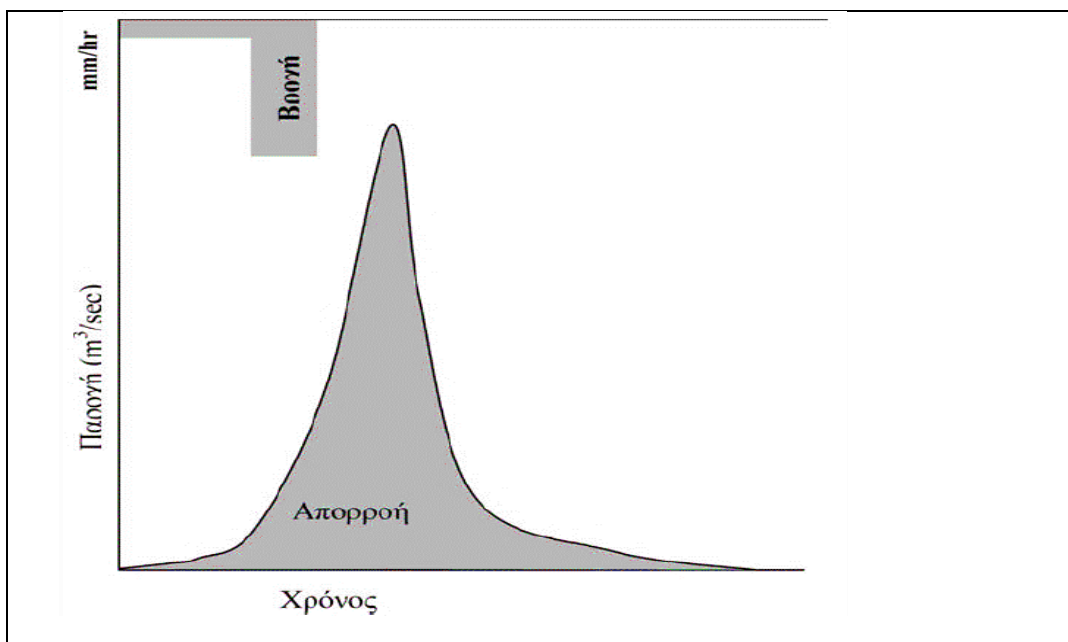
Η σχέση του λόγου της απορροής και της πλημμυρική αιχμή με την έκταση είναι αντιστρόφως ανάλογη. Μικρές εκτάσεις δίνουν έντονα πλημμυρικά επεισόδια στις οποίες η αύξηση της πλημμυρικής παροχής μπορεί να φθάσει το 5.700% (Nasseri, 1988) ενώ σε μεγάλη λεκάνη απορροής να κυμανθεί από (45-600)%. (Anderson et al., 1976).

Η επίδραση της πυρκαγιάς στην επιφανειακή απορροή μπορεί να εκτιμηθεί διαχωρίζοντας την σε άμεση και βασική διότι υπεισέρχονται αλλαγές στην παροχή, στην αιχμή και στο χρόνο συρροής του υδρογραφήματος (DeBano et al., 1998).

Οι παραπάνω μεταβολές, με τη σειρά εμφάνισης μετά την πυρκαγιά και οι διεργασίες διάβρωσης του εδάφους και δημιουργίας πλημμύρας, παρουσιάζονται περιληπτικά στα Σχήματα 1 και 2.



Σχήμα 1. Απορροή με φυτοκάλυψη (πηγή: Μπαλούτσος, et al., 2001).



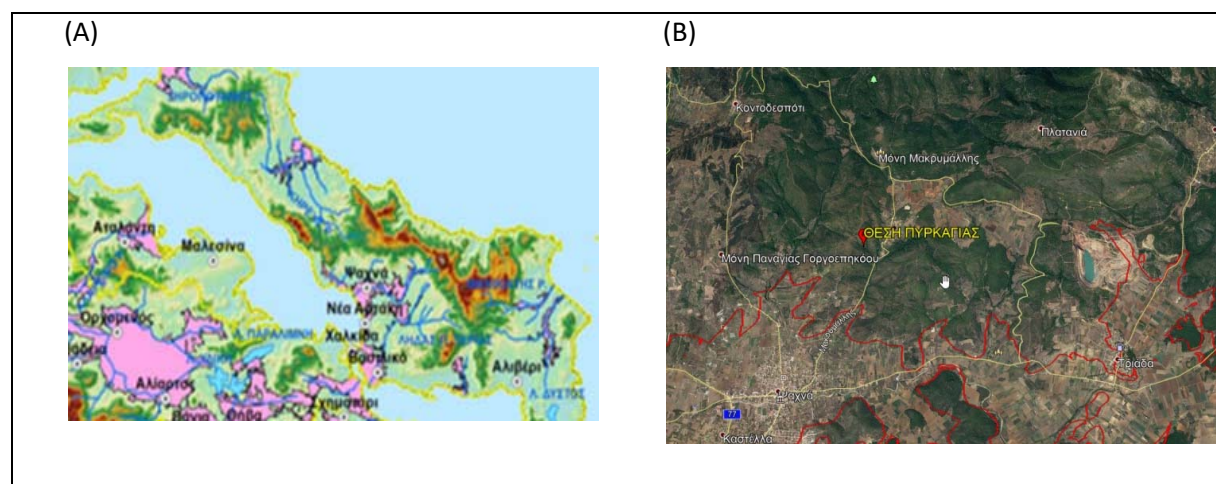
Σχήμα 2. Απορροή χωρίς φυτοκάλυψη (πηγή: Μπαλούτσος et al., 2001).

1.5 Σχέδια Διαχείρισης Πλημμύρας

Στα πλαίσια ενός στρατηγικού η Ε.Ε. εξέδωσε την 2007/60/ΕΚ οδηγία δημιουργώντας το Ευρωπαϊκό πλαίσιο διαχείρισης κινδύνων πλημμύρας και καθόρισε τα στάδια υλοποίησης της.

- Τα κράτη μέλη θα πρέπει να χωροθετήσουν μέχρι το τέλος του 2011 εκείνες τις περιοχές που παρουσιάζουν υψηλό κίνδυνο πλημμυρικών φαινομένων.
- Μέχρι το τέλος του 2013 θα εκπονηθούν χάρτες επικινδυνότητας και χάρτες κινδύνων πλημμύρας.
- Κατόπιν θα καταρτισθούν σχέδια διαχείρισης των κινδύνων πλημμύρας ορίζοντας χρόνο αποπεράτωσης το αργότερο έως το τέλος του έτους 2015. Τα σχέδια αυτά θα προτείνουν μέτρα ανακούφισης για τον περιορισμό των επιπτώσεων και θα επικεντρώνονται στη πρόληψη.

Με την υπ' αριθμ. ΥΠΕΝ/Γρ.ΕΓΥ/41375/328/14-06-2018 (ΦΕΚ Β'2682/06.07.2018) εγκρίθηκε το Σχέδιο Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας Υδατικού Διαμερίσματος Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας σύμφωνα με το οποίο ο κάμπος Ψαχνών και Τριάδας συγκαταλέγεται ως ΖΥΔΚ. (Εικόνα, 6)



Εικόνα 6. (Α) ΖΥΔΚ Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας.
(Β) ΖΥΔΚ ευρύτερη περιοχή Ψαχνών σε υπέρθεση GoogleMap με σημειωμένο το χώρο εκδήλωσης πυρκαγιάς

1.6 Γεωσκόπηση

Ο όρος γεωσκόπηση (**Earth observation - EO**) με την ευρύτερη έννοια αφορά παρατηρήσεις που γίνονται χρησιμοποιώντας κάθε μορφή τεχνολογίας της

τηλεπισκόπησης στα οποία συμπεριλαμβάνονται και αισθητήρες εδάφους ή αερομεταφερόμενες.

Τηλεπισκόπηση ορίζεται η εξ' αποστάσεως παρατήρηση φαινομένων και χαρακτηριστικών. Η ανάλυση των δορυφορικών εικόνων αποκάλυψαν χαρακτηριστικά και σχέσεις αλληλεξάρτησης των διεργασιών της γης αξιοποιώντας τις διαθέσιμες τεχνολογίες για τη διαχείριση των διαστημικών πληροφοριών. (Baetz, 2000)

Το επιτυχημένο πρόγραμμα Landsat οδήγησε στη δημιουργία αντίστοιχων προγραμμάτων τόσο σε επίπεδο κρατών αλλά και σε ιδιωτικούς φορείς παρέχοντας δεδομένα για μεγάλο εύρος εφαρμογών της γεωσκόπησης όπως:

- Χαρτογράφηση που αφορά ενημέρωση τοπογραφικών χαρτών π.χ. μεταβλητότητας των ακτογραμμών λόγω κλιματικής αλλαγής. (Jayanthi et al., 2017).
- Χαρτογράφηση αλλαγών χρήσης γης όπως η αύξηση της αστικοποίησης γύρω από τις πόλεις σε βάρος της γεωργικής γης. (Patel et al., 2019).
- Υπηρεσίες που αφορούν την παγκόσμια παρακολούθηση για το περιβάλλον και την ασφάλεια - GLOBAL MONITORING FOR ENVIROMENT AND SECURITY. (Balasubramanian, 2019)
- Χαρτογράφηση υποβάθμισης δασών και «δασικών διαταραχών- forest disturbance. (Hirschmugl et al., 2017, Shimabukuro et al., 2009).
- Μελέτη της βιοποικιλότητας της βλάστησης, ακριβή εκτίμηση των βιοτόπων σε δυσπρόσιτες και απομακρυσμένες περιοχές και χαρτογράφηση της βιωσιμότητας της βλάστησης με χρήση δεικτών NDVI, EVI κ.λ.π. (Kuenzer et al., 2014) βλάστησης και των ζώων από δεδομένα τηλεπισκόπησης.

1.6.1 Διαχρονική παρακολούθηση δασικών διαταραχών και υποβάθμισης δασών με τη χρήση της Γεωσκόπησης.

Με τον όρο δασικές διαταραχές – forest disturbance εννοούμε την απώλεια βιομάζας ή την καταστροφή της βλάστησης από φυσικές αιτίες όπως καταιγίδες, πυρκαγιές, στρες από παρατεταμένη ξηρασία, εκρήξεις ασθενειών ακόμη και ανορθόδοξη διαχείριση των Δασών.

Με τον όρο υποβάθμιση των δασών εννοούμε την «άμεση ανθρωπογενή δραστηριότητα που οδηγεί σε μακροπρόθεσμη μείωση των αποθεμάτων του άνθρακα». ("IPCC - Task Force on National Greenhouse Gas Inventories," n.d.)

Σύμφωνα με την ανακοίνωση της Ευρωπαϊκής Επιτροπής (“EUR-Lex - 52013DC0659 - EL - EUR-Lex,” n.d.) στην οποία προτείνεται «Μια νέα δασική στρατηγική της Ε.Ε.: για τα δάση και τον δασικό τομέα» στους στρατηγικούς προσανατολισμούς αναφέρεται ότι η επιτροπή και τα κράτη μέλη μεταξύ άλλων:

- ❖ Θα δημιουργηθεί βάση δεδομένων στην οποία θα ενσωματωθούν πληροφορίες (EFFIS – Ευρωπαϊκό Σύστημα Πληροφόρησης για τις δασικές Πυρκαγιές) και δεδομένα (EFDAC – Ευρωπαϊκό Κέντρο Δεδομένων για τα Δάση).

- ❖ Καθορίζει την ροή πληροφοριών μέσα από ένα πλαίσιο που τα δεδομένα θα συλλέγονται σύμφωνα με την οδηγία INSPIRE (“EUR-Lex - 32007L0002 - EN - EUR-Lex,” n.d.), το SEIS (Ενιαίο Σύστημα Πληροφοριών για το Περιβάλλον) και το Copernicus.

1.6.2 Ευρωπαϊκό πρόγραμμα Γεωσκόπησης Copernicus.

Το πρόγραμμα Copernicus δημιουργήθηκε σαν συνέχεια του προγράμματος Global Monitoring for Environment and security (GMES) - Μανιφέστο του Baveno το 1998 (“Copernicus,” n.d.).

Είναι Πρόγραμμα της Ευρωπαϊκής Ένωσης και υλοποιείτε από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή έχοντας ως υποστηρικτές για τη διαστημική συνιστώσα την στήριξη του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Διαστήματος (ESA) και για το σκέλος της in situ (“in Situ Conservation - an overview | ScienceDirect Topics,” n.d.) διατήρησης τον Ευρωπαϊκό Οργανισμό Περιβάλλοντος (European Environment Agency - EEA) και το Κοινό Κέντρο Ερευνών (Join Research Centre - JRC) από το έτος 2011 συνδυάζοντας δεδομένα από δορυφόρους παρατήρησης με δεδομένα από ένα δίκτυο αισθητήρων στην επιφάνεια της γης.

Το πρόγραμμα υλοποιείτε από τους δορυφόρους sentinel (European Space Agency, no date a) και στόχος της αποστολής ήταν να αντικαταστήσει την τρέχουσα αποστολή C-Band SAR μετά την αποχώρηση του ευρωπαϊκού δορυφόρου τηλεπισκόπησης ERS 2 και του επόμενου διάδοχου δορυφόρου Envisat της ESA που είχε ξεκινήσει το 2002 και ολοκληρώθηκε στις 08-04-2012 (Perakis et al., 2015). Στόχος της Ε.Ε. από την πρώτη αποστολή του Sentinel 1A το 2014 να θέσει σε τροχιά περί τους 20 δορυφόρους το 2030.

Η υπηρεσία παρακολούθησης της γης του Copernicus (Copernicus Land Monitoring Service - CLMS) έχει ως στόχο την παρακολούθηση:

- της επιφάνειας της γης (χερσαία και θαλάσσια οικοσυστήματα)
- της κλιματικής αλλαγής

- της ατμόσφαιρας
- την διαχείριση εκτάκτων αναγκών και φυσικών καταστροφών
- την ασφάλεια

παρέχοντας υπηρεσίες σε ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών που αφορούν την προστασία του περιβάλλοντος, την αειφόρο ανάπτυξη και διαχείριση, την θεματική χαρτογράφηση των περιοχών με μεγάλη βιολογική αξία (hotspots), πολιτική προστασία κ.λ.π.

1.6.2.1 Δορυφόροι Sentinel

Sentinel 1

Ο δορυφόρος Sentinel 1 (Torresetal., 2012) είναι η πρώτη από τις έξι αποστολές Sentinel του προγράμματος Copernicus. Μεταφέρει ραντάρ πολικής τροχιάς, λειτουργεί όλο το εικοσιτετράωρο χωρίς να επηρεάζεται από τις ατμοσφαιρικές και καιρικές συνθήκες με αποστολή την παροχή υπηρεσιών που αφορούν δεδομένα (“UserGuides - Sentinel-1 SAR - Applications - SentinelOnline,” n.d.) :

- Παρακολούθηση της Γής με εφαρμογές στη Δασοκομία, Γεωργία και Χαρτογράφηση αστικού περιβάλλοντος
- Παρακολούθηση της ναυτιλίας με εφαρμογές την χαρτογράφηση παγετώνων, την κίνηση των πάγων, παρακολούθηση πλοίων, ρύπανσης, καιρικών συνθηκών – ανέμων – πρόβλεψης καιρού και αλληλεπίδρασης μεταξύ ωκεανών και των ρευμάτων.
- Διαχείριση εκτάκτων αναγκών με την παρακολούθηση πλημμυρών, ανάλυση σεισμών, ηφαιστειακών εκρήξεων και κατολισθήσεων

Ο εγκαινιάστηκε στις 3 Απριλίου 2014 και ο δεύτερος δορυφόρος της Sentinel 1 ο Sentinel 1B εγκαινιάστηκε στις 25 Απριλίου 2016 (Potinetal., 2016) εξαιτίας αναγκών κάλυψης του Sentinel 1Α που αφορούν τη γεωγραφική κάλυψη και την χρονική επανεμφάνιση.

Sentinel 2

Οι Sentinel 2 είναι αποτέλεσμα συνεργασίας της ESA και μίας κοινοπραξίας 60 εταιρειών και υποστηρίζονται από το Εθνικό Κέντρο Διαστημικών Μελετών της Γαλλίας και το Διαστημικό Γερμανικό κέντρο DLR, διαθέτουν έναν υψηλό χωρικής διακριτικής ικανότητας πολυφασματικό σαρωτή με δεκατρία φασματικά κανάλια. (Drusch et al., 2012).

Οι δορυφόροι sentinel 2A και 2B το 2015 και 2017 αντίστοιχα τέθηκαν σε τροχιά με τη βοήθεια του ευρωπαϊκού εκτοξευτή VEGA (“Sentinel-2 - Missions - Sentinel Online,” n.d.).

- Προϊόντα Level-1C Sentinel-2B παρέχονται και από την USGS. Και τα δύο προϊόντα Sentinel-2A και -2B συνδυάζονται κάτω από τη συλλογή Sentinel-2 στο μενού «Data Sets». Επίσης στο μενού «Additional Criteria», μέσο ενός φίλτρου πλατφόρμας παρέχεται στους χρήστες η δυνατότητα επιλογής της μίας ή και των δύο πλατφόρμων.
- Έχουν σχεδιαστεί να έχουν επταετή διάρκεια ζωής με προοπτική αύξησης. Επίσης διαθέτουν ένα υψηλής ΧΔΙ σαρωτή με δεκατρία φασματικά κανάλια (“Delwart - ESA Standard Document.pdf,” n.d.).(Εικόνα 4).
- Παρέχονται δεδομένα στις κάτωθι θεματικές ενότητες που θεωρείτε καταλληλότερος:
 - Καταγραφή δασικών περιοχών
 - Παρακολούθηση καλύψεων –αλλαγών χρήσης γης
 - Παρακολούθηση ανάπτυξης φυτικών πληθυσμών
 - Καταγραφή και παρακολούθηση της ρύπανσης παράκτιων και λιμναίων επιφανειών
 - Διαχείριση εκτάκτων αναγκών από τη συνεχή καταγραφή φυσικών καταστροφών(πλημμύρες, πυρκαγιές κ.λ.π.)

Sentinel 3

Το πρόγραμμα αυτό περιλαμβάνει τρεις δορυφόρους με κύρια αποστολή την παρατήρηση των ωκεανών διατηρώντας όμως το πλεονέκτημα να συνδράμει σε ατμοσφαιρικές και γήινες εφαρμογές και η επιχειρησιακή του διάρκεια θα είναι 7 χρόνια.

Οι στόχοι της αποστολής είναι η αξιοποίηση των δεδομένων στους εξής τομείς:

- Ωκεανοί (μέτρηση τοπογραφίας επιφάνειας θαλάσσης, ύψος κυμάτων, μέτρηση επιφανειακής θερμοκρασίας κ.λ.π.)
 - Παρακολούθηση χερσαίων υδάτων
 - Παρακολούθηση κλίματος και μοντελοποίηση του
 - Χαρτογράφηση της δασικής κάλυψης και πυρανίχνευση
 - Μετεωρολογία
 - Μέτρηση της θερμικής ακτινοβολίας της γης.

1.7 Καταγραφή του προβλήματος

Στη περιοχή Δ.Κ. Ψαχνών κοντά στον οικισμό Μακρυμάλλη του Δήμου Διρφύων – Μεσσαπίων εκδηλώθηκε πυρκαγιά στις 13-08-2019 στη δασική θέση «Καταβόθρα» και η οποία λόγω των ισχυρών ανέμων επεκτάθηκε καίγοντας εκτάσεις δάσους (Διφυές Δάσος Χαλεπίου Πεύκης με υπόροφο αείφυλλα πλατύφυλλα και ελάτης), δάσος αιφύλλων πλατυφύλλων και αγροτικές εκτάσεις στην ευρύτερη περιοχή των Τ.Κ. Κοντοδεσποτίου, οικισμού Μακρυμάλλης Δ.Κ. Ψαχνών και οικισμού Πλατάνας Τ.Κ. Άτταλης.

Διά του χειμάρρου «Μαντάνια» αποφορτίζεται λεκάνη απορροής που σημαντικό μέρος κάηκε με την εν λόγω πυρκαγιά. Ο χειμάρρος αυτός στο τμήμα της πεδινής του κοίτης διέρχεται από τον κάμπο και συνέχεια εντός του χωροθετημένου οικισμού της Δ.Κ. Ψαχνών περιοχή καταγεγραμμένη ως ΖΥΔΚ.

1.8 Σκοπός έρευνας

Προκειμένου να προσδιορισθεί η βέλτιστη υδρολογική κατάτμηση πάνω στην οποία θα προσδιορισθεί η περιβαλλοντική ευπάθεια για τον προσδιορισμό των μέτρων προστασίας που θα προκύψουν σαν συνάρτηση ακραίων καιρικών φαινομένων (Ραγδαίες βροχοπτώσεις, δυνητικά πλημμυρικά φαινόμενα κ.λ.π.) θα γίνει αξιοποίηση δορυφορικών δεδομένων Sentinel 2 για την χαρτογράφηση της καείσας έκτασης.

1.9 Προσδοκόμενα αποτελέσματα

- Προσδιορισμός της καείσας έκτασης και χαρτογράφηση της βλάστησης (corine, Δασικός Χάρτης).
- Εκτίμηση της σφοδρότητας της πυρκαγιάς και κατηγοριοποίηση της ανάλογα με τη σφοδρότητα
- Μελέτη βέλτιστης υδρολογικής κατάτμησης.
- Πολυκριτηριακή ανάλυση προσδιορισμού ζωνών ευπάθειας.
- Εκτίμηση του κινδύνου πλημμύρας στον οικισμό της Δ.Κ. Ψαχνών
- Χωροθέτηση προτεινόμενων έργων

Κεφάλαιο 2

Βιβλιογραφική ανασκόπηση

2.1 Εισαγωγή

Η επίδραση των πυρκαγιών θεωρείται μία από τις ουσιαστικότερες δυσμενείς μεταβλητές στη κλιματική αλλαγή (GCOS, 2016) και οι ανάγκες χαρτογράφησης τους είναι επιτακτικές στα πλαίσια αντιμετώπισης διεθνών πρωτοβουλιών αλλά και δεσμεύσεων όπως το Πρωτόκολλο του Κυότο, ή της «Διεθνής Στρατηγικής για την Μείωση των Καταστροφών» (*INTERNATIONAL STRATEGY FOR DISASTER REDUCTION*) στα πλαίσια εφαρμογής των Στόχων της Βιώσιμης Ανάπτυξης της Ατζέντας του 2030 των Ηνωμένων Εθνών.

Η τηλεπισκόπηση αναδεικνύεται σε σοβαρό εργαλείο παρακολούθησης θερμικών εκπομπών και αερολυμάτων και με δεδομένο ότι το κλιματικό σύστημα συνδέεται με τον παγκόσμιο προϋπολογισμό άνθρακα (Yue et al., 2015) οι πυρκαγιές αποτελούν σημαντική παράμετρο επιρροής (Van Der Werf et al., 2003) εξαιτίας της καύσης της βιομάζας, της καταστροφής της βλάστησης και της μεταβλητότητας των επιφανειακών απορροών επηρεάζοντας τη διάβρωση του εδάφους και τον υδρολογικό κύκλο. (Doerr et al., 2006).

Η χρησιμοποίηση των δορυφορικών εικόνων και η τηλεπισκόπηση χρησιμοποιήθηκε προς αντικατάσταση εκτιμήσεων εδάφους για επεισόδια φωτιάς για πρώτη φορά από τους Hitchcock and Hoffer το έτος 1974.

Η ανάγκη καταγραφής και ενημέρωσης των επιπτώσεων των πυρκαγιών σε παγκόσμια κλίμακα οδήγησε στη δημιουργία υπηρεσιών διεθνών συνεργασιών όπως η “Χαρτογράφηση Υπηρεσιών Διαχείρισης Έκτακτης Ανάγκης” (Copernicus) και η International Charter Space and Major Disasters (<https://disasterscharter.org/>).

Ένας από τους πρωτεύοντες σκοπούς που τίθενται στη μεταπυρική διαχείριση εκτάσεων είναι να επιλεγθούν οι βέλτιστες τεχνικές που θα συμβάλλουν στην επίτευξη της φυσικής διαδικασίας αποκατάστασης.

Η μεθοδολογία εφαρμογής απαιτεί εξειδικευμένες γνώσεις λειτουργίας των φυσικών οικοσυστημάτων και της φυσιολογίας των οργανισμών σε συνδυασμό με τα ερευνητικά αποτελέσματα αντίστοιχων πρακτικών και εφαρμογών.

Η διεπιστημονική προσέγγιση του σκοπού της αποκατάστασης, των επιμέρους πρακτικών από την αξιοποίηση των ερευνητικών αποτελεσμάτων με τη χρήση των νέων τεχνολογιών και δορυφορικών δεδομένων θα συμβάλλει στην βέλτιστη προσέγγιση του στόχου και της οικονομικότητας εφαρμογής με στόχο την άρση της υποβάθμισης των οικοσυστημάτων, την ενίσχυση και υποβοήθηση της φυσικής τους λειτουργίας επαναφοράς στη πρότερα πριν τη διαταραχή κατάσταση.

2.2 Μεσογειακά οικοσυστήματα

2.2.1 Γενικά χαρακτηριστικά

Τα μεσογειακά οικοσυστήματα εμφανίζονται μεταξύ 31ο βόρεια και 40ο νότια του Ισημερινού προσδιορίζοντας τα έτσι σε πέντε ζώνες που είναι η λεκάνη της Μεσογείου, η Χιλή, ή Νότια Αφρική η νοτιοδυτική Αυστραλία και η Καλιφόρνια με συνολική καταλαμβάνόμενη έκταση 1,8 εκατομμύρια τετραγωνικά χιλιόμετρα.

Αποτέλεσμα της εξελικτικής προσαρμογής στο Μεσογειακό περιβάλλον είναι η ομοιομορφία της μορφής και της λειτουργικής απόκλισης της βλάστησης η οποία έχει οδηγήσει σε πολύ υψηλό βαθμό ενδημισμού.

Αν και χωροθετούνται με βάση τις συνθήκες θερμοκρασίας έχουν διακριτό χαρακτηριστικό των κατακρημνίσεων. Η μέση ετήσια βροχόπτωση κυμαίνεται από 275mm έως 900 mm εκ των οποίων το 65% αυτών αφορά τους χειμερινούς μήνες.

Επίσης παρουσιάζουν μεγάλη ετερογένεια όσο αφορά τα εδάφη, την γεωλογία καθώς και τη σύνθεση των φυτικών και ζωικών κοινοτήτων. Τα εδάφη καλύπτονται από πυκνούς φυσικούς σχηματισμούς θάμνων που χαρακτηρίζονται ως «maquis» ή λιγότερο σύμπυκνους και βραχύτερους θάμνους χαρακτηριζόμενοι ως «garrigue» με χαρακτηριστικά είδη τη λεβάντα (*lavandula pedunculata*) και το θυμάρι (*Thymus mastichina*). (Archibold, 1995).

Εξ αυτών η ευρύτερη περιοχή της λεκάνη της Μεσογείου εξαιτίας κατά κύριο λόγο της ανθρώπινης δραστηριότητας, της φωτιάς και της βόσκησης, που σε συνδυασμό με την αλληλεπίδραση και το κλίμα ήταν οι ουσιαστικές διεργασίες της υποβάθμισης του τοπίου και των περιβαλλοντικών αλλαγών οδηγώντας σε απώλεια ενδιαιτημάτων και κατά συνέπεια ειδών. (Vogiatzakis, Mannion and Sarris, 2016).

2.2.2 Λεκάνη της Μεσογείου

Η λεκάνη της Μεσογείου, γεωλογικά, βιολογικά και πολιτιστικά είναι μία από τις πλουσιότερες περιοχές της γης παράγοντες οι οποίοι συνέβαλαν κατά κύριο λόγο στη βιολογική και οικολογική ποικιλομορφία της. (Blondel and Blondel, 2010).

Η σταδιακή εξάπλωση της νεολιθικής γεωργίας από τη Μέση Ανατολή στην Ευρώπη ανάμεσα στα έτη (7000-3500) BP χρησιμοποίησε τη φωτιά ως εργαλείο αποδάσωσης, προκαλώντας την εξελικτική εμφάνιση ποικίλων προτύπων και αναδεικνύοντας την ως το κύριο παράγοντα μαζί με το κλίμα και τη βόσκηση των κινητήριων δυνάμεων των περιβαλλοντικών αλλαγών. (Pons and Quezel, 1985).

2.2.2.1 Κλίμα

Το διζωνικό καθεστώς για το κλίμα της Μεσογείου εμφανίστηκε στα τέλη Παλαιοκενίου και αποτελεί ένα μεταβατικό στάδιο μεταξύ ψυχρού και ξηρού τροπικού με χαρακτηριστικό την έντονη αντίθεση ανάμεσα στις εναλλασσόμενες ζεστές – ξηρές και κρύες – υγρές εποχές.

Το κύριο χαρακτηριστικό του Μεσογειακού κλίματος είναι το ξηρό καλοκαίρι και ο ήπιος υγρός χειμώνας με σταθμιστικό παράγοντα βιοφυσικών διεργασιών τη διάρκεια της καλοκαιρινής ξηρασίας.

Οι βροχοπτώσεις έχουν τα εξής γενικά χαρακτηριστικά:

- Ετήσια παρατυπία
- Έντονη εποχιακή συγκέντρωση και ραγδαιότητα
- Χαρακτηριστική μέση ετήσια

Το ετήσιο ύψος βροχόπτωσης κυμαίνεται από 275 – 925 mm και το 65% αυτών αντιστοιχεί στην περίοδο Νοεμβρίου – Απριλίου για το βόρειο ημισφαίριο και Μαΐου – Οκτωβρίου για το νότιο ημισφαίριο.

2.2.2.2 Γεωλογία – Έδαφος

Όλες οι Μεσογειακές περιοχές χαρακτηρίζονται από μία φυσιογραφία επαναλαμβανόμενου έντονου αναγλύφου και παρεμβαλλόμενων επίπεδων εδαφών και πεδιάδων. Οι ορεινοί όγκοι παρουσιάζουν κατά θέσεις έντονες και κατακόρυφες υποβαθμίσεις με χαρακτηριστικό κίνδυνο απόπλυσης και διάβρωσης ιδίως κατά το κορεσμό του εδάφους από τις βροχοπτώσεις τον χειμώνα. Η συνεχής ανωτέρω διαδικασία έχει οδηγήσει στην εξάπλωση λεπτών και άγονων εδαφών τα οποία είναι φτωχά σε άζωτο και φώσφορο τα οποία έχουν ταξινομηθεί ως «xeralfs». (Foth and Schafer, 1980).

Τα εδάφη αυτά έχουν υψηλή περιεκτικότητα σε άργιλο με αποτέλεσμα την κακή δομή και τη σκλήρυνση σε περιόδους ξηρασίας.

Γενικά έχουν καφέ - γκριζωπό ή κοκκινωπό – καφέ χρωματισμό ανάλογα με τη φύση του μητρικού πετρώματος.

Το μητρικό πέτρωμα ανάλογα με την γεωλογικό ιστορικό του ταξινομείται ως πυριγενές, μεταμορφωμένο και ιζηματογενές. (Παπαμίχος, 1985).

➤ Πυριγενή πετρώματα

Τα πυριγενή πετρώματα είναι αποτέλεσμα της ψύξης του μάγματος. Η αργή ψύξη του δημιουργεί χονδρόκοκκα πλουτωνικά πετρώματα όπως ο γρανίτης, οι περιδοτίτες, οι γρανοδιορίτες και οι γάβροι. Η γρήγορη ψύξη δημιουργεί λεπτόκοκκα ηφαιστειακά πετρώματα ή γυαλιού όπως τραχείτες, ανδেসίτες, λιπαρίτες, βασάλτες, η κίσηρη και ο οψιδιανός.

➤ Μεταμορφωμένα πετρώματα

Είναι αποτέλεσμα υψηλών θερμοκρασιών και πίεσης που δρα σε ιζηματογενή και πυριγενή πετρώματα με τη μεταμορφωσή τους σε διαφορετικά πετρώματα που έχουν διαφορετικές ιδιότητες από τα αρχικά. Τέτοια είναι τα μάρμαρα, οι μαρμαρυγικοί σχιστόλιθοι και οι γνεύσιοι. Οι αργιλικόι σχιστόλιθοι δημιουργούνται από την απόθεση και συμπίεση πηλωδών και αργιλώδων ιζημάτων.

➤ Ιζηματογενή πετρώματα

Είναι αποτέλεσμα υψηλών θερμοκρασιών και πίεσης που δρα σε ιζηματογενή και πυριγενή πετρώματα με τη μεταμορφωσή τους σε διαφορετικά πετρώματα που έχουν διαφορετικές ιδιότητες από τα αρχικά. Τέτοια είναι τα μάρμαρα, οι μαρμαρυγικοί σχιστόλιθοι και οι γνεύσιοι. Οι αργιλικόι σχιστόλιθοι δημιουργούνται από την απόθεση και συμπίεση πηλωδών και αργιλωδών ιζημάτων.

Προέρχονται από την αποσάθρωση των πυριγενών και μεταμορφωσιγενών πετρωμάτων και θεωρούνται τα πιο σημαντικά εφ' όσον αυτά επικαλύπτουν τους περισσότερους μεταμορφωσιγενείς και πυριγενής μετασχηματισμούς τα οποία μεταφέρθηκαν και αποτέθηκαν στο βυθό των λιμνών και θαλασσών ή στις εκβολές των ποταμών. Ανθρακικά πετρώματα προέρχονται από αποθέσεις του ανθρακικού ασβεστίου και μαγνησίου και τελική συμπίεση σε σκληρό πέτρωμα που είναι οι ασβεστόλιθοι και οι δολομίτες. Άλλα ανθρακικά πετρώματα είναι μάργες (άργιλος και ανθρακικό ασβέστιο) ενώ οι ηφαιστειακοί τόφφοι και η θηραϊκή γη είναι ηφαιστειακά ιζήματα. Από απόθεση και συμπίεση χονδρόκοκκων υλικών προέρχονται οι ψαμμίτες, τα κροκαλοπαγή και τα λατυτοπαγή πετρώματα.

Σε αυτή την κατηγορία εδαφών κατατάσσονται χαλαρά υλικά απροσδιόριστης προέλευσης όπως αλλουβιακά κ.λ.π.

Δασικά εδάφη

Ως Δασικός έδαφος ορίζεται το χαλαρό υλικό (ανόργανο και οργανικό) της επιφάνειας της γης που είναι άμεσα εξαρτημένο από την τοπογραφία – ανάγλυφο, κλίμα – έκθεση, όλους τους οργανισμούς, μητρικό πέτρωμα σε συνδυασμό με το χρόνο επιρροής τους. (Μιχόπουλος και Οικονόμου, 2002).

Στη δασική οικολογία το έδαφος αποτελεί ένα από τα σπουδαιότερα δομικά στοιχεία αυτών των οικοσυστημάτων (δασικά) καθώς αποτελεί ουσιαστικό παράγοντα συμμετοχής στη σταθερότητα και της δυναμικής τους. (Οικονόμου et al., 2007).

Τα Δασικά εδάφη δημιουργούνται από την αποσάθρωση του μητρικού πετρώματος στην επιφάνεια του εδάφους κατά τη διαδικασία της θραύσης τους με την επίδραση κατά το πρώτο στάδιο των φυσικών δυνάμεων (θερμότητας, πάγου, νερού και ανέμου) και κατά το δεύτερο στάδιο με την επίδραση χημικών διεργασιών από τη δράση του νερού και στη συνέχεια με την επίδραση του ανθρακικού οξέος που δημιουργείτε από τη διάλυση του διοξειδίου του άνθρακα, προερχόμενο από την ατμόσφαιρα είτε από την αναπνοή ριζών και μικροοργανισμών στο έδαφος, στο νερό. Η χημική αντίδραση του νερού με το ανθρακικό οξύ στα πετρώματα δημιουργούν νέα ορυκτά με αποτέλεσμα τα ανθεκτικά πετρώματα να αντιδρούν να δημιουργούν λιγότερες νέες συνθέσεις.

Στη διάρκεια των αιώνων το αρχικό υλικό των πετρωμάτων με τη χημική αποσάθρωση θρυμματίζεται και ελευθερώνονται θρεπτικά συστατικά στο έδαφος για να δημιουργηθούν οι κατάλληλες συνθήκες αποικισμού των πρώτων ειδών που είναι τα βακτήρια που δεσμεύουν το ατμοσφαιρικό άζωτο και οι λειχήνες που επίσης προσλαμβάνουν άζωτο από το νερό της βροχής στάδιο πολύ σημαντικό διότι στα πετρώματα δεν υπάρχει άζωτο.

Με το θάνατο και την αποσύνθεση των πρώτων αποίκων εμπλουτίζεται το νεαρό έδαφος με θρεπτική και οργανική ουσία και γίνεται κατάλληλο για την υποδοχή των ποών, θάμνων και δέντρων. Η νεογκατασταθείσα βλάστηση επιταχύνει την αποσάθρωση από την έκκριση των οργανικών οξέων στη περιοχή των ριζών σχηματίζοντας βαθύτερα εδάφη από τα ανάντη προς τα κατόντη και από τα επιφανειακά στρώματα στα βαθύτερα.

Σε ένα δασικό εδαφικό προφίλ διακρίνονται τρεις εδαφικοί ορίζοντες ή στρώματα:

- Τον οργανικό ορίζοντα (A) με χρωματισμό σκοτεινότερο από τους υποκείμενους ορίζοντες που αποτελείτε από μη αποσυντεθειμένη φυλλάδα (L στρώμα), μερικώς αποσυντεθειμένη (F στρώμα) και πλήρως αποσυντεθειμένη (H στρώμα).

- Τον οργανικό ορίζοντα (B) με χρωματισμό κόκκινο ή καφέ και χαρακτηρίζεται από τη συσσώρευση οξειδίων του σιδήρου και αργίλου.
- Τον οργανικό ορίζοντα (C) με ανοιχτό χρωματισμό και μικρή βιολογική δραστηριότητα

2.2.2.3 Βλάστηση

Απαντάται πλούτος ειδών και μεγάλη γενετική ποικιλομορφία με χαρακτηριστικό την ευπάθεια και την πολυπλοκότητα των οικολογικών συνθηκών εξαιτίας της έντονης ανθρώπινης επιρροής.

Η βλάστηση που επικρατεί στα μεσογειακά οικοσυστήματα αποτελείται από αείφυλλα-σκληρόφυλλα είδη. Στο υγρό άκρο του ορίου βροχόπτωσης (900 mm) φύονται πυκνές αείφυλλες φυτοκοινωνίες θάμνων, ενώ στο ξηρό (275 mm) αυτές αντικαθίστανται από ανοικτές θαμνοσυστάδες. Στην Ελλάδα η έκταση που καταλαμβάνουν αυτοί οι τύποι σε ποσοστό, είναι το 40% της συνολικής και ονομάζονται μακκί (μακκία) και φρύγανα.

2.2.2.4 Φωτιά

Οι πυρκαγιές είναι ιδιαίτερα έντονες σε περιοχές με μεσογειακό κλίμα εξαιτίας των υψηλών θερμοκρασιών την περίοδο της καλοκαιρινής ξηρασίας και της υψηλής συσσώρευσης βιομάζας.

Προκαλούν αλλαγές στις εδαφικές ισορροπίες και τους βιοχημικούς κύκλους επιδεινώνουν την απορροή και την διάβρωση των εδαφών, υποβαθμίζουν τη δομή και το πορώδες του εδάφους που σε συνδυασμό με τις απώλειες των θρεπτικών συστατικών εξαιτίας της πτητικότητας υποβαθμίζουν την παραγωγική δυναμική των οικοτόπων. (Mitic et al., 2015).

2.2.2.5 Βόσκηση

Η βόσκηση με τον τρόπο που εξασκείτε σαν φυσική κληρονομιά της νομαδικής μορφής έχει παίξει ουσιαστικό παράγοντα υποβάθμισης των εδαφών ειδικότερα στα νότια και ανατολικά τμήματα της Μεσογείου που σε συνδυασμό με τα κλιματικά χαρακτηριστικά επιδείνωσαν ακόμη περισσότερο τη κατάσταση οδηγώντας στην αποδυνάμωση της βλάστησης.

Στην Ελλάδα η υπερβόσκηση σε συνδυασμό με την καύση για τη βελτίωση της θρεπτικής αξίας των λιβαδικών φυτών (τρόπος βελτίωσης των βοσκοτόπων), προφανώς γιατί απομακρύνεται η παλιά αύξηση και δημιουργείται νέα που είναι πλούσια σε υγρασία

και θρεπτικά στοιχεία, αποτελεί αναπόσπαστο μέρος της βόσκησης των προβάτων και αιγών. Οι φωτιές της τελευταίας δεκαπενταετίας φαίνεται ότι έχουν αυξηθεί σε συχνότητα. Η επίδραση της φωτιάς, όπως συμβαίνει με όλους τους οικολογικούς παράγοντες, μπορεί να είναι ευνοϊκή ή δυσμενής ανάλογα με τη μορφή της, την ένταση της, τη συχνότητα επανάληψης και τη σύνθεση του οικοσυστήματος στο οποίο εμφανίζεται και από τη συνεπίδραση άλλων παραγόντων και κυρίως της βοσκής. Οι έρπουσες πυρκαγιές καταστρέφουν μόνο την υποβλάστηση χωρίς να θίγουν τα δένδρα (δρουν δηλ επιλογικά καταστρέφουν τον επικείμενο χούμο απελευθερώνοντας σημαντικές ποσότητες θρεπτικών συστατικών και έτσι διευκολύνουν την αναγέννηση των δένδρων, καθώς και την ανάπτυξη γράστων και ψυχανθών ειδών με μεγάλη θρεπτική αξία για τα ήμερα ή άγρια ζώα που βόσκουν μέσα στο δάσος. Η έρπουσα πυρκαγιά με τη μορφή του "ελεγχόμενου" ή «προδιαγεγραμμένου πυρός» έχει καταστεί σήμερα σε πολλές χώρες, ένα όργανο χειρισμού δασών και βοσκοτόπων (συνηθισμένη πρακτική και για τη χώρα μας). Οι τακτικές πυρκαγιές σε συνδυασμό με την έντονη βόσκηση που ασκείται αμέσως μετά έχουν ως αποτέλεσμα τη μείωση των πληθυσμών πολλών φυτικών ειδών και την αλλαγή της σύνθεσης των φυτοκοινοτήτων της περιοχής.

2.2.2.6 Εξελικτική πορεία βλάστησης - φυτοπροστασία

Εξαιτίας των πυρκαγιών που αποτελεί αναπόσπαστο μέρος της εξελικτικής πορείας των Μεσογειακών ειδών, αυτά ανέπτυξαν προσαρμοστικούς μηχανισμούς εξασφαλίζοντας τη διαχρονική επιβίωση τους. (Vallejo et al., 2012).

Χρησιμοποιούνται τέσσερις μηχανισμοί: (Vogiatzakis, 1999)

- *Χαμηλή αφθονία*
- *Περιορισμός οικοτόπων σε ξηρά χαμηλής θήρευσης περιβάλλοντα.*
- *Χημικές και δομικές αμυντικές αντιδράσεις*
- *Αλλαγές στον χρόνο έκθεσης σε θηρευτές με μεταβολές στη φαινολογία ή / και ρυθμό εξέλιξης.*

2.3 Αποκατάσταση περιβάλλοντος

2.3.1 Γενικά

Η έννοια της αποκατάστασης περιβάλλοντος υιοθετήθηκε σαν όρος και υποχρέωση στα όρια της εκμετάλλευσης των φυσικών πόρων μετά το έτος 1960. (Jacobs, 1991).

Η πρώτη εισαγωγή του όρου της αειφορικής εκμετάλλευσης εισήχθη στα πλαίσια της ορθολογικής διαχείρισης των δασών με την έννοια της διατήρησης των καρπώσεων (Ντάφης, 1986α).

Τα τελευταία χρόνια και σύμφωνα με την έκθεση Brundtland 1987 της διεθνούς επιτροπής για την Ανάπτυξη και το Περιβάλλον θεσμοθετήθηκε ο όρος της Βιώσιμης Ανάπτυξης και αφορά την ανάπτυξη που καλύπτει τις διαχρονικές ανάγκες των ανθρωπίνων γενιών. (Agenda 21 :: Sustainable Development Knowledge Platform, 1992).

2.3.2 Σκοπός της αποκατάστασης

Η αποκατάσταση των επιφανειών που έχουν υποστεί μια διαταραχή (πυρκαγιές κ.λ.π.) καθιστά τις περιοχές ευάλωτες σε περαιτέρω υποβάθμιση και ανάλογα με τις ανθρωπογενείς επεμβάσεις, την μεταπυρική διαχείριση, την ευπάθεια των εδαφών και το στάδιο διαδοχής και προσαρμοστικότητας της βλάστησης μπορεί να οδηγήσει και στην ερημοποίηση.

Για τα οικοσυστήματα της Μεσογείου εξαιτίας τη συνεχούς επί αιώνων υποβάθμισης δεν μπορεί εύκολα να οριστεί το σημείο αναφοράς για την επαναφορά στη προτέρα και πριν τη διαταραχή κατάσταση. (Tomaselli 1977, 1981b).

Γενικά γίνεται αποδεκτό ότι οι φυσικές διεργασίες είναι ικανές να οδηγήσουν σε επαναφορά του οικοσυστήματος αλλά όμως στη διάρκεια σχετικά μεγάλου χρονικού ορίζοντα.

2.3.3 Επικρατούσες αντιλήψεις αποκατάστασης στα πλαίσια των επεμβάσεων

Οι κυρίαρχες αντιλήψεις για τις επεμβάσεις προς αποκατάσταση συνέπεια διαταραχής θα μπορούν να κατηγοριοποιηθούν στις εξής: (Μπρόφας, 2011).

- Η αντίληψη της απόλυτης προστασίας (φυσική αποκατάσταση χωρίς εξογενείς παρεμβάσεις).
- Η συντηρητική άποψη (ήπιες παρεμβάσεις με αυστηρούς περιοριστικούς κανόνες στη διατήρηση της οπτικής και οικολογικής πραγματικότητας).
- Οικολογικός σχεδιασμός (Whyte, 1970)

➤ Η αντίληψη της τυχαίας ή ευκαιριακής προσέγγισης (χρησιμοποίηση παραδοσιακών πρακτικών χωρίς σχεδιασμό με αμφίβολο αποτέλεσμα).

➤ Σφαιρική αντίληψη (ίδια με τον οικολογική αντίληψη με τη διαφοροποίηση της συνεκτίμησης της κοινωνικής προσέγγισης).

2.3.4 Αρχές Αποκατάστασης

Κάθε σχεδιασμός αποκατάστασης θα πρέπει να ακολουθεί αρχές οι οποίες διαμορφώνονται από τη φυσική προτέρα πριν την διαταραχή κατάσταση εξετάζοντας ταυτόχρονα και λαμβάνοντας υπόψη τις κοινωνικοοικονομικές συνθήκες την φυσική και ανθρώπινη ιστορία και το διαμορφωμένο επιστημονικό πλαίσιο.

Έτσι η αποκατάσταση πρέπει να ακολουθεί τις κάτωθι δύο βασικές αρχές (Καρέτσος, Γ. et al., 2012):

➤ *Την αρχή της διατήρησης του εδάφους*

➤ *Την αρχή της «αυτοδιαδοχής», που ακολουθούν οι φυσικές διεργασίες ανασυγκρότησης των οικοσυστημάτων που υπέστησαν τη διαταραχή.*

2.3.4.1 Αρχή της διατήρησης του εδάφους

Σύμφωνα με τη διεθνή επιστημονική βιβλιογραφία (De Bano and Conrad 1978, Dunn et al. 1979, Ellis and Kumerow 1989, Παπαμίχος κ.ά. 1993, USDA Forest Service 2005, Seiloropoulos and Alifragis 1996, Giovannini et al. 1998, Δημητρακόπουλος 2001, Neary et al. 2006, Χριστακόπουλος 2010) η επίδραση της φωτιάς στις φυσικοχημικές ιδιότητες και στη γονιμότητα των εδαφών μπορούν να συνοψιστούν στις κάτωθι γενικευμένες κατευθύνσεις:

➤ Ευνοούνται οι συνθήκες ορυκτοποίησης του αζώτου και γενικά η ταχύτητα των βιολογικών και φυσικοχημικών αντιδράσεων με αποτέλεσμα την αύξηση των διεργασιών αποσύνθεσης. Η μεγαλύτερη όμως ποσότητα εκχυλίσμου φωσφόρου και οι επίσης μεγαλύτερες διαθέσιμες ποσότητες K, Mg, Ca αυξάνουν την επικινδυνότητα διαθεσής τους εξαιτίας του κινδύνου της έκπλυσης του εδάφους από την επιφανειακή απορροή.

➤ Η καύση του δασικού τάπητα αποτελεί την πλέον επιζήμια επίδραση στην επαναφορά της βλάστησης εξαιτίας του μεγάλου χρόνου αποκατάστασης. Έτσι το επιφανειακό έδαφος λόγω της ελαχιστοποίησης της οργανικής ουσίας αποκτά κακή δομή με άμεσες δυσμενείς επιπτώσεις στον αερισμό, τη διήθηση του νερού, στην υδατοικανότητα, στη λειτουργία και δράση των μικροοργανισμών, στην εδαφογένεση κ.α.

➤ Οι συνεχείς πυρκαγιές δρουν ανασταλτικά στην επανάκαμψη της βλάστησης και συμβάλλουν δραστικά στην αύξηση της διαβρωσιμότητας που σε συνδυασμό από τη δημιουργία, μετά τη καύση, υδρόφοβου επιφανειακού στρώματος στην απώλεια των εδαφών.

➤ Η κατά το δυνατό συγκράτηση του εδάφους θα έχει ως συνέπεια τη διατήρηση τόσο της τράπεζας σπερμάτων που διαθέτει όσο και των θρεπτικών συστατικών του εδάφους προκειμένου να εξασφαλιστούν οι ευνοϊκότερες συνθήκες υποδοχής της αναγέννησης.

Έτσι σύμφωνα με τα ανωτέρω η συγκράτηση του εδάφους αποτελεί πρωταρχικό στόχο. (Χατζηστάθης 1975, Μπρόφας 2011).

2.3.4.2 Αρχή της «αυτοδιαδοχής»

Η γνώση της λειτουργίας των μεσογειακών οικοσυστημάτων και της μεταπυρικής λειτουργίας τους έχει εξαιρετική σημασία στη μεταπυρική διαχείριση και στην επιλογή του τρόπου επαναφοράς της βλάστησης. (Ντάφης 1987, Ne'eman and Perevolotsky 2000).

Αυτά αναγεννώνται φυσικά εφόσον δεν επαναληφθεί ή ίδια ή επιπρόσθετη διαταραχή (βόσκηση, φωτιά). (Ντάφης 1986, Paula et al. 2009).

Η ικανότητα της ανάκαμψης που διαθέτουν τα μεσογειακά οικοσυστήματα μετά από φωτιά (fire resilience) οφείλεται σε εξελεκτικούς προσαρμοστικούς μηχανισμούς που έχουν αναπτύξει τα διάφορα είδη. (Daskalaku and Thanos 2004, Kazanis and Arianoutsou 2004, Zagas et al. 2004).

Τα μεσογειακά οικοσυστήματα θεωρείτε ότι προέρχονται από την υποβάθμιση ενός αρχικού τυπικού μεσογειακού δάσους που αποτελούσε το αρχικό στάδιο. (Barbero and Quezel 1981, Tomaselli 1977, 1981b, Μαυρομάτης 1985).

Με την παραδοχή ότι το τελικό στάδιο climax του θερμομεσογειακού ορόφου βλάστησης είναι το δάσος αειφύλλων πλατυφύλλων αυτό υπολείπεται εξαιτίας της πυρκαγιάς και των ανθρώπινων δραστηριοτήτων. Έτσι ο κύκλος της εξέλιξης παραμένει υπολειπόμενα ανοιχτός και οι κυρίαρχες μορφές βλάστησης να χαρακτηρίζονται «ως οικοσυστήματα της παρακλίμακας». (Tomaselli 1977).

2.4 Τεχνικές διατήρησης του εδάφους

2.4.1 Γενικά

Οι σπουδαιότερες τεχνικές διατήρησης και προστασίας του εδάφους μετά τις πυρκαγιές που εφαρμόζονται βασίζονται σε ερευνητικές εργασίες και έχουν διατυπωθεί από τους Van Kraayenourd and Hathaway 1986, Gray and Leiser 1990, Morgan 1995, Schmidt 2003, USDA Forest Service 2003, Μπαλούτσος κ.ά. 2001, Γκαγκάρη κ.ά. 1998, Μπαλούτσος 2005, 2009, Λυριντζής κ.ά. 2007, Καρέτσος κ.ά. 2010, Μπρόφας 2011 κ.α. και αφορούν τις ακόλουθες πρακτικές και εργασίες.

2.4.1.1 Κλαδοπλέγματα ή Φακελώματα

Κατασκευάζονται από λεπτά κλαδιά της καμένης βλάστησης που περιτυλίγονται σε πασσάλους καλά εμπηγμένους στο έδαφος με διεύθυνση κατασκευής κατά την έννοια των χωροσταθμικών. Στη πράξη πολύ καλά κλαδοπλέγματα κατασκευάζονται χρησιμοποιώντας κλάδους Λυγαριάς (*Agnus Castus*).

2.4.1.2 Κορμοσειρές ή Κορμοδέματα

Ευρέως διαδεδομένη τεχνική κατά την οποία οι κορμοί έχουν πλήρη επαφή με το έδαφος και η στήριξή τους γίνεται με όρθιους πασσάλους και βάθος αγκύρωσης 50 cm περίπου. Η διάμετρος των κορμών πρέπει να είναι (20-30) cm. Για κορμούς μικρότερης διαμέτρου χρησιμοποιούνται δύο κορμοί (δέματα) τοποθετημένοι ο ένας πάνω στον άλλο, ενώ για κορμούς μεγαλύτερης διαμέτρου σχίζονται σε τεταρτημόρια.

Κατασκευάζονται κατά μήκος των ισουψών έχουν ιδεατή εφαρμογή σε ευδιάβρωτα βαθιά και χαλαρά εδάφη όπως μάργες, φλυσχογενή και προσχωσιγενή.

2.4.1.3 Ξύλινα φράγματα ή κορμοφράγματα

Κατασκευάζονται κατά μήκος των ρεμάτων με την παρατήρηση ότι θα πρέπει να είναι ακριβώς κάθετα στη διεύθυνση ροής της κοίτης για την αποφυγή πλευρικής υποσκαφής. Κρίνεται σκόπιμο η τοποθέτηση στο δάπεδο (κοίτη) σειράς κορμών μήκους 1,5 μ. και τοποθετημένους παράλληλα με τη κοίτη και κάθετα στη διατομή του κορμοφράγματος (παρκέ) για την αποφυγή υποσκαφής της κοίτης.

2.4.1.4 Άλλες κατασκευές

Είναι συνήθως εξαρτώμενες από τη διαθεσιμότητα των υλικών και αφορούν κατασκευές από ξηρολιθοδομές ή λιθοδομές φράχτες από συρματόπλεγμα κ.λπ.

2.4.1.5 Σύγχρονες τεχνικές.

Απαιτούν μηχανικό εξοπλισμό που αφορά θρυμματιστές και ειδικά μέσα διασποράς, είναι περισσότερο χρονοβόρες και φυσικά κοστοβόρες. Κατά τη διαδικασία αυτή χρησιμοποιούνται τεχνικές διασποράς άχυρου ή προιόντα ξύλου από θρυμματισμό αναμειγμένα με συγκολλητικές ουσίες δημιουργώντας ένα προστατευτικό στρώμα προστασίας του εδάφους.

Παραλλαγή αυτής της τεχνικής είναι η υδροσπορά και επικάλυψη με γεώφασμα με επιφάνειες εφαρμογής συνήθως πρανή οδών καθώς και πρανή που δημιουργούνται από την επιφανειακή αποκάλυψη ή απόθεση στείρων μεταλλείων και λατομείων.

Η υδροσπορά γίνεται με ψεκασμό υδατικού διαλύματος το οποίο περιέχει συγκολλητικές ουσίες, λίπασμα και μίγμα σπόρων είτε απευθείας στη κεκλιμένη επιφάνεια, είτε ως επίθεμα στις διαστρωμένες με γεώφασμα επιφάνειες. (Brofas and Varelidis, 2000, Brofas et al. 2007).

Πέρα από τον απαιτούμενο μηχανικό εξοπλισμό ένα επιπλέον μειονέκτημα της μεθόδου είναι ότι κατά την εφαρμογή της μεθόδου στα φυσικά οικοσυστήματα, η επιλογή του μίγματος σπόρων διότι δεν υπάρχει διαθέσιμο εγχώριο υλικό.

2.4.1.6 Σκυρόδετα, Λιθόδημητα φράγματα

Απαιτούν εξειδίκευση τόσο κατά το στάδιο της μελέτης όσο και στο στάδιο κατασκευής, ειδικότερα για τα λιθόδημητα. Θα πρέπει να συνδυάζονται με στοιχεία εφαρμογής και επίτευξης της κλίσης αντιστάθμισης, να χωροθετούνται κατάντη σαθρών και παραγωγής φερτών επιφανειών και λόγω του κόστους κατασκευής θα πρέπει να αναδεικνύεται ο σκοπός και η οικονομικότητα.

Είναι απαραίτητα για τη συγκράτηση κορμών και κλάδων μετά τη πυρκαγιά και ιδίως όταν έχουν προηγηθεί ή πρόκειται να κατασκευαστούν κορμοσειρές κ.λ.π. (Stoffel, Wyżga and Marston, 2016).

2.5 Δορυφόροι και αισθητήρες

2.5.1 Κίνηση των δορυφόρων γύρω από τη γη

Οι δορυφόροι ακολουθούν μία εκ των προτέρων καθορισμένη τροχιά που υπακούει στους νόμους του Κέπλερ ήτοι:

- Διαγράφει ίσες επιφάνειες σε ίσους χρόνους και
- Η τροχιά του βρίσκεται σε ένα επίπεδο διαγράφοντας στην ουσία μία ελλειπτική κίνηση της οποίας η μία εστία είναι η επιφάνεια της γης.

Επειδή η προβολή της τροχιάς του δορυφόρου (ίχνος) στη διάρκεια μίας περιόδου του δορυφόρου η γη έχει περιστραφεί γύρω από τον άξονά της κατά μία γωνία $2\pi*(T/24)$ και διακρίνονται οι περιπτώσεις όπου $T > 24$ ή $T < 24$ όπου $T =$ περίοδος. (Περάκης et al., 2015).

Για τους δορυφόρους που βρίσκονται σε απόσταση από (500-1500) Km η περίοδος τους μεταβάλλεται από (1,5 -2) ώρες διαγράφοντας από (12 – 16) κύκλους το 24ωρο.

Ανάλογα με την τροχιά τους διακρίνονται σε:

- Ηλιοσύγχρονης τροχιάς κατά την οποία ο δορυφόρος είναι έτσι τοποθετημένος ώστε οι συνθήκες φωτισμού του στα διάφορα περασμάτά του να είναι ίδιες, καλύπτοντας κάθε περιοχή της γης σε μία σταθερή τοπική ώρα (Μηλιαρέσης, 2003, Παρχαρίδης, 2015) και είναι σχεδόν πολική τροχιάς. Η τηλεπισκόπιση χρησιμοποιεί τέτοιους επί το πλείστον δορυφόρους.

- Γεωστατικής τροχιάς δορυφόροι που ακολουθούν τους παράλληλους προς τον ισημερινό με χρονική περίοδο τροχιάς 24 ώρες. Εξαιτίας των ανωτέρω χαρακτηριστικών τους η τροχιά τους είναι σε ύψους 36.000 Km με αποτέλεσμα τη μικρή διακριτική τους ικανότητα με πλεονεκτήμα τη συνεχή παρατήρηση της ίδιας επιφάνειας στη γη και τη μεγάλη κάλυψη παρατήρησης. Χρησιμοποιούνται κυρίως για μετεωρολογικούς σκοπούς τις τηλεπικοινωνίες και τηλεόραση και έχουν μεγαλύτερη διάρκεια ζωής λόγω ύψους τροχιάς.

2.5.2 Παθητικοί και Ενεργητικοί Αισθητήρες.

Ανάλογα με την πηγή της καταγραφόμενης ακτινοβολίας τα συστήματα γεωπισκόπησης διακρίνονται σε παθητικά και ενεργητικά (Καρτάλης και Φείδας, 2007).

2.5.2.1 Παθητικοί Αισθητήρες

Οι αισθητήρες στα συστήματα αυτά έχουν την ικανότητα ανίχνευσης και καταγραφής της ανακλώμενης ηλιακής και θερμικής ακτινοβολίας στο ορατό και υπέρυθρο μήκος κύματος του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος. Οι περισσότεροι δορυφόροι φέρουν πολυφασματικό σαρωτή στον οποίο καταγράφετε το ηλεκτρομαγνητικό σήμα της πηγής την ίδια χρονική στιγμή και σε διαφορετικά μήκη κύματος παρέχοντας τα διαφορετικά

φασματικά κανάλια της δορυφορικής εικόνας. (Περάκης et al., 2015). Οι δορυφόροι αυτοί συνδυάζουν διαφόρων τύπων όργανα (ραδιόμετρο –ποσοτική ένταση Η/Μ ακτινοβολίας, Φασματόμετρο, Υπερφασματικό ραδιόμετρο, Ηχόμετρο κ.λ.π) παρέχοντας παγχρωματικές, πολυφασματικές, υπερφασματικές, υψηλής ευκρίνειας και ραδιομετρίας μικροκυμάτων εικόνες.

Τα δορυφορικά συστήματα και οι αισθητήρες που χρησιμοποιούνται για την χαρτογράφηση των καμένων επιφανειών και εκτάσεων καταγράφονται στον ακόλουθο πίνακα. (ΠΙΝΑΚΑΣ 3).

Πίνακας 3. Δορυφορικοί αισθητήρες που χρησιμοποιούνται για χαρτογράφηση καμένων περιοχών.

Δορυφορική (αισθητήρας)	Διαχειριστής	Λειτουργικές ημερομηνίες		Χρ.Δ.Ι	Χ.Δ.Ι
		Ημερομηνία έναρξης	Τέλος λειτουργίας		
ENVISAT (MERIS)	ESA	1/03/2002	9/05/2012	2-3 ημέρες	300-1200 μ
JPSS (VIIRS)	NOAA	28/10/2011	Σε λειτουργία	1-2 ημέρες	375-750 μ
Landsat 1-3 (MSS)	NASA / USGS	23/07/1972	7/09/1983	18 ημέρες	80 μ
Landsat 4-5 (TM)	NASA / USGS	16/07/1982	5 Ιουνίου 2013	16 ημέρες	30-120 μ
Landsat 7 (ETM +)	NASA / USGS	5/10/1993	Σε λειτουργία	16 ημέρες	15 / 30-60 μ
Landsat 8 (OLI / TIRS)	NASA / USGS	11/02/2013	Σε λειτουργία	17 ημέρες	OLI: 15/30 μ. TIRS: 100 m
NOAA-7-19 (AVHRR)	NOAA	19/10/1978	Σε λειτουργία	1-2 ημέρες	1100 μ
ΠΡΟΒΑΣΗ V	ESA	7/05/2013	Σε λειτουργία	1-2 ημέρες	300 m
Sentinel 1A-B (SAR)	ESA	3/04/2014 (1A) 25/04/ 2016 (1B)	Σε λειτουργία	6 ημέρες	5-20 μ
Sentinel 2A-B (MSI)	ESA	23/06/2015 (2A) 7/03/2017 (2B)	Σε λειτουργία	5 μέρες	10-20-60 m
Sentinel 3A-B (SLSTR, OLCI)	ESA	16/02/2016(3A) 25/04/2018 (3B)	Σε λειτουργία	1-2 ημέρες	300 m OLCI, 500 m SLSTR
SPOT 1-7 (HRV)	CNES	22/02/1986	Σε λειτουργία	26 ημέρες	2,5 έως 20 μ
SPOT 4-5 (VGT)	CNES	24/03/1998	Ιούλιος 2013	1-2 ημέρες	1000 μ
Terra-Aqua (MODIS)	NASA	18/12/1999 (Terra) 4/05/2002 (Aqua)	Σε λειτουργία	1-2 ημέρες	250-1000 μ

2.5.2.2 Ενεργητικοί Αισθητήρες

Οι ενεργητικοί αισθητήρες εκπέμπουν μέσω ενός πομπού δική τους ακτινοβολία, η οποία ανακλάται, διαχέεται ή διαθλάτε στην ατμόσφαιρα ή στην επιφάνεια της γης και καταγράφεται από έναν δέκτη στην επιστροφή του.

Αυτοί μπορεί να είναι αισθητήρες φθορισμού οι οποίοι φέρουν ακτίνες Laser η Ραντάρ Συνθετικού Ανοίγματος (Synthetic Aperture radar/SAR).

Το κύριο πλεονέκτημα τους είναι ότι διαπερνούν τα σύννεφα, δεν εξαρτώνται από τις καιρικές συνθήκες αφού διαπερνούν το χιόνι και τη βροχή σχετικά χαμηλής έντασης και είναι επιχειρησιακά όλο το εικοσιτετράωρο.

2.5.3 Χαρακτηριστικά των οργάνων καταγραφής

2.5.3.1 Χωρική διακριτική ικανότητα - spatial resolution

Η Χωρική διακριτική ικανότητα (ΧΔΙ) ή του οργάνου αναφέρεται στο ελάχιστο μέγεθος που μπορεί να έχει ένα αντικείμενο προκειμένου να ανιχνευτεί (Καρτάλης και Φείδας, 2007).

«Αφορά το ελάχιστο μέγεθος της γήινης επιφάνειας που μπορεί να διακρίνει ο συγκεκριμένος αισθητήρας, δηλ. στη επιφάνεια που αντιπροσωπεύει ένα εικονοστοιχείο (pixel) της εικόνας του συγκεκριμένου αισθητήρα». (Περάκης, 2015)

Εικονοστοιχείο με ΧΔΙ 30 μέτρα αντιπροσωπεύει επιφάνεια 30x30.

2.5.3.2 Φασματική διακριτική ικανότητα – spectral resolution

Αναφέρεται στον αριθμό των φασματικών καναλιών από τα οποία αποτελείτε η συγκεκριμένη εικόνα και άρα αφορά τον αριθμό των μηκών κύματος που έχει δυνατότητα καταγραφής ο συγκεκριμένος αισθητήρας.

2.5.3.3 Ραδιομετρική διακριτική ικανότητα – radiometric resolution

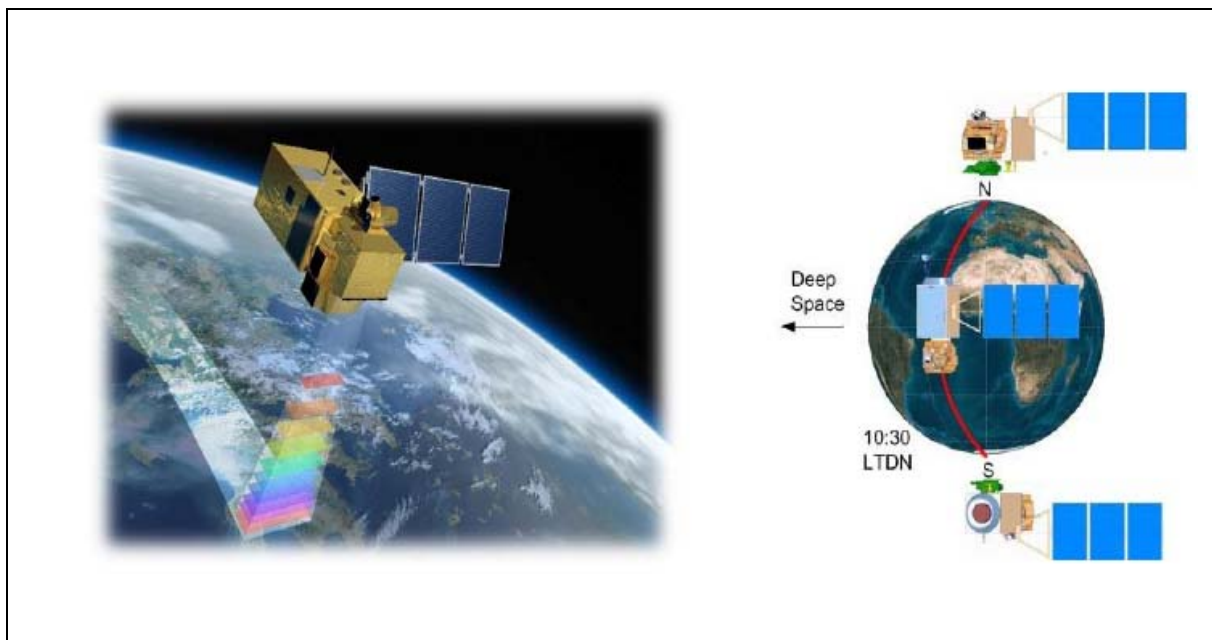
Αφορά τον αριθμό bits (διαφορετικές διαβαθμίσεις) του συγκεκριμένου αισθητήρα.

Στον δορυφόρο Landsat οι χωρικές διαβαθμίσεις είναι 8 bits ή $2^8=256$ διαφορετικές εντάσεις.

2.6 Προϊόντα Sentinel

Η αποστολή Sentinel 2 συμπεριλαμβάνει δύο δίδυμους ηλιοσύγχρονης και πολικής τροχιάς δορυφόρους (Sentinel 2A, Sentinel 2B) ακολουθώντας ίδια τροχιά και έχουν διαφορά φάσης μεταξύ τους 180° . Έχοντας τους δύο δορυφόρους σε λειτουργία η επίσκεψη κάθε σημείου της γήινης επιφάνειας γίνεται ανά πέντε μέρες.

Το ύψος τροχιάς είναι 786 χιλιόμετρα με κλίση 98,5° με 14,3 στροφές την ημέρα, και 10:30 τοπική ώρα φθίνοντα (descending) κόμβου κατάλληλα επιλεγμένη για λόγους ηλιακού φωτισμού και ελαχιστοποίησης της νεφοκάλυψης. (Εικόνα, 7).

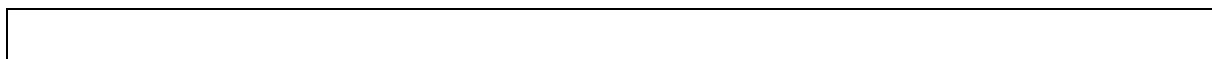


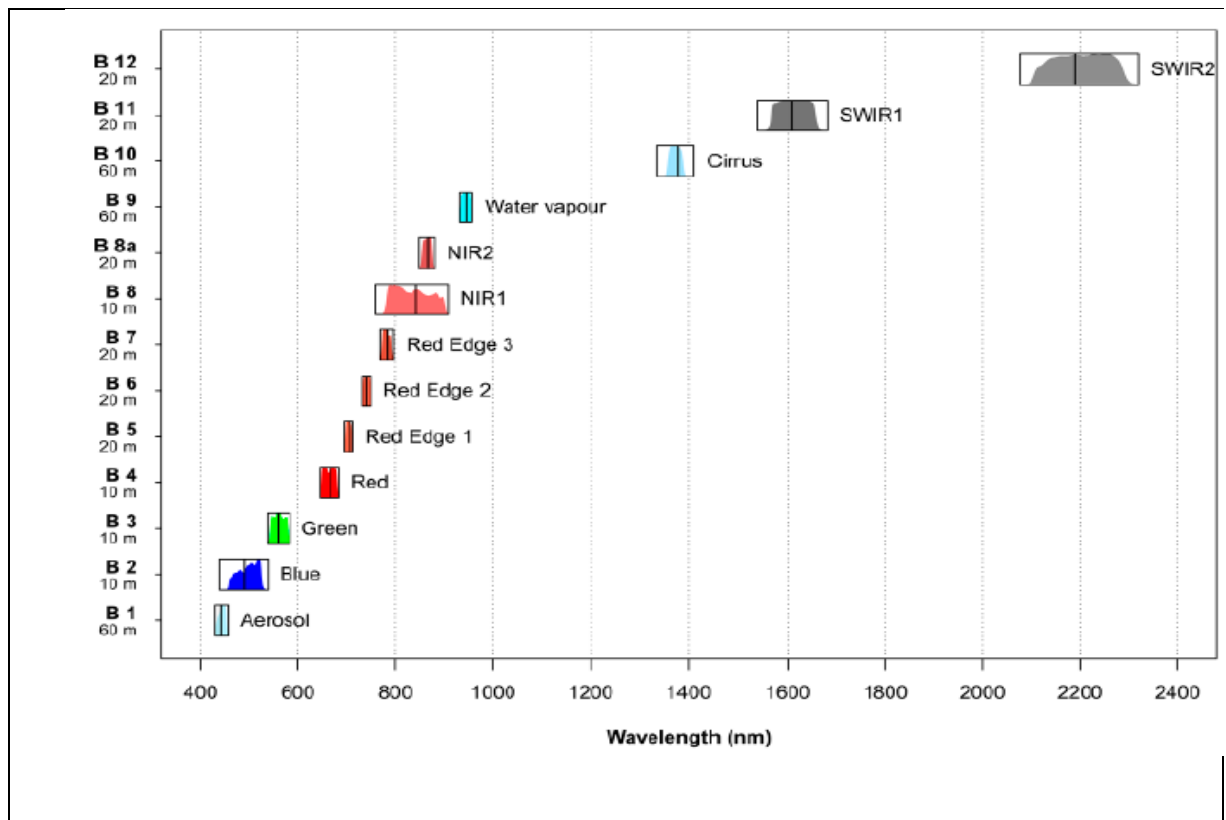
Εικόνα 7. Ο δορυφόρος Sentinel 2 και η τροχιά του. Πηγή: (<http://www.cesbio.ups-tlse.fr>, <http://spaceflight101.com/copernicus/sentinel-2>).

Η δημιουργία οπτικών εικόνων του Sentinel 2 (Gascon et al., 2017) γίνεται μέσω του πολυφασματικού οργάνου καταγραφής (Multispectral Instrument – MSI) σε δεκατρία (13) φασματικά κανάλια με εύρος από την ορατή ζώνη έως τη ζώνη υπέρυθρων βραχέος μήκους κύματος (Short Wave Infrared - SWIR). Το πολυφασματικό όργανο καταγραφής (MSI) έχει πλάτος σάρωσης 290 km και η χωρική ανάλυση κατηγοριοποιείται ως εξής:

- τα 10 m (4 ζώνες) στα κανάλια του ορατού (B2, B3, B4) και του κοντινού υπέρυθρου (B8- εγγύς υπέρυθρο 1 - NIR1).
- τα 20 m (6 ζώνες) τα κανάλια B5, B6, B7 της κόκκινης ακμής (red edge), B8a του εγγύς υπέρυθρου 2 (NIR2), B11 και B12 του βραχύ υπέρυθρου (SWIR)
- τα 60 m (3 ζώνες) οι οποίες συμβάλλουν στην ατμοσφαιρική διόρθωση και στην ανίχνευση νέφους (Εικόνα, 8).

Το κέντρο του πρώτου καναλιού είναι τα 433 nm και του τελευταίου 2190 nm.





Εικόνα 8. Χαρακτηριστικά του πολυφασματικού οργάνου καταγραφής MSI του Sentinel 2. Πηγή: (Immitzer et al., 2016).

2.6.1 Επισκόπηση Προϊόντων Sentinel 2

Τα επίπεδα επεξεργασίας των προϊόντων Sentinel-2 MSI είναι:

- Προϊόντα Level-0 (L0): Ακατέργαστα δεδομένα.
- Προϊόντα Level-1A (L1A): Μη συμπιεσμένα δεδομένα, χωρίς ραδιομετρικές διορθώσεις. Χρησιμοποιούνται για σκοπούς βαθμονόμησης.
- Προϊόντα Level-1B (L1B): Έχουν γίνει ραδιομετρικές διορθώσεις και χρησιμοποιούνται για σκοπούς βαθμονόμησης, επικύρωσης και ποιοτικού ελέγχου.
- Προϊόντα Level-1C (L1C): Ελεύθερη διάθεση από την ESA – γεωαναφερμένα σε UTM/WGS84 (χαρτογραφική γεωμετρία).
- Προϊόντα Level-2A (L2A): Γεωαναφερμένα σε UTM/WGS84 (χαρτογραφική γεωμετρία - ίδια με προϊόντα Level-1C). Σήμερα, αυτά τα προϊόντα μπορούν να δημιουργηθούν από χρήστες με τον κοινό διαθέσιμο επεξεργαστή Sen2Cor. Η παραγωγή L2A είναι πλέον συστηματική σε ολόκληρη την Ευρώπη και η διάδοση μέσω του Copernicus Open Access Hub (<https://scihub.copernicus.eu/>).

2.6.2 Ραδιομετρική διόρθωση και γεωαναφορά

Το παραγόμενο προϊόν του αισθητήρα MSI (επίπεδο 0) επεξεργάζεται -

αποσυμπιέζεται σε προϊόν επιπέδου 1A και αφού γίνουν οι ραδιομετρικές διορθώσεις παράγονται προϊόντα επιπέδου 1B. Εκεί εφαρμόζεται γεωαναφορά και χωρική εγγραφή – κανονικοποίηση σε προβολικό σύστημα UTM/WGS84 χρησιμοποιώντας ΨΥΜΕ το PlanetDEM 90.

Η ορθοαναγωγή των προϊόντων 1C επιτυγχάνει ακρίβεια 20 μ για επίπεδο εμπιστοσύνης 95,5% και να βελτιωθεί στα 12,5 μέτρα με τη χρησιμοποίηση φωτοσταθερών. (Ressl and Pfeifer, 2018).

2.6.3 Τοπογραφική και Ατμοσφαιρική διόρθωση

Το προϊόν επιπέδου 1C χρειάζεται επιπλέον επεξεργασία προκειμένου να αποκτηθούν εικόνες Bottom of Atmosphere (προϊόν Level 2A) και η ESA παρέχει στην πλατφόρμα της το εργαλείο SEN2COR. Μετατροπή Level -1C σε Level 2A μπορεί να δημιουργηθεί χρησιμοποιώντας εναλλακτικούς μεθόδους όπως 6S ή iCOR και MAJA. (Sola et al., 2018).

Η ESA διαθέτει δωρεάν τον επεξεργαστή SEN2COR ως plugin (πρόσθετο) στο λογισμικό SNAP (Sentinel Application Platform software).

Ατμοσφαιρική διόρθωση μπορεί να γίνει με επίσης δωρεάν plugin Semi-Automatic Classification Plugin (SCP), ενσωματωμένο στο λογισμικό QGis (Congedo, 2016), ο οποίος εφαρμόζει έναν αλγόριθμο αφαίρεσης σκοτεινού αντικειμένου. (Chavez, 1988).

2.6.4 Διάθεση προϊόντων Sentinel 2

Η διάθεση των προϊόντων μπορεί να γίνει δωρεάν από τις κάτωθι πλατφόρμες

- Στη διεύθυνση <https://earthexplorer.usgs.gov/>
- Απ' ευθείας στο QGis με τη χρήση του plugin Semi-Automatic Classification Plugin (SCP)
- Στη διεύθυνση (<https://scihub.copernicus.eu>)

2.6.5 Σύγκριση Sentinel 2 – Landsat 8 και Landsat 7

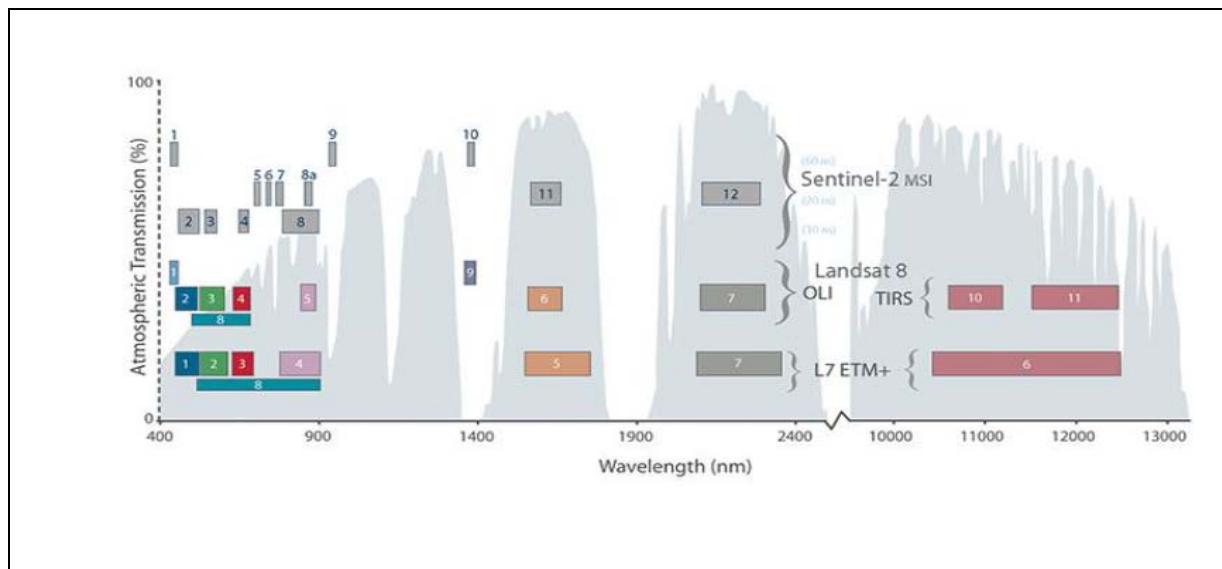
Ο Sentinel 2 μπορεί να χαρακτηριστεί σαν εξελικτική συνέχεια του Landsat με κυριότερα χαρακτηριστικά στενότερο εύρος φασματικών καναλιών για τη βελτίωση της αναγνώρισης χαρακτηριστικών, με πρόσθετα κανάλια για την αξιολόγηση της βλάστησης και ειδικά κανάλια για την βελτίωση της ατμοσφαιρικής διόρθωσης και την ανίχνευση Cirrus σύννεφων. (Santos and Goncalves, 2014). (ΠΙΝΑΚΑΣ 4)

Πίνακας 4. Σύγκριση προδιαγραφών εικόνων Landsat και Sentinel 2. Πηγή: (Santos and Goncalves, 2014)

Parameter	Landsat-7 ETM+		Landsat-8 OLI		Sentinel-2 MSI	
Spectral Bands	Band	Wavelength µm	Band	Wavelength µm	Band	Wavelength µm
	-	-	1 (coastal / aerosol)	0.43-0.45	B1 (blue)	0.43-0.45
	1 (blue)	0.45-0.52	2 (blue)	0.45-0.52	B2 (blue)	0.46-0.52
	2 (green)	0.52-0.60	3 (green)	0.52-0.60	B3 (green)	0.54-0.58
	3 (red)	0.63-0.69	4 (red)	0.63-0.68	B4 (red)	0.65-0.68
	-	-	-	-	B5 (red edge)	0.70-0.71
	-	-	-	-	B6 (red edge)	0.73-0.75
	4 (NIR)	0.77-0.90	-	-	B7 (red edge)	0.77-0.79
	-	-	-	-	B8 (NIR)	0.78-0.90
	-	-	5 (NIR)	0.84-0.88	B8a (NIR)	0.86-0.88
	-	-	-	-	B9 (water vapor)	0.93-0.95
	-	-	9 (cirrus)	1.36-1.39	B10 (cirrus)	1.37-1.39
	5 (SWIR1)	1.55-1.75	6 (SWIR1)	1.56-1.66	B11 (SWIR1)	1.57-1.66
	7 (SWIR2)	2.09-2.35	7 (SWIR2)	2.10-2.30	B12 (SWIR2)	2.10-2.28
	8(PAN)	0.52-0.90	8(PAN)	0.50 - 0.68	-	-
	L7 ETM+ thermal		Landsat8 TIRS		-	
6 (TIR)	10.40-12.50	10 (TIR1)	10.3-11.2	-	-	
-	-	11 (TIR2)	11.5-12.5	-	-	
GSD at nadir	30 m VNIR 15 m Pan 100 (30) m TIR	30 m VNIR 15 m Pan 100 (30) m TIR	10 m (B2, B3, B4, B8) 20 m (B5, B6, B7, B8a, B11, B12) 60 m (B1, B9, B10)			
Quantization	8 bit	12 bit	12 bit			
Onboard Calibration	Yes	Yes	Yes			
Off-axis Viewing	Up to 7.5 deg off Nadir	Up to 7.5° off nadir	Up to 10.3° off nadir (w/o pointing)			
Orbit altitude	705 km	705 km	786 km			
Swath width	185km	185km	290km			

- ❖ Οι Sentinel 2 και Landsat 8 έχουν κανάλια με μικρότερο φασματικό εύρος σε σχέση με τους προηγούμενους δορυφόρους Landsat.
- ❖ Η ραδιομετρική ανάλυση των οργάνων καταγραφής (Sentinel 2 και Landsat 8) που διαθέτουν είναι στα 12 bit σε σχέση με τα 8 bit των παλαιότερων Landsat.
- ❖ Το στένεμα του πλάτους των φασματικών καναλιών Sentinel 2 περιορίζει την επίδραση των ατμοσφαιρικών συστατικών, συμπεριλαμβανομένων των υδρατμών. Το κανάλι του εγγύς υπέρυθρου του Landsat 7 (0.77-0.90 µm) βρέθηκε πλούσιο σε υδρατμούς το οποίο διορθώνεται στον Sentinel 2 από τη συμπλήρωση με το κανάλι B8a
- ❖ Η διόρθωση των συννέφων Cirrus διορθώνεται στον Sentinel 2 από τη συμπλήρωση με το κανάλι B10. Στην βελτίωση των ατμοσφαιρικών διορθώσεων συνεισφέρουν τα δύο επιπρόσθετα κανάλια για την ανίχνευση των αερολυμάτων και της υγρασίας. Το κανάλι που είναι αφιερωμένο για την ανίχνευση της υγρασίας είναι ακόμη μία πρωτοτυπία του Sentinel 2. (Chastain et al., 2019).

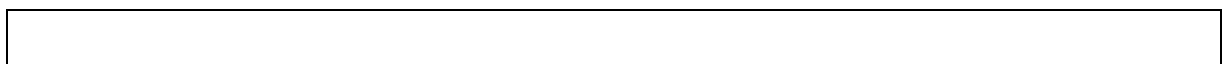
- ❖ Στον το όργανο καταγραφής (MSI) έχει πλάτος σάρωσης 290 km. Τα όργανα καταγραφής των Landsat 7 και 8 ETM+ και OLI-TIRS αντίστοιχα στα 185 km προκρίνοντας μελέτες σε εθνικό και παγκόσμιο επίπεδο. (Sola et al., 2018).
- ❖ Η συχνότητα περιφοράς του Sentinel 2 ανά 5 μέρες προσδίδει μεγαλύτερες πιθανότητες απουσίας νεφοκάλυψης για την περιοχή ενδιαφέροντος. Το μεσοδιάστημα των δεκαέξι (16) του Landsat είναι πολύ μεγαλύτερο.
- ❖ Ο Sentinel 2 δεν έχει θερμικά κανάλια τα οποία χρησιμοποιούνται σε μετρήσεις θερμοκρασίας στη γήινη επιφάνεια και τη μέτρηση της εξατμισοδιαπνοής, εξατμισοδιαπνοής και της κατάστασης των υδάτων (Whitcraft et al., 2015).
- ❖ Ο Sentinel 2 παρέχει καλύτερες εικόνες τόσο στην χωρική ανάλυση και διακριτοποίηση των οντοτήτων όσο και στην ανάδειξη των χρωμάτων της κάθε κατηγορίας κάλυψης γης. (ΕΙΚΟΝΑ 9)

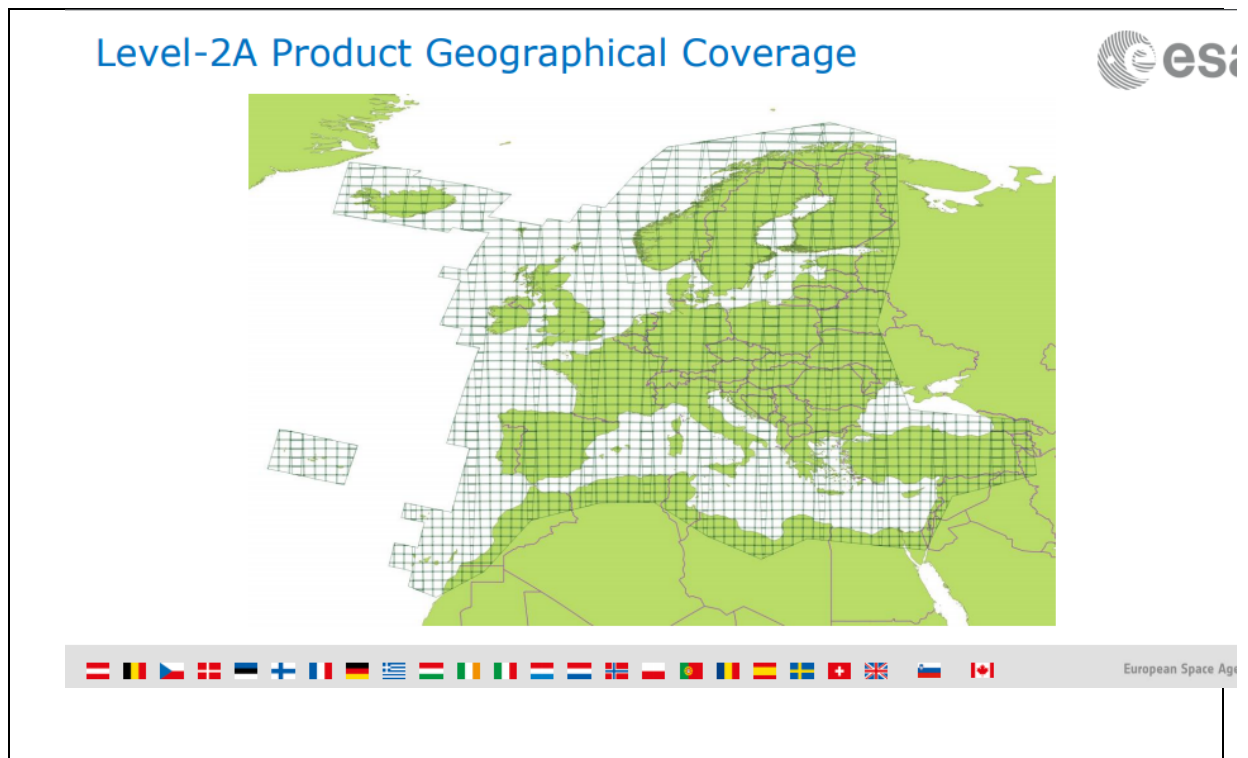


Εικόνα 9. Σύγκριση καναλιών μεταξύ του Landsat 7 και 8 και του Sentinel 2. Πηγή: (<http://landsat.gsfc.nasa.gov>).

2.6.6 Γεωγραφική κάλυψη εικόνων Sentinel 2 level 2A

Στο σύνδεσμο (http://www.eurosdrr.net/sites/default/files/images/inline/1-sentinel-2_mission_status_and_dias_overview_v1_gascon_20181009.pdf) της ESA δίνεται η εικόνα γεωγραφικής κάλυψης προϊόντων Level 2A σε υπέρθεση στον παγκόσμιο χάρτη και μεγεθυμένο στη περιοχή αναφοράς.(ΕΙΚΟΝΑ, 10).





Εικόνα 10. Γεωγραφική κάλυψη προϊόντων Sentinel Level 2A. Πηγή: (http://www.eurosdrr.net/sites/default/files/images/inline/1-sentinel-2_mission_status_and_dias_overview_v1_gascon_20181009.pdf).

2.7 Εφαρμογές Sentinel

2.7.1 Παρακολούθηση δασικών πυρκαγιών

Στην Ευρωπαϊκή Ένωση των 28 κρατών μελών συμβαίνουν κατά μέσο όρο 50.000 έως 65.000 πυρκαγιές. (Moreno et al., 2013)

Η σημαντική υποβάθμιση των δασών εξαιτίας της υλοτομίας, της μετατροπής τους σε καλλιεργήσιμη γη – βοσκοτόπους, καταστροφών (πυρκαγιές, πλημμύρες κ.λ.π.), είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση της ευαισθητοποίησης ώστε να δοθεί η πρέπουσα προσοχή στη βιώσιμη διαχειρισή τους. (Mithal et al., 2011). Επίσης η πυρκαγιά στις εύκρατες ζώνες της Ευρώπης αναδείχθηκε ως μία επικίνδυνη μεταβλητή στη κλιματική αλλαγή επηρεάζοντας τις βιοτικές και αβιοτικές συνθήκες των οικοσυστημάτων, της κατανομής και της δομής της βλάστησης, τον υδρολογικό κύκλο, τον κύκλο του άνθρακα κ.λ.π. (Bowman et al., 2009).

Οι σημαντικές εξελίξεις στην επιστήμη της τηλεπισκόπησης και στο τομέα της «Παρατήρησης της Γης» (EFFIS ESA COPERNICUS – Ευρωπαϊκό Σύστημα Πληροφοριών για την Πυρκαγιά των Δασών, <http://effis.jrc.ec.europa.eu/>) με την αντίστοιχη τεχνολογική βελτίωση των οπτικών αισθητήρων θα δημιουργήσει νέες ευκαιρίες

παραγωγής αντίστοιχων προϊόντων τόσο για τη χαρτογράφηση όσο και για την παρακολούθηση των φυσικών καταστροφών. (Mihai et al., 2019).

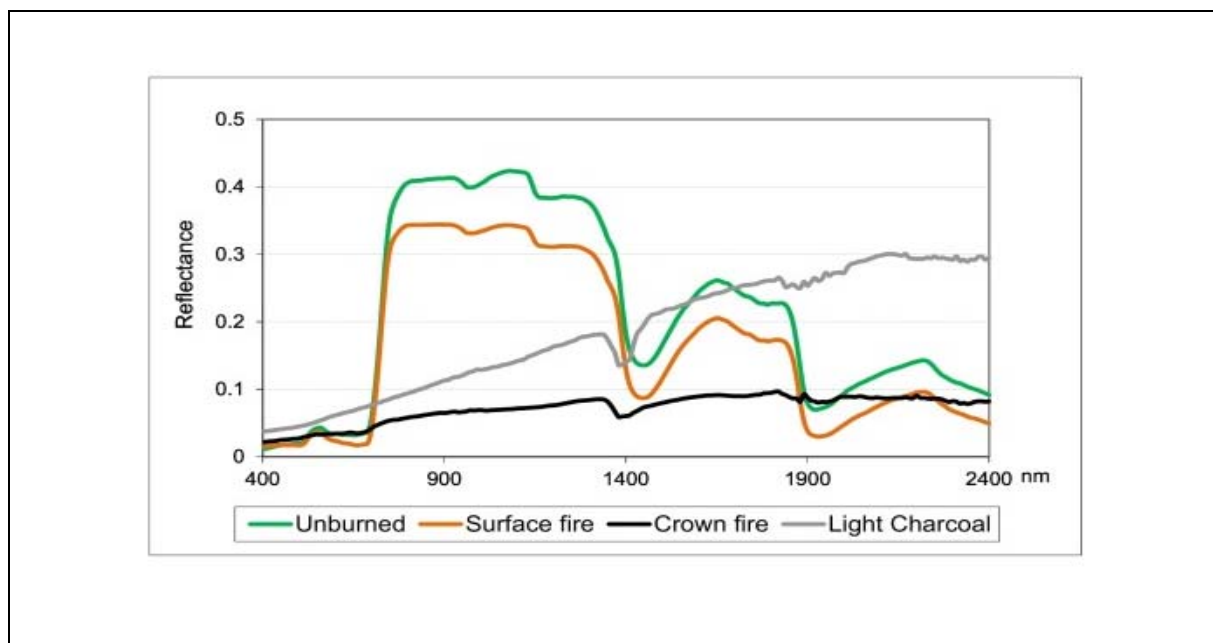
2.7.2 Ραδιομετρικοί ή Φασματικοί δείκτες καμένων εκτάσεων

2.7.2.1 Γενικά

Οι επιπτώσεις της πυρκαγιάς στο δάσος δεν είναι δυαδικές δηλαδή ή καίγονται ή δεν καίγονται αλλά εξαιτίας της ποικιλομορφίας των συνθηκών κατά την ώρα του επεισοδίου εξελίσσεται διαφορετικά τόσο ως προς την ένταση εξελισσόμενη ανάλογα σε επικόρυφη, έρπουσα ή καθολική αφήνοντας παράλληλα ανέπαφα τμήματα, όσο και ως προς την έκταση (Vukomanovic and Steelman, 2019).

Συνέπεια των ανωτέρω είναι όπου η κομοστέγη είναι πυκνή (τροπικά δάση κ.λ.π.) η έρπουσα πυρκαγιά είναι δύσκολο να εντοπιστεί από μετρήσεις τηλεπισκόπισης (Pereira et al., 2004). Οι επικόρυφες πυρκαγιές ή πυρκαγιές κομοστέγης είναι εύκολο να εντοπιστούν ενώ οι υπόγειες μπορούν ανιχνευθούν μόνο από αισθητήρες θερμικούς. (Chuvienco et al., 2019).

Στην ακόλουθη εικόνα αποτυπώνονται φάσματα ανακλαστικότητας για πυρκαγιές που επηρεάζουν διαφορετικούς ορόφους βλάστησης. (Εικόνα, 11).



Εικόνα 11. Φάσματα ανακλαστικότητας για υγιή βλάστηση και πυρκαγιές που εξελίσσονται σε διαφορετικά στρώματα βλάστησης, (Πηγή: Chuvieco et al., 2019)

Η ένταση της φωτιάς η οποία εξαρτάται από την ταχύτητα του ανέμου, την εδαφική κλίση, τη ποσότητα της βιομάζας και την υγρασία, καθορίζει την πληρότητα της καύσης και την φασματική συμβολή τέφρας και του άνθρακα σε σχέση με την υγιή πράσινη βλάστηση. (Fearnside et al., 2001, Van Leeuwen et al., 2014, Ward et al., 1996, Kane et al., 2015).

Καθοριστικό ρόλο παίζει ο χρόνος λήψης εικόνας μετά την πυρκαγιά ιδίως στις τροπικές περιοχές που υπάρχει ταχεία αναγέννηση και υψηλή κάλυψη νεφών. (Sader et al., 1990).

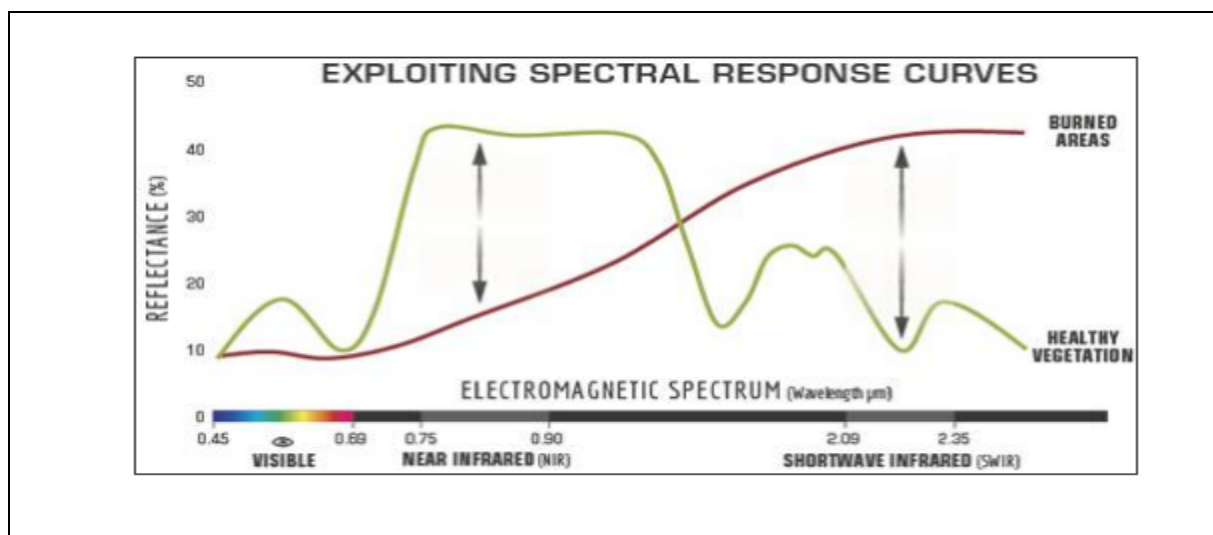
Πολλοί ερευνητές έχουν αποδείξει ότι οι φασματικές περιοχές NIR και SWIR είναι ιδιαίτερα ευαίσθητες των επιπτώσεων της πυρκαγιάς. (Pleniou and Koutsias, 2013, Oliva et al., 2011, Trigg and Flasse, 2001, Pereira et al., 1999, López García and Caselles, 1991).

Η πυρκαγιά προκαλεί μείωση του LAI (leaf area index- δείκτης φυλλικής επιφάνειας) και ξήρανση των φύλλων με αποτέλεσμα την μείωση της ανακλαστικότητας NIR (Silva et al., 2004, Chuvieco and Congalton, 1988) ενώ η ξήρανση έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της ανακλαστικότητας SWIR. (Chuvieco et al., 2006, Ceccato et al., 2001).

2.7.2.2 Κανονικοποιημένος Λόγος Καμένης Έκτασης (Normalized Burn Ratio –NBR)

Ο δείκτης Normalized Burn Ratio – NBR έχει σχεδιαστεί για τη χαρτογράφηση μεγάλων πυρκαγιών.

Το σκεπτικό δημιουργίας τους είναι ότι η υγιής βλάστηση εμφανίζει μεγάλη ανακλαστικότητα στο NIR και μικρή ανακλαστικότητα στο Μικρού μήκους Υπέρυθρο τμήμα (SWIR). Στις καμένες περιοχές η βλάστηση εμφανίζει χαμηλή ανακλαστικότητα στο NIR και υψηλή ανακλαστικότητα στο με αποτέλεσμα η διαφορά των ανωτέρω φασματικών αποκρίσεων να φθάνει στο μέγιστο στις περιοχές αυτές του φάσματος. (Roy et al., 2006). (Εικόνα, 12).



Εικόνα 12. Σύγκριση της ανακλαστικότητας υγιούς βλάστησης και των καμένων περιοχών. (Πηγή: U.S. Forest service)

Με γενικό τύπο εφαρμογής του δείκτη

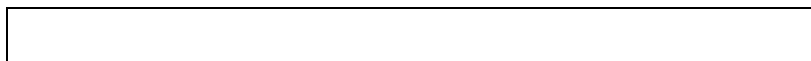
$$NBR = \frac{(NIR - SWIR)}{(NIR + SWIR)}$$

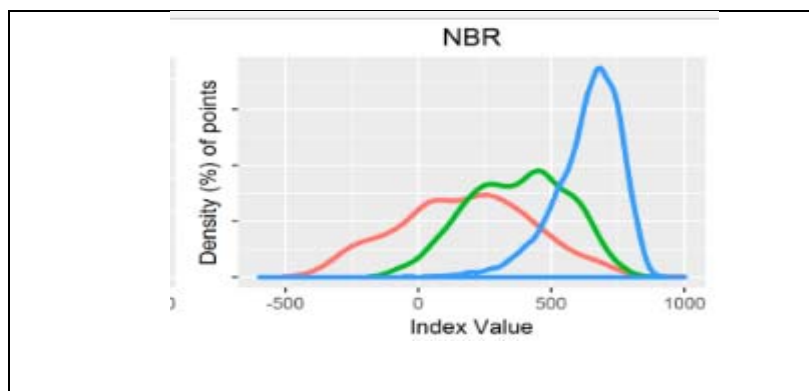
Τα χαρακτηριστικά αυτά αξιολόγησαν τον συγκεκριμένο δείκτη και χρησιμοποιήθηκε ευρέως για την εκτίμηση της σοβαρότητας της φωτιάς. (Lanorte et al., 2012, Escuin et al., 2008, Ertin et al., 2005).

Με δεδομένα τα ανωτέρω για την εκτίμηση του δείκτη NBR προτείνεται η κάτωθι εξίσωση για δεδομένα Sentinel-2:

$$NBR = \frac{(Band8A - Band 12)}{(Band 8A + Band12)} \quad (\text{Lanorte et al., 2019})$$

Η ανακλαστικότητα της βλάστησης πριν και μετά τη φωτιά για το δείκτη αυτόν φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα (Εικόνα, 13).





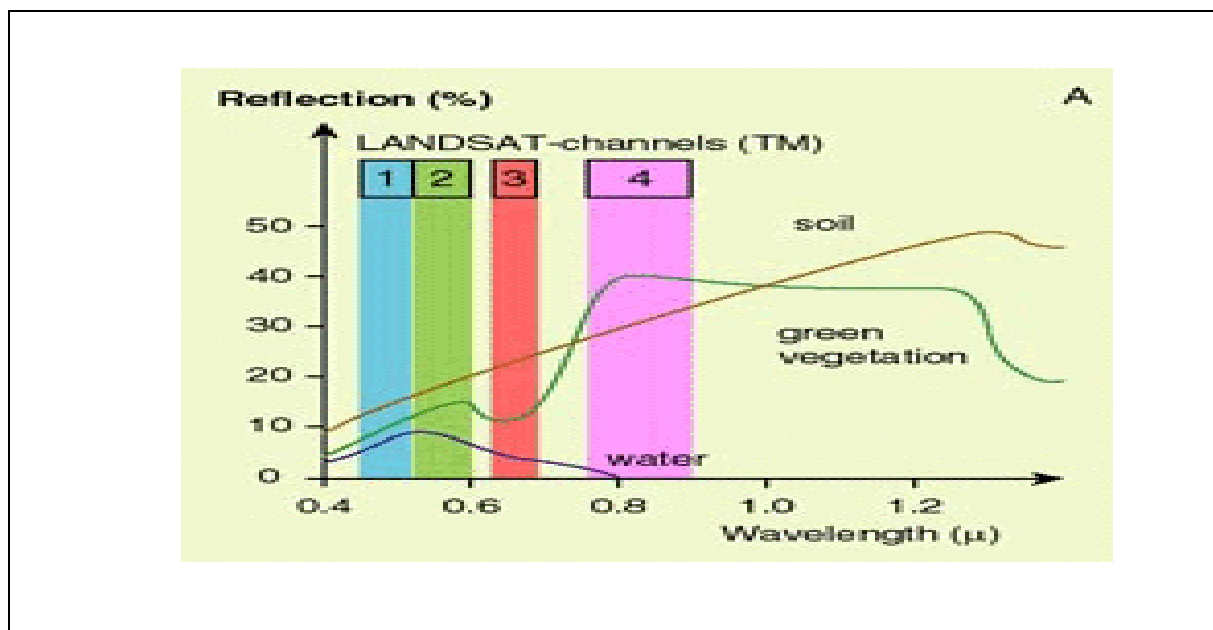
Εικόνα 13. Σύγκριση της ανακλαστικότητας υγιούς βλάστησης (πριν τη φωτιά- μπλε), αμέσως μετά τη φωτιά - κόκκινο και ένα χρόνο μετά τη φωτιά - πράσινο. (Πηγή: Hislop et al., 2018)

2.7.2.3 Κανονικοποιημένος Δείκτης Διαφοράς Βλάστησης (Normalized Difference Vegetation Index -NDVI)

Ο Δείκτης NDVI αποτελεί τον πιο διαδεδομένο και πιο συχνά χρησιμοποιούμενο δείκτη βλάστησης (Wang et al., 2010, Junker and Ensminger, 2016) και για τον υπολογισμό του χρησιμοποιεί τον κανονικοποιημένο λόγω της διαφοράς της ανάκλασης των καναλιών (band) του κοντινού υπέρυθρου (NIR) και του κόκκινου (RED) και δίνεται από τη σχέση:

$$NDVI = \frac{(NIR - RED)}{(NIR + RED)}$$

Στην εικόνα 13 αποδίδονται οι φασματικές υπογραφές της βλάστησης, του νερού και του εδάφους. Η βλάστηση έχει υψηλή αντανάκλαση στο κοντινό υπέρυθρο και χαμηλή αντανάκλαση στο κόκκινο με αποτέλεσμα να καθίσταται διακριτή η διαφοροποίηση γυμνού εδάφους και βλάστησης. (Εικόνα, 14).



Εικόνα 14. Διαγράμματα φασματικών υπογραφών νερού, εδάφους και βλάστησης.(Πηγή: ESA)

Οι αποδιδόμενες της επίλυσης τιμές κυμαίνονται από (-1 έως 1) με τις χαμηλότερες τιμές να δηλώνουν υποβαθμισμένη ή καθόλου βλάστηση εξαιτίας του χαμηλού ποσοστού χλωροφύλλης (Sarp, 2012),τιμές $\cong 0,1$ να δηλώνουν γυμνές εκτάσεις και τιμές $> 80\%$ πυκνή βλάστηση.(Πίνακας, 5)

Πίνακας 5. Περιγραφή τιμών NDVI.(Πηγή: <https://www.sentinel-hub.com/eopproducts/ndvi-normalized-difference-vegetation-index>)

Περιγραφή τιμών: Το εύρος τιμών ενός NDVI είναι -1 έως 1.

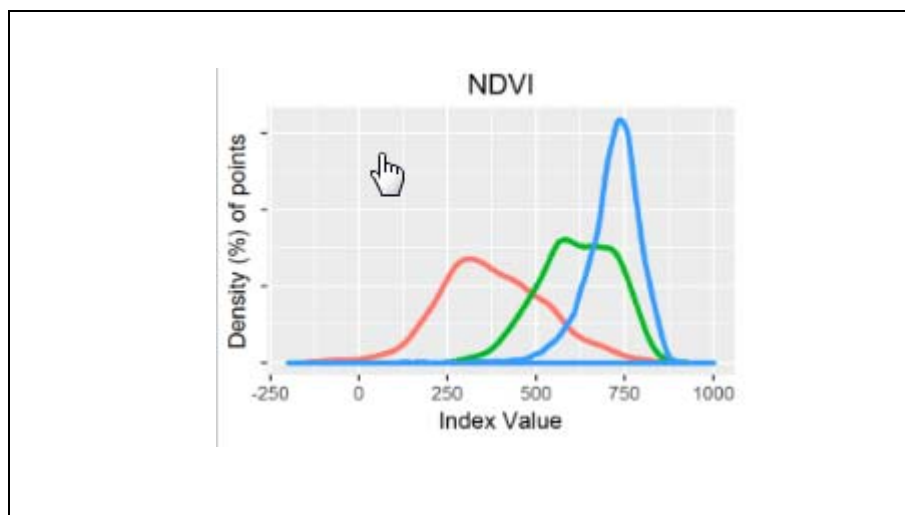
Οι αρνητικές τιμές του NDVI (τιμές πλησιάζουν -1) αντιστοιχούν στο νερό.

Οι τιμές κοντά στο μηδέν (-0,1 έως 0,1) αντιστοιχούν γενικά σε άγονες περιοχές βράχου, άμμου ή χιονιού.

Οι χαμηλές, θετικές τιμές αντιπροσωπεύουν θάμνους και λιβάδια (περίπου 0,2 έως 0,4)

Οι υψηλές τιμές δείχνουν εύκρατα και τροπικά τροπικά δάση (τιμές πλησιάζουν το 1).

Η ανακλαστικότητα της βλάστησης πριν και μετά τη φωτιά για το δείκτη αυτόν φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα (Εικόνα, 15).



Εικόνα 15. Σύγκριση της ανακλαστικότητας υγιούς βλάστησης (πριν τη φωτιά- μπλε), αμέσως μετά τη φωτιά - κόκκινο και ένα χρόνο μετά τη φωτιά - πράσινο. (Πηγή: Hislop et al., 2018)

2.7.2.4 Διαφορικός Κανονικοποιημένος Λόγος Καμένης Έκτασης (Differenced Normalized Burn Ratio – dNBR)

Αφορά τη διαφορά του NBR πριν και μετά την εκδήλωση της πυρκαγιάς, εφαρμόζεται για να χαρακτηρίσει το βαθμό σφοδρότητας της φωτιάς και δίνεται από τη σχέση (Filipponi, 2018),

$$dNBR = NBR_{prefire} - NBR_{postfire}$$

Ενώ ο δείκτης dNBR ήταν λιγότερο ακριβής στη χαρτογράφηση των ορίων της πυρκαγιάς, θεωρείται αξιόπιστος για τη χαρτογράφηση σοβαρών καμένων περιοχών που μπορεί να χρειάζονται άμεση ή μακροπρόθεσμη αποκατάσταση μετά την πυρκαγιά. (Cocke, Fulé and Crouse, 2005)

Επιπλέον ορισμένες μελέτες έχουν δείξει ότι ο δείκτης dNBR είναι ο καταλληλότερος δείκτης για την εκτίμηση των επιπτώσεων της πυρκαγιάς στις έρπουσες φωτιές και για την εκτίμηση των επιπτώσεων της πυρκαγιάς στη διαφοροποίηση των ιδιοτήτων του εδάφους. (Collins et al., 2009, Collins and Stephens, 2010).

Για την εκτίμηση της σφοδρότητας της πυρκαγιάς και τις επιπτώσεις στη θνησιμότητα της βλάστησης χρησιμοποιείται ο δείκτης RdNBR (Certini, 2005).

2.8 Χαρτογράφηση – Ταξινόμηση και Αξιολόγηση των Γαιών: Τεχνικές προδιαγραφές

2.8.1 Γενικά

Οι χάρτες αυτοί είναι σε ηλεκτρονική μορφή και υπάρχει κάλυψη σε επίπεδο χώρας. Η ταξινόμηση των γαιών βασίστηκε:

1. Στις αρχές της οικολογίας μετά από προσαρμογή στις Ελληνικές συνθήκες. (Jurdat, 1980, Νάκος *et al.*, 1981).
2. Στη χρησιμοποίηση σταθερών και αμετάβλητων βιοφυσικών κριτηρίων όπως το ανάγλυφο του εδάφους, κλίμα κ.λ.π. τα οποία ασυνδέονται άμεσα με την παραγωγικότητα και την ευασθησία στην υποβάθμιση και ειδικότερα στην διάβρωση.
3. Χρησιμοποίησε γεωλογικούς, δασικούς χάρτες (1960), σε συνδυασμό με συστηματική αναγνώριση της περιοχής και φωτοεμνημία.
και ακολούθησε την κάτωθι κριτηριακή ταξινόμηση

2.8.1.1 Κριτήρια Ταξινόμησης και Χαρτογράφησης των Γαιών.

2.8.1.1.1 Οικολογική περιοχή (τοπικό κλίμα)

Για περιοχές της χώρας όπου η Φυσική βλάστηση δεν έχει διαταραχθεί σε μεγάλο βαθμό από τον άνθρωπο ο όρος "οικολογικές περιοχές" είναι ταυτόσημος με τις "κυρίες ζώνες φυσικής βλάστησης".

Διακρίνονται τέσσερις οικολογικές περιοχές (κυρίες ζώνες φυσικής βλάστησης) και αντιστοιχούν στις τέσσερις κύριες ζώνες φυσικής βλάστησης (ομάδες τοπικού κλίματος) που απαντώνται διαδοχικά από την επιφάνεια της θάλασσας μέχρι τις κορυφές των υψηλότερων βουνών της Ελλάδας. (Πίνακας, 6).

Πίνακας 6. Οι οικολογικές περιοχές (κύριες ζώνες φυσικής βλάστησης)

Οικολογική περιοχή	Εύρος Υψομετρικής Εξάπλωσης (μέτρα)	Συμβολισμός
Αειφύλλων Πλατυφύλλων	0-600	G (Θ)
Φυλλοβόλων Δρυών	300-1300	D (Δ)
Ελάτης	700-1600	E
Ψευδαλπική	>1600	Υ

2.8.1.1.2 Βαθμός ανθρωπογενούς Επίδρασης στη Φυσική Βλάστηση

Ανάλογα με το βαθμό της ανθρωπογενούς επίδρασης διακρίνονται στις κάτωθι κατηγορίες:

1. Ασθενής: Κλειστή δενδρώδης ή θαμνώδης φυσική βλάστηση (συγκόμωση >70 %)
2. Μέτρια: Ανοιχτή δενδρώδης ή θαμνώδης φυσική βλάστηση (συγκόμωση 40-70%)
3. Έντονη: Διάσπαρτη δενδρώδης ή θαμνώδης φυσική βλάστηση (συγκόμωση < 40 %).
4. Γυμνή από κάθε βλάστηση έκταση
5. Χορτολίβαδα (ποολίβαδα), εγκαταλειμμένοι αγροί και θαμνότοποι στις ζώνες των ψυλλοβόλων δρυών και της ελάτης
6. Φρύγανα
7. Καλλιεργούμενη έκταση

2.8.1.1.3 Γεωμορφές

«Γεωμορφές είναι οι χαρακτηριστικές μονάδες της επιφάνειας της γης με ειδική προέλευση υλικού και ξεχωριστό σχήμα που μεταβάλουν τις τιμές των οικολογικών παραμέτρων από θέση σε θέση».(Νάκος, 1991). Στην Ελλάδα και στην ταξινόμηση γαιών οι γεωμορφές διακρίνονται ανάλογα με το γεωμετρικό τους σχήμα (Εικόνα, 16) ακολουθούμενες από την κατηγοριοποίηση στον σχετικό πίνακα και ο οποίος συνδέεται στενά με την πετρογραφία της περιοχής. (Πίνακας, 7). Οι είκοσι κατηγορίες πετρογραφίας ή μητρικού υλικού πετρώματος που έχουν διακριθεί παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα. (Πίνακας, 8).

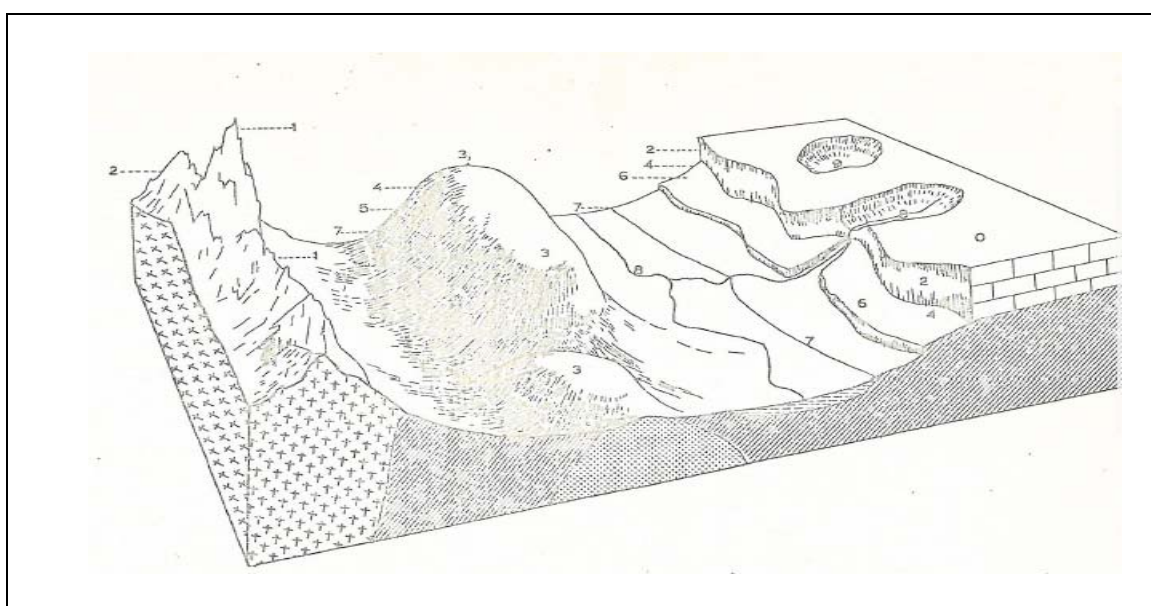
Πίνακας 7. Κατηγορίες φυσιογραφίας στην ταξινόμηση γαιών.

0: Επίπεδη επιφάνεια, 1: Απότομες κορυφές, 2: Απότομες πλαγιές (ορθοπλαγιές), 3: Αποστρογγυλωμένες κορυφές και ράχες, 4: Επάνω μέρος κλιτύων	5: Μέσο μέρος κλιτύων. 6: Αναβαθμοί 7: Κάτω μέρος κλιτύων (πλαγιάς) 8: Ανοιχτή κοιλάδα 9: Κλειστή κοιλάδα
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Πίνακας 8. Κατηγορίες μητρικού πετρώματος (πετρογραφία).

Μητρικό υλικό εδάφους	Συμβολισμός	Μητρικό υλικό εδάφους	Συμβολισμός
Ψαμμιτικός φλύσχος	ΨΨ(ΥΥ)*	Κολλούβια φλύσχη	ΚΚ
Μικτός φλύσχος	FF	Κολλούβια ασβεστολίθων	ΗΗ
Αργιλλικός φλύσχος, κερατόλιθοι	RR	Κολλούβια περιδοτιτών	JJ
Σκληροί ασβεστόλιθοι	CC	Κολλούβια σχιστολίθων	ΥΥ(VV)*
"Τριτογενείς αποθέσεις"	ΤΤ	-Κολλούβια γνευσίων	WW
Περιδοτίτες-γάβροι	ΡΡ	Δολίνες	LC
Σχιστόλιθοι	ΧΧ	Κώνοι αποθέσεων	SS
Γνεύσιοι	ΖΖ	Σάρρες	ES
Γρανίτης	ΝΝ	Κοίτες ποταμών	BB
Αλλούβια	ΑΑ	Φλύσχος επί ασβεστόλιθων	ΜΜ

Σημ. (*) Ισχύει μόνο για την ζώνη των αιφύλλων - πλατυφύλλων



Εικόνα 16. Κατηγορίες φυσιογραφίας που χρησιμοποιούνται στην ταξινόμηση γαιών: (Πηγή: Νάκος, 1991)

2.8.1.1.4 Βάθος Εδάφους

Διακρίνονται τρεις κλάσεις βάθους εδάφους: βραχώδες έδαφος (R) (< 5 cm βάθους), αβαθές έδαφος (S) (5-30 cm βάθους) και βαθύ έδαφος (D) (>30 cm βάθους).

2.8.1.1.5 Διάβρωση εδάφους

Διακρίνονται τρεις κλάσεις διάβρωσης εδάφους: (καμία, μέτρια και έντονη).

2.8.1.1.6 Κλίση της επιφάνειας του εδάφους

Διακρίνονται πέντε κλάσεις κλίσεων: 0-6%, 5-18%, 18-40%, 40-70% και >70%. Για το χαρακτηρισμό όμως της κλίσης της επιφάνειας του εδάφους των χαρτογραφικών μονάδων (γαιοενοτήτων) οι τρεις ηπιότερες κλάσεις κλίσεων λαμβάνονται ως μία (0-40%) και χαρακτηρίζονται ως ελαφρές. Οι κλίσεις από 40-70% χαρακτηρίζονται ως μέτριες και αυτές πάνω από 70% ως απότομες.

2.8.1.1.7 Έκθεση

Ανάλογα με την έκθεση διακρίνονται τέσσερις (4) ομάδες (κλάσεις) έκθεσης μιας επιφάνειας ως προς τον ορίζοντα και χρησιμοποιούνται: Βόρειες (BB), Νότιες (NN), Ποικίλες (ΠΠ η QQ) και τα Επίπεδα (EE).

2.8.2. Σύνταξη του Χάρτη Γαιών

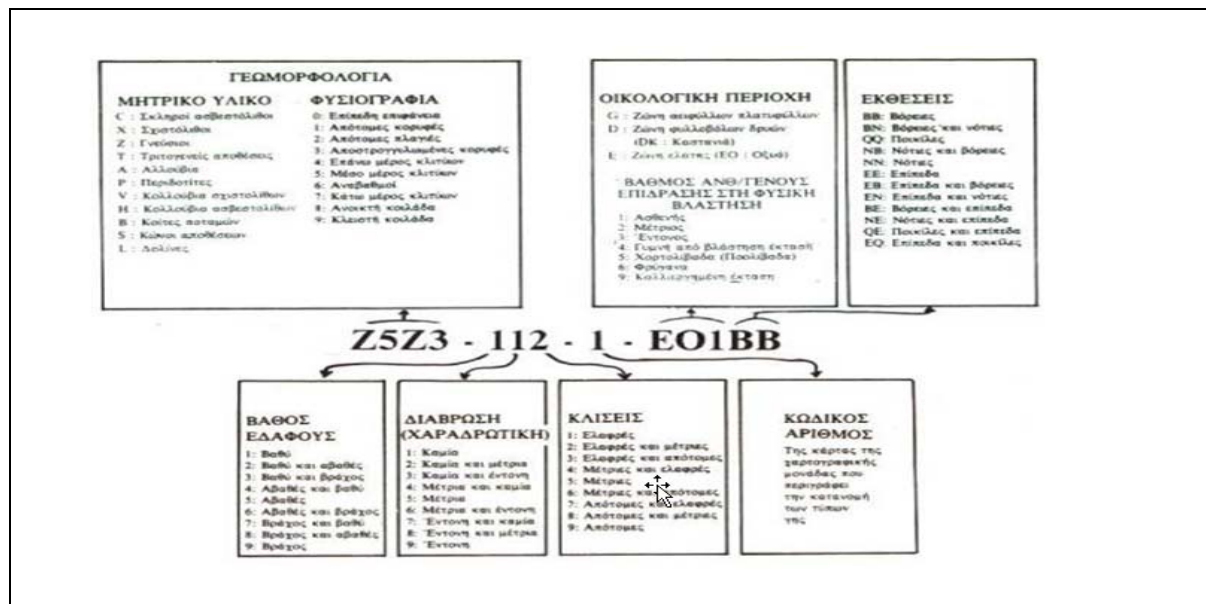
Οι εργασίες για τη σύνταξη του χάρτη γαιών περιελάμβαν τα παρακάτω στάδια:

1. Οι κατηγορίες (ομάδες) του μητρικού υλικού του εδάφους (πετρογραφία) μεταφέρονται από το γεωλογικό χάρτη στις αεροφωτογραφίες. Κατά τον ίδιο τρόπο μεταφέρονται στις αεροφωτογραφίες με τη βοήθεια του χάρτη δασικής βλάστησης και οι κύριες ζώνες φυσικής βλάστησης (οικολογικές περιοχές). Για τις περιπτώσεις όπου η φυσική (βιοκλιματική) βλάστηση έχει πλήρως καταστραφεί για την οριοθέτηση των οικολογικών περιοχών γίνεται χρήση των σχετικών υψομέτρων από τον τοπογραφικό χάρτη, ανάλογα με το πέτρωμα, το γεωγραφικό πλάτος και την έκθεση της περιοχής.

2. Στις περιοχές που οριοθεντούται με την παραπάνω μεταφορά των κατηγοριών του μητρικού πετρώματος και των οικολογικών περιοχών έγινε φωτοερμηνεία με σκοπό το διαχωρισμό των χαρτογραφικών μονάδων, με κριτήριο τα φυσιογραφικά χαρακτηριστικά της κάθε περιοχής.

3. Η ανομοιομορφία της γης κάθε χαρτογραφικής μονάδας αναλύθηκε με συστηματικό τρόπο σε τμήματα και διαβαθμίστηκε από 1 έως 10.

4. Για κάθε χαρτογραφική μονάδα χαρακτηρίστηκε με ένα σύμβολο αποτελούμενο από γράμματα και αριθμούς. (Εικόνα 17).



Εικόνα 17. Παράδειγμα Ταξινόμησης Χαρτογράφησης γαιών (Πηγή: Νάκος, 1991)

2.9 Υδρολιθολογικός Χάρτης

2.9.1 Εδαφικοί τύποι

Τα εδάφη ανάλογα με τους ρυθμούς διήθησης του νερού της βροχής στο έδαφος (μακροσκοπική διαπερατότητα), διακρίνονται σε κατηγορίες (τύπους). (Part 630 Hydrology, Chapter 7, 2009):

A. Εδάφη με χαμηλό δυναμικό επιφανειακής απορροής: είναι κυρίως «βαθιά εδάφη, ελαφρά με αδρή υφή πηλοαμμώδη, αμμοπηλώδη και αμμώδη».

B. Εδάφη με μέτριο δυναμικό επιφανειακής απορροής: είναι κυρίως «βαθιά έως μέτρια βαθιά εδάφη, μέτριας υφής πηλώδη, ιλυοπηλώδη».

C. Εδάφη με σχετικά υψηλό δυναμικό επιφανειακής απορροής: είναι «εδάφη με οριζόντα που παρεμποδίζει τη διήθηση και εδάφη λεπτής υφής αμμοαργιλοπηλώδη».

D. Εδάφη με πολύ υψηλό δυναμικό επιφανειακής απορροής: είναι κυρίως «εδάφη πολύ λεπτής υφής αργιλοπηλώδη, ιλυοαργιλοπηλώδη, αμμοαργιλώδη, ιλυοαργιλώδη και αργιλώδη». Σε αυτή τη κατηγορία κατατάσσονται και τα αβαθή εδάφη (<50cm) πάνω σε αδιαπέρατο μητρικό.

2.9.2 Καθορισμός εδαφικών τύπων για τον ορεινό χώρο και τα Δασικά εδάφη

Σύμφωνα με («ΣΧΕΔΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΚΙΝΔΥΝΩΝ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ ΛΕΚΑΝΩΝ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΠΟΤΑΜΩΝ ΤΩΝ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑΤΗΣ ΧΩΡΑΣ» Εκτίμηση αριθμού καμπύλης απορροής CN με την μεθοδολογία SCS, no date) για την αξιολόγηση της αξιολόγηση της μακροσκοπικής διαπερατότητας σημασία έχει το βάθος του εδάφους και ακολουθεί τους κανόνες:

«Για αβαθή ελαφρά εδάφη (τύπου A ή B) που βρίσκονται πάνω από αδιαπέρατους πετρολογικούς σχηματισμούς (συμπαγείς γρανίτες, κροκαλοπαγή, συμπαγή σχιστόλιθους με οριζόντια διάταξη) η διαπερατοτητά τους καθορίζεται ουσιαστικά από την διαπερατότητα του υποκείμενου εδάφους και όλοι αυτοί οι σχηματισμοί κατατάσσονται στον τύπο D.

Για την αξιολόγηση της διαπερατότητας των υποκείμενων αυτών μητρικών πετρωμάτων, προτείνεται η χρήση των διαθέσιμων **υδρολιθολογικών χαρτών**.

Αντίθετα, ενώ τα βαριά εδάφη όταν είναι βαθιά κατατάσσονται στον τύπο D, όταν όμως είναι πολύ αβαθή, διακοπτόμενα, σκελετικά και εδράζονται πάνω σε καρστικούς ασβεστολιθικούς σχηματισμούς πρέπει να κατατάσσονται στον τύπο C ή και B ανάλογα με

τον κατακερματισμό και την περατότητα του πετρώματος».

Αξιοποιώντας την σχετική βιβλιογραφία για τη σχέση μεταξύ μητρικού πετρώματος και εδαφών [Παπαμίχος, 1985], συντάχθηκε ο παρακάτω πίνακας που παρουσιάζει την συνηθέστερη υφή των δασικών εδαφών που υπερτίθεντε στα διαφορετικά πετρώματα του ελληνικού χώρου (Πίνακας, 9):

Πίνακας 9. Επικρατούντες υδρολογικοί εδαφικοί τύποι των κυριότερων πετρωμάτων στην Ελλάδα.
Πηγή:(https://floods.ypeka.gr/egyfloods/reports/Ipologismos_CN.pdf)

Πέτρωμα	Υφή	Υδρολογικός Τύπος
A. Πλουτώνια πετρώματα		
Γρανίτης	Αμμώδη έως πηλώδη	A
Συηνίτης	Βαρύτερα του Γρανίτη	B
Διορίτης	Αργιλώδη ή αργιλοπηλώδη	D
Γάββρος και Περιδοτίτης	Πηλώδη μέχρι αργιλώδη	B, C ,D
B. Εκρηξιγενή		
Διαβάσης	Αργιλώδη	D
Οφείτης	Λεπτή ή μέτρια λεπτή υφή	C, D
Ρυόλιθος	Αμμώδη	A
Τραχείτης	Αμμώδη	A
Ανδεσίτης	Αργιλώδη	D
Βασάλτης	Αργιλώδη	D
Γ. Μηχανικά ιζηματογενή		
Αμμόλιθοι και ψαμμίτες	Αμμώδη έως αμμοπηλώδη	A
Κροκαλοπαγή, λατυποπαγή	Αμμοπηλώδη	A
Σχιστή άργιλος, αργιλίτες	Αργιλώδη	D
Φλύσσης Αδριατικοϊόνιας ζώνης και	Αμμοαργιλώδη έως Αργιλώδη	D
Ωλονού-Πίνδου		
Φλύσσης Πίνδου	Ελαφρύτερα της προηγούμενης	B
Φλύσσης Τριπόλεως-Γαβρόβου	Ενδιάμεση υφή μεταξύ των δυο προηγούμενων.	C
Δ. Χημικά και βιογενή ιζηματογενή		
Σκληροί Ασβεστόλιθοι	Αργιλοπηλώδη έως αργιλώδη	D
Ασβεστολιθικές μάργες	Πηλώδη έως Αργιλοπηλώδη	C
Ε. Μεταμοφωσιγενή		
Γνεύσιος	Αμμοπηλώδη έως πηλώδη	A, B
Σχιστόλιθος (μαρμαρυγιακός)	Αμμοπηλώδη	A
Σχιστόλιθος (σερικιτικός)	Αμμώδη έως πηλοαμμώδη	A
Σχιστόλιθος (χλωριτικός)	Βαρύτερα από τα τρία παραπάνω	B
Αργιλικός σχιστόλιθος ή σχίστης	Βαριά εδάφη	D
Χαλαζίτης	Αμμώδη	A

Στα ίδια σχέδια επίσης καθορίζεται και το σκεπτικό ανάλυσης και λήψη αποφάσεων για τη διήθηση με αποδεχόμενοι ότι ο υδρολογικός τύπος στα εδάφη των δασών εξαρτάται από τον τρόπο σύνδεσης των κόκκων του εδάφους κατά το σχηματισμό συσσωματωμάτων.

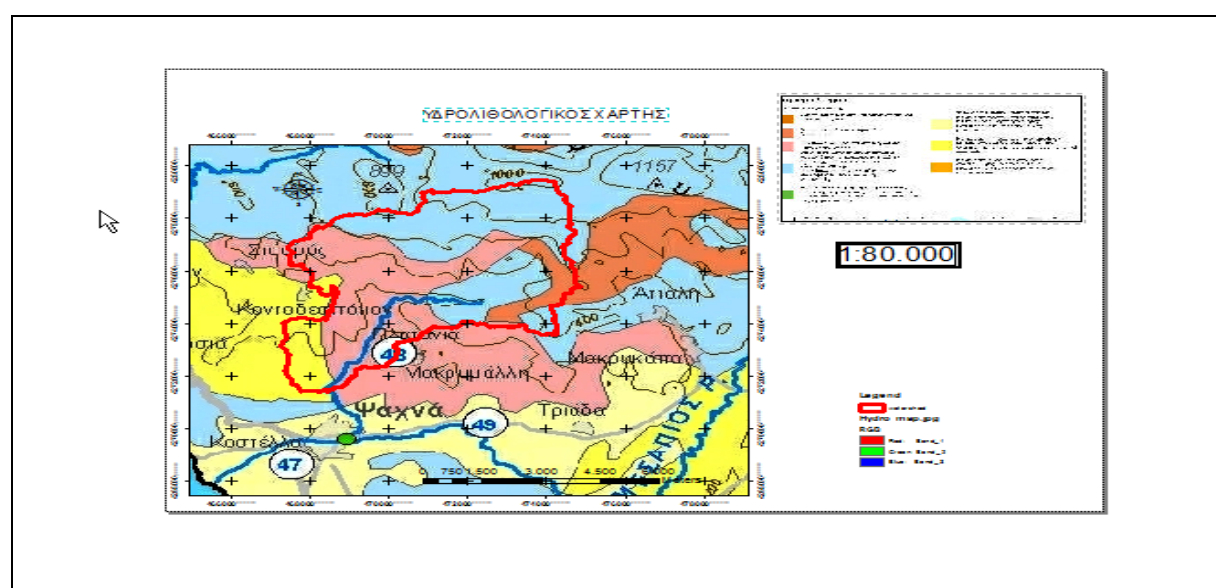
Εξαιτίας του γεγονότος ότι επειδή το δασικό έδαφος είναι καλά διασηλωμένο από τις ρίζες των φυτών, αυτό παρουσιάζει καλή δομή και έτσι διευκολύνει τη διήθηση του νερού. δέντρων επιτρέποντας έτσι την ταχύτερη διήθηση του νερού.

Κατά συνέπεια τα δασικά εδάφη στα οποία φύονται πυκνές φυσικές συστάδες κατατάσσονται σε ακραίες περιπτώσεις στον υδρολογικό τύπο με χαμηλότερο δυναμικό επιφανειακής απορροής.

Ότα λοιπον όταν ο υδρολογικός τύπος βρίσκεται μεταξύ C και D θα πρέπει να επιλέγεται ο C. Αντίθετα όταν πρόκειται για εδάφη συμπιεσμένα με κατεστραμμένη δομή (χορτλίβαδα με υπερβόσκηση) θα κατατάσσονται στον υδρολογικό τύπο με το υψηλότερο δυναμικό επιφανειακής απορροής.

2.9.3 Υδρολιθολογικός χάρτης

Οι υδρολιθολογικοί χάρτες κατασκευάστηκαν με την ψηφιοποίηση των γεωλογικών χαρτών και η υδρολιθολογική κατάταξη των περιγραφόμενων γεωλογικών σχηματισμών έγινε αξιολογώντας τις συνθήκες της διακίνησης ή της αποθήκευσης του νερού στα πρωτογενή ή δευτερογενή διακενά τους, δηλαδή του πορώδους και της υδατοπερατότητας. (Εικόνα, 18).



Εικόνα 18. Υδρολιθολογικός χάρτης Αν. Στερεάς (Πηγή: https://floods.yrpeka.gr/egyfloods/gr07/gr07_maps.jpg_p01/GR07_S5B_hydrogeology.jpg).

2.9.4 Δείκτης USLE, RUSLE,L,LS

Τόσο ο δείκτης USLE (Universal Soil Loss Equation) όσο και ο αναθεωρημένος δείκτης RUSLE (Revised USLE) χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό της μέσης απώλειας επιφανειακού εδάφους σαν συνέπεια της υδροστρωματοροής (Moore and Wilson, 1992) όσο και κατά μήκος των επιμέρους κλάδων του υδρογραφικού δικτύου. (Parveen and Kumar, 2012)

Η απώλεια εδάφους από μία επιφάνεια δεν σημαίνει ότι αυτή καταλήγει στη θάλασσα αφού μπορεί να επαναποθετηθεί σε χαμηλότερα στρώματα ή περιοχές με μικρότερη εγκάρσια κλίση.

Ο δείκτης RUSLE (Παγκόσμια εξίσωση εδαφικής απώλειας) δίνεται από τον τύπο

$$A=R*K*LS*C*P$$

όπου

- *R*: ο συντελεστής διαβρωτικότητας της βροχόπτωσης
- *K*: ο συντελεστής διαβρωσιμότητας του εδάφους
- *LS*: ο τοπογραφικός συντελεστής, *L* το μήκος κλιτύος και *S* η κλίση κλιτύος
- *C*: ο συντελεστής φυτοκάλυψης
- *P*: ο συντελεστής διαχείρισης εδαφών κατά της διάβρωσης

Ο δείκτης *L* υποδηλώνει την απόσταση από το σημείο που ξεκινάει η υδροστρωματοροή μέχρι το σημείο που μεταβάλλεται σε ροή κατά μήκος των ρεμάτων ή μεταβάλλεται λόγω εγκάρσιας κλίσης.

Ο δείκτης *LS* αφορά το σύνολο της επίδρασης της τοπογραφίας στη διάβρωση του εδάφους.

2.10 Υψομετρική πληροφορία

2.10.1 Γενικά

Η πρώτη προσπάθεια δημιουργίας ψηφιακών υψομετρικών δεδομένων έγινε κατά τη διαδικασία ψηφιοποίησης ισουψών καμπυλών από τους χάρτες ΓΥΣ 1:5000 και εκεί αναπτύχθηκαν αρκετές ρουτίνες σε αντίστοιχα λογισμικά περιβάλλοντα (π.χ. .raster desing σε περιβάλλον autocad map κ.λ.π.).

Σήμερα με τη βοήθεια της τεχνολογίας αναπτύχθηκαν νέες τεχνικές προσδιορισμού της υψομετρικής πληροφορίας όπως τα ενεργητικά τηλεπισκοπικά συστήματα (SRTM από Μικροκυματική Τηλεπισκόπηση, ASTER από εικόνες στο κοντινό υπέρυθρο).

«Η σύγχρονη μορφή υψομετρικής πληροφορίας έχει την μορφή κανονικού τετραγωνικού δικτύου (πλέγμα με πλευρές σταθερής διάστασης) στις κορυφές του οποίου είναι γνωστό το υψόμετρο. Αυτή η δόμηση ονομάζεται ψηφιακό υψομετρικό μοντέλο εδάφους (ΨΥΜΕ) / digital elevation model (DEM). Σήμερα υπάρχουν ΨΥΜΕ με ομοιόμορφες προδιαγραφές ακρίβειες που καλύπτουν το καθένα το σύνολο σχεδόν της γήινης επιφανείας (Global DEMS). Χαρακτηρίζονται (μαλλον απλοϊκά) με βάση την διάσταση του πλέγματος σε ΨΥΜΕ 1 km, 100 m, 30 m κ.α.» (Μηλιαρέσης, 2006).

Η διαδικτυακή διαθεσιμότητα των Global DEMS φαίνεται στο κάτωθι πίνακα: (Πίνακας, 10).

Πίνακας 10. Διαδικτυακοί τόποι διαθεσιμότητας ΨΥΜΕ. (Πηγή: ΑΠΚΥ)

Όνομα	Διάσταση		Διαδικτυακός τόπος διαθεσιμότητας
	arc sec	m	
GDTED	30	1000	http://earthexplorer.usgs.gov/
	15	500	
	7.5	250	
SRTM	3	100	http://srtm.csi.cgiar.org/
Aster GDEM	1	30	http://www.jspacesystems.or.jp/ersdac/GDEM/E/index.html http://asterweb.jpl.nasa.gov/gdem.asp

2.10.2 Ψηφιακά Μοντέλα Εδάφους – DEM της ΕΚΧΑ Α.Ε.

Το Dem που δημιουργήθηκε για την παραγωγή έγχρωμων ψηφιακών ορθοφωτογραφιών που καλύπτουν το σύνολο του Ελλαδικού χώρου (περιόδου λήψης 03/2007 – 09/2008) έχει μέγεθος εικονοστοιχείου 5,00 μ. με διαστάσεις στο έδαφος (4600x3600) μ., είναι σε προβολικό σύστημα ΕΓΣΑ 87 και ο τύπος των αρχείων είναι *.img. Η γεωμετρική ακρίβεια του προϊόντος είναι $RMSE_z \leq 2,00m$ και η απόλυτη ακρίβεια $\leq 3,92m$ για επίπεδο εμπιστοσύνης 95%.

2.11 Προσομοίωση Ροής

2.11.1 Γενικά

Η προσομοίωση της κίνησης του νερού είναι απαραίτητη σε εφαρμογές γεωμορφολογίας και υδρολογίας και αποτυπώνεται σε μία 3D επιφάνεια που αντιστοιχεί στη τοπογραφία της περιοχής ή στη τιμή που έχει αποδοθεί για κάθε pixel από ένα πολυφασματικό σαρωτή μέσω ενός δορυφορικού ή εναέριου συστήματος τηλεπισκόπησης.

Η ψηφιακή επεξεργασία της ρουτίνας δεν είναι τόσο απλή διότι μπορεί να δημιουργηθούν προβλήματα από «παγίδες ροής» όταν η ροή παγιδεύεται σε ένα κλειστό μονοπάτι χωρίς διέξοδο ή από υψομετρικά σφάλματα μοντέλου όταν έχουμε «βυθίσματα» σε περιοχές με ομοιόμορφο υψόμετρο. (Schäuble, Marinoni and Hinderer, 2008).

Η αντιμετώπιση του προβλήματος γίνεται με την εκκίνηση της ρουτίνας μεταβολή των υψομέτρων σε ένα παραλληλόγραμμο που περιλαμβάνει την παγίδα ροής με σκοπό την υπερχειλισή της. (Jenson and Dominique, 1988).

2.11.2 Εντοπισμός Υδρογραφικού Δικτύου

Η εφαρμογή γενίκευσης σε μία έκταση του υδρογραφικού δικτύου εισάγεται από το μελετητή και εξαρτάται από τις ανάγκες της μελέτης έρευνας. (Μηλιαρέσης, 2006).

Στη ρουτίνα υλοποίησης αυτό γίνεται με *«την επιλογή μιας τιμής αποκοπής που προσδιορίζει ότι σε ένα σημείο εάν η απορροή είναι μεγαλύτερη της τιμής αποκοπής τότε αυτό ανήκει στο υδρογραφικό δίκτυο»*. (Mark, 1984).

Δηλαδή δημιουργείτε μία δυαδική εικόνα στην οποία τα σημεία που ανήκουν στο υδρογραφικό δίκτυο παίρνουν την τιμή 1 ενώ όλα τα υπόλοιπα παίρνουν την τιμή 0.

2.11.3 Εντοπισμός Υδρολογικής Λεκάνης, Μορφομετρική Ανάλυση Λεκανών

2.11.3.1 Εντοπισμός Υδρολογικής Λεκάνης

Υδρολογική λεκάνη ή λεκάνη απορροής σε ένα σημείο του υδρογραφικού δικτύου ορίζεται το σύνολο της επιφάνειας που αποστραγγίζεται από το συγκεκριμένο σημείο επιλογής. Η περίμετρος που καθορίζει την επιφάνεια ονομάζεται υδροκρίτης που καθρίζει και το όριο της λεκάνης απορροής που σαν χωροθέτηση είναι αυστηρή και

εξασφαλίζει την μοναδικότητα της κάθε λεκάνης εκτός των σημείων διασταύρωσης δύο ρεματικών κλάδων.

2.11.3.2 Μορφομετρικά στοιχεία Υδρολογικής Λεκάνης

Διακρίνονται ανάλογα με την έκτασή τους

- < 10 Km² Πολύ μικρές
- (10-30) Km² Μικρές
- (30-80) Km² Μέτριες
- (80-150) Km² Μεγάλες
- (150-250) Km² Αρκετά Μεγάλες
- >250 Km² Πολύ Μεγάλες

Η μορφομετρία μία υδρογραφικής ή υδρολογικής λεκάνης (Jarvis, 1981) προσδιορίζει χρήσιμες παραμέτρους ανάλυσης της υδρολογίας της και συνίσταται στη μέτρηση των ακόλουθων δεικτών (Πίνακας 11):

Πίνακας 11. Μορφομετρικά χαρακτηριστικά υδρογραφικής λεκάνης

1. Μέγεθος:	1.1 Εμβαδόν λεκάνης
	1.2 Περίμετρος
	1.3 Μέγιστο Μήκος (σημείο εκβολής έως απόμακρο σημείο λεκάνης).
2. Ανάγλυφο:	2.1 Μέσο Υψόμετρο λεκάνης
	2.2 Διακύμανση Υψομέτρου (min - max)H και τυπική απόκλιση H
	2.3 Στάδιο εξέλιξης (Υψομετρικό Ολοκλήρωμα HI)
	2.4 Κλίση (μέση κλίση λεκάνης)
3. Ανάλυση:	3.1 Αρίθμηση κατά (Μέθοδοι Horton, Strahler, Shreve, Scheidegger)
	3.2 Υδρογραφική πυκνότητα
	3.3 Υδρογραφική συχνότητα
	3.4 Νόμοι της υδρογραφικής σύνθεσης
4. Δείκτες σχήματος:	4.1 Επιμήκυνση
	4.2 Δείκτης μορφής
	4.3 Δείκτης συγκέντρωσης
	4.4 Δείκτης Κυκλικότητας

2.11.4 Λογισμικό προσομείωσης ροής

Η εργασία μπορεί να πραγματοποιηθεί μέχρι την εξαγωγή ρεμάτων σε περιβάλλον ArcGis και η δημιουργία λεκανών απορροής μέσω μίας εξειδικευμένης προέκτασης (Utility Extension) ενεργοποίησης από την γραμμή εργαλείων του Arc Hydro Tools και που διατίθεται δωρεάν για τους κατόχους άδειας χρήσης του ArcGis από τον ιστότοπο της ESRI.(<https://community.esri.com/thread/105831-arc-hydro-installation-versions-and-documentation>).

2.11.4.1 Προεπεξεργασία εδάφους

Για τα δεδομένα DEM που θα χρησιμοποιηθούν της ΕΚΧΑ Α.Ε. προηγείτε η ένωση όλων των οποίων περικλείων τη περιοχή ενδιαφέροντος.

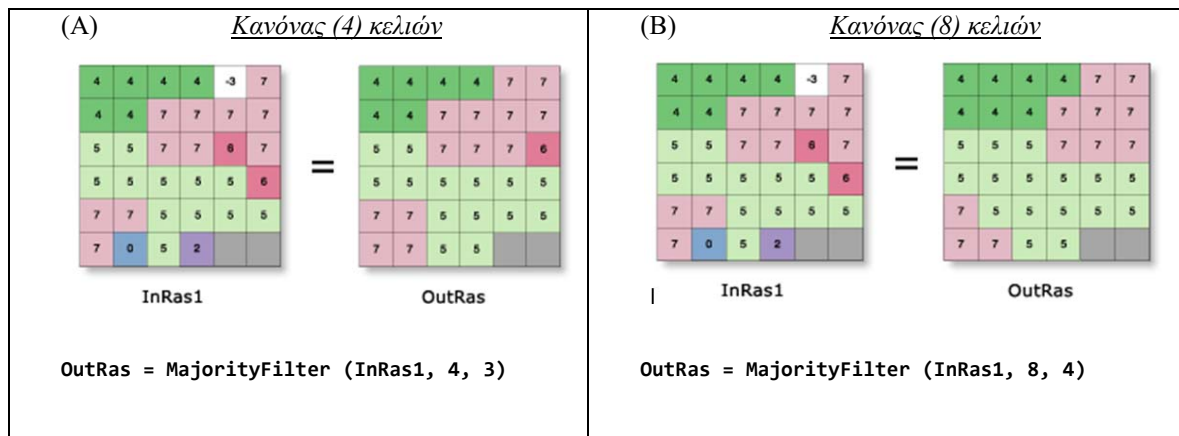
2.11.4.1.1 Φίλτρα

Τα φίλτρα σε μία εικόνα χρησιμοποιούνται για το γέμισμα των κενών μεταξύ των εικονοστοιχείων, τον εντοπισμό και διόρθωση αλλαγών της τιμής φωτεινότητας, την απομάκρυνση του θορύβου, τον εντοπισμό της πληροφορίας υψηλών συχνοτήτων κ.λ.π.

Τα φίλτρα εξομάλυνσης αποδυναμώνουν τις χωρικές συχνότητες με υψηλή τιμή ενώ τα φίλτρα διέλευσης υψηλών συχνοτήτων αποδυναμώνουν εκείνες τις πληροφορίες που αφορούν χαμηλές χωρικές συχνότητες και διακρίνονται σε φίλτρα Αριθμητικού μέσου και φίλτρα Διαμέσου (Μηλιαρέσης, 2006).

Στο ArcGis από την επιλογή Spatial Analyst Tools – Generalization - Majority Filter έχουμε την δυνατότητα να διώξουμε μεμονομένα λάθος ταξινομημένα pixel με input το συνολικό DEM που προέκυψε από το προηγούμενο βήμα. Στην εφαρμογή του φίλτρου αυτού οι ζώνες με μεγαλύτερες τιμές έχουν υψηλότερη προτεραιότητα επέκτασης σε ζώνες με μικρότερες τιμές εφαρμόζοντας

- τον κανόνα τον τεσσάρων κελιών, το pixel αλλάζει αξία όταν τα τρία από τα τέσσερα γειτονικά κελιά είναι ίδια. (Εικόνα 19 α)
- Τον κανόνα των οχτώ κελιών, το pixel αλλάζει αξία όταν τα τέσσερα από τα οχτώ γειτονικά κελιά είναι ίδια (Εικόνα 19 β)



Εικόνα 19. Εφαρμογή φίλτρου Majority (Πηγή: ("Smoothing zone edges with Boundary Clean and Majority Filter—Help | ArcGIS for Desktop," n.d.)

2.11.4.1.2 Υπερχείλιση βυθισμάτων

Η Υπερχείλιση βυθισμάτων γίνεται από τη εντολή Spatial Analyst Tools – Hydrology – Fill ενώ οι διαφορές του νέου raster σε σχέση με το αρχικό (προκειμένου να αξιολογηθεί η σπουδαιότητα του σταδίου) φαίνονται από την εντολή (ArcToolbox-3D Analyst Tools – Raster Math – Minus) με την οποία προκύπτει η διαφορά των δύο ΨΥΜΕ.

2.11.4.1.3 Υπολογισμός της διεύθυνσης ροής και συσσώρευσης ροής- καθορισμός υδρογραφικού δικτύου

Η διαδικασία μπορεί να γίνει σε περιβάλλον, ArcGis (Παράρτημα, A) ή μέσω του Arc Hydro Tools σε περιβάλλον ArcGis (Παράρτημα, B), SAGA (Terrain Analysis, <https://sagatutorials.wordpress.com/terrain-analysis/>), TAS κ.λ.π.

2.11.4.1.4 Υπολογισμός λεκάνης απορροής περιοχής ενδιαφέροντος

Η διαδικασία μπορεί να γίνει από την γραμμή εργαλείων του Arc Hydro Tools (Παράρτημα, B) με τη χρησιμοποίηση των εντολών: (Εικόνες 20 & 21).

The screenshot shows the 'Terrain Preprocessing' menu in ArcGIS. The following steps are highlighted with red boxes and numbered in blue:

- 1. Fill Sinks (under 'Fill Sinks')
- 2. Flow Direction (under 'Flow Direction')
- 3. Flow Accumulation (under 'Flow Accumulation')
- 4. Stream Definition (under 'Stream Definition')
- 5. Stream Segmentation (under 'Stream Segmentation')
- 6. Catchment Grid Delineation (under 'Catchment Grid Delineation')
- 7. Catchment Polygon Processing (under 'Catchment Polygon Processing')
- 8. Drainage Line Processing (under 'Drainage Line Processing')
- 9. Adjoint Catchment Processing (under 'Adjoint Catchment Processing')

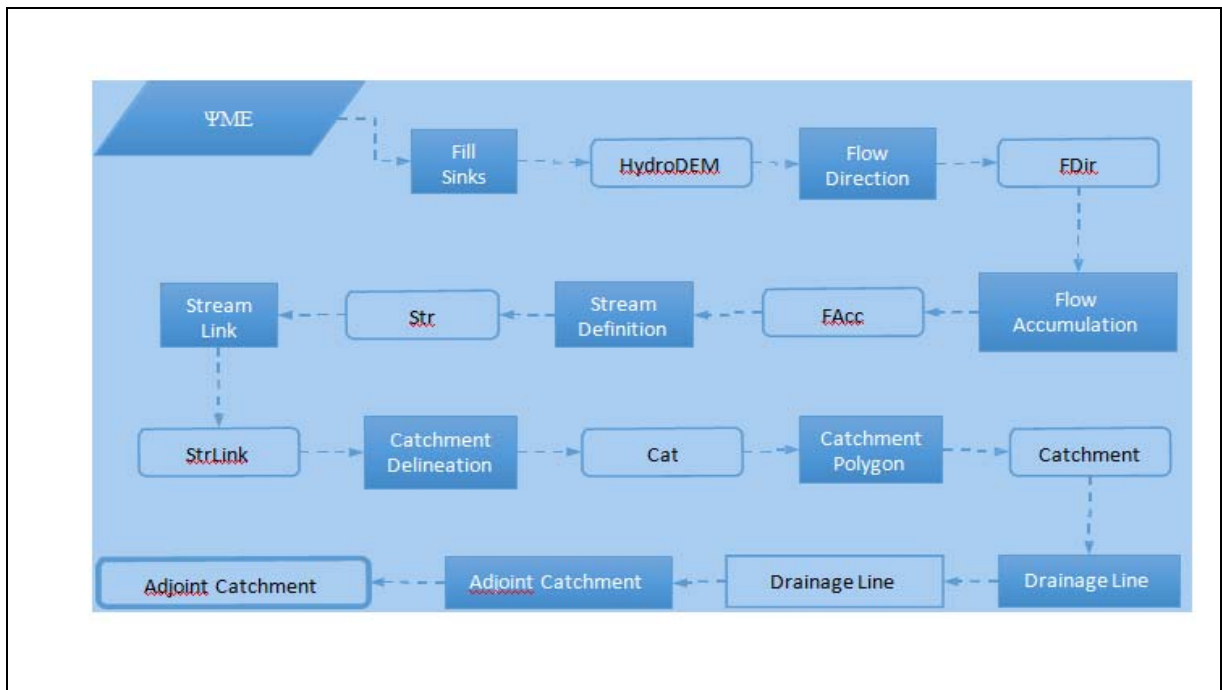
ΡΟΥΤΙΝΕΣ

ArcYdro->Terrain Preprocessing

1. Dem Manipulation -> Fill Sinks (nodata pixels)
2. Flow Direction (διεύθυνση κλίσης)
3. Flow Accumulation (ροή)
4. Stream Definisition (πυκνότητα υδρογραφικού δικτύου)
5. Stream segmentation (ιεράρχηση ρεμάτων)
6. Catchment grid delineation (υπολεκάνες)
7. Catchment Polygon Processing (υπολεκάνες *.shp)
8. Drainage Line Processing (ρέματα *.shp)
9. Adjoint Catchment Proseccing (χρησιμοποιείται για την επιτάχυνση της διαδικασίας οριοθέτησης σημείων)
10. Point Delineation (Επιλογή κεντρικού ρέματος στο σημείο ενδιαφέροντος για να υπολογιστεί η ανάντι λεκάνη απορροής).

Εικόνα 20. Διαδικασία επεξεργασίας ΨΥΜΕ σε περιβάλλον ArcGis και την επέκταση "ArcHydro Tools".

και παρουσιάζεται εποπτικά από το ακόλουθο διάγραμμα:



Εικόνα 21. Διάγραμμα ροής επεξεργασίας ΨΥΜΕ σε περιβάλλον ArcGis και την επέκταση "ArcHydro Tools". Πηγή: (Chatziantoniou et al., 2015)

2.11.5 Υδραυλικά χαρακτηριστικά λεκανών απορροής

2.11.5.1 Γενικά – Ορισμοί

Η υδρολογία της υδρογραφικής λεκάνης επηρεάζεται από σύνθετους παράγοντες όπως οι εδαφικές ιδιότητες, η βλάστηση και οι χρήσεις γης, το ανάγλυφο και οι τοπογραφία, το κλίμα και ποικίλλουν χωρικά και χρονικά. (dos R. Pereira et al., 2016).

Τα υδρολογικά μοντέλα είναι αξιοποιήσιμα και αποτελεσματικά εργαλεία για τον καθορισμό στρατηγικών διαχείρισης, αξιοποιώντας όλα τα υπάρχοντα δεδομένα, προκειμένου να εκτιμηθεί η απόκριση ενός συνόλου μεταβλητών (π.χ. εξατμισοδιαπνοή, απορροή κ.λ.π) σε μία εξωτερική φόρτιση (βροχόπτωση κ.λ.π.). (Fonseca et al., 2014).

Μόνιμη ροή είναι η ροή στην οποία το βάθος ροής δεν μεταβάλλεται με τον χρόνο.

Ομοιόμορφη ροή είναι η ροή στην οποία το βάθος ροής δεν μεταβάλλεται από διατομή σε διατομή (κατά μήκος του ρέματος) αλλά παραμένει σταθερό.

Ανομοιόμορφη ροή είναι η ροή στην οποία το βάθος ροής μεταβάλλεται από διατομή σε διατομή (κατά μήκος του ρέματος).

Στην πραγματικότητα η ροή είναι σπάνια ομοιόμορφη αφού επηρεάζεται από αλλαγές στις διατομές, στις κλίσεις του εδάφους, από εμπόδια, μεταβολές παροχής κτλ.

Ραγδαίως μεταβαλλόμενη ροή είναι η ροή στην οποία το βάθος αλλάζει απότομα σε μικρή σχετικά απόσταση.

Βαθμιαίως μεταβαλλόμενη ροή είναι η ροή στην οποία το βάθος αλλάζει σε μεγάλη σχετικά απόσταση.

Η ροή διακρίνεται σε υποκρίσιμη, κρίσιμη και υπερκρίσιμη ανάλογα με το αν ο αριθμός Froude είναι μικρότερος, ίσος ή μεγαλύτερος της μονάδας αντίστοιχα.

$$F = \frac{V}{\sqrt{gE/B}}$$

Όπου,

V η ταχύτητα

g η επιτάχυνση της βαρύτητας

E το εμβαδόν της υγρής διατομής

B το πλάτος στην ελεύθερη επιφάνεια

Αν $F > 1$, η ροή είναι υπερκρίσιμη, δηλαδή τότε υπάρχει μεγάλη ταχύτητα και μικρό βάθος (χειμαρρώδης ροή), ενώ αν $F < 1$, η ροή είναι υποκρίσιμη, δηλαδή τότε η ταχύτητα είναι μικρή και το βάθος μεγάλο (ποτάμια ροή).

Η μετάβαση από υποκρίσιμη σε υπερκρίσιμη είναι ομαλή, με διέλευση από το κρίσιμο βάθος ενώ στην αντίστροφη μετάβαση συμβαίνει το φαινόμενο του υδραυλικού άλματος.

Στη πράξη αυτό σημαίνει ότι αν η ροή είναι υποκρίσιμη η ροή του ρέματος επηρεάζεται από τις κατάντη συνθήκες ενώ αν είναι υπερκρίσιμη επηρεάζεται από τις ανάντι συνθήκες.

Βασικό στοιχείο στη προσομείωση ροής που καθορίζει τη τριβή του ρέοντος νερού με τη διαβρεχόμενη επιφάνεια του φυσικού ρέματος ή αγωγού κ.λ.π. είναι ο συντελεστής τραχύτητας του Manning που καθορίζει την ταχύτητα του νερού και δίνεται από τον τύπο:

$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2}$	<p>V (m/s), η μέση ταχύτητα νερού n (m^{1/3} s), ο συντελεστής τραχύτητας (Πίνακας, 12) R (m), η υδραυλική ακτίνα (διαβρεχόμενη επιφάνεια/βρεχόμενη περίμετρος) S (m/m), η κλίση της ενέργειας</p>
-----------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Πίνακας 12. Τιμές συντελεστή τραχύτητας Manning

1 Άκαμπτα τοιχώματα		
1.1	Επένδυση με εκτοξευμένο σκυρόδεμα, γαιώδη σε καλή κατάσταση	0.017
1.2	Ευθύγραμμες κοίτες γαιώδεις σε καλή κατάσταση	0.02
1.3	Ορεινά ρέματα με βραχώδη κοίτη	0.04-0.05
2 Μικρά ρέματα σε πεδιάδες (πλάτος πλημμυρικής επιφάνειας <30 m)		
2.1	Καθαρά, ευθύγραμμα, πλήρη, χωρίς ρήγματα ή σχηματιζόμενες λίμνες μικρού βάθους	0.025-0.033
2.2	Όπως (2.1), αλλά με περισσότερους λίθους και χόρτα	0.03-0.04
2.3	Καθαρά, ελικοειδή, με μερικές λίμνες και τέλματα	0.033-0.045
2.4	Όπως (2.3), αλλά με λίγα χόρτα και λίθους	0.035-0.05
2.5	Όπως (2.4), χαμηλότερη πληρότητα, περισσότερες μη ενεργές κλίσεις και τμήματα	0.04-0.055
2.6	Όπως (2.5), αλλά με περισσότερους λίθους	0.045-0.06
2.7	Βραδείας κίνησης, χορταριασμένα, βαθιές λίμνες	0.05-0.08
2.8	Πολύ χορταριασμένα, βαθιές λίμνες, ή πλημμυριζόμενης διαδρομής με πάρα πολλά εμπόδια από κλαδιά και θάμνους	0.075-0.15
3 Ορεινά ρέματα, χωρίς βλάστηση, όχθες απότομες, δένδρα και θάμνοι κατά μήκος των όχθων που πλημμυρίζονται		
3.1	Κοίτη: χαλίκια, κροκάλες και λίγοι ογκόλιθοι	0.03-0.05
3.2	Κοίτη: κροκάλες με μεγάλους ογκόλιθους	0.04-0.07
4 Μεγάλα ρέματα (πλάτος πλημμυρικής επιφάνειας >30 m)		
(Η τιμή “n” είναι μικρότερη από εκείνες των μικρών ρεμάτων με παρόμοια περιγραφή, επειδή οι όχθες προσφέρουν λιγότερη αποτελεσματική αντίσταση στη ροή)		
4.1	Κανονική διατομή χωρίς ογκόλιθους ή θάμνους	0.025-0.06
4.2	Ακανόνιστη διατομή και τραχέα τμήματα	0.035-0.1
5 Αλουβιακές τάφροι με αμμώδη κοίτη χωρίς βλάστηση		
<i>5.1 Υποκρίσιμη-ήρεμη ροή, $F < 1$</i>		
5.1.1	Επίπεδη κοίτη	0.014-0.02
5.1.2	Πτυχωτή κοίτη	0.018-0.03
5.1.3	Αμμοθύνες	0.02-0.04
5.1.4	Ξεπλυμένες αμμοθύνες ή σε μεταβατική κατάσταση	0.014-0.025
<i>5.2 Υπερκρίσιμη-ταχεία ροή, $F > 1$</i>		
5.2.1	Στάσιμοι κυματισμοί	0.01-0.015
5.2.2	Antidunes	0.012-0.02

2.11.5.2 Χρόνος συρροής

Ως χρόνος συρροής ή χρόνος συγκέντρωσης ορίζει την χρονική καθυστέρηση με την οποία εμφανίζεται η αιχμή παροχής σε σχέση με το χρόνο έναρξης της βροχής σε μία λεκάνη απορροής και μέχρι την εξεταζόμενη διατομή.

Ο χρόνος συρροής (κρίσιμος χρόνος βροχόπτωσης) υπολογίζεται σύμφωνα με το τύπου του GIANDOTTI:

$$T_{\sigma} = \frac{4\sqrt{E} + 1.5L}{0.8\sqrt{H - h}},$$

όπου:

T_{σ} : Ο χρόνος συρροής σε ώρες.

E : Η επιφάνεια (οριζόντια προβολή) της λεκάνης απορροής σε km²

L : Το μήκος διαδρομής του νερού από τη φυσική κοίτη σε km.

H : Το μέσο υψόμετρο της λεκάνης απορροής, που αντιστοιχεί στην εξεταζόμενη διατομή του χειμάρρου, σε μέτρα. Στο πίνακα 2 παρατίθεται ο τρόπος υπολογισμού του μέσου υψομέτρου της λεκάνης.

h : Το υψόμετρο πυθμένα της κοίτης στην εξεταζόμενη διατομή του χειμάρρου, σε μέτρα.

Παρακάτω αναφέρονται μερικές παρατηρήσεις για τον τύπο του GIANDOTTI και την εφαρμογή του:

1. Η σχέση του GIANDOTTI δίνει το συνολικό χρόνο συρροής μέχρι την εξεταζόμενη θέση του ρέματος, δηλαδή, το άθροισμα του χρόνου ροής στην επιφάνεια των πλαγιών και του χρόνου διαδρομής στη κοίτη του ρέματος.

2. Η σχέση αυτή εφαρμόζεται σε λεκάνες, που εμφανίζουν σαφώς μία κύρια μισγάγγεια και που δεν αποτελούνται από περισσότερες της μιας σημαντικές υπολεκάνες.

2.11.5.3 Παροχές σχεδιασμού

Όταν δεν γίνεται αναλυτική προσομείωση του υδρολογικού κύκλου στις λεκάνες απορροής, για τον υπολογισμό της παροχής αιχμής μίας πλημμύρας χρησιμοποιείτε η ορθολογική μέθοδος και βασίζεται σε συγκεκριμένη βροχόπτωση. (Στεφανίδης, 2009).

Η μέθοδος αυτή μπορεί να δώσει τη μόνο τη μέγιστη τιμή του πλημμυρογραφήματος και για τη συγκεκριμένη λεκάνη.

Στην ορθολογική μέθοδο η παροχή αιχμής είναι ανάλογη με την ένταση της λεκάνης, του συντελεστή απορροής, της κρίσιμης βροχόπτωσης και δίνεται από τον τύπο

$$Q = 0,278 \times C \times I \times A$$

Όπου

Q , η παροχή αιχμής (m³/sec)

c , αδιάστατος συντελεστής απορροής

I , η ένταση της κρίσιμης βροχόπτωσης (mm/h)

A , ή έκταση της λεκάνης απορροής (Km²)

2.11.5.4 Συντελεστής απορροής

Ο συντελεστής απορροής είναι η ποσότητα νερού που απορρέει από την έξοδο της λεκάνης διά της συνολικής ποσότητας που πέφτει εντός της λεκάνης απορροής και σε μία ορισμένη χρονική διάρκεια, δίνεται από τον τύπο:

$$c = h/P$$

όπου:

c, ο αδιάστατος συντελεστής απορροής

P, η συνολική κατακρήμνιση (mm)

h, το ύψος του νερού (ανηγμένο) στην έξοδο της λεκάνης (mm)

Ο συντελεστής απορροής εξαρτάται από ένα πλήθος παραμέτρων όπως η γεωλογία, η φυτοκάλυψη, οι χρήσεις γης κ.λπ. και χαρακτηριστικές τιμές δίνονται από πίνακες. (Chow., et al., 1988, Π.Δ. 696/1974, άρθρο 187.)

Επειδή σε μία λεκάνη απορροής η κάθε παράμετρος ή συνδυασμός αυτών αντιστοιχεί σε διαφορετική επιφάνεια χρησιμοποιείτε ο ανηγμένος συντελεστής απορροής και δίνεται από το τύπο:

$$C_M = \frac{c_1 \times A_1 + c_2 \times A_2 + \dots + c_n \times A_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n}$$

όπου:

- C_M , η ανηγμένη τιμή του αδιάστατου συντελεστή απορροής η επιφανειών
- c_i , η τιμή του αδιάστατου συντελεστή απορροής της i επιφάνειας
- A_i , το εμβαδόν i επιφάνειας

2.11.5.5 Ένταση κρίσιμης βροχόπτωσης

Η ένταση της κρίσιμης της κρίσιμης βροχόπτωσης προκύπτει από όμβριες καμπύλες οι οποίες είναι σχέσεις έντασης – διάρκειας βροχόπτωσης και δίνονται από την ακόλουθη σχέση:

$$i = \frac{c \times T^k}{(t + b)^n}$$

όπου:

- i , η ένταση της βροχόπτωσης (mm/h)
- t , ο χρόνος συγκέντρωσης (h)
- T , η περίοδος επαναφοράς
- b, n, K συντελεστές όμβριας καμπύλης.

2.11.6 Διαστάσεις Υδραυλικών Μοντέλων (1D/2D)

Στα μοντέλα 1D απαραίτητο στοιχείο είναι οι διατομές του εξεταζομένου ρέματος ενώ στα μοντέλα 2D χρειάζεται υψομετρικό μοντέλο εδάφους.

Κατά τη διαχρονική εξέταση σε παγκόσμια κλίμακα στην υδραυλική προσομοίωση παραδοσιακά χρησιμοποιούνται τα 1D μοντέλα.(Alho and Aaltonen, 2008).

Τα μοντέλα 1D πλεονεκτούν έναντι των αντιστοίχων 2D γιατί είναι πιο εύχρηστα αλλά μειωνεκτούν στις πλημμυρισμένες εκτάσεις.

Γενικότερα η χρησιμοποίησή τους συνίσταται στις κάτωθι περιπτώσεις:

- Ροές εν δυνάμει απότομες που κατευθύνονται λόγω βαρύτητας και το πλάτος ροής (overbank) είναι μικρό.
- Όταν οι κατευθύνσεις ροής ακολουθούν τη κυρίαρχη (ροή ποταμού).
- Όταν η ελεύθερη ροή επηρεάζεται από φράγματα, γέφυρες ή αντλιοστάσια κ.λ.π.
- Εξαιτίας των δεδομένων

Τα μοντέλα 2D χρησιμοποιούνται:

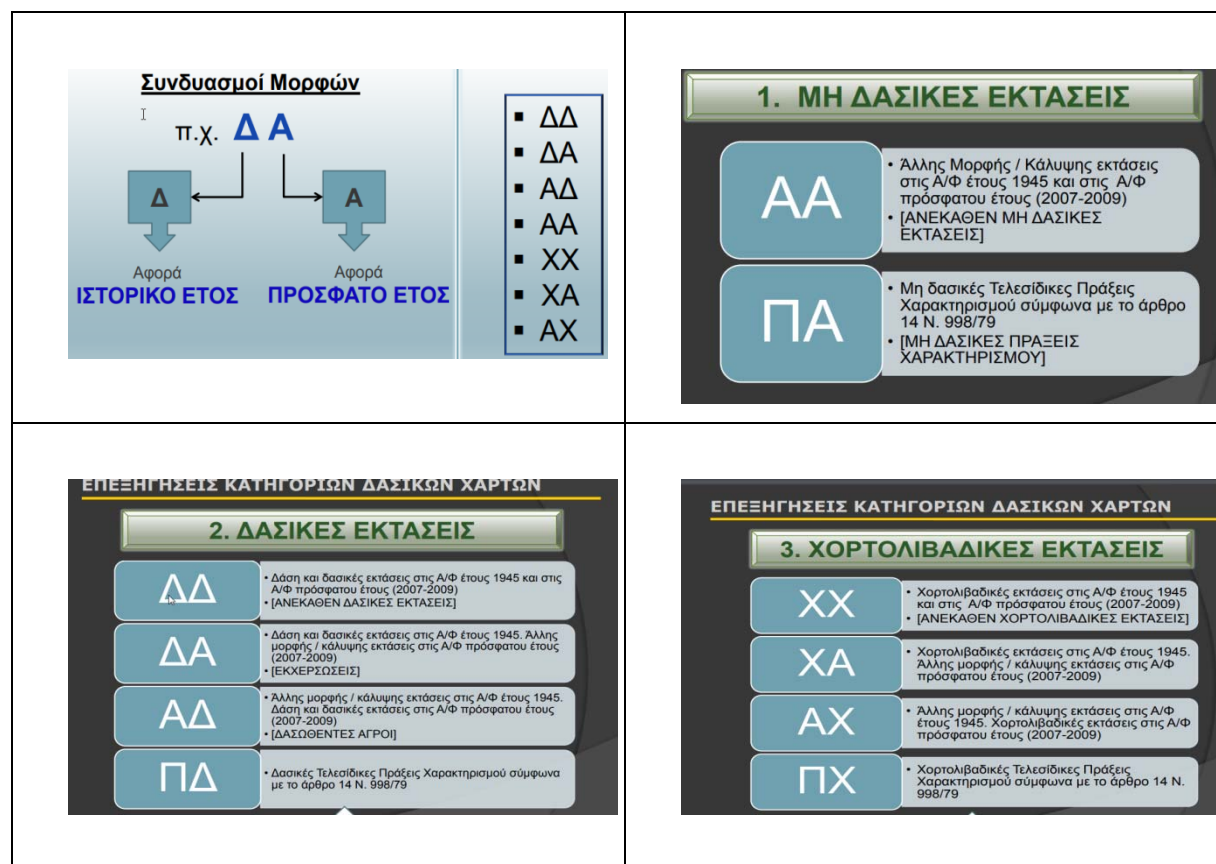
- Πολλοί ευρείες και πλημμυρικές επιφάνειες
- Δεδομένα
- Εκβολές και όταν η ροή κατευτεται σθύνε πολλαπλές διευθύνσεις
- Μελέτη γεφυρών κ.λ.π.

2.12 Δασικός χάρτης

Στην Π.Ε. Ευβοίας έχει συνταχθεί Δασικός Χάρτης τα στοιχεία του οποίου (shp, file) διατίθενται ελεύθερα στον ιστότοπο <https://gis.ktimanet.gr/wms/forestfinal/default.aspx>.

Ο δασικός χάρτης αποτελεί ουσιαστικό εργαλείο της διαχρονικής εξέτασης των χρήσεων γης και μπορεί εύκολα να αξιοποιηθεί για να χωροθετηθούν εκτάσεις οι οποίες υπάγονται στις Διατάξεις της Δασικής Νομοθεσίας.

Οι προδιαγραφές σύνταξης του δασικού χάρτη ακολουθούν τις τεχνικές προδιαγραφές όπως καθορίστηκαν με την υπ' αριθμ. ΚΥΑ 97414/754/06-09-2007 (ΦΕΚ Β'/1811/10-092017) όπως τροποποιήθηκε και ισχύει και η γενική κατηγοριοποίηση των μορφών περιγράφεται στην ακόλουθη εικόνα (Εικόνα, 22).



Εικόνα 22. Επεξηγήσεις Κατηγοριών Δασικών Χαρτών (Πηγή: https://www.teetdk.gr/documents/dasiko_i_hartes/xlykas.pdf)

Η αξιοποίηση αυτών των δεδομένων προτάθηκε, έναντι της χρησιμοποίησης του corine, για την ακρίβεια που διαθέτουν, τη νομοθετική τεκμηρίωση και το γεγονός ότι επιπλέον πληροφορία που πιθανώς να χρειαστεί (είδος βλάστησης κ.λ.π.) μπορεί να αντικατασταθεί φωτοερμηνευτικά από οικεία έγχρωμα σύνθετα RGB ή και επισκέψεις στη περιοχή μελέτης.

2.13 Ελληνική Τεχνική Προδιαγραφή (ξυλοφράκτες, κορμοδεμάτα, κορμοφράγματα κ.λ.π.)

Στον ιστότοπο του Υπουργείου Υποδομών και Μεταφορών έχουν αναρτηθεί 372 Ελληνικές Τεχνικές Προδιαγραφές (ΕΤΕΠ) με υποχρεωτική εφαρμογή στη σύνταξη των Μελετών και εκτέλεση Δημοσίων Έργων, μεταξύ αυτών η με αριθμ. ΕΛΟΤ ΤΟ 1501-10-

05-05-00:2009 περιγράφει τις προδιαγραφές κατασκευής κορμοδεμάτων, κορμοφραγμάτων κ.λ.π. ([https://www.ggde.gr/images/ attachments/petep_2020/372_etep/1501-10-05-05-00-v4.pdf](https://www.ggde.gr/images/attachments/petep_2020/372_etep/1501-10-05-05-00-v4.pdf)).

2.14 ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ HEC-RAS

Αναπτύχθηκε στο Κέντρο Υδρολογικής Μηχανικής (Hydrologic Engineering Center, HEC) του Ινστιτούτου Υδατικών Πόρων (IWR), του Στρατού των ΗΠΑ.

Το λογισμικό αυτό προσομειώνει φυσικά ή τεχνητά υδατορέματα ή συστήματα είναι open source software και πραγματοποιεί υπολογισμούς σε μόνιμη, μη μόνιμη ροή, κ.λ.π. καθίσταται ακόμη ελκυστικότερο λόγω της ευκολίας ενσωμάτωσης με άλλα λογισμικά με την κατάλληλη παραμετροποίηση. (Rodríguez et al., 2008, Fan et al., 2009).

Η χρησιμοποίησή του HEC – RAS για σταθερή ροή και σταδιακά μεταβαλλόμενη, και η συνδεσή του με GIS θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για τον προσδιορισμό κατασκευών που θα ελαχιστοποιήσουν τις συνέπειες ενός πλημμυρικού γεγονότος.

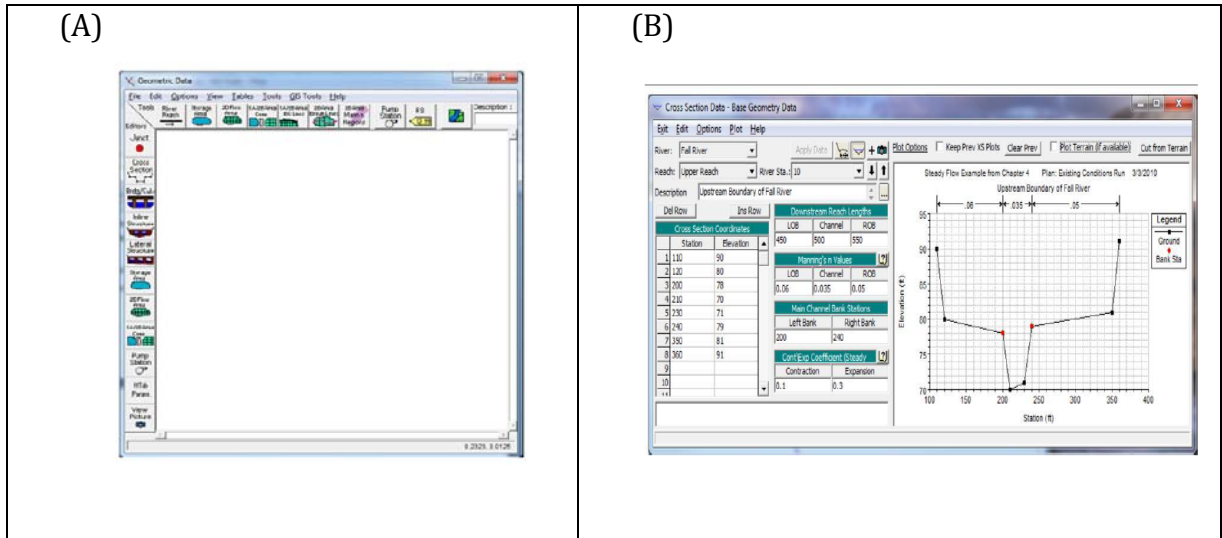
Η επικοινωνία του HEC – RAS με το ArcGis γίνεται μέσω του λογισμικού Hec-GeoRAS, που διαμορφώνει αρχεία εισόδου στο πρώτο (HEC – RAS) αλλά και παράλληλα εισάγει σε δεύτερο στάδιο τα επεξεργασμένα αρχεία από την υδραυλική ανάλυση τους στο HEC-RAS.

2.14.1 Γεωμετρικά δεδομένα

Η γεωμετρία του υπό μελέτη ρέματος ή χειμάρρου μπορεί να γίνει είτε απ' ευθείας στο Hec – Ras από τη ρουτίνα edit → geometric data, είτε μετά από επεξεργασία σε περιβάλλον Gis με δεδομένη τη συμβατότητα της εφαρμογής.

Με την εντολή River Reach στο μενού geometric data μπορεί να σχεδιαστεί το υπό μελέτη υδρογραφικό δίκτυο και από την εντολή Cross Section στο ίδιο μενού μπορεί να καταχωρηθεί – σχεδιαστεί κάθε διατομή τα στοιχεία της οποίας έχουν προέλθει από αποτύπωση στο πεδίο.

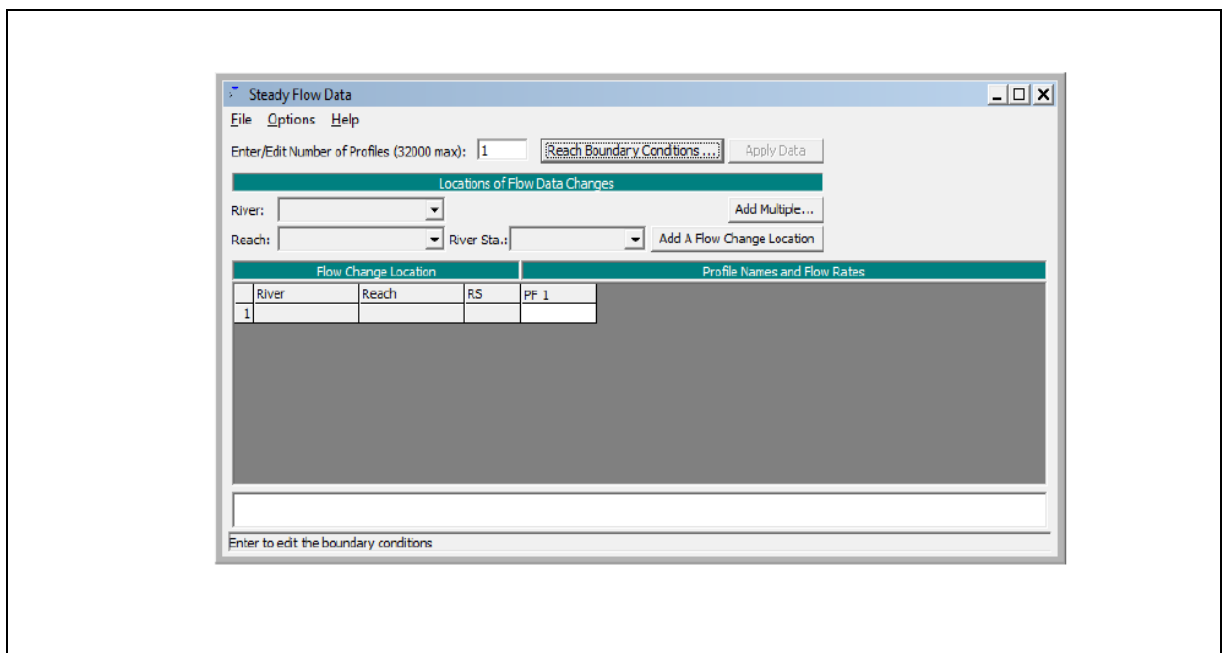
Με την εντολή Apply Data γίνεται καταχώρηση της διατομής. (Εικόνα, 23).



Εικόνα 23. (A) Μενού geometric data
(B) Μενού geometric data – cross section

2.14.2 Μόνιμη Ροή (STEADY FLOW DATA)

Η διαδικασία ξεκινά από το κεντρικό μενού με την εντολή Steady Flow Data. Κατά την επιλογή αυτής της διαδικασίας (μόνιμη ροή) ο χρήστης μπορεί να εισάγει μέχρι 32000 προφίλ, δηλαδή εισάγοντας διαφορετικές παροχές για κάθε ξεχωριστό προφίλ παίρνει και το αποτέλεσμα. (Εικόνα, 24).



Εικόνα 24. Μενού Steady Flow Data (Hec - Ras)

Ο χρήστης εισάγει την παροχή και στην περίπτωση υποκρίσιμης ροής ορίζεται οριακή συνθήκη κατάντη του υδατορέματος, στη περίπτωση υπερκρίσιμης ορίζεται στα ανάντη και σε περίπτωση μικτής οι οριακές συνθήκες εισάγονται τόσο στα ανάντη όσο και στα κατάντη του υδατορέματος.

2.14.3 Περιορισμοί

Κατά την εφαρμογή της διαδικασίας στο μενού του προγράμματος απαιτείτε η ικανοποίηση των κατωτέρω συνθηκών (USACE, 2002).

- Η ροή πρέπει να είναι μόνιμη.
- Να είναι βαθμιαία μεταβαλλόμενη εκτός σε σημεία με υδραυλικές κατασκευές (γέφυρες, κ.λ.π.)
- Η μηκοτομική κλίση της κοίτης είναι $< 1:10$.
- Η ροή είναι μονοδιάστατη

και απαιτείτε η εισαγωγή

- Του ύψους της ελεύθερης επιφάνειας
- Να εισαχθεί η κλίση της γραμμής ενέργειας που ισούται περίπου με τη μηκοτομική κλίση του πυθμένα για να υπολογιστεί το κανονικό βάθος ροής σε συνδυασμό στη διατομή.
- Δεν απαιτείτε η εισαγωγή δεδομένων για τον υπολογισμό του κρίσιμου βάθους.

2.14.4 Εκτέλεση Υδραυλικού Μοντέλου

Πριν την εκτέλεση των υπολογισμών κατά την επίλυση, πρέπει να γίνει επιλογή αν η ροή είναι υποκρίσιμη, υπερκρίσιμη ή μεικτή (Subcritical, Supercritical, Mixed).

Μετά την εκτέλεση μπορούν να προβληθούν:

- Γραφήματα διατομής και προφίλ
- Τρισδιάστατη απεικόνιση
- Πίνακας εξόδου στοιχείων ανά διατομή ή σε πλήθος
- Γενικό προφίλ.

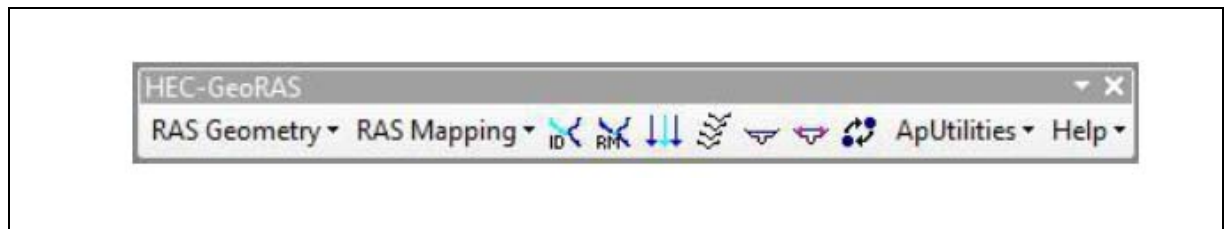
2.15 ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ HEC- GeoRAS

Το λογισμικό Hec – GeoRas είναι επέκταση του λογισμικού ArcGis και αποτελείτε από ειδικά εργαλεία επεξεργασίας και σχεδιασμού χωρικών στοιχείων προκειμένου να

επεξεργαστούν περαιτέρω από το πρόγραμμα Hec – Ras χρησιμοποιώντας ένα ειδικό εργαλείο ανταλλαγής δεδομένων (*.sdf) και χρησιμοποιώντας γεωμετρικά δεδομένα τουλάχιστον από ένα υπάρχον ψηφιακό μοντέλου εδάφους (DEM). Τα αποτελέσματα εξαγωγής από το Hec –Ras μπορούν να επεξεργαστούν και να παρουσιασθούν από το Hec – GeoRas.

Η εγκατάσταση του προγράμματος απαιτεί άδεια Arc –Gis με τις επεκτάσεις 3D Analyst και Spatial Analyst.

Η γραμμή εργαλείων του Hec – GeoRas φαίνεται στη παρακάτω εικόνα (Εικόνα, 25) και οι δυνατότητες (manual) περιγράφονται στον ιστότοπο (https://www.hec.usace.army.mil/software/hec-georas/documentation/HEC-GeoRAS4_UsersManual.pdf).



Εικόνα 25. Hec – GeoRas extension.

2.16 Διευθέτηση Χειμάρρων

2.16.1 Ποτάμιες διεργασίες

Η απορροή των νερών διαμέσου του υδρογραφικού δικτύου είναι ο κυριότερος γεωμορφικός παράγοντας.

Προϋποθέτει την ύπαρξη κλίσης και η κίνηση του νερού γίνεται λόγω βαρύτητας επηρεαζόμενη από τη τριβή στη διαβρεχόμενη επιφάνεια. Η ταχύτητα ροής εξαρτώμενη από τις δυνάμεις αυτές ελαχιστοποιείται στις επιφάνειες επαφής (διαβρεχόμενη επιφάνεια) και μεγιστοποιείται στο κέντρο της ροής.

Η μηκοτομική προσομοίωση της κοίτης αποτυπώνει την κατά μήκος κλίση της ροής που συνήθως είναι μεγάλη στις πηγές για να εκμηδενιστεί στις εκβολές.

Η κλίση είναι ανάλογη της κινητικής ενέργειας του χειμάρρου ή ποταμού και αποδεικνύει την ικανότητά του (παρασυρτική ή συρτική δύναμη του ποταμού) για την μεταφορά υλικών η οποία εξαρτάται από την άνωση του ίδιου του υλικού λόγω

εβαπτισματός του και από τις αντιστάσεις του υλικού εξαιτίας δυνάμεων επαφής του (εφ'- όσον βρίσκεται σε επαφή και συνυπάρχει με γειτονικά υλικά) και την έκθεση στη ροή.

Ο ποταμός βρίσκεται σε ισορροπία όταν δεν διαβρώνει, δεν αποθέτει και έχει σταθερή κλίση διατηρώντας τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του. (Κωτούλας, 2001) .

2.16.2 Συνθήκες ισορροπίας των κοιτών, οριακές κλίσεις

Το νερό κατά την κίνησή του δια μέσου του υδρογραφικού δικτύου τείνει πάντοτε να δημιουργεί καταστάσεις ισορροπίας και όταν αυτή διαταραχτεί από διάφορες αιτίες τότε πάλι θα προκύψουν οι συνθήκες για την επαναδημιουργία της οριακής ισορροπίας.

Στους χειμάρρους διακρίνουμε τρία είδη οριακών κλίσεων (Κωτούλας, 1989)

1. Κλίση Αντιστάθμισης ή ισοστάθμισης ή οριακή η οποία είναι εκείνη η κλίση της κοίτης χειμαρρικού ρεύματος για συγκεκριμένες συνθήκες χειμαρρικότητας, με την οποία αυτή απορρέει μεταφέροντας στερεά υλικά χωρίς να μεταβάλλει την κοίτη του, είτε γιατί δεν παρασύρει υλικά απ' αυτήν, είτε γιατί δεν αποθέτει υλικά σ' αυτήν, είτε ακόμη και αν παρασύρει, αποθέτει, τόσα, ώστε να αντισταθμίζει τα παρυρόμενα. (Δυναμική ισορροπία).

2. Κλίση Ισορροπίας είναι η κλίση αντιστάθμισης της κοίτης χειμαρρικού ρεύματος, η οποία αντιστοιχεί στα «καθαρά» νερά, δηλαδή σε υδατοπαροχή χωρίς στερεομεταφορά. Ενώ λοιπόν σε ορισμένη υδατοπαροχή μιας κοίτης αντιστοιχούν περισσότερες κλίσεις αντιστάθμισης, ανάλογα με την ένταση της στερεομεταφοράς του ρεύματος, για την ίδια παροχή υπάρχει μόνο μία κλίση ισορροπίας, η οποία είναι το κατώτατο όριο των δυνατών κλίσεων αντιστάθμισης της. Η κλίση ισορροπίας αποτελεί τον τελικό σκοπό σε κάθε διευθέτηση κοίτης χειμαρρικού ρεύματος, ο οποίος επιδιώκεται με τη δημιουργία σε αυτήν διαδίκτων ενδιάμεσων κλίσεων αντιστάθμισης.

3. Κλίση Περιπλάνησης είναι η μέγιστη δυνατή κλίση αντιστάθμισης για ορισμένη παροχή.

Η κλίση αντιστάθμισης δίνεται από τους τύπους:

Τύπος Κωτούλα

Τύπος Κωτούλα	$I = 1,18 \cdot \frac{d_m^{1,16} \cdot e^{0,385 \frac{Q_v}{s}}}{\left(\frac{Q_v}{s}\right)^{0,77}} = C_6$
---------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------

Όπου:

(Q_v): υδατοπαροχή,

(Q_s): στερεοπαροχή και των διαστάσεων της διατομής,

(s): πλάτος διατομής από την αντίσταση της κοίτης, που είναι συνάρτηση της

(d_m): κοκκομετρική σύσταση της κοίτης

(e) : η βάση των νεπερίων λογαρίθμων , $e \cong 2,72$.

Η d_m υπολογίζεται από την κοκκομετρική σύσταση του καλυπτήριου στρώματος του πυθμένα της κοίτης με βάση τη σχέση $d_{90} = p \times d_m$ όπου d₉₀ η μέση διάμετρος των λίθων του καλυπτήριου στρώματος και p συντελεστής με τιμές $2,3 \leq p \leq 3$ και d₉₀ η διάμετρος εκείνη η οποία χωρίζει τα στερεά υλικά του αρχικού μίγματος έτσι ώστε αυτά που είναι μικρότερα να έχουν βάρος το 90% του συνολικού.

Τύπος Valentini	$I = \frac{0,093 \cdot b}{R}$
-----------------	-------------------------------

R: Η υδραυλική ακτίνα , $R = F / U$,

b: Η χαρακτηριστική διάσταση των στερεών υλικών της κοίτης

Με δεδομένο ότι στο τύπο του Valentini δεν υπολογίζεται η στερεομεταφορά αυτό σημαίνει ότι τύπος μας δίνει κατευθείαν τη κλίση ισορροπίας. (Καπετανόπουλος, 2001).

Ο υπολογισμός γίνεται απ' ευθείας από open source εφαρμογή στον ιστότοπο του ΥΠΕΝ. (<http://www.ypeka.gr/Default.aspx?tabid=595&language=el-GR>).

Κεφάλαιο 3

Μεθοδολογία

3.1 Εισαγωγή

3.1.1 Περιοχή μελέτης - Αναγνώριση

Η πυρκαγιά της 13/08/2019 στην Εύβοια επεκτάθηκε σε δυο Τοπικές Κοινότητες (Κοντοδεσπότι, Άτταλη) και μια Δημοτική Κοινότητα (Ψαχνών). Το μεγαλύτερο τμήμα της ανήκει στα Ψαχνά. Από τη συγκεκριμένη πυρκαγιά κάηκαν δασικές εκτάσεις εντός των παρακάτω δασών:

1. Ιδιωτικό δάσος Κοντοδεσποτίου
2. Μοναστηριακό Δάσος Ιεράς Μονής Κοιμήσεως Θεοτόκου Μακρυμάλλης
3. Ιδιωτικό δάσος Άτταλης 1
4. Δάσος Μακρυμάλλης διαχειριζόμενο από την Οικονομική Επιτροπή της Εκκλησίας της Ελλάδας

3.1.2 Πηγές στοιχείων αναγνωριστικής μελέτης

- Επικαιροποιημένα δεδομένα με βάση τα νεότερα δεδομένα της Ευρωπαϊκής υπηρεσίας "Copernicus EMS/Mapping/" (Κωδικός ενεργοποίησης: EMSR380, Delineation version 3) για την αποτύπωση της περιμέτρου της πυρκαγιάς της 13ης Αυγούστου 2019 στην Εύβοια της Γενικής Διεύθυνσης Δασών και Δασικού Περιβάλλοντος
- Τοπογραφικά διαγράμματα κλίμακας 1:5000 της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού της περιοχής μελέτης
- Εδαφολογικοί χάρτες της περιοχής μελέτης
- Κυρωμένος Δασικός Χάρτης της Περιοχής μελέτης
- Σχέδιο Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας των Λεκανών Απορροής Ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας (GR07)

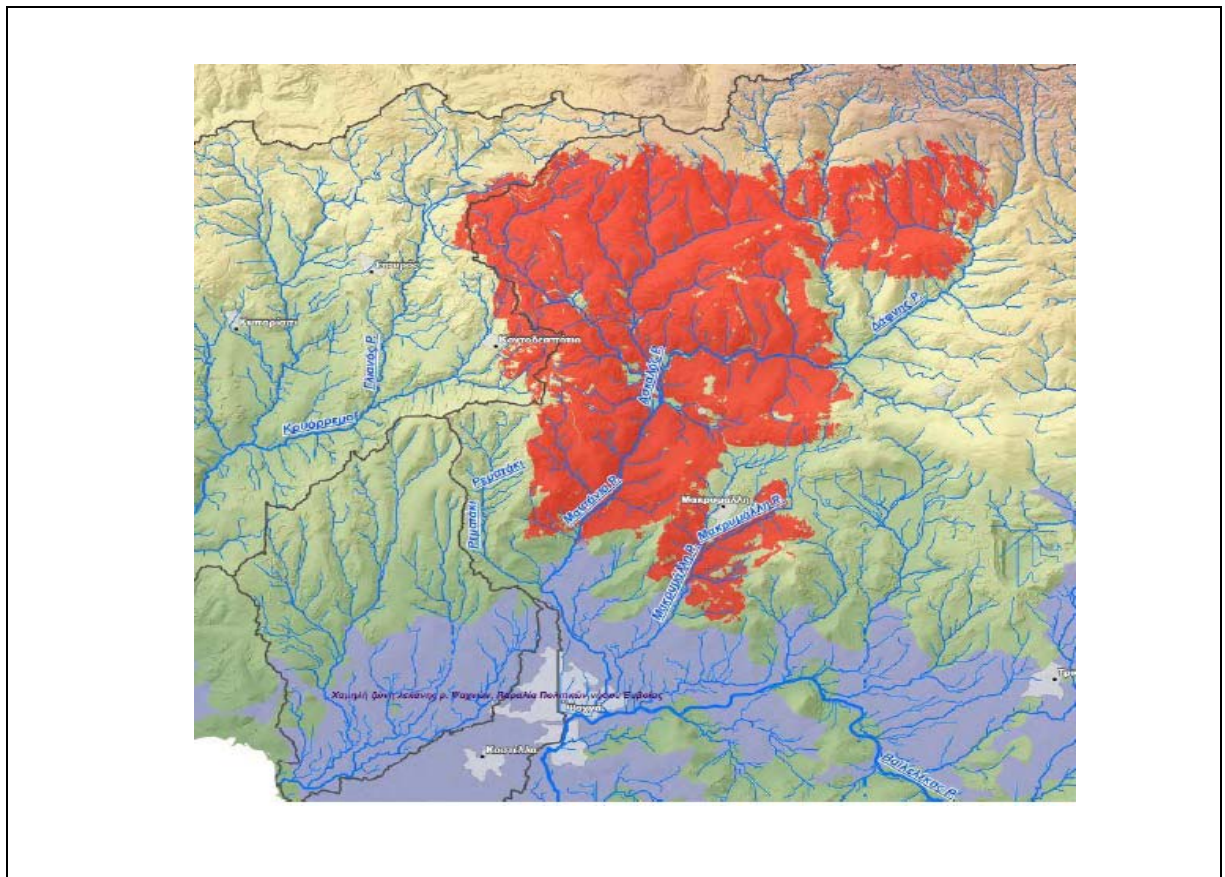
3.1.3 Χωρογραφικές, μορφολογικές και τοπογραφικές συνθήκες

Η περιοχή μελέτης εντοπίζεται στην κεντρική Εύβοια και ανήκει στο Υδατικό Διαμέρισμα Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας, στη Λεκάνη Απορροής Ρεμάτων Εύβοιας (GR19). Η περιοχή μελέτης βρίσκεται εκτός Ζώνης Δυνητικά Υψηλού Κινδύνου Πλημμύρας (ΖΔΥΚΠ). Η πλησιέστερη προς την περιοχή μελέτης Ζώνη είναι αυτή του Άνω ρ. Ψαχνών (GR07RAK0010) η οποία παρουσιάζει τα ακόλουθα γενικά χαρακτηριστικά: Η ζώνη καταλαμβάνει έκταση 3,96 km² και εντοπίζεται 20 km ΒΑ της Χαλκίδας. Το ανάγλυφο της ζώνης είναι πεδινό σε μεγάλο ποσοστό και χαρακτηρίζεται από γενικώς ήπιες και μικρές μορφολογικές κλίσεις και οι οποίες τείνουν αυξανόμενες ΒΔ στα όρια του υψιπέδου. (Εικόνα, 26).



Εικόνα 26. Εντοπισμός έκτασης - υδρογραφικής λεκάνης.

Σε υπόβαθρο χάρτη της Γενικής Δ/σης Δασών και Δασικού Περιβάλλοντος που περιγράφει το υδρογραφικό δίκτυο της περιοχής τοποθετήθηκαν σε υπέρθεση η περίμετρος της πυρκαγιάς. (Εικόνα, 27).



Εικόνα 27. Υδρογραφικό δίκτυο και σε υπέρθεση πολύγωνο πυρκαγιάς.

Με την υπό μελέτη λεκάνη απορροής αποστραγγίζονται οι νοτιοδυτικοί πρόποδες της Δίρφυος και πιο συγκεκριμένα τα υψώματα Ζυγός, Καμπιά, Προφήτης Ηλίας και Κερασιά. Ανάντη της θέσης μελέτης δεν υπάρχει οικισμός.

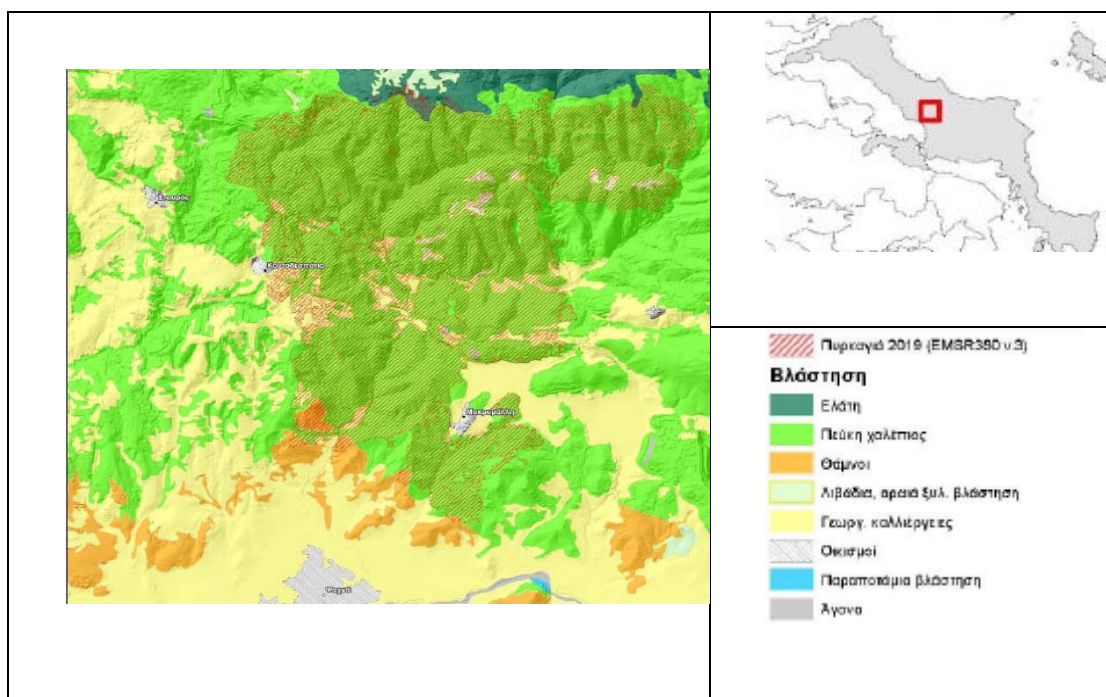
3.1.4 Βλάστηση

Εντός της καμένης περιοχής διακρίνονται δύο ζώνες βλάστησης, σύμφωνα με τη διάκριση Σ. Ντάφη (1972) ο οποίος χρησιμοποιεί της φυτοκοινωνικές μονάδες του συστήματος Braun-Blanquet και ακολουθεί το σύστημα ταξινόμησης της βλάστησης της Ν.Α. Ευρώπης που συντάχθηκε από τον Horvat:

1. Η Μεσογειακή ζώνη βλάστησης της *Quercetalia ilicis*. Η ζώνη αυτή χαρακτηρίζεται από υψηλές μέσες ετήσιες θερμοκρασίες και χειμερινές ή φθινοπωρινές και ανοιξιάτικες βροχοπτώσεις και καταλαμβάνεται από συστάδες με αείφυλλη, σκληρόφυλλη βλάστηση στα χαμηλότερα σημεία με την εμφάνιση συστάδων Χαλεπίου πεύκης. Η μελετώμενη περιοχή ανήκει στον αυξητικό χώρο του φυτοκοινωνικού συνδέσμου *Quercion ilicis* και στην φυτοκοινωνική ένωση του *Abrachno-Quercetum ilicis*. Σε αυτόν τον αυξητικό χώρο το ετήσιο ύψος βροχής κυμαίνεται μεταξύ 600 και 800χιλ. κυρίως την άνοιξη και το φθινόπωρο, η ξηρότερη περίοδος μειώνεται σημαντικά. Το έδαφος ανήκει στα

εδαφολείψανα των ερυθρών εδαφών (terra rossa) ή στα μεσογειακά ορφνά εδάφη. Στο εσωτερικό του δάσους αυτού, παρατηρούμε την τυπική θαμνώδη δασική βλάστηση της ζώνης των αείφυλλων – πλατύφυλλων.

2. Η Fagetalia ζώνη βλάστησης (ορομεσογειακή ζώνη βλάστησης). Στην ζώνη αυτή ανήκουν τα περισσότερα όρη της χώρας μας, περιλαμβάνει την ορεινή και υποαλπική ζώνη και σχηματίζει τα δασοόρια των υψηλότερων όρων μας. Στην ζώνη αυτή και στην περιοχή μελέτης διακρίνουμε τον αυξητικό χώρο Abietion cerhalonica, η οποία χαρακτηρίζεται υποβαθμισμένη εξαιτίας κυρίως της βόσκησης και οι οποίες εκτείνονται σχεδόν από την ζώνη αείφυλλων μέχρι της υποαλπικής περιοχής σχηματίζοντας τα δενδροόρια. Κοντά στις όχθες των χειμάρρων αναπτύσσεται σε στενή ζώνη ο πλάτανος με πυκνή και καλή δομή, πλούσιο υπόροφο και αναγέννηση σε περιοχές όπου δυσχεραίνεται η ανθρώπινη επίδραση ή εξασκείται με ήπια ένταση. (Εικόνα, 28).



Εικόνα 28. Χάρτης βλάστησης (Πηγή:ΥΠΕΝ).

3.1.5 Γεωλογία – έδαφος

Η περιοχή μελέτης ανήκει στην ευρύτερη ζώνη της Ανατολικής Ελλάδας. Κύριο χαρακτηριστικό της ζώνης είναι η παρουσία της Ανω Κρητιδικής επίκλυσης και η απόθεση των σιδηρονικελιούχων μεταλλευμάτων.

Στην ευρύτερη περιοχή έρευνας, παρατηρούνται τα παλαιότερα σε ηλικία πετρώματα της ζώνης επί των οποίων επικάθονται τα νεογενή ιζήματα.

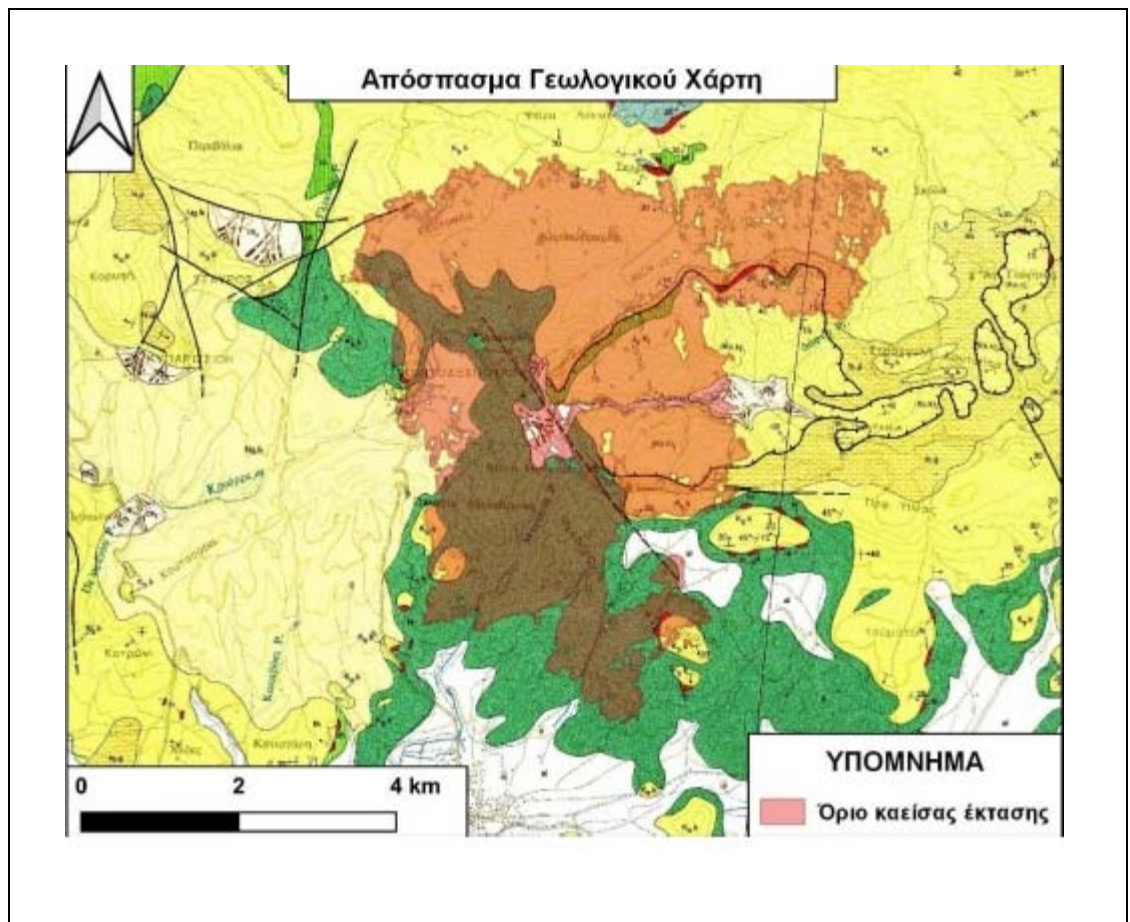
Η περιοχή την οποία εξετάζουμε ανήκει στην ευρύτερη ζώνη της Ανατολικής Ελλάδας ή οποία έχει καθιερωθεί ως ενότητα της Υποπελαγονικής. Η Υποπελαγονική - «μη

μεταμορφωμένη Πελαγονική» - ενότητα περιλαμβάνει κυρίως νηριτικού τύπου πετρώματα (νηριτικοί ασβεστόλιθοι στο Ανω τριαδικό και εν μέρει στο Ιουρασικό) μιας ασβεστολιθικής πλατφόρμας, που διακόπτεται κατά ορισμένες περιόδους από τις γνωστές σαν σχιστοψαμμιτοκερατολιθικές διαπλάσεις. Σε ορισμένες θέσεις παρατηρούνται στο Ανώτερο Παλαιοζωικό - Κάτω Τριαδικό πολλοί κλαστικοί σχηματισμοί που λιθοοψικά μοιάζουν με φλύσχη και περιέχουν ολισθολίθους ασβεστολίθων Παλαιοζωικής ηλικίας. Στο μέσο Τριαδικό παρατηρούνται συχνά ερυθροϊώδεις ή πρασινωποί κονδυλώδεις μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι φάσεων ammonitico rosso που συνοδεύονται με υποθαλάσσια ηφαιστειότητα. Κατά το Ανώτερο Τριαδικό - Κατώτερο Ιουρασικό επικρατεί νηριτική ιζηματογένεση με απολιθώματα *Megalodon*, *Gygoroporella*, *Diplopora*, *Paleodasycladus*, κ.λ.π.

- Πιο συγκεκριμένα, η στρωματογραφική διάρθρωση από τους παλαιότερους προς τους νεότερους σχηματισμούς είναι ή ακόλουθη:
 - Τους νεοπαλαιοζωικούς σχηματισμούς που βρίσκονται ασύμφωνα με επίκλιση πάνω στο κρυσταλλικό υπόβαθρο, είναι Λιθανθρακοφόρου - Περμίου ηλικίας και αποτελούνται κυρίως από κλαστικά πετρώματα με ενστρώσεις ασβεστολίθων.
 - Τους σχηματισμούς του Κάτω - Μέσου Τριαδικού που αποτελούνται από αργιλοψαμμιτικά πετρώματα, βασικά εκρηξιγενή που είναι εκχύσεις βασαλτικού μάγματος και ασβεστόλιθους με μορφή φακοειδών ενστρώσεων.
 - Τους ανωτριαδικούς - ανωιουρασικούς ασβεστολίθους και δολομίτες. Τα ιζήματα αυτά βρίσκονται κατά κανόνα σε συμφωνία με τους υποκείμενους σχηματισμούς του κάτω - μεσοτριαδικού και απαντούν στην περιοχή Ολύμπου της Εύβοιας που έχουν και ενστρώσεις κερατολίθων.
 - Το τεκτονικό νεοελληνικό κάλυμμα του Ανωτ. Ιουρασικού - κατώτερου Κρητιδικού. Οι σχηματισμοί του αναφερόμενου καλύμματος διακρίνονται: 1) Σε ηφαιστειοιζηματογενείς σχηματισμούς που αποτελούνται από ιζήματα βαθιάς θάλασσας (ραδιολαρίτες, πηλίτες και μικριτικούς ασβεστολίθους με διαστρώσεις πυριτολίθων) και από υποθαλάσσιες εκχύσεις βασικών λαβών με τους τόφφους τους βασάλτες και διαβάσεις που εμφανίζονται γενικά με μορφή pillow - lavas, και 2) Σε μάζες υπερβασικών πετρωμάτων που βρίσκονται πάνω στους ηφαιστειοιζηματογενείς σχηματισμούς με μορφή ενός δεύτερου τεκτονικού καλύμματος. Το οφιολιθικό αυτό κάλυμμα αποτελείται από σερπεντινωμένους περιδοτίτες με κοιτάσματα λευκολίθου και πολλές φορές στη βάση του φέρει ένα "mélange" πετρωμάτων που αποτελείται από ποικίλα πετρώματα (μάζες περιδοτιτών, ασβεστολίθων ηφαιστειοιζηματογενών σχηματισμών κ.λ.π.).

- Τους Ανωκρητιδικούς ασβεστολίθους και τέλος,
- Τον φλύσχη Ανωκρητιδικής – Παλαιοκαινικής ηλικίας, ο οποίος αποτελείται σε μεγάλο ποσοστό από ψαμμίτες και αργλικούς σχιστολίθους με ασβεστολιθικές ενστρώσεις κατά θέσεις

Η Στρωματογραφική ακολουθία της ευρύτερης περιοχής κλείνει με τους νεότερους σχηματισμούς του Νεογενούς και τις τεταρτογενείς αποθέσεις. (Εικόνα, 29).



Εικόνα 29. Απόσπασμα Γεωλογικού Χάρτη.

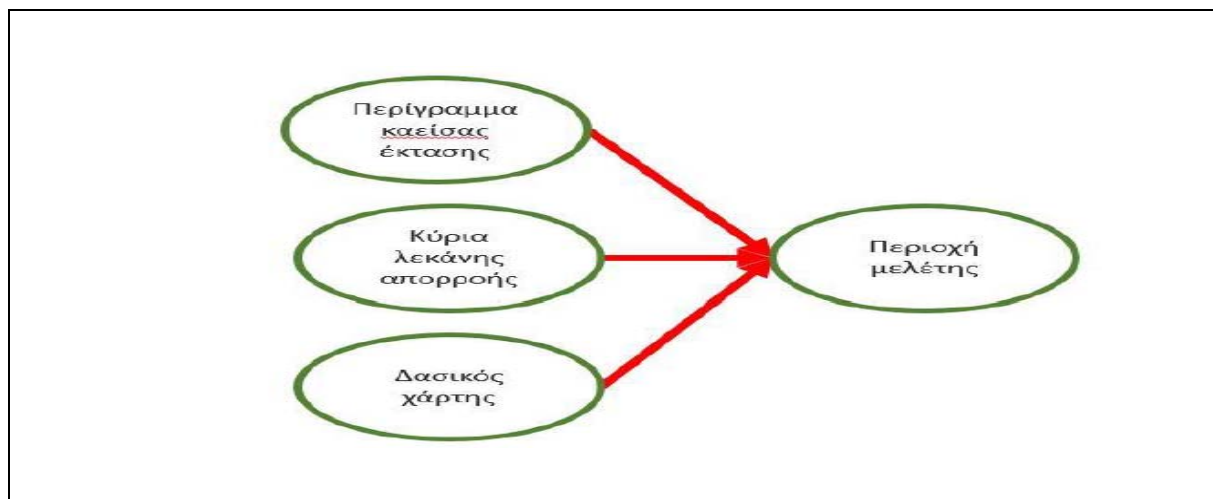
3.2 Ερευνητικά ερωτήματα

Τα ερευνητικά ερωτήματα που αντιμετωπίζονται με την παρούσα είναι:

- Μέσω του εντοπισμού του ίχνους της πυρκαγιάς από την αξιοποίηση της επεξεργασίας δορυφορικών εικόνων sentinel 2 και τη χρησιμοποίηση του αποδεδειγμένα κατάλληλου δείκτη να χαρτογραφηθεί η σφοδρότητα πυρκαγιάς.
- Προκειμένου να μελετηθούν προτεινόμενα αντιδιαβρωτικά έργα (κορμοδέματα, κορμοφράγματα κ.λ.π.) να βρεθεί η βέλτιστη υδρογραφική και υδρολογική κατάτμηση αξιοποιώντας δεδομένα ΨΥΜΕ.
- Να συνταχθεί χάρτης ευπάθειας μέσω πολυκριτηριακής ανάλυσης αξιοποιώντας τη γεωλογία της περιοχής σε συνδυασμό με την υδατοπερατότητα και την εξαίρεση επιφανειών (γεωργικές, κ.λ.π.) αξιοποιώντας τα δεδομένα του Δασικού Χάρτη
- Να χωροθετηθούν, με δεδομένο τις τεχνικές προδιαγραφές, τα προτεινόμενα έργα και να προμετρηθούν.
- Να εκτιμηθεί συμπληρωματικά η εκτίμηση κινδύνου πλημμύρας στη πεδινή κοίτη η οποία διέρχεται εντός του οικισμού Δ.Κ. Ψαχνών
- Να προταθούν και να χωροθετηθούν συμπληρωματικά έργα ανακούφισης και αποτροπής χειμαρρικών φαινομένων από την άμβλυση της στερεομεταφοράς και λασποροής λόγω πυρκαγιάς

3.3 Καθορισμός Περιοχής Μελέτης

Η περιοχή μελέτης θα προκύψει από τον χωρικό συνδυασμό του περιγράμματος της καείσας, την λεκάνη απορροής και το δασικό χάρτη. (Σχήμα, 3).



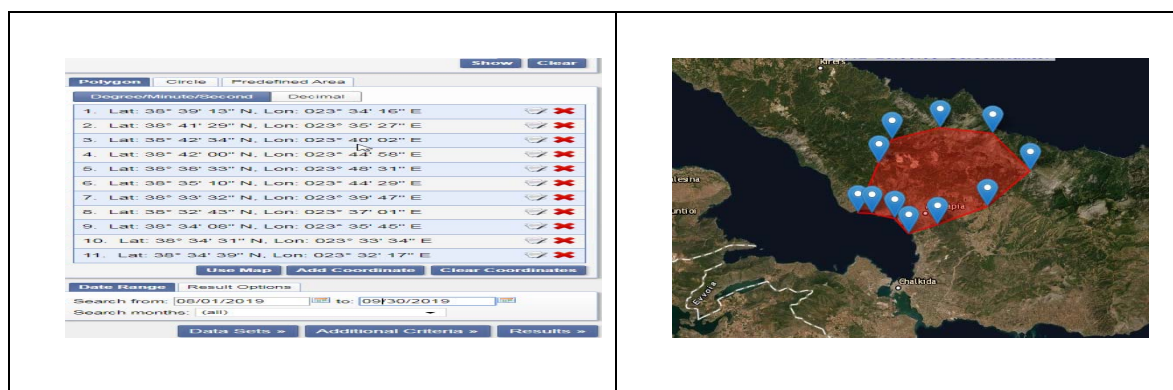
Σχήμα 3. Γεωγραφικός προσδιορισμός περιοχής μελέτης.

3.3.1 Προσδιορισμός καμένης έκτασης

Θα χρησιμοποιηθούν δορυφορικές εικόνες Sentinel 2 λόγω καλύτερης ανάλυσης (<https://earthexplorer.usgs.gov/>) σε σχέση με τον Landsat 8, πριν και μετά την πυρκαγιά, χαμηλής νέφωσης (Land Cloud Cover, less than 20%) και για τον υπολογισμό του ίχνους της θα χρησιμοποιηθεί ο Διαφορικός Κανονικοποιημένος Λόγος Καμένης Έκτασης (Differenced Normalized Burn Ratio – dNBR).

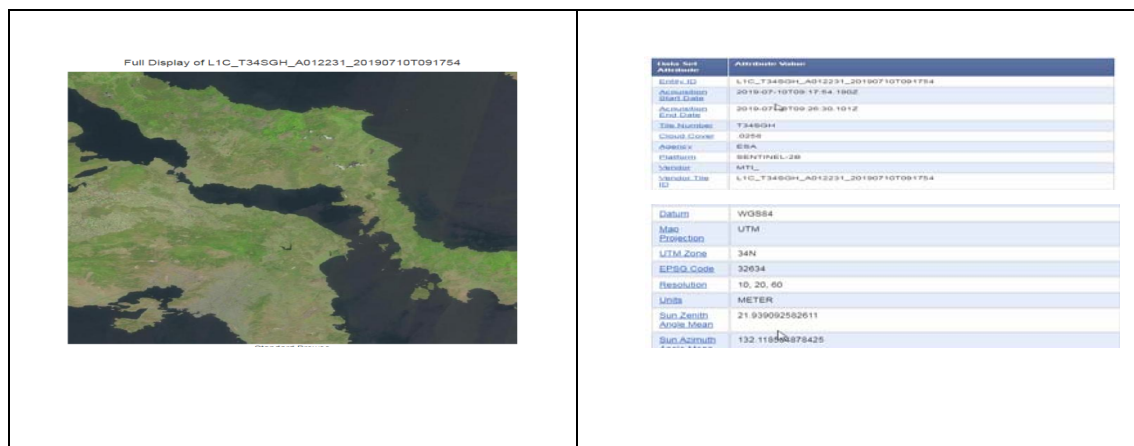
3.3.1.1 Γεωγραφικός προσδιορισμός (συντεταγμένες) και Επιλεγμένη περιοχή

Στον ιστότοπο Earth Explorer της USGS (<http://earthexplorer.usgs.gov/>) εντοπίστηκε η έκταση. (Εικόνα, 30).

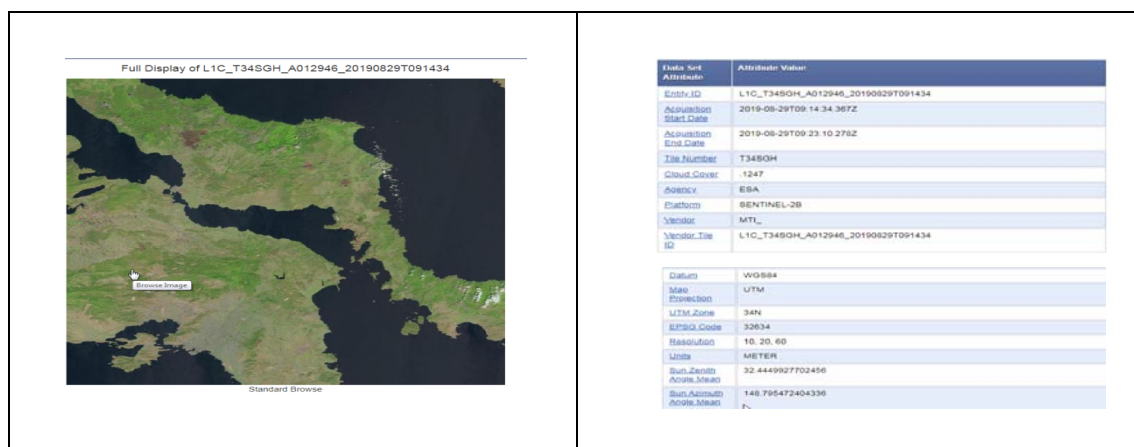


Εικόνα 30. Γεωγραφικός προσδιορισμός (συντεταγμένες) και Επιλεγμένη περιοχή.

Και έγινε download των δορυφορικών Sentinel 2 με Additional Criteria Cloud Cover “Less than 20%” και Entity ID:L1C_T34SGH_A012231_20190710T091754 και Entity ID: L1C_T34SGH_A012946_20190829T091434 (Εικόνες, 31 και 32).



Εικόνα 31. Quicklook και μεταδεδομένα (T34SGH_A012231_20190710T091754)

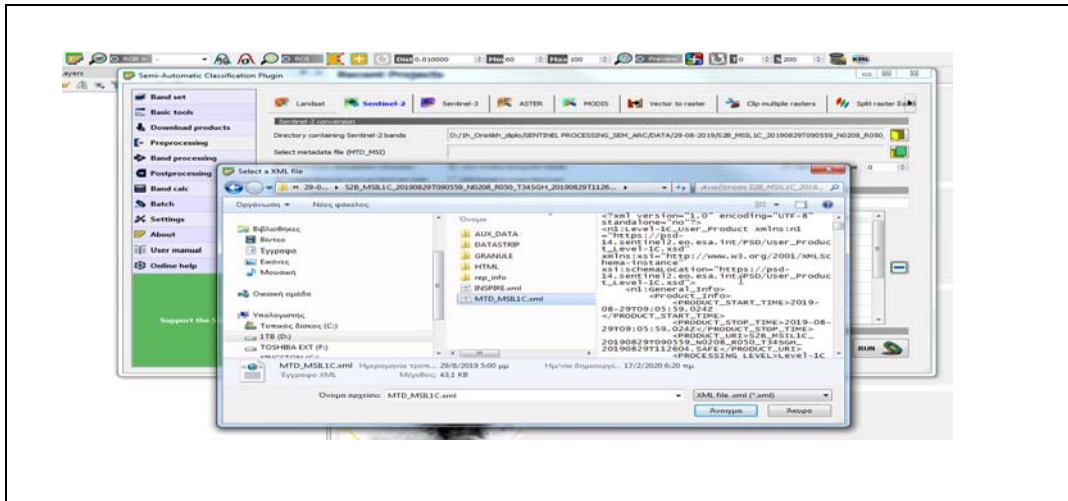


Εικόνα 32. Quicklook και μεταδεδομένα (T34SGH_A012946_20190829T091434)

3.3.1.2 Χρησιμοποιούμενα λογισμικά επεξεργασίας

Σε περιβάλλον QGIS και με τη χρήση του προσθέτου το Semi-Automatic Classification Plugin (SCP) θα γίνει ατμοσφαιρική διόρθωση των προϊόντων 1C του δορυφόρου Sentinel 2.

Μεθοδολογία: Open directory containing Sentinel 2 and Select metadata file (MTD_MSI)/ And Apply DOS 1 atmospheric corrections => RUN (Εικόνα, 33).



Εικόνα 33. Ατμοσφαιρική διόρθωση. (SCP)

Σε περιβάλλον ArcMap θα υπολογιστεί ο Κανονικοποιημένος Λόγος Καμένης Έκτασης (Normalized Burn Ratio –NBR) πριν και μετά την πυρκαγιά από τον τύπο

$$NBR = \frac{(NIR - SWIR)}{(NIR + SWIR)}$$

και σύμφωνα με τον (Lanorte et al., 2019)

$$NBR = \frac{(Band8A - Band 12)}{(Band 8A + Band12)}$$

και ο Διαφορικός Κανονικοποιημένος Λόγος Καμένης Έκτασης (Differenced Normalized Burn Ratio – dNBR) από τη σχέση

$$dNBR = NBR_{prefire} - NBR_{postfire}$$

4. Εκτίμηση της σφοδρότητας της πυρκαγιάς – Χαρτογράφηση

Οι Mallinis, Mitsopoulos and Chrysafi (2018), αξιολογώντας και συγκρίνοντας φασματικούς δείκτες Sentinel 2A και Landsat 8 σε οικοσυστήματα Πεύκης με υπόροφο αείφυλλα πλατύφυλλα, στη Θάσο, διαπίστωσαν ότι τα αποτελέσματα εκτίμησης σφοδρότητας πυρκαγιάς είναι καλύτερα για τον Sentinel 2 και δημιούργησαν πίνακα τιμών κλάσης σφοδρότητας πυρκαγιάς ο οποίος χρησιμοποιείται και στην παρούσα. (Πίνακας, 13).

Table 4. dNBR values used in thresholding fire severity in the current study.

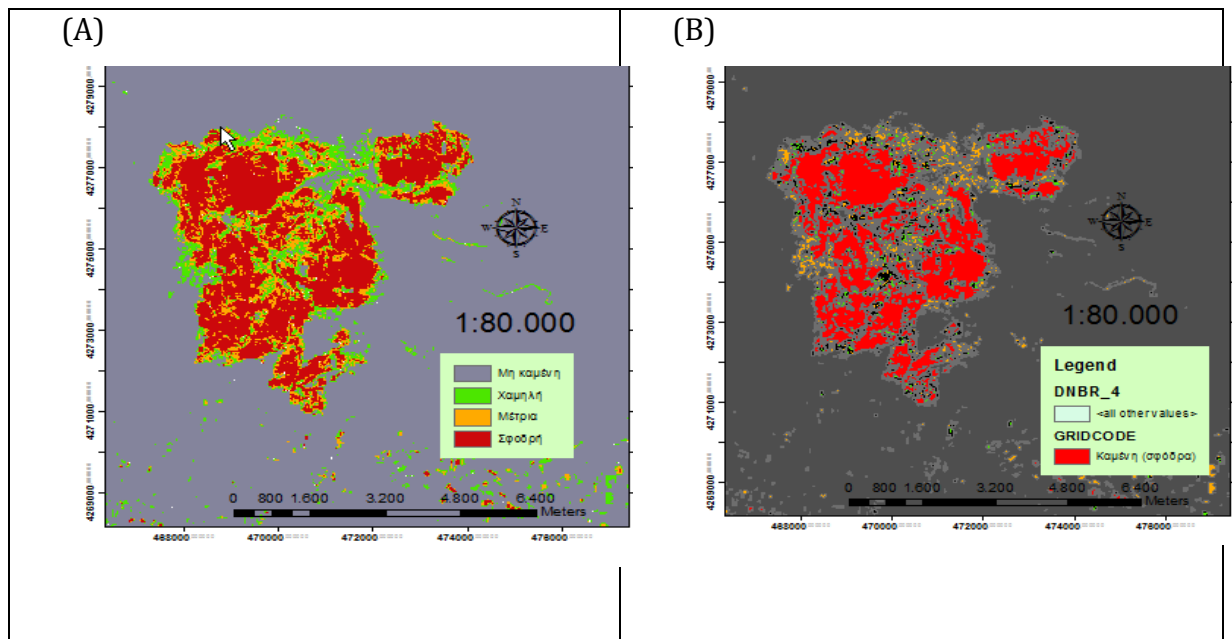
Fire severity class	dNBR threshold values
<i>Sentinel 2A</i>	
High	>560
Moderate	403–559
Low	215–402
Unburned	<214
<i>Landsat-8 OLI</i>	
High	>506
Moderate	279–505
Low	125–278
Unburned	<124

Οι ίδιοι διαπίστωσαν ότι η χρησιμοποίηση των φασματικών ζωνών NIR(8 & 8A) είχαν καλύτερα αποτελέσματα (χαμηλή διαχωριστικότητα) από τη χρήση της ζώνης B5 όπως και ότι η εξέταση του δείκτη dNBR για την εκτίμηση της σφοδρότητας έχει καλύτερα αποτελέσματα σε σχέση με τον NDVI επιβεβαιώνοντας ανάλογα αποτελέσματα παλαιότερων ερευνών. (Huang et al. 2016, Lasaponara 2006, Pleniou and Koutsias 2013).

Οι χρησιμοποιηθείσες δορυφορικές αφορούν τις ημερομηνίες 10-07-2019 (*prefire*) και 29-08-2019 (*postfire*).

- Μεθοδολογία: 1. Calculate DBR (prefire & postfire) after band 8A and 12 by Spatial Analyst Tools->Map Algebra->Raster calculator
2. Calculate dDBR
3. Spatial Analyst Tools->Reclass->Reclassify according Mallinis, et al. (2018)
4. Raster to polygon and export (σφοδρή) only select attributes

Κατά την επίλυση του δείκτη dNBR προέκυψε η καμένη έκταση (Εικόνα, 34 A) στην οποία έχει γίνει διαβάθμιση σφοδρότητας καύσης και κατόπιν εξήχθη το πλύγωνο της σφοδράς καμένης έκτασης (Εικόνα, 34B).



Εικόνα 34. Α. Διαβάθμιση σφοδρότητας πυρκαγιάς.
 Β. Σφόδρα καμένη έκταση

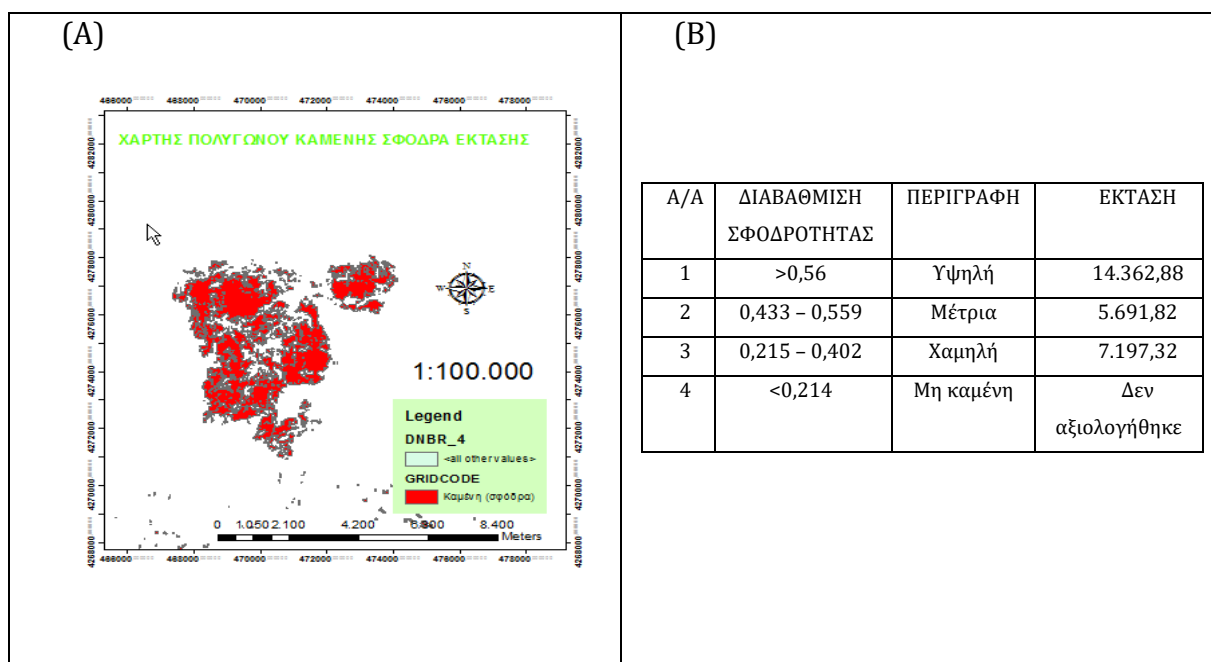
Από επιτόπιο έλεγχο διαπιστώθηκε ότι στη χαμηλή ζώνη έχουν περιγραφεί χορτολιβαδικές εκτάσεις πάνω από τα δασοόρια της ελάτης καθώς και γεωργικές εκτάσεις και δεν αξιολογήθηκε.

Η μέτρια ζώνη σαν χαρτογραφική χωροθέτηση αφορά περιοχές στη περίμετρο της υψηλής ζώνης και πρόκειται για γεωργικές εκτάσεις ή εξαιτίας της δυναμικής καταστολής στα όρια της πυρκαγιάς η βλάστηση δεν κάρηκε ολοσχερώς ή λόγω επικρατουσών τοπικά κλιματικών συνθηκών η φωτιά ήταν έρπουσα χωρίς να επεκταθεί στον ανώροφο.

3.3.1.3 Αποτέλεσμα διαδικασίας (Όριο καμένης έκτασης – διαβάθμιση σφοδρότητας πυρκαγιάς)

Κατά την επίλυση του δείκτη dNBR προέκυψαν τα κάτωθι αποτελέσματα που

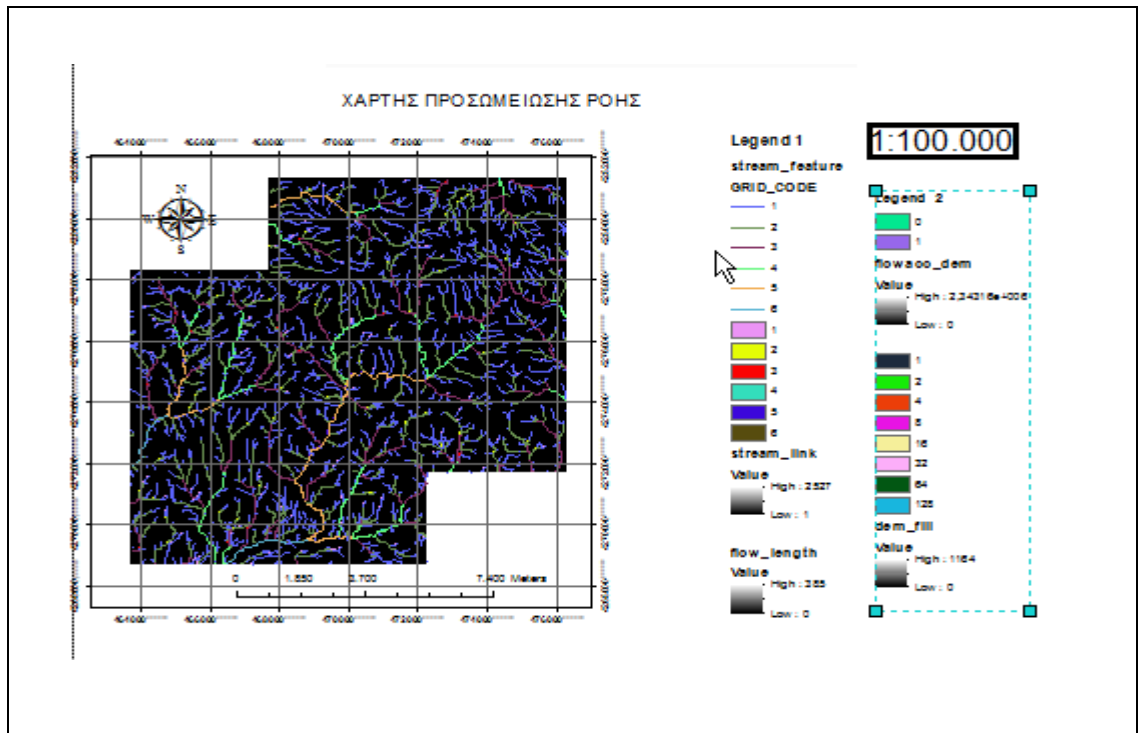
αφορούν το συνολικό εμβαδό ανά σφοδρότητα καύσης.(Χάρτης, 1).



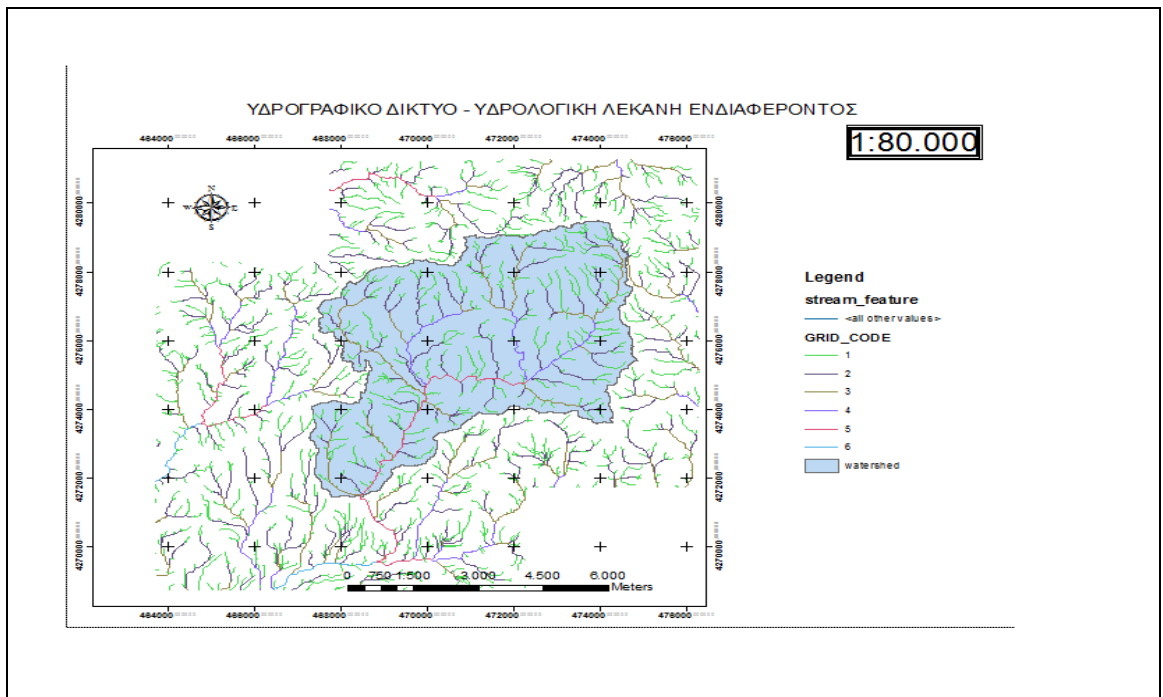
Χάρτης 1. Α. Χάρτης πολυγώνου σφόδρας καμένης έκτασης, Β. Εμβαδά ανά κλάση σφοδρότητας καύσης

3.3.2 Προσδιορισμός υδρολογικής λεκάνης

Από την ακολουθία των αντίστοιχων ρουτινών (Παράρτημα, Β) προκύπτει η προσομοίωση ροής (κατά strahler, Χάρτης, 2) και υδρογραφική λεκάνη ενδιαφέροντος (Χάρτης, 3) στην οποία περιγράφονται οι κινήσεις ροής.

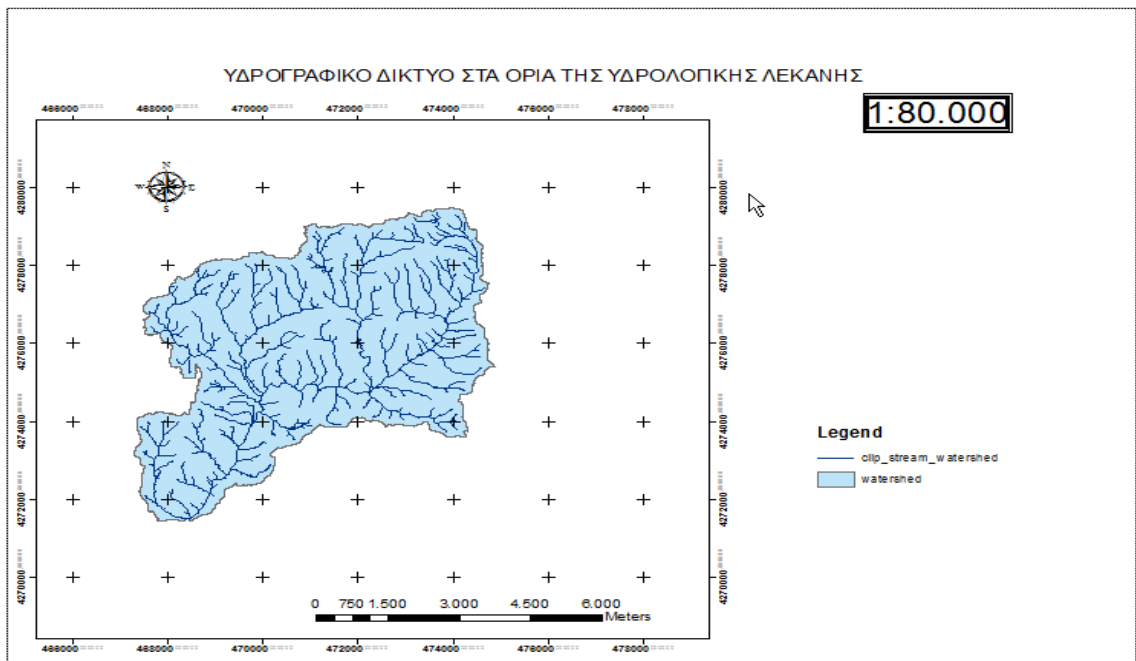


Χάρτης 2. Χάρτης προσομείωσης ροής.



Χάρτης 3. Υδρογραφική λεκάνη, υδρολογικό δίκτυο

Το υδρογραφικό δίκτυο στα όρια της λεκάνης αποδίδεται στον παρακάτω χάρτη μετά την αποκοπή και την τοπολογία (Χάρτης, 4).

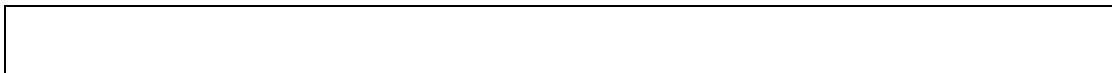


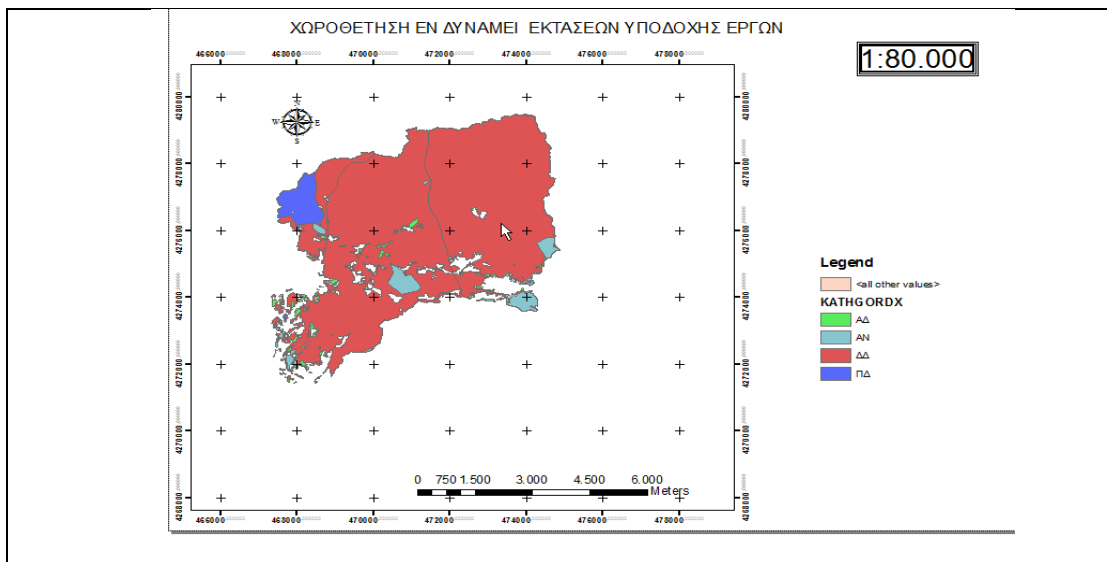
Χάρτης 4. Υδρογραφικό δίκτυο στα όρια της υδρολογικής λεκάνης

3.3.3 Δασικός Χάρτης

Σε περιβάλλον Gis και σε δεδομένα δασικού χάρτη στα όρια της λεκάνης επιρροής εφαρμόζω την διαδικασία intersect με επιλογή των εγγραφών με χαρακτηρισμό 'ΑΔ', 'ΑΝ', 'ΔΔ' και 'ΠΔ' εξαιρουμένων 'ΑΑ' (γεωργικές) και των 'ΔΑ' εξαιτίας των διατάξεων του άρθρου 47 και 47 Β του Ν. 4280/2014 όπως ισχύει.

Η διαδικασία αυτή αναδεικνύει τις εν δυνάμει εκτάσεις, εξαιτίας χρήσεις γης, υποδοχής έργων στα όρια της χωροθετηθείσας υδρολογικής λεκάνης. (Χάρτης, 5).

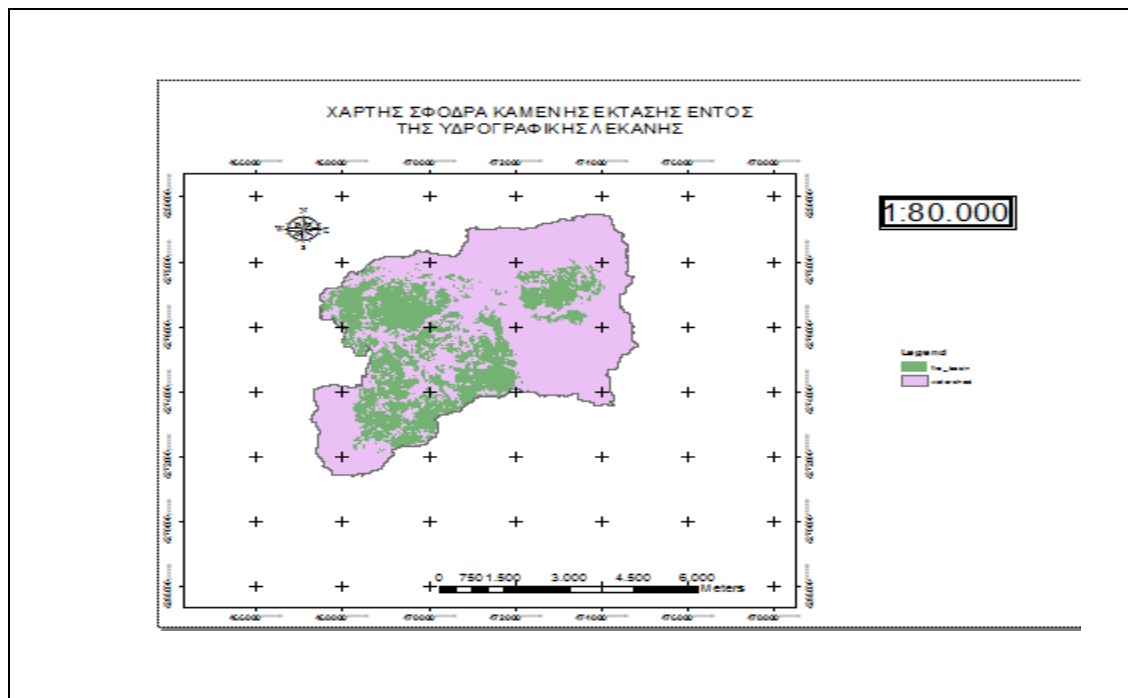




Χάρτης 5. Χωροθέτηση εν δυνάμει εκτάσεων υποδοχής έργων

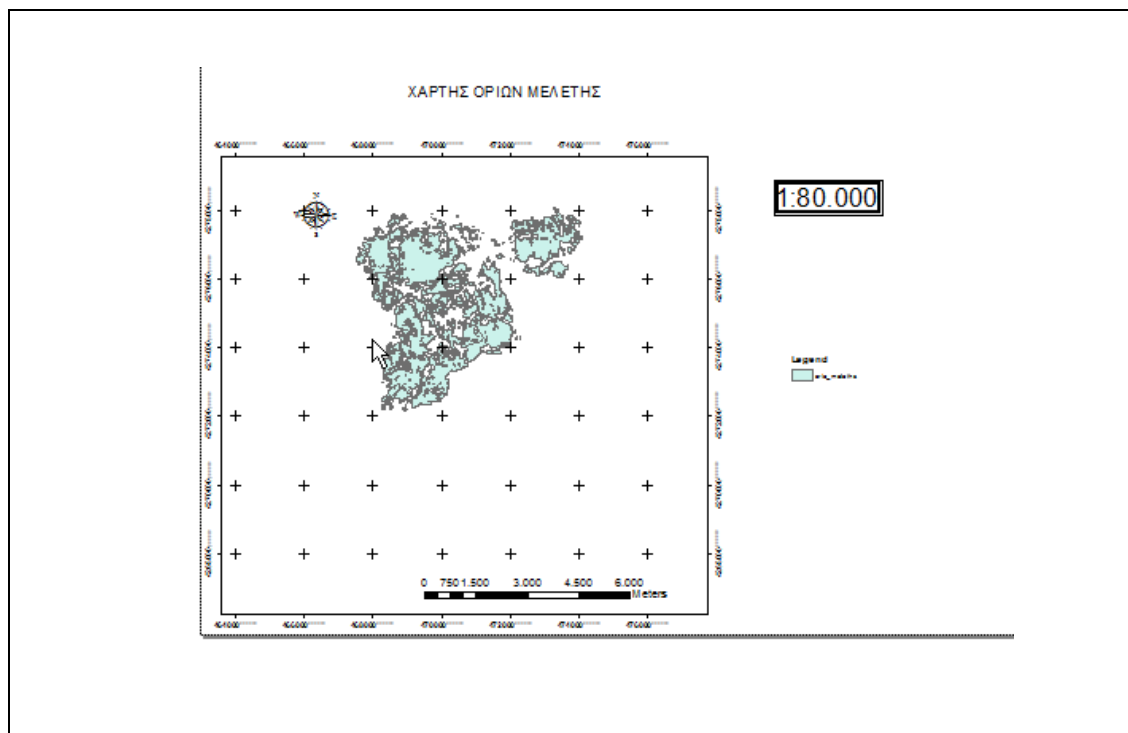
3.3.4 Περιοχή Μελέτης – Αποτέλεσμα 1.

Τρέχουμε το Intersect μεταξύ του αρχείου με το περίγραμμα της καείσας έκτασης και της κύριας λεκάνης απορροής όπως προέκυψε από τη προηγούμενη διαδικασία. (Χάρτης, 6).



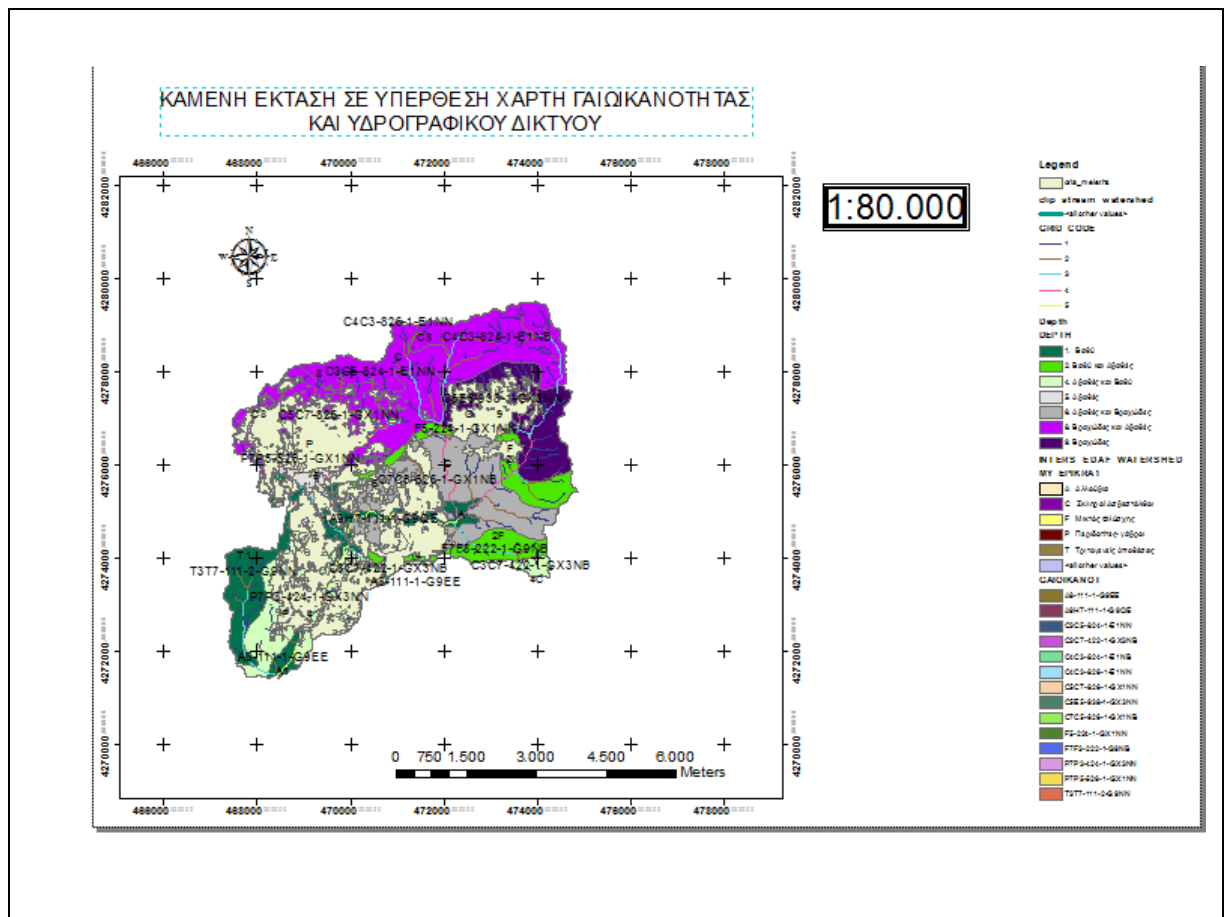
Χάρτης 6. Σφόδρα καμένης έκτασης εντός της υδρογραφικής λεκάνης.

Ακολουθείτε η ίδια διαδικασία (Intersect) μεταξύ του αρχείου της προηγούμενης εργασίας και του Δασικού Χάρτη και το αποτέλεσμα είναι η περιοχή μελέτης. (Χάρτης, 7).



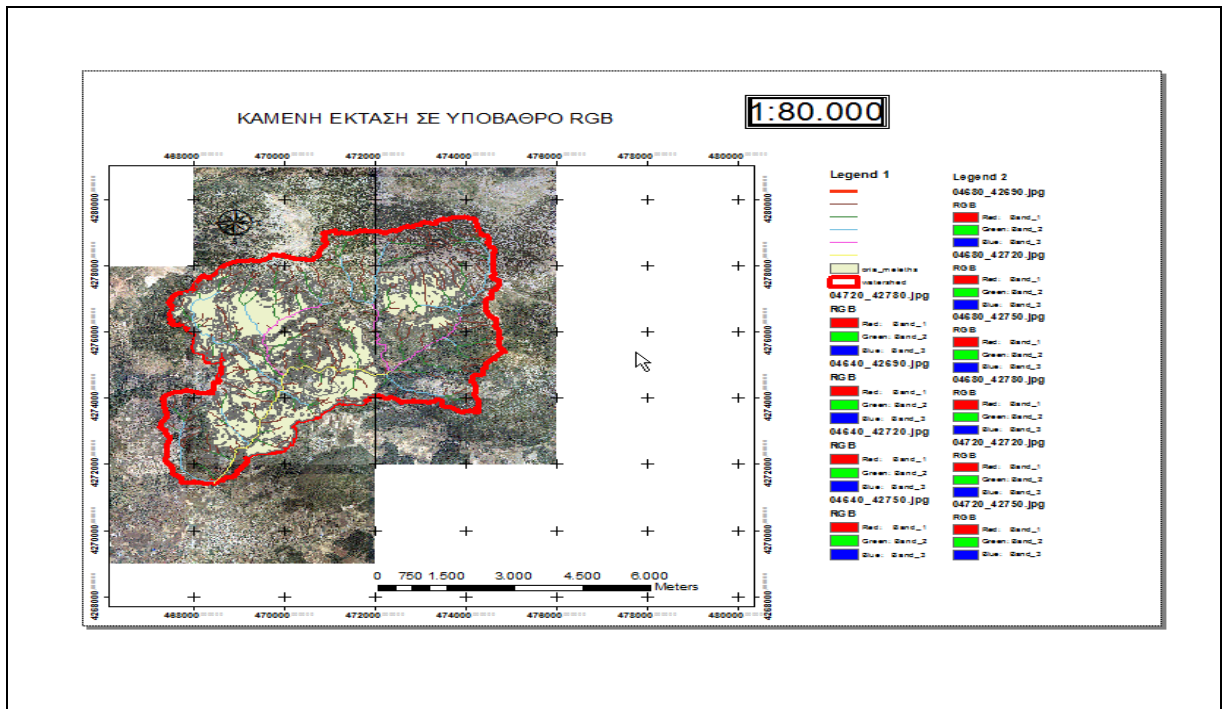
Χάρτης 7. Περιοχή Μελέτης.

Από την υπέρθεση των προκυπτουσών επιφανειών (όρια φωτιάς στην υδρογραφική λεκάνη) σε υπόβαθρο χάρτη που παρέχει ως πληροφορία το βάθος εδάφους και το μητρικό πέτρωμα (1^ο και 2^ο επικρατέστερο υλικό) προέκυψε ότι το Β.Α. τμήμα της φωτιάς χωροθετείτε σε βραχώδης περιοχή σκληρών ασβεστόλιθων – σάρρες και γενικό τύπο κατάταξης C5E5-938-1-GX3NN. (Χάρτης, 8).



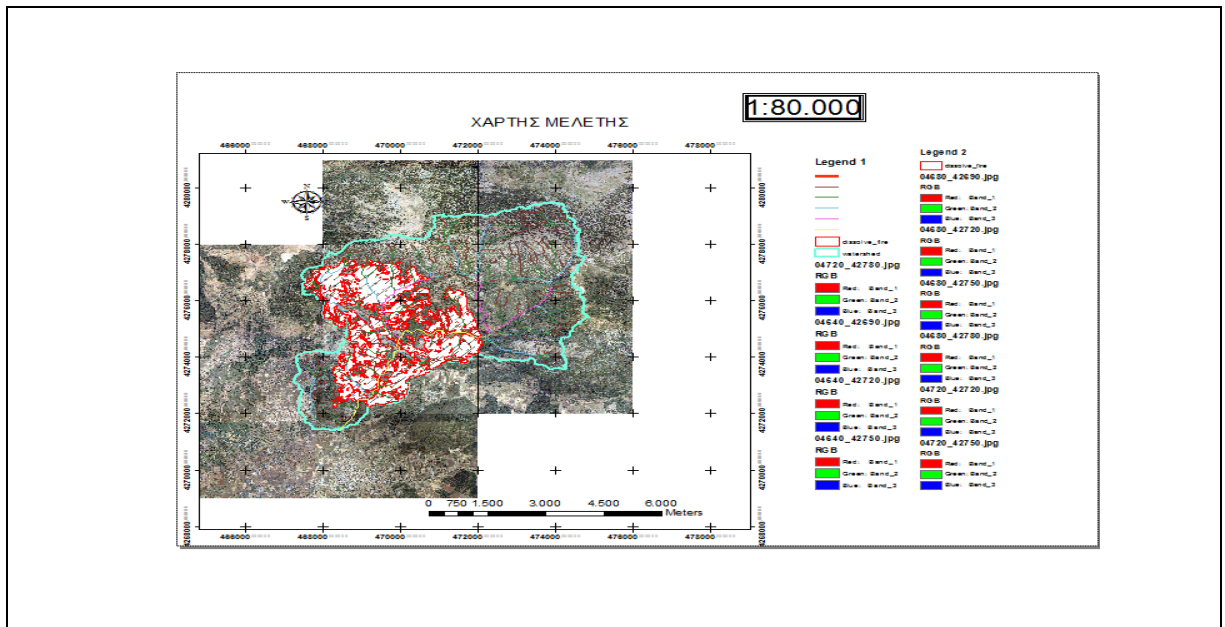
Χάρτης 8. Καμένη έκταση σε υπέρθεση χάρτη γαιοικανότητας και υδρογραφικού δικτύου.

Επιπλέον από την υπέρθεση της έκτασης σε οικεία έγχρωμα σύνθετα RGB και τη συμπλήρωση της χαρτογράφησης με το προκύπτων υδρογραφικό δίκτυο στα όρια της λεκάνης (Χάρτης, 9) ανέδειξαν την περιοχή ως μη ευπαθής και τα όποια φερτά θα προκύψουν από την έκταση η διάταξη του υδρογραφικού δικτύου της περιοχής προς τον τελικό αποδέκτη δεν έχει θιγεί από την πυρκαγιά και άρα πρέπει να εξαιρεθεί.



Χάρτης 9. Σφόδρα καμένης έκτασης σε υπόβαθρο RGB.

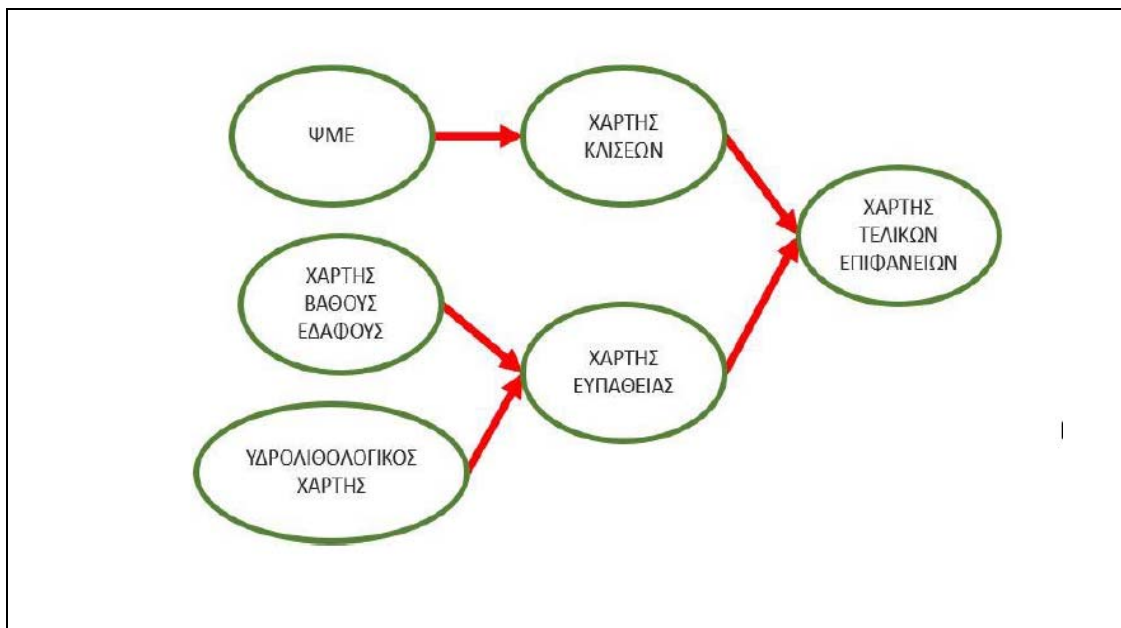
Οι τελικές επιφάνεια σαν ενοποιημένο πολύγωνο έγινε μετά την διαδικασία select by attributes, export_new_File, union για συμπλήρωση πολυγώνων που εκ περιδρομής δεν συμπεριλήφθηκαν στη πρώτη ρουτίνα, union, dissolve. Ο τελικός χάρτης που αποτελεί και την περιοχή μελέτης έχει έκταση 9.874.351,73 τ. μ. ή 9.874,35 στρ. (Χάρτης, 10).



Χάρτης 10. Χάρτης απεικόνισης έκτασης μελέτης.

3.4 Επιλογή Τελικών Επιφανειών

Η πολυκριτηριακή ανάλυση που θα συνδυάζει το βάθος εδάφους σε συνδυασμό με την υδατοπερατότητα του το αποτέλεσμα των οποίων θα είναι η χωροθεσία των ζωνών ευπάθειας και αυτή σε συνδυασμό με τις κλίσεις εφαρμογής εκ των τεχνικών προδιαγραφών θα έχουν ως αποτέλεσμα των χάρτη τελικών επιφανειών εφαρμογή αντιδιαβρωτικών έργων. (Σχήμα, 4) Οι εργασίες της πολυκριτηριακής ανάλυσης έγιναν στα όρια της υδρολογικής λεκάνης για καλύτερη επόπτευση και αξιοποίηση των ενδιάμεσων σταδίων.



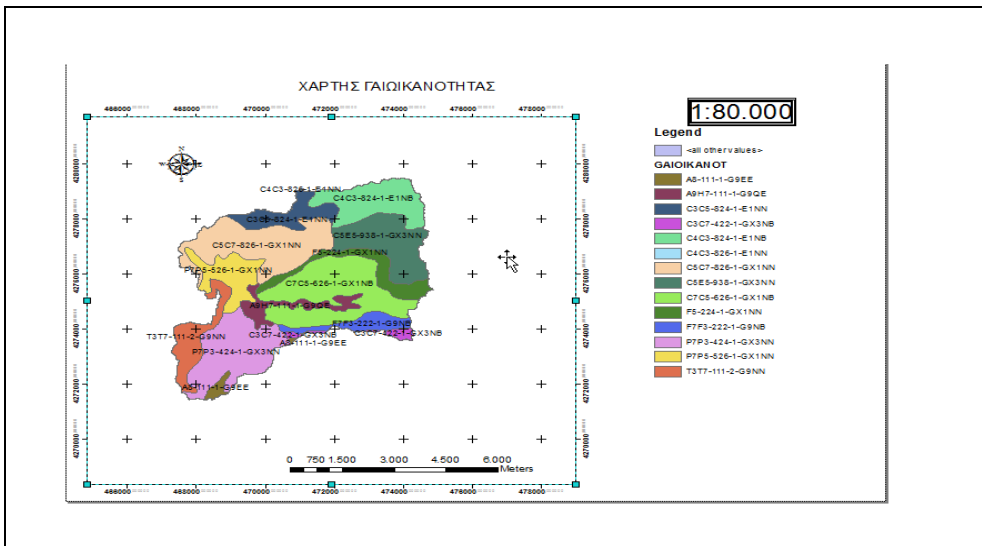
Σχήμα 4. Πολυκριτηριακή ανάλυση δημιουργίας τελικών επιφανειών εφαρμογή αντιδιαβρωτικών έργων.

3.4.1 Δημιουργία χάρτη Ευπάθειας

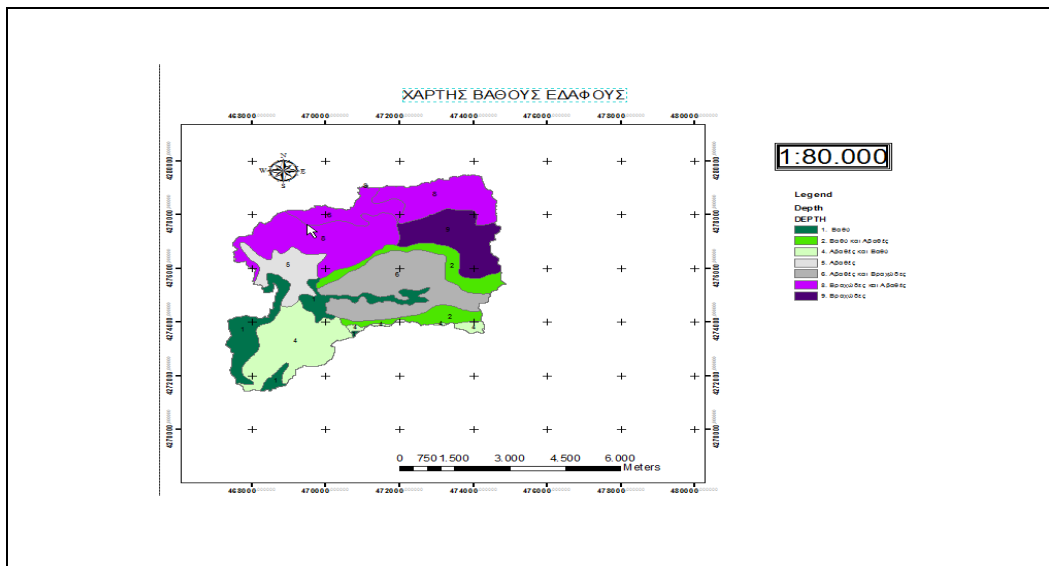
3.4.1.1 Χάρτης βάθος εδάφους

Σε περιβάλλον Gis αξιοποιώντας τα ψηφιακά μεταδεδομένα του ΥΠΕΝ διαμορφώθηκε χάρτης γαιωικανότητας στα όρια της υδρογραφικής λεκάνης. (Εδαφολογικός Χάρτης - Γεωργία (Επικράτεια) — ΥΠΕΝ - Γεωχωρικές Πληροφορίες & Χάρτες, 2009). (Χάρτης, 11)

Επίσης διαμορφώθηκε χάρτης βάθους εδάφους. Από τον εδαφολογικό χάρτη δημιουργούμε μια κατηγοριοποίηση χρησιμοποιώντας το εργαλείο 'Unique Value' χρησιμοποιώντας την στήλη depth. (Χάρτης, 12). Αυτή η στήλη έχει 9 κατηγορίες στην περιοχή μελέτης υπάρχουν οι 7, οι οποίες ομαδοποιήθηκαν σε τρεις νέες βαθμίδες (βαθύ-αβαθές-βράχος) σε μια νέα στήλη. (Χάρτης, 13).

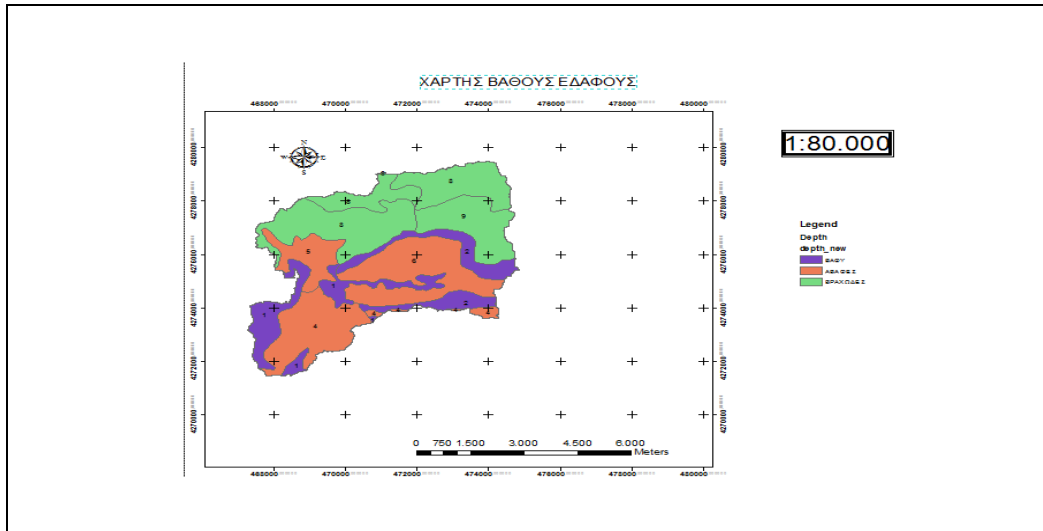


Χάρτης 11. Χάρτης Γαιωκανότητας



Χάρτης 12. Χάρτης βάθους εδάφους (Πηγή: Εδαφολογικός Χάρτης - Γεωργία (Επικράτεια) — ΥΠΕΝ - Γεωχωρικές Πληροφορίες & Χάρτες, 2009)

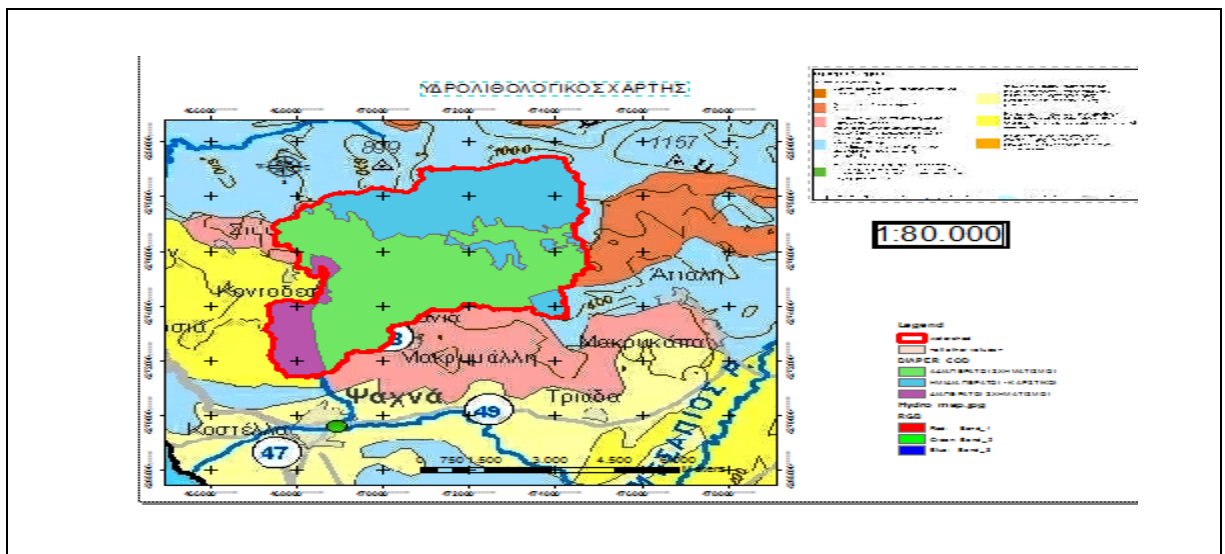
Κατηγοριοποίηση σε τρεις κλάσεις (Βαθύ – Αβαθές – Βράχος)



Χάρτης 13. Χάρτης Βάθους εδάφους

3.4.1.2 Υδρολιθολογικός χάρτης

Από τα Σχέδια Διαχείρισης των Λεκανών Απορροής Ποταμών των Υδατικών Διαμερισμάτων Αττικής Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας χρησιμοποιήθηκε το παραδοτέο Σχέδιο 'Α Π08 Σχ-1' (Χάρτης,) για να ψηφιοποιηθεί ο υδρολιθολογικός χάρτης της περιοχής μελέτης (Χάρτης,). Ο χάρτης αυτός, εφόσον διορθώθηκε σύμφωνα με το υπόβαθρο ορθοφωτοχάρτη και εργασίες πεδίου, μας έδωσε μια τριβάθμια κατηγοριοποίηση των πετρολογικών σχηματισμών ανάλογα με την υδατοδιαπερατότητα τους (Πίνακας, 14) για να προκύψουν οι τελικές επιφάνειες ανάλογα με την κατηγορία υδατοπερατότητας. (Χάρτης, 14).

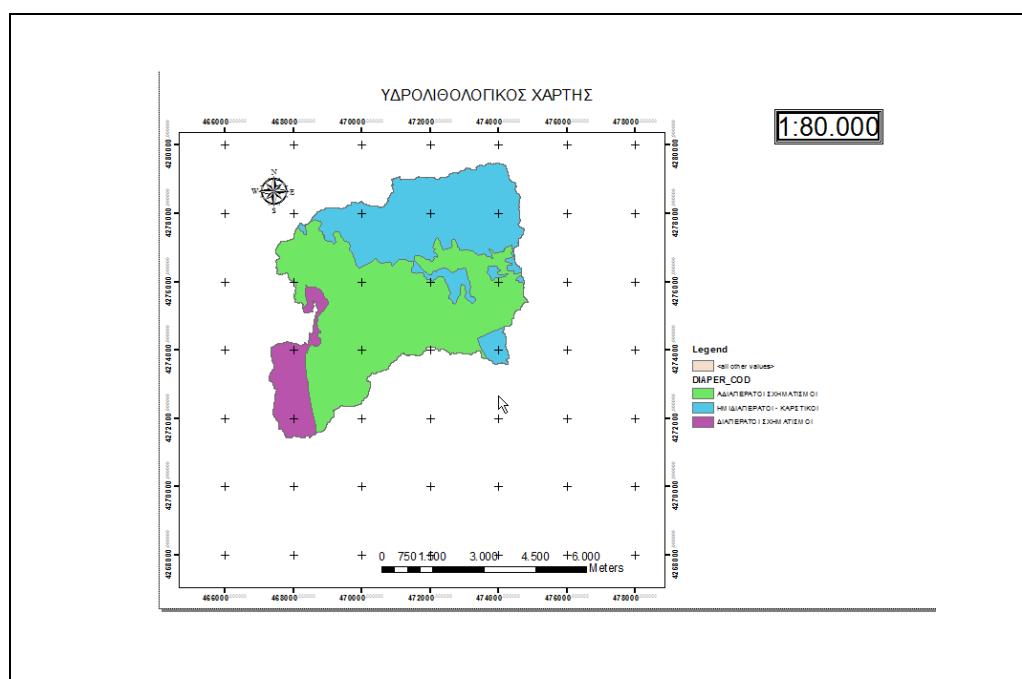


Χάρτης 14. Ψηφιοποίηση υδρολιθολογικού και αποκοπή στα όρια της υδρογραφικής λεκάνης

Πίνακας 14. Κατηγορίες Υδατοπερατότητας

Κατηγορίες υδατοπερατότητας		
Αδιαπέρατοι Σχηματισμοί (1)	Καρστικοί Σχηματισμοί (2)	Διαπερατοί Σχηματισμοί (1)

Έγινε μετά την ψηφιοποίηση αποκοπή στα όρια της υδρολογικής λεκάνης (Χάρτης,15)



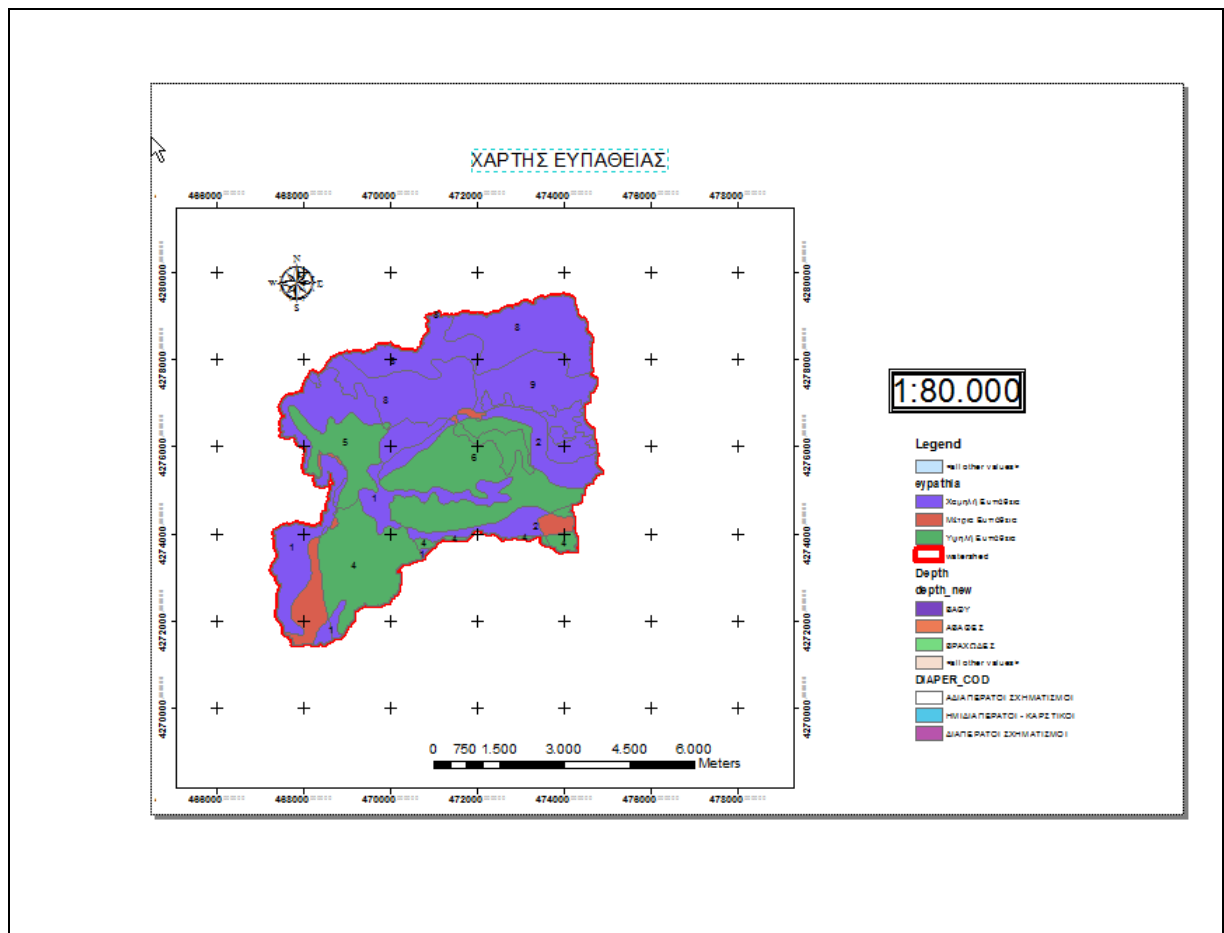
Χάρτης 15. 1. Πράσινο χρώμα: Αδιαπέρατοι Σχηματισμοί, 2. Μπλέ χρώμα: Ημιδιαπερατοί Σχηματισμοί, 3. Διαπερατοί Σχηματισμοί

3.4.1.3 Χάρτης Ευπάθειας

Οι τρεις κατηγορίες του τελευταίου χάρτη συνδυάστηκαν με τις τρεις κατηγορίες του χάρτη με τα βάθη των εδαφών και προέκυψε ο παρακάτω πίνακας της ευπάθειας των επιφανειών σε επιφανειακή απορροή. (Πίνακας, 15).

Πίνακας 15. Συνδυασμός Βάθος Εδάφους – Κατηγορίες υδατοπερατότητας

Βάθος Εδάφους	Κατηγορίες υδατοπερατότητας		
	Αδιαπέρατοι Σχηματισμοί (1)	Καρστικοί Σχηματισμοί (2)	Διαπερατοί Σχηματισμοί (1)
Βαθύ(1)	Υψηλή ευπάθεια (3)	Μέτρια Ευπάθεια (2)	Χαμηλή Ευπάθεια (1)
Αβαθές(2)	Υψηλή Ευπάθεια (3)	Υψηλή Ευπάθεια (3)	Μέτρια Ευπάθεια (2)
Βράχος(3)	Χαμηλή Ευπάθεια (1)	Χαμηλή Ευπάθεια (1)	Χαμηλή Ευπάθεια (1)



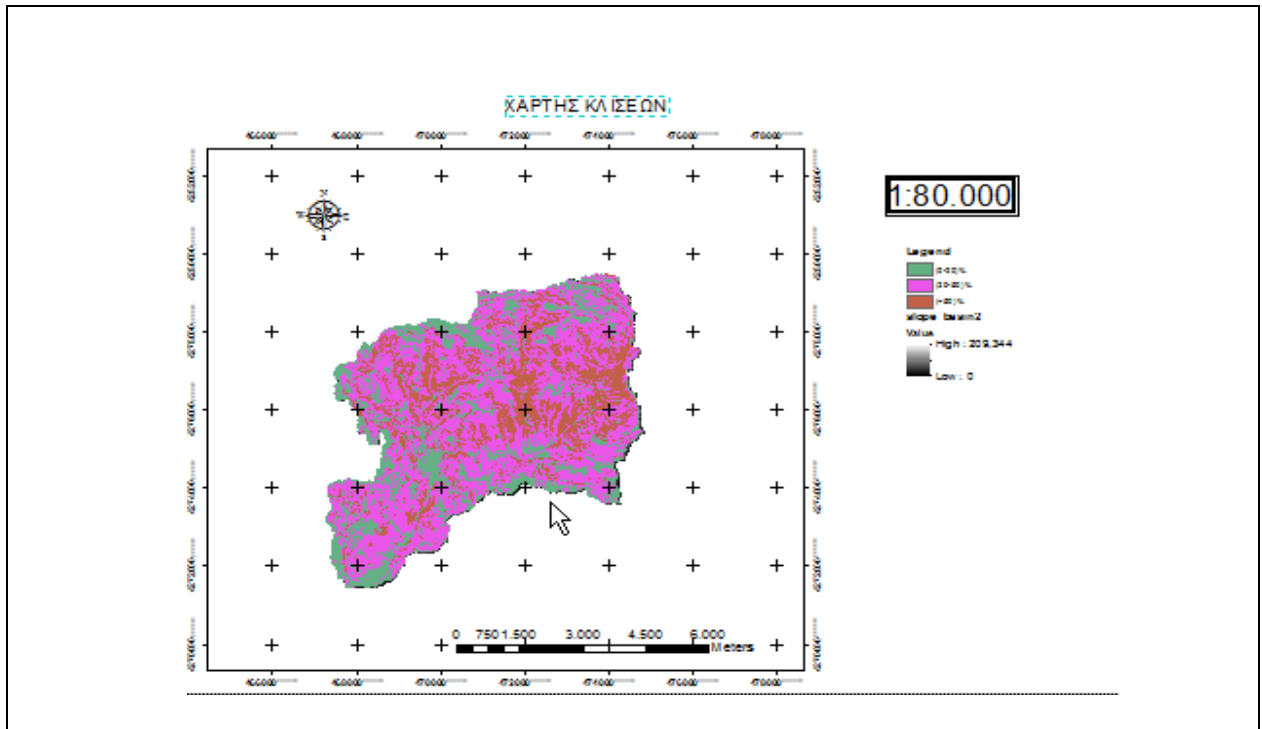
Χάρτης 16. Χάρτης Ευπάθειας

3.4.2 Δημιουργία χάρτη Κλίσεων

Δημιουργούμε χάρτη κλίσεων (slope) και με Reclassify δημιουργούμε τρεις κατηγορίες:

1. Κλίση: (0-20)%

2. Κλίση: (20-50)%
3. Κλίση: > 50%



Χάρτης 17. Χάρτης Κλίσεων

3.5 Επιλογή τελικών επιφανειών

Προκύπτει από τον συνδυασμό του χάρτη ευπάθειας με τον χάρτη κλίσεων στα όρια της μελέτης με την εξής μεθοδολογία.

Όσο περισσότερο ευπαθές σε επιφανειακή απορροή υδάτων, και όσο μεγαλύτερη κλίση έχει ένα έδαφος, τότε αυτό να προηγείται ιεραρχικά στην κατασκευή κορμοδεμάτων στη καείσα επιφάνειά του αλλά και κορμοφραγμάτων εντός των ρεμάτων που το διασχίζουν. Από το συνδυασμό αυτό των χαρτών προέκυψε μια εννεαβάθμια ταξινόμηση της περιοχής μελέτης ως προς την ευπάθεια και τις κλίσεις για την κατασκευή αντιπλημμυρικών έργων.

Χαμηλή ευπάθεια και κλίσεις <20%
Χαμηλή ευπάθεια και κλίσεις από 20 έως50%
Χαμηλή ευπάθεια και κλίσεις >50%
Μέση ευπάθεια και κλίσεις <20%
Μέση ευπάθεια και κλίσεις από 20 έως50%
Μέση ευπάθεια και κλίσεις >50%
Υψηλή ευπάθεια και κλίσεις <20%
Υψηλή ευπάθεια και κλίσεις από 20 έως50%
Υψηλή ευπάθεια και κλίσεις >50%

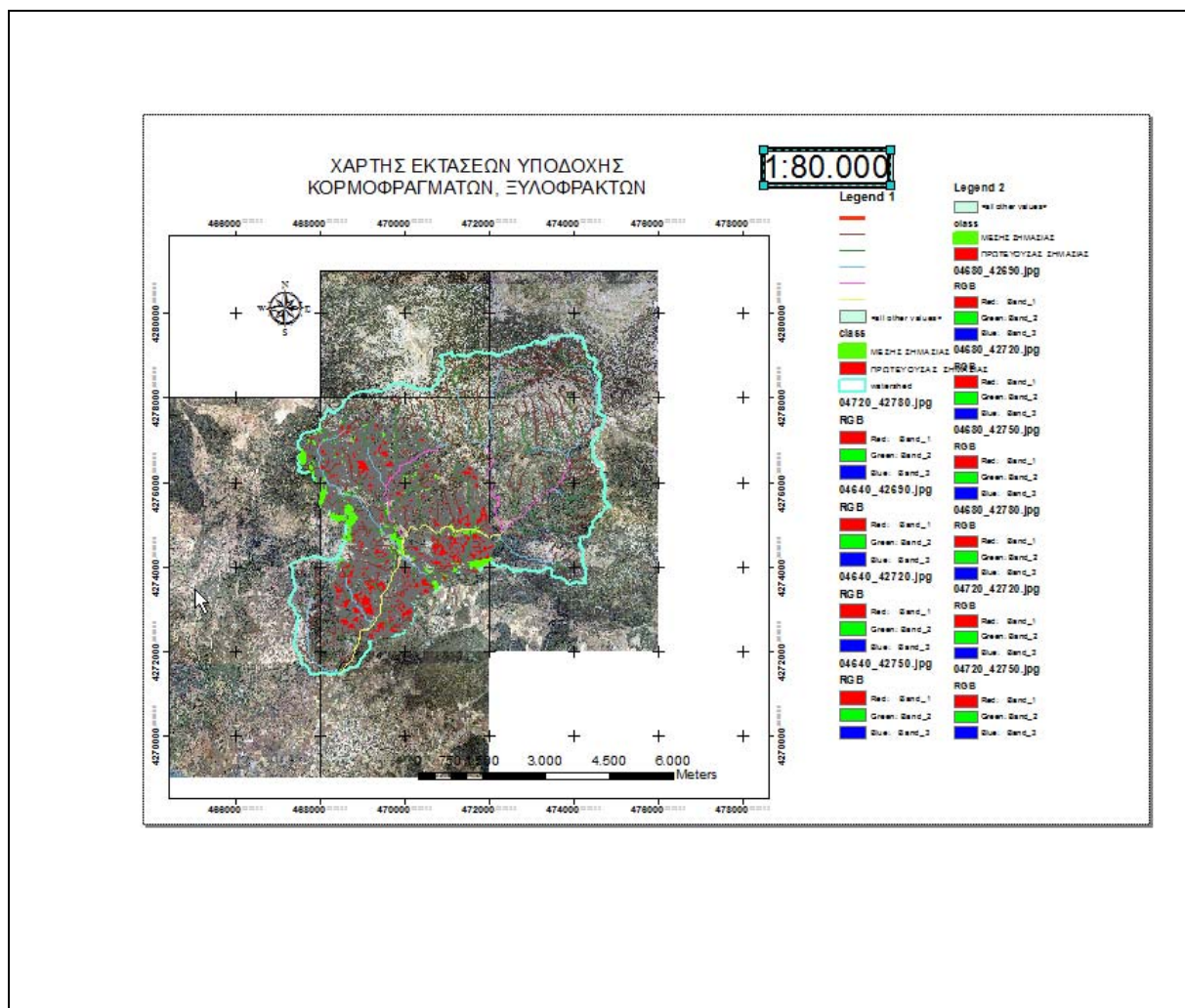
Και δημιουργήθηκε ο κάτωθι πίνακας (Πίνακας, 16)

Πίνακας 16. Συνδυασμός Κλίσης Εδάφους – Κατηγορίες ευπάθειας

Κλίσεις Εδάφους	Κατηγορίες Ευπάθειας		
	Χαμηλή (1)	Μέση (2)	Υψηλή (1)
<20 %	1	2	2
(20-50)%	2	2	2
>50%	Απορρίφθηκε	Απορρίφθηκε	Απορρίφθηκε

και προέκυψε ο χάρτης των τελικών επιφανειών που θα υποδεχθεί το έργο αναδεικνύοντας διαβαθμισμένες περιοχές (ανάλογα με τη χρηματοδότηση ή το κατεπείγον των εργασιών) μέσης και πρωτεύουσας σημασίας. (Χάρτης, 18).

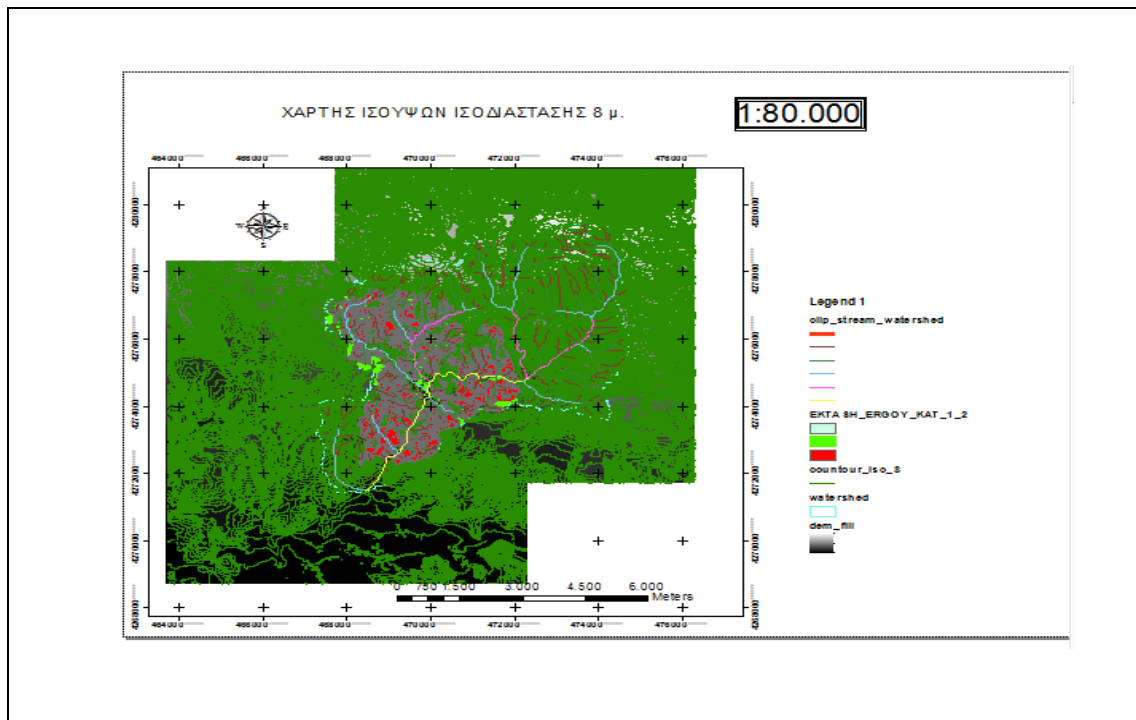
Το τελικό εμβαδόν των εκτάσεων υποδοχής έργων είναι 7.761.993,26 τ.μ. ή 7.762 στρ.



Χάρτης 18. Χάρτης έκτασης υποδοχής έργων.

3.6 Δημιουργία ισοϋψών επιλογή ισοδιάστασης

Για τη δημιουργία ισοϋψών (contours) θα πρέπει να γίνει επιλογή της ισοδιάστασης δεδομένου ότι η γραμμική χωροθέτηση των κορμοδεμάτων ή των ξυλοφρακτών θα ακολουθήσει την ισοϋψή Έχοντας υπόψη τις αντίστοιχες προδιαγραφές επιλέχθηκε η κατασκευή αυτών να γίνει ανά υψομετρική διαφορά 8 μ. (Η προδιαγραφή αναφέρει από 20%-50% απόσταση 8μ.). Φυσικά με την προτεινόμενη προσέγγιση υπάρχει σαφής κατασκευαστική κατεύθυνση τόσο στο στάδιο της μελέτης, όσο και στην εκτέλεση της εργασίας δεδομένου ότι η ανωτέρω προσέγγιση της προδιαγραφής κρίνεται λίαν επιεικώς αυθαίρετη.



Χάρτης 19. Χάρτης ισοΨών.

3.7 Θέσεις κατασκευής, αριθμός κορμοφραγμάτων

Δίνουμε τη πληροφορία της κλίσης σε όλα τα ρέματα και στα όρια του έργου. Τρέχουμε το εργαλείο Intersect μεταξύ των αρχείων των κλίσεων και των ρεμάτων στα όρια του έργου και υπολογίζουμε το μήκος των ρεμάτων στα όρια της μελέτης και ανά κατηγορία κλίσεων. Ο αριθμός κορμοφραγμάτων ανά κατηγορία κλίσης και μήκος είναι εμπειρικός και μπορεί να μεταβληθεί.

α/α	Κλίσεις	Μέση Απόσταση κορμοφραγμάτων (μέτρα)	Μήκος ρέματος (μέτρα)	Πλήθος φραγμάτων
1	κλίση <20%	20	Γ	Γ/20
2	κλίση από 21 έως 50%	10	Δ	Ψ/10
Σύνολο			Γ+Δ	

Μήκος Ρεμάτων σε κλίσεις (<20%): 17643,07

Μήκος Ρεμάτων σε μέτριες: (20-50)%: 17230,98

3.8 Εκτίμηση κινδύνου Πλημμύρας

3.8.1 Υπολογισμός Παροχής

3.8.1.1 Υπολογισμός όμβριας καμπύλης

Στα Σχέδια διαχείρισης πλημμύρας και στον υπολογισμό ομβρίων καμπυλών δίνονται οι τελικές τιμές παραμέτρων σημειακών όμβριων καμπυλών στις θέσεις των Βροχομετρικών Σταθμών του υδατικού διαμερίσματος Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας.(Πίνακας, 17).

Πίνακας 17. Τελικές τιμές παραμέτρων σημειακών όμβριων καμπυλών στις θέσεις των βροχομετρικών σταθμών του Υδατικού Διαμερίσματος Στ. Ελλάδας (Πηγή: ΥΠΕΝ)

A/A	ΣΤΑΘΜΟΣ	Ζώνη	θ	η	κ	λ	ψ	ψ'	λ'
1	ΝΕΟΧΩΡΙ	III	0,12	0,622	0,125	4,99	4,80	0,40	146,2
2	ΠΙΤΣΙΩΤΑ	III	0,12	0,622	0,125	3,52	5,06	0,36	103,1
3	ΚΑΛΛΙΘΕΑ	II	0,12	0,622	0,097	4,27	3,77	0,63	161,2
4	ΛΑΜΙΑ	III	0,12	0,622	0,125	8,44	1,71	0,78	247,3
5	ΤΑΝΑΓΡΑ	II	0,12	0,622	0,097	7,68	2,18	0,78	290,0
6	ΚΑΤΩ ΜΑΜΟΥΛΑ	II	0,12	0,622	0,097	5,32	2,93	0,71	200,9
7	ΑΚΡΕΣ	II	0,12	0,622	0,097	7,20	2,14	0,79	271,9
8	ΑΧΙΝΟΣ	III	0,12	0,622	0,125	5,73	2,48	0,69	167,9
9	ΘΕΟΛΟΓΟΣ	II	0,12	0,622	0,097	6,11	3,07	0,70	230,7
10	ΚΑΣΤΑΝΙΩΤΙΣΣΑ	II	0,12	0,622	0,097	8,74	2,23	0,78	330,0
11	ΜΑΚΡΥΚΑΠΑ	II	0,12	0,622	0,097	10,6	3,51	0,66	402,6
12	ΜΗΛΙΕΣ	II	0,12	0,622	0,097	9,34	3,60	0,65	352,7
13	ΣΗΜΙΑ	II	0,12	0,622	0,097	9,90	2,48	0,75	373,9
14	ΑΓΙΑ ΤΡΙΑΔΑ	III	0,12	0,622	0,125	7,33	2,94	0,63	214,8
15	ΑΛΜΥΡΟΠΟΤΑΜΟ	I	0,12	0,622	0,07	6,07	3,40	0,76	317,6
16	ΑΜΦΙΣΣΑ	I	0,12	0,622	0,07	4,60	3,64	0,74	240,7

Η τελική έκφραση των όμβριων καμπυλών(ΟΜΒΡΙΕΣ ΚΑΜΠΥΛΕΣ, ΥΠΕΝ) για το σύνολο παραμέτρων του Πίνακα 17, και για το βροχομετρικό σταθμό περιοχής μελέτης (Μακρυκάπα) δίνεται από το τύπο:

$$i(d, T) = \frac{402,60(T^{0,097} - 0.660)}{(1 + d/0,124)^{0,622}}$$

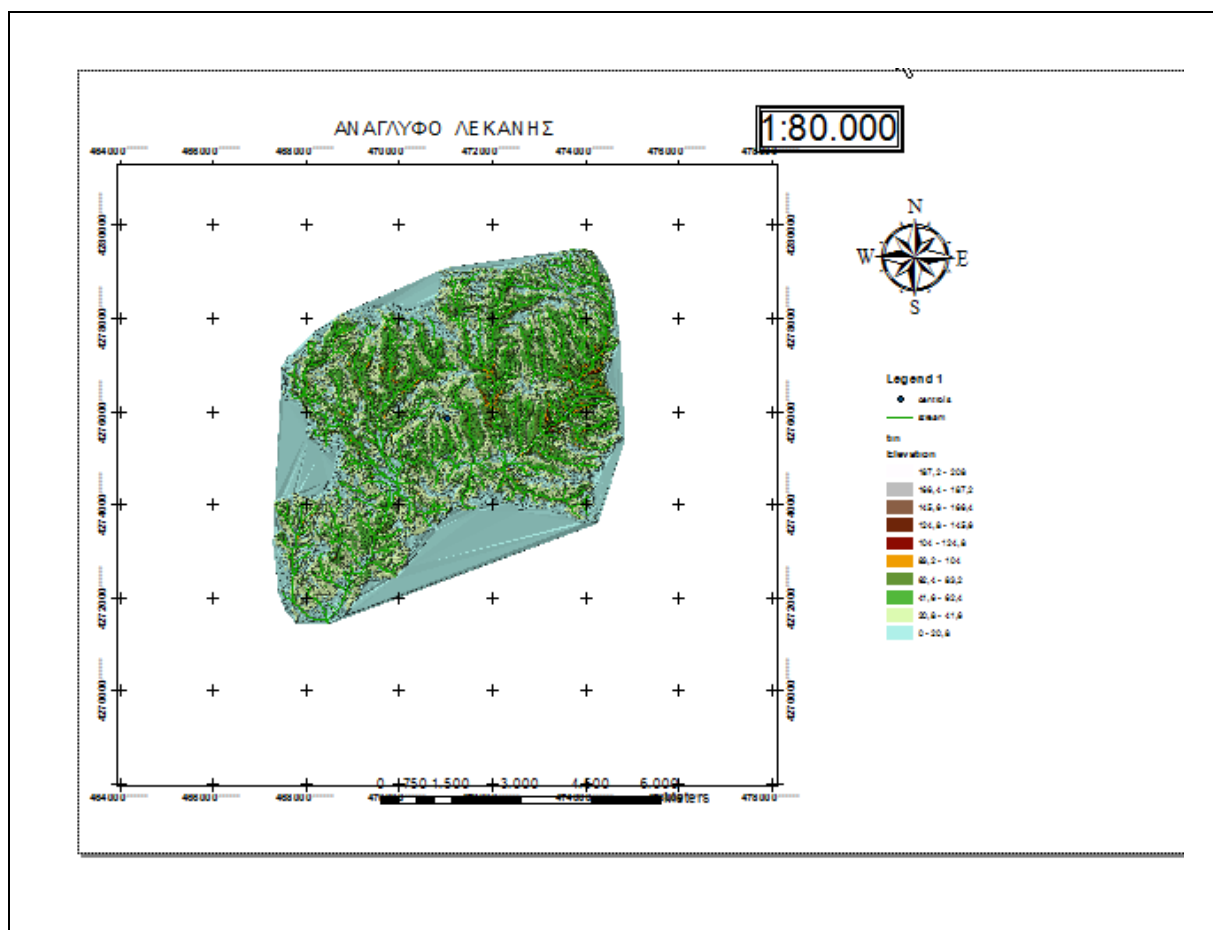
Όπου: **i** η ένταση της βροχόπτωσης σε mm/h

d η διάρκεια της βροχής σε h

T η περίοδος επαναφοράς σε έτη

3.8.1.2 Υπολογισμός στοιχείων λεκάνης απορροής

Σε περιβάλλον Arcmap και από την ρουτίνα Data Management Tools->Features->Feature to point, υπολογίστηκε και το κέντρο βάρους της λεκάνης απορροής σε υπόβαθρο χάρτη κλίσεων - slope αποκομμένο στα όρια της υπό εξέτασης υδρογραφικής λεκάνης.(Χάρτης, 20).



Χάρτης 20. Δημιουργία ανάγλυφου λεκάνης (αρχείο TIN).

Στοιχεία: Zmin: 39

Zmax:1087

Αnslope: 32.7856 (μέση κλίση λεκάνης)

Ενώ από την ρουτίνα, γρηγορότερα, Spatial Analyst Tools->Zonal->Zonal Statistics as table παίρνω τον παρακάτω πίνακα: (Πίνακας, 18).

Πίνακας 18. Στατιστικά στοιχεία Λεκάνης απορροής

Rowid	HYDROID	AREA	M IN	M AX	ME AN	STD	MAJORITY	MINORITY	MEDIAN
1	617	37563280	39	1087	448,288	243,4125	268	39	412

3.8.1.3 Υπολογισμός χρόνου συγκέντρωσης (t_c) με τη μέθοδο του Giandotti

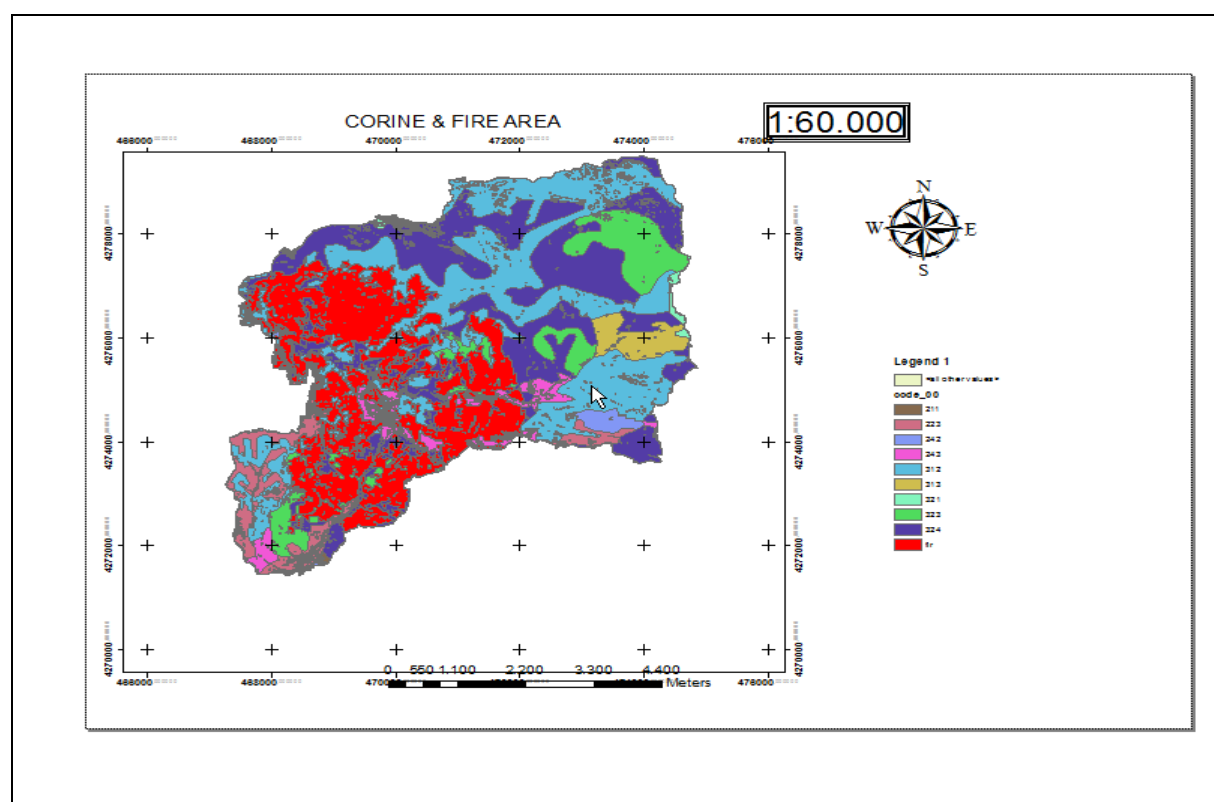
Ο Υπολογισμός χρόνου συγκέντρωσης (t_c) δίνεται από τον παρακάτω πίνακα υπολογισμένο σε περιβάλλον excel (Πίνακας, 19).

Πίνακας 19. Υπολογισμός χρόνου συρροής (Giandotti)

ΟΜΒΡΙΑ ΚΑΜΠΥΛΗ	Μέγιστο μήκος μισγάγκειας L [m]	Μέγιστο μήκος μισγάγκειας L [Km]	Υψόμετρο στην έξοδο της [m]	Μέσο υψόμετρο λεκάνης [m]	ΔΗ [m]	Εμβαδόν S_A [m ²]	Εμβα δόν S_A [Km ²]	Giand otti (Χρόνος συρροής t_c)
Σταθμού Μαρκυκάπας	12860	12,860	39	448,2881	409,2 9	3756328 0	37,56	2,71

3.8.1.4 Υπολογισμός συντελεστή απορροής

Σε περιβάλλον Arcmap εισήχθησαν στα όρια της λεκάνης corine διάγραμμα τελικής επιφάνειας πυρκαγιάς (Χάρτης, 21) και έγινε reclassify στο slope αρχείο σύμφωνα με την κατηγοριοποίηση (Πίνακας, 20) του επισυναπτόμενου πίνακα. (Chow et al., 1988).



Χάρτης 21. Υπέρθυση καμένης έκτασης σε χρήσεις γης corine.

Πίνακας 20. Διακύμανση του συντελεστή απορροής (Πηγή: Chow, V.T., Maidment, D.R., Mays, L.W. 1988)

Είδος επιφάνειας	Περίοδος επαναφοράς T (έτη)						
	2	5	10	25	50	100	500
Αστική-Ανεπτυγμένη							
Ασφαλτος (Δρόμοι)	0.73	0.77	0.81	0.86	0.90	0.95	1.00
Σκυρόδεμα/Στέγες	0.75	0.80	0.83	0.88	0.92	0.97	1.00
Ακάλυπτοι χώροι							
Μικρή φυτοκάλυψη (σε λιγότερο από το 50% της έκτασης)							
Επίπεδοι με κλίση 0-2%	0.32	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.58
Μέτρια κλίση 2-7%	0.37	0.40	0.43	0.46	0.49	0.53	0.61
Εντονη κλίση >7%	0.40	0.43	0.45	0.49	0.52	0.55	0.62
Μέτρια φυτοκάλυψη (50-75% της έκτασης)							
Επίπεδοι με κλίση 0-2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Μέτρια κλίση 2-7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Εντονη κλίση >7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
Μεγάλη φυτοκάλυψη (περισσότερο από το 75% της έκτασης)							
Επίπεδοι με κλίση 0-2%	0.21	0.23	0.25	0.29	0.32	0.36	0.49
Μέτρια κλίση 2-7%	0.29	0.32	0.35	0.39	0.42	0.46	0.56
Εντονη κλίση >7%	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.51	0.58
Αγροτική καλλιεργημένη							
Επίπεδοι με κλίση 0-2%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.57
Μέτρια κλίση 2-7%	0.35	0.38	0.41	0.44	0.48	0.51	0.60
Εντονη κλίση >7%	0.39	0.42	0.44	0.48	0.51	0.54	0.61
Βοσκοτόπια/ Χέρσα έκταση							
Επίπεδοι με κλίση 0-2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Μέτρια κλίση 2-7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Εντονη κλίση >7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
Δάση							
Επίπεδοι με κλίση 0-2%	0.22	0.25	0.28	0.31	0.35	0.39	0.48
Μέτρια κλίση 2-7%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.56
Εντονη κλίση >7%	0.35	0.39	0.41	0.45	0.48	0.52	0.58

κατά την εφαρμογή του οποίου προέκυψαν οι κάτωθι πίνακες (Πίνακες 21, 22 και 23).

Πίνακας 21. Κατανομή εκτάσεων corine ανά κλάση κλίσεως και ποσοστού βαρύτητας

A/ A	CORINE- CODE	ΕΠΕΞΗΓΗΣΗ CODE CORINE	SLOPE			TOTAL AREA	% BASE AREA
			(0-2)%	(2-7)%	>7%		
						37.563.274,98	
1	211	Αρόσιμη γη μη αρδευόμενη	9.607,88	6.797,99	34.586,91	50.992,78	0,14
2	223	Ελαιώνες	95.344,17	84.426,67	1.698.486,62	1.878.257,46	5,00
3	242	Σύνθετα συστήματα Καλλιέργειας	12.359,86	4.127,43	345.075,15	361.562,44	0,96
4	243	Ετερογενείς γεωργικές περιοχές (γεωργικές εκτάσεις και φυσική βλάστηση)	80.247,92	52.871,25	1.080.084,89	1.213.204,06	3,23
5	312	Δάσος Κωνοφόρων	210.923,77	127.883,26	10.079.383,45	10.418.190,48	27,74
6	313	Μικτό Δάσος	7.855,37	3.227,53	840.603,85	851.686,75	2,27
7	321	Φυσικοί Βοσκότοποι	19.104,68	13.294,79	161.966,26	194.365,73	0,52
8	323	Σκληροφυλλική βλάστηση	17.961,07	13.531,02	2.898.064,76	2.929.556,85	7,80
9	324	Μεταβατικές δασώδεις - θαμνώδεις εκτάσεις	192.167,03	111.526,76	9.487.412,92	9.791.106,71	26,07
10	fire	Πυρκαγιά	118.578,19	92.863,28	9.662.910,25	9.874.351,72	26,29
			764.149,94	510.549,98	36.288.575,06		100,00

και ο συντελεστής απορροής βρέθηκε 0,34 (Πίνακας, 22).

Πίνακας 22. Υπολογισμός συντελεστή απορροής

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ ΤΟΥ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ C ΓΙΑ ΔΙΑΦΟΡΑ ΕΙΔΗ ΑΔΑΦΩΝ									ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ				
2	Είδος επιφάνειας	Περίοδος επαναφοράς T (έτη)							TOTAL AREA:	37563725	% BASIN AREA	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΒΑΡΟΥΣ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ C	
3		2	5	10	25	50	100	500				0,34		
4	Αστική - Ανεπτυγμένη													
5	Ασφαλτος (Δρόμοι)	0,73	0,77	0,81	0,86	0,90	0,95	1,00						
6	Σκυρόδεμα / Στέγες	0,75	0,80	0,83	0,88	0,92	0,97	1,00						
7	Ακάλυπτοι χώροι													
8	Μικρή φυτοκάλυψη (σε λιγότερο από το 50% της έκτασης)													
9	Επίπεδοι με κλίση 0 - 2 %	0,32	0,34	0,37	0,40	0,44	0,47	0,58						
10	Μέτρια κλίση 2 - 7 %	0,37	0,40	0,43	0,46	0,49	0,53	0,61						
11	Εντονη κλίση > 7%	0,40	0,43	0,45	0,49	0,52	0,55	0,62						
12	Μέτρια φυτοκάλυψη (50 - 75 % της έκτασης)													
13	Επίπεδοι με κλίση 0 - 2 %	0,25	0,28	0,30	0,34	0,37	0,41	0,53						
14	Μέτρια κλίση 2 - 7 %	0,33	0,36	0,38	0,42	0,45	0,49	0,58						
15	Εντονη κλίση > 7%	0,37	0,40	0,42	0,46	0,49	0,53	0,60						
16	Μεγάλη φυτοκάλυψη (> 75 % της έκτασης)													
17	Επίπεδοι με κλίση 0 - 2 %	0,21	0,23	0,25	0,29	0,32	0,36	0,49						
18	Μέτρια κλίση 2 - 7 %	0,29	0,32	0,35	0,39	0,42	0,46	0,56						
19	Εντονη κλίση > 7%	0,34	0,37	0,40	0,44	0,47	0,51	0,58						
20	Αγροτική καλλιεργημένη													
21	Επίπεδοι με κλίση 0 - 2 %	0,31	0,34	0,36	0,40	0,43	0,47	0,57	197.559,83	9,33	0,5259	0,0023		
22	Μέτρια κλίση 2 - 7 %	0,35	0,38	0,41	0,44	0,48	0,51	0,60	148.223,34		0,3946	0,0019		
23	Εντονη κλίση > 7%	0,39	0,42	0,44	0,48	0,51	0,54	0,61	3.158.233,57		8,4077	0,0429		
24	Βοσκοτόπια/Χέρσα έκταση													
25	Επίπεδοι με κλίση 0 - 2 %	0,25	0,28	0,30	0,34	0,37	0,41	0,53	347.810,97	60,67	0,9259	0,0034		
26	Μέτρια κλίση 2 - 7 %	0,33	0,36	0,38	0,42	0,45	0,49	0,58	231.215,85		0,6155	0,0028		
27	Εντονη κλίση > 7%	0,37	0,40	0,42	0,46	0,49	0,53	0,60	22.210.354,19		59,1271	0,2897		
28	Δάση													
29	Επίπεδοι με κλίση 0 - 2 %	0,22	0,25	0,28	0,31	0,35	0,39	0,48	218.779,14	30,00	0,5824	0,0020		
30	Μέτρια κλίση 2 - 7 %	0,31	0,34	0,36	0,40	0,43	0,47	0,56	131.110,79		0,3490	0,0015		
31	Εντονη κλίση > 7%	0,35	0,39	0,41	0,45	0,48	0,52	0,58	10.919.987,30		29,0706	0,1395		

Επομένως με βάση τα ανωτέρω προκύπτοντα στοιχεία και αποτελέσματα η παροχή βρέθηκε Q (σχεδιασμού):163,47 m³/sec. (Πίνακας, 23).

Πίνακας 23. Υπολογισμός παροχής υδρογραφικής λεκάνης

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	ΟΜΒΡΙΑ ΚΑΜΠΥΛΗ	Μέγιστο μήκος μισογάνκειας L [m]	Μέγιστο μήκος μισογάνκειας L [Km]	Υψόμετρο στην έξοδο της [m]	Μέσο υψόμετρο λεκάνης [m]	ΔH [m]	Εμβαδόν S _Δ [m ²]	Εμβαδόν S _Δ [Km ²]	Giandotti (Χρόνος συρροής tc)	Ένταση βροχόπτωσης I(d.t) [mm/h]	Συντελεστής επιφανειακής απορροής C _m	Q σχεδιασμο [m ³ /sec]
2	Σταθμός Μαρκετάς	12860	12,860	39	448,2881	409,29	37563280	37,56	2,71	46,08	0,34	163,47
3												

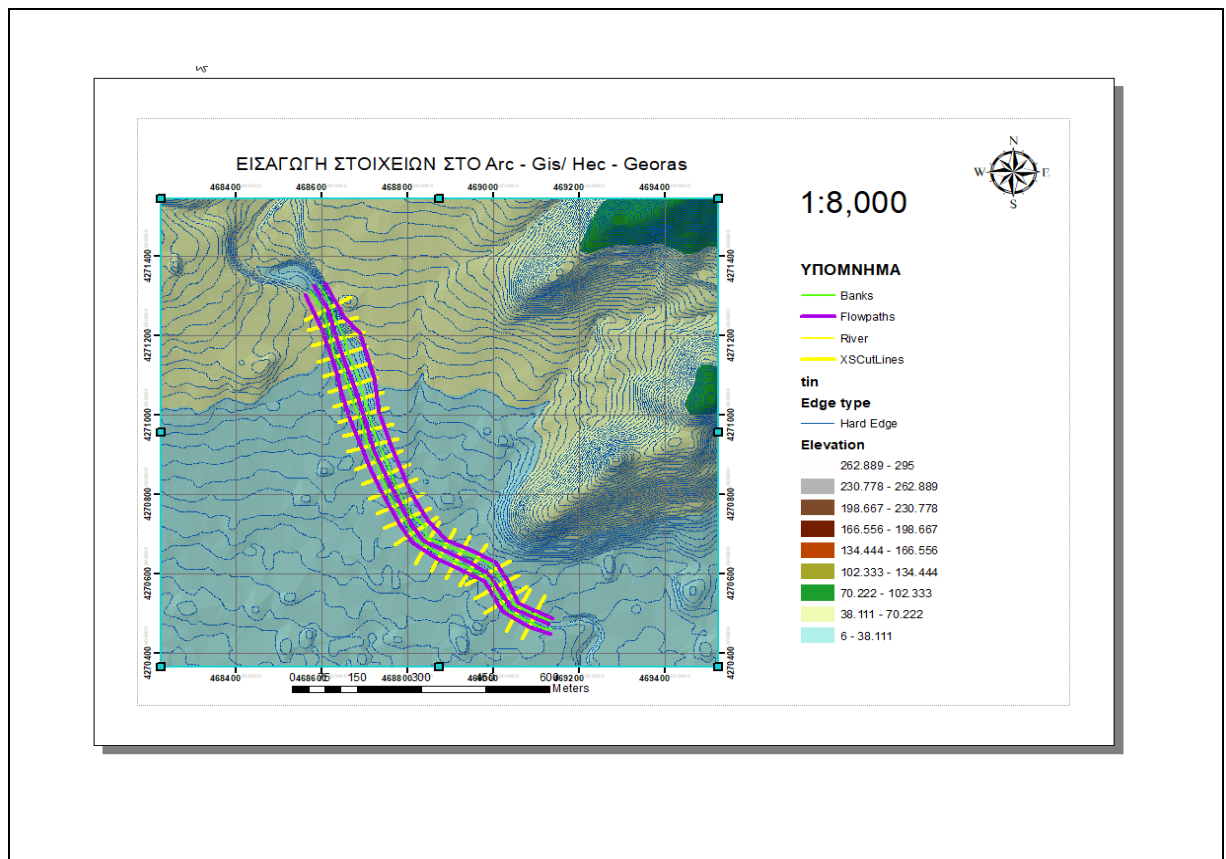
3.8.2 Προσομείωση πλημμύρας στη πεδινή κοίτη (Λογισμικά ArcGis, Hec – GeoRas, Hec – Ras)

Η παραπάνω επεξεργασία προϋποθέτει:

- ΨΥΜΕ περιοχής ενδιαφέροντος και δημιουργία ισοϋψών με τη ρουτίνα ArcToolbox->3D Analyst Tools->Raster Surface->Contour. Η ισοδιάσταση προτείνεται 1 μ. (εξαρτάται από τα πλεγματικά δεδομένα) και πραγματοποιείτε με την εγγραφή του 1 στην επιλογή Contour interval στο πλαίσιο διαλόγου παραγωγής ισοψών.
- Η ομαλοποίηση των προκυπτουσών γραμμών γίνεται από τη διαδικασία ArcToolbox->Cartography Tools->Generalization->Smooth Line και χρειάζεται μία διαδικασία δοκιμών επιλογής του 'Smoothing Tolerance' (επιλέχθηκε 20).
- Παραγωγή tin μέσω της ρουτίνας ArcToolbox->3D Analyst Tools->Data Management->Tin->Create Tin. Αν και η διαδικασία μπορεί να λειτουργήσει και χωρίς δημιουργία Tin αυτή ενδείκνυται για τη διευκόλυνση της χάραξης οριογραμμών (Flow Path Centerline, Bank Lines και χάραξη διατομών μελέτης σε διαδικασία χειρονακτικής εισαγωγής).

3.8.2.1 Εισαγωγή στοιχείων στο ArcGis

Σε υπόβαθρο του δημιουργημένο tin και ισοϋψών χαράχθηκε η κεντρική κοίτη του ποταμού και κατόπιν οι εκατέρωθεν διαδρομές ροής. Κόπηκαν διατομές με τη διαδικασία Construct XS Cut lines και δημιουργήθηκε ο κάτωθι θεματικός χάρτης (Χάρτης, 22).



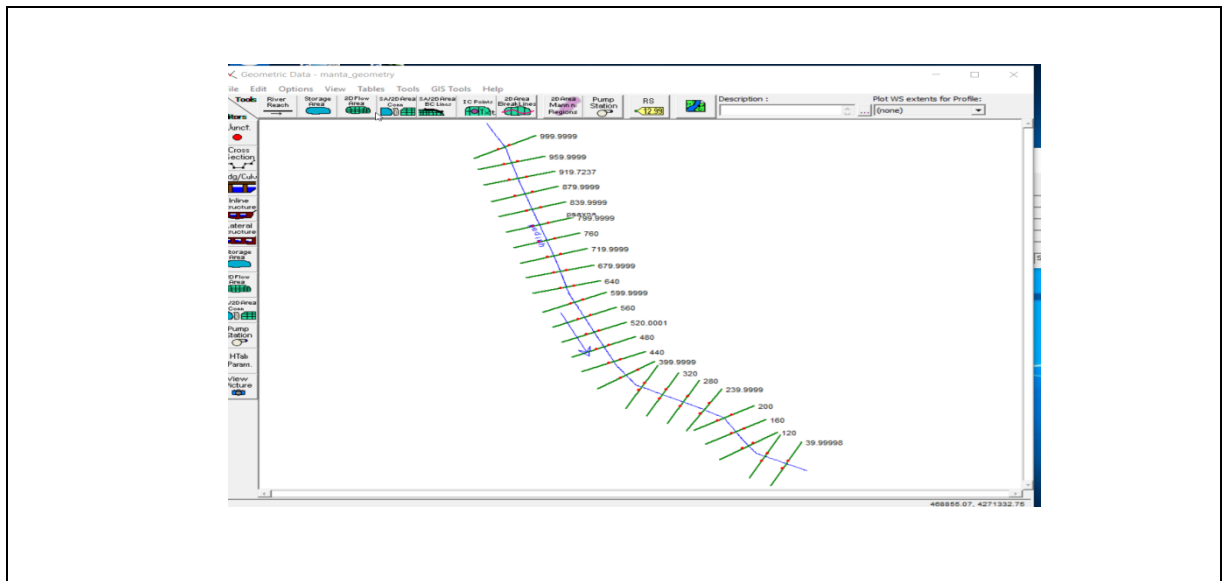
Χάρτης 22. Χωροθέτηση χειμάρρου πεδινής κοίτης για την εκτίμηση κινδύνου πλημμύρας

3.8.2.2 Εισαγωγή στοιχείων στο Hec - Ras

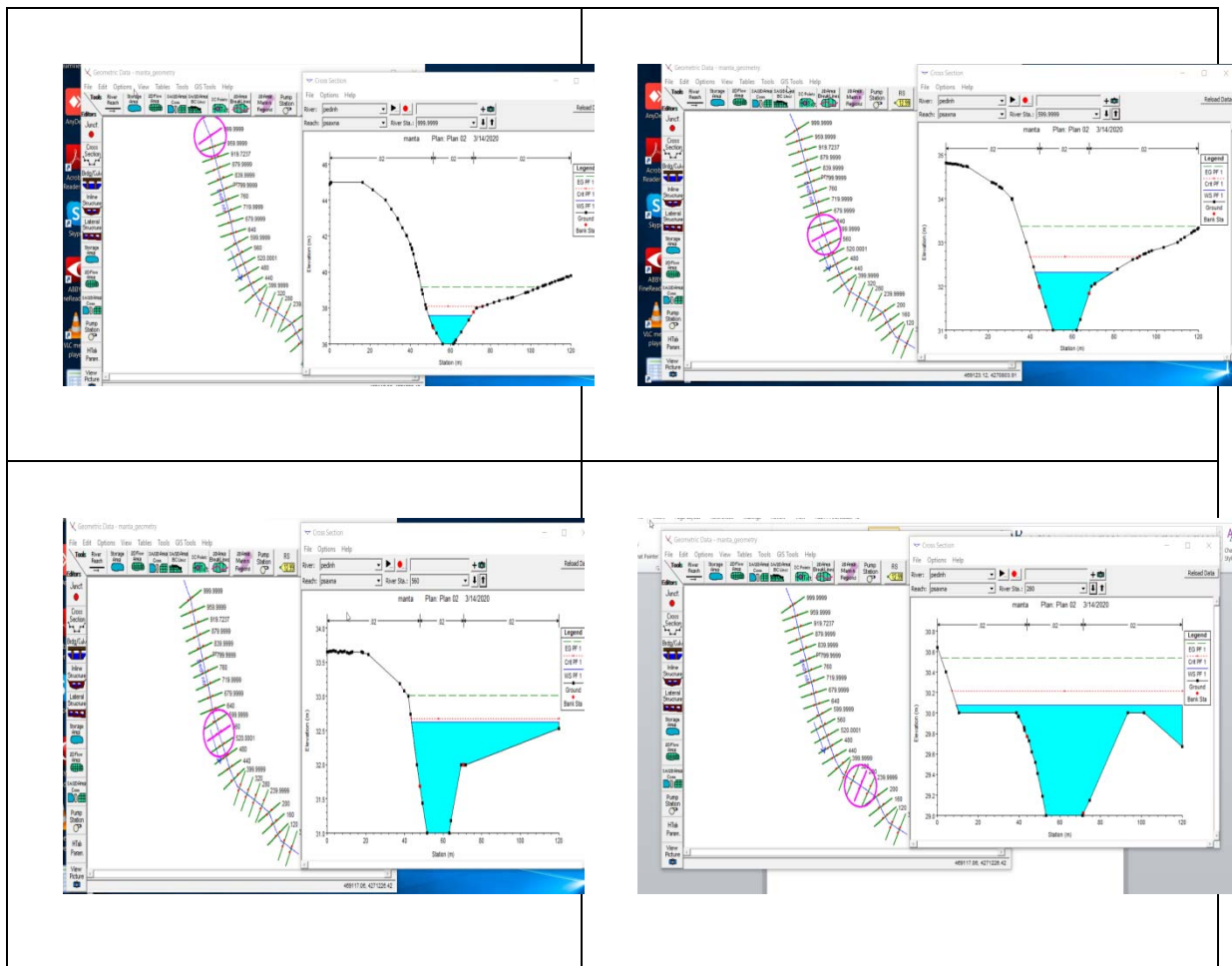
Από τη διαδικασία RAS Geometry -> Export RAS Data δημιουργείτε ένα *.sdf το οποίο θα εισαχθεί στο λογισμικό HEC - RAS από τη διαδικασία Geometry -> Import geometry data.

Στο λογισμικό Hec - Ras καταχωρούνται τα στοιχεία που αφορούν παροχή, συντελεστή Manning, κλίση ροής και επιλύονται (Εικόνες 35 και 36).

Ο συντελεστής Manning προκύπτει από τον πίνακα 12, η παροχή βρέθηκε 163,47 m³/sec και η κλίση ροής προκύπτει από την υψομετρική διαφορά προς το εφαρμοσμένο μήκος ροής.



Εικόνα 35. Διάγραμμα ροής και διατομές ελέγχου



Εικόνα 36. Χαρακτηριστικές διατομές από την επίλυση

3.8.2.3 Εισαγωγή αποτελεσμάτων στο ArcGis

Από το RAS Mapping → Layer Setup, επιλέγεται το αρχείο με επέκταση .xml όπως και η ονομασία του Data Frame που θα δημιουργηθεί, καθώς και το ψηφιακό μοντέλο σε μορφή TIN ή Grid.

Εισάγετε το δημιουργημένο αρχείο (export Gis Data) το οποίο συνδέεται από το ArcGis στο Ras Mapping->Import Ras Data και ολοκληρώνεται η σύνδεση.

Από RAS Mapping ->Inundation Mapping μπορεί να δημιουργηθεί Ψηφιακό Μοντέλο με την εν δυνάμει πλημμυρική περιοχή, το βάθος του νερού και από το RAS Mapping → Velocity Mapping μπορεί να δημιουργηθεί Raster αρχείο (Grid), στο οποίο θα φαίνεται η ταχύτητα του νερού.

3.9 Διευθέτηση Χειμάρρου

3.9.1 Αποτύπωση

Η αποτύπωση έγινε με χρήση UAV PPK Solution technical Data for Georeference Photo, με τεχνικά χαρακτηριστικά Signal Tracking, GPS L1/L2, GLONASS L1/L2, BeiDou B1/B2

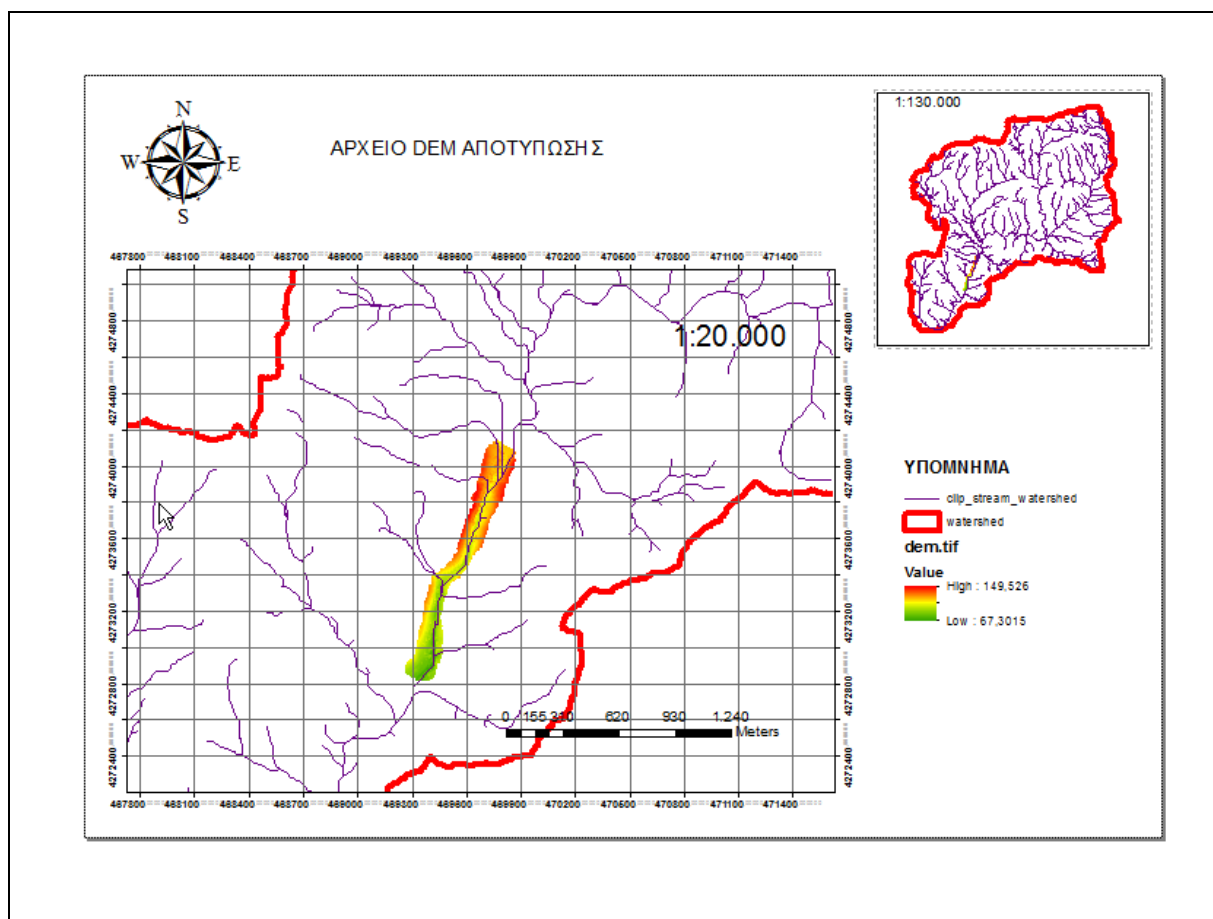
Η εξάρτηση των RGB παραγόμενων συνθέτων έγινε από με το τριγωνομετρικό δίκτυο με τη χρήση GPS GNSS δέκτης SP60 της Spectra της Trimble που προσφέρει τη μέγιστη ευελιξία επιλογών καλύπτοντας οποιαδήποτε τοπογραφική ανάγκη από post processing, μέτρηση RTK base και rover μέσω UHF ή τη μοναδική τεχνική base και rover Long Range Bluetooth έως τις εξελιγμένες RTK και RTX rover επιλογές. Διαθέτει τεχνολογία Z-Blade η οποία συνδυάζει τα σήματα που προέρχονται από διαφορετικά GNSS συστήματα (GNSS centric).

Επίσης διαθέτει τη δυνατότητα λήψης δορυφορικού σήματος L-band (AeroAntenna) για να υποστηρίξει την πρωτοποριακή συνδρομητική υπηρεσία RTX με σκοπό τη χρήση του δέκτη στις περιοχές που δεν υπάρχει καθόλου σήμα κινητής τηλεφωνίας και με τελική οριζοντιογραφική ακρίβεια 2cm!

Τα τελικά δεδομένα αξιοποιήθηκαν σε αντιπαραβολή από τον μόνιμο σταθμό αναφοράς της Χαλκίδας του δικτύου smartnet της Leica Geosystems.

Η επίλυση του φωτογραμμετρικού μπλοκ και των παραγώγων, ψηφιακό μοντέλο εδάφους Dem, point cloud και ορθοφωτομωσαϊκό, πραγματοποιήθηκαν με opensource λογισμικό.

Το ψηφιακό μοντέλο επιφανείας δημιουργήθηκε σε περιβάλλον ArcGis. (Χάρτης, 23).



Χάρτης 23. Αρχείο DEM από αποτύπωση με τη χρήση UAV

3.9.2 Υπολογισμός κλίσης αντιστάθμισης και κλίσης ισορροπίας

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΛΙΣΗΣ ΑΝΤΙΣΤΑΘΜΙΣΗΣ

Μέγιστη υδατοπαροχή $Q_{max} = 163,47 \text{ m}^3/\text{sec}$

Διαμορφούμενο πλάτος κοίτης $b = 9,0 \text{ m}$

Βάση νεπέριων αριθμών $e = 2,73$

Χαρακτηριστική διάσταση στερεών υλικών πυθμένα κοίτης

Για την μη παράσυρση υλικού καλυπτηρίου με διάμετρο $d = 0,20$ έχουμε :

$$D_m = 0,20/9,0 = 0,02222$$

Κλίση αντισταθμίσεως

$$Dm 1,16$$

$$\text{Κωτούλας } J_a = 1,18 * \frac{Dm 1,16}{(Q_{max}/b)^{0,77}} * e 0,385(G/b) = 0,040 \text{ ή } 4,00 \%$$

Η κλίση ισορροπίας (J_o) εξασφαλίζει καθαρά νερά (υδατοπαροχή χωρίς στερεομεταφορά)

Έκταση λεκάνης απορροής $F= 37.563 \text{ km}^2$

Περίμετρος λεκάνης $U= 25.912 \text{ Km}$

Υδραυλική ακτίνα $R=F/U= 1.44$

Μέση διάμετρος των μεγαλύτερων υλικών του κινητού πυθμένα $B=0,20$

Μέγιστη υδατοπαροχή $Q_{max} = 163,47 \text{ m}^3/\text{sec}$

Διαμορφούμενο πλάτος κοίτης $b = 9,0 \text{ m}$

Χαρακτηριστική διάσταση στερεών υλικών πυθμένα κοίτης

Για την μη παράσυρση υλικού καλυπτήριου με διάμετρο $d = 0,20$ έχουμε :

$$Dm = 0,20/9,0 = 0,02222$$

Κλίση ισορροπίας

$$Dm 1,16$$

$$\text{Κωτούλας } J_o = 1,18 * \frac{Dm 1,16}{(Q_{max}/b)^{0,77}} = 0,015 \text{ ή } 1,50 \%$$

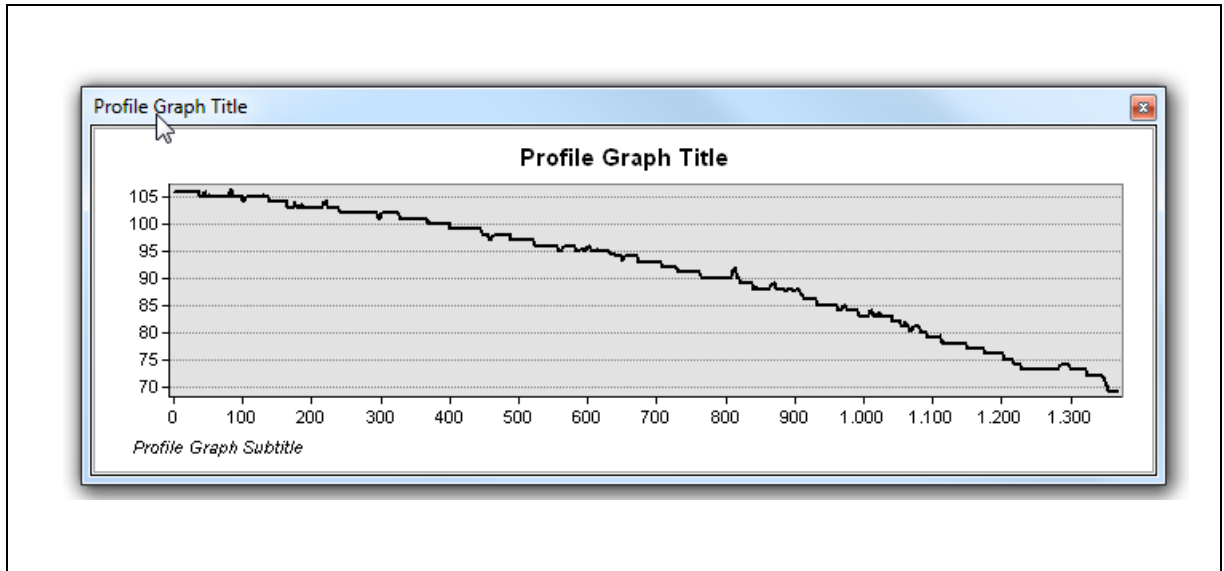
Valentini $J_o=0.093*B / R = 0,015 \text{ ή } 1,50 \%$

3.9.3 Χωροθέτηση έργων (ΦΡΑΓΜΑΤΩΝ ΒΑΡΟΥΣ)

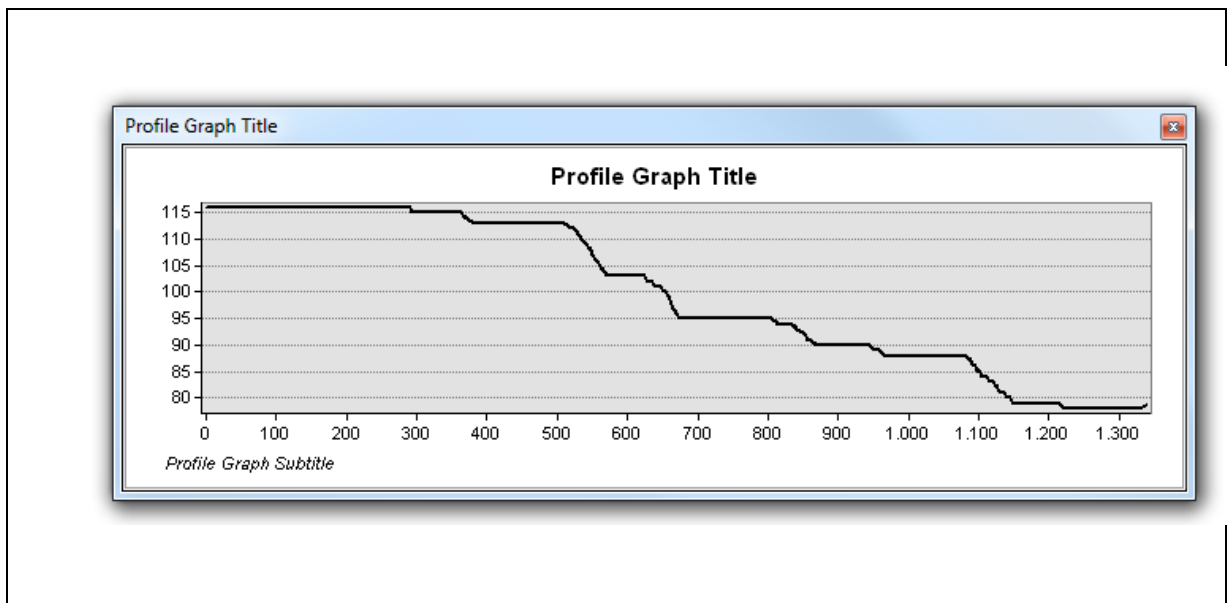
Επί της δημιουργηθείσας μηκοτομής και από τα κατάντι προς τα ανάντι εφαρμόζω κλίση 1,5% και χωροθετώ φράγματα μεαβλητού ύψους (3-5) μ. με διαδοχικά σενάρια μέχρι να επιτευχθεί η κλίση σε συνδυασμό με το ύψος φραγμάτων για λόγους οικονομικότητας κατασκευής.

Παρατήρηση:

Σε περιβάλλον ArcGis δημιουργήθηκαν μηκοτομές του συγκεκριμένου τμήματος κοίτης με δεδομένα DEM από αποτύπωση με UAV και πλεγματικά δεδομένα της ΕΚΧΑ Α.Ε. (Εικόνες, 37 &38).



Εικόνα 37. Μηκοτομή κοίτης χειμάρρου από την αποτύπωση με UAV



Εικόνα 38. Μηκοτομή κοίτης χειμάρρου από DEM ΕΚΧΑ Α.Ε.

Κεφάλαιο 4

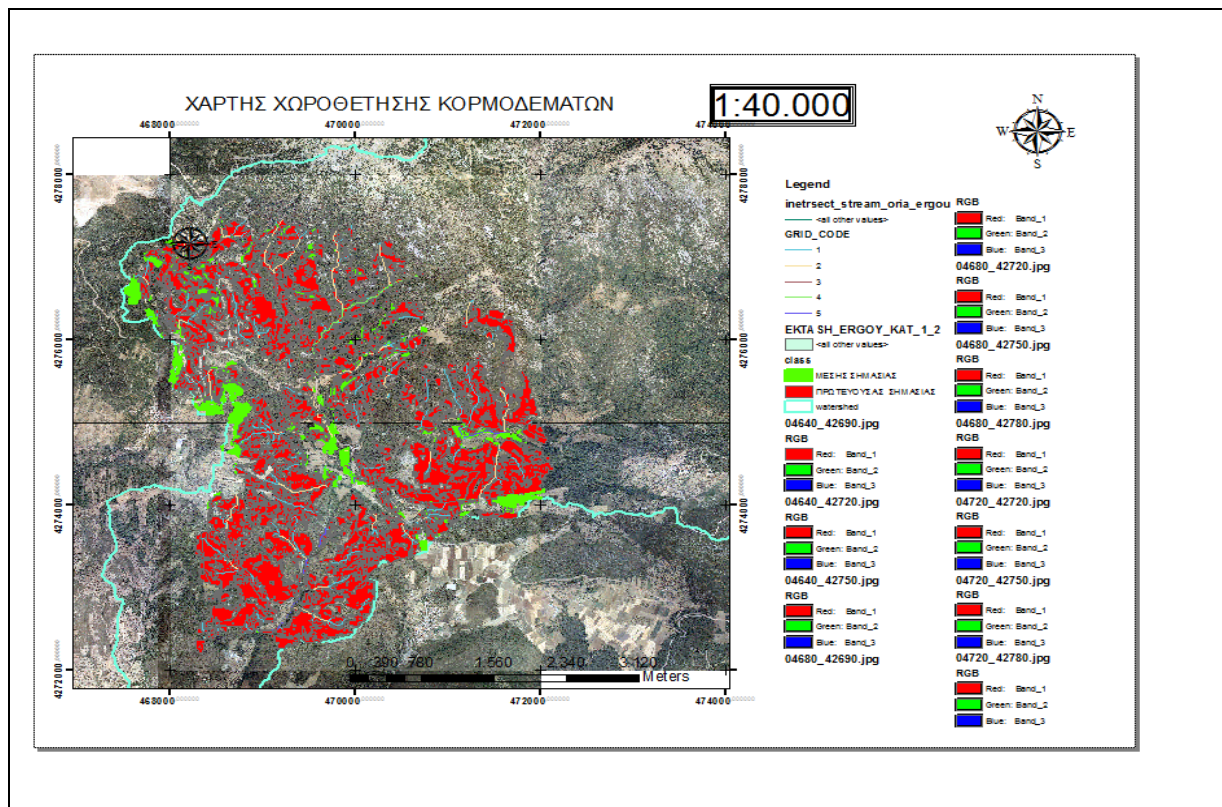
Αποτελέσματα

4.1 Υπολογισμός κορμοδεμάτων ή ξυλοφρακτών

Κατά την διαδικασία intersect των ισουψών (ανά 8 μ. παρ. 3.6) και των επιφανειών υποδοχής των έργων (διαβαθμισμένο σε δύο κατηγορίες προτεραιότητας, A: Μέτριας προτεραιότητας B:Υψηλής προτεραιότητας) θα προκύψουν οι γραμμές (polyline – ισουψείς) εντός των πολυγώνων (Χάρτης, 24) και με τη διαδικασία Calculate Geometry σε νέα στήλη θα υπολογιστεί το μήκος όλων των ισουψών ανά πολύγωνο και ανά κατηγορία προτεραιότητας και μετά την έξοδο στο excel από την πρόσθεση παίρνουμε τα αποτελέσματα:

A. Μήκος κορμοδεμάτων σε περιοχές Υψηλής Προτεραιότητας: 252825,25 μ.

B. Μήκος κορμοδεμάτων σε περιοχές Μέσης Προτεραιότητας: 44784,38 μ.



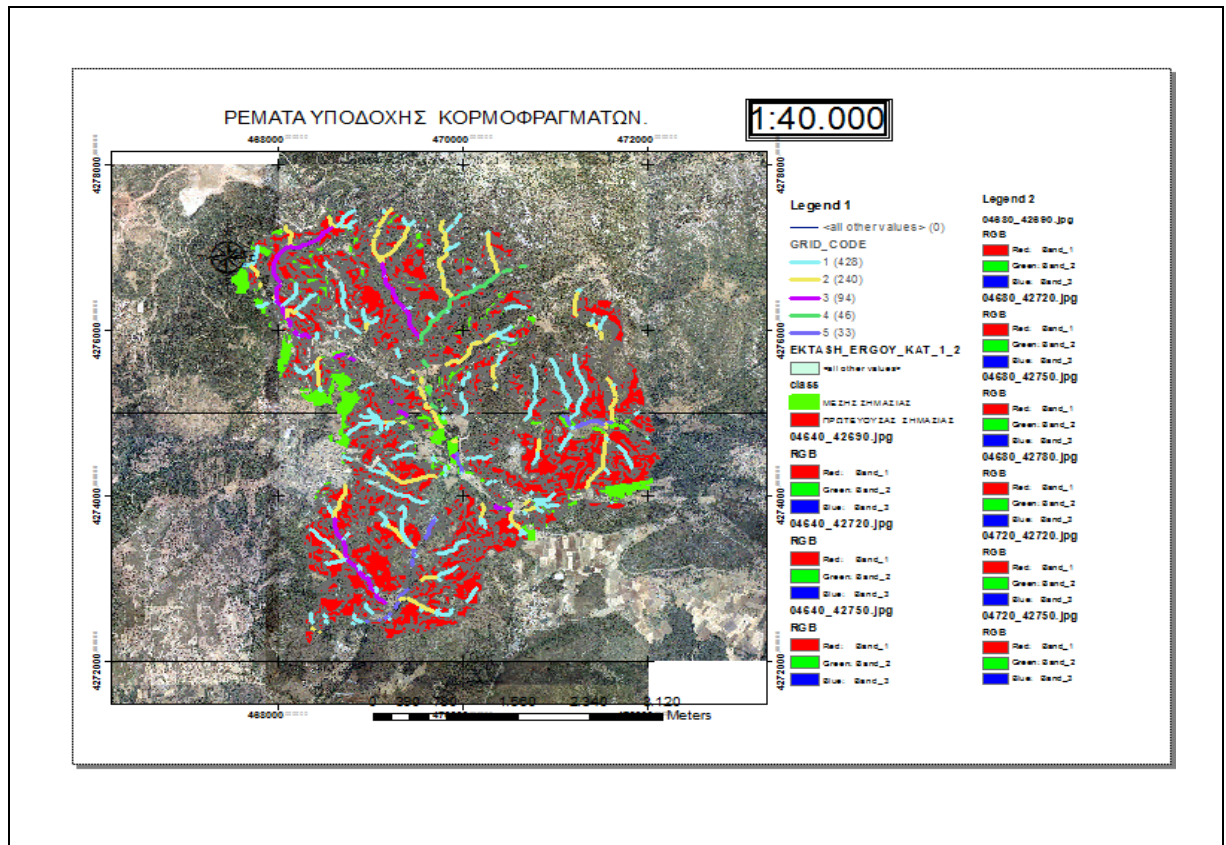
Χάρτης 24. Χωροθέτηση αντιδιαβρωτικών κατασκευών

4.2 Υπολογισμός κορμοφραγμάτων

Ο αριθμός των κορμοφραγμάτων εμφανίζεται στον συμπληρωμένο από την μεθοδολογία πίνακα (Πίνακας, 24) και το υδρογραφικό δίκτυο στα όρια της μελέτης και ανά κατηγορία κλίσης εμφανίζεται στον ακόλουθο χάρτη (Χάρτης, 25).

Πίνακας 24. Αριθμός κορμοφραγμάτων ανά κατηγορία κλίσεων

α/α	Κλίσεις	Μέση Απόσταση κορμοφραγμάτων (μέτρα)	Μήκος ρέματος (μέτρα)	Πλήθος φραγμάτων
1	κλίση <20%	20	17643,07	882
2	κλίση από 21 έως 50%	10	17230,98	1723
Σύνολο			Γ+Δ	

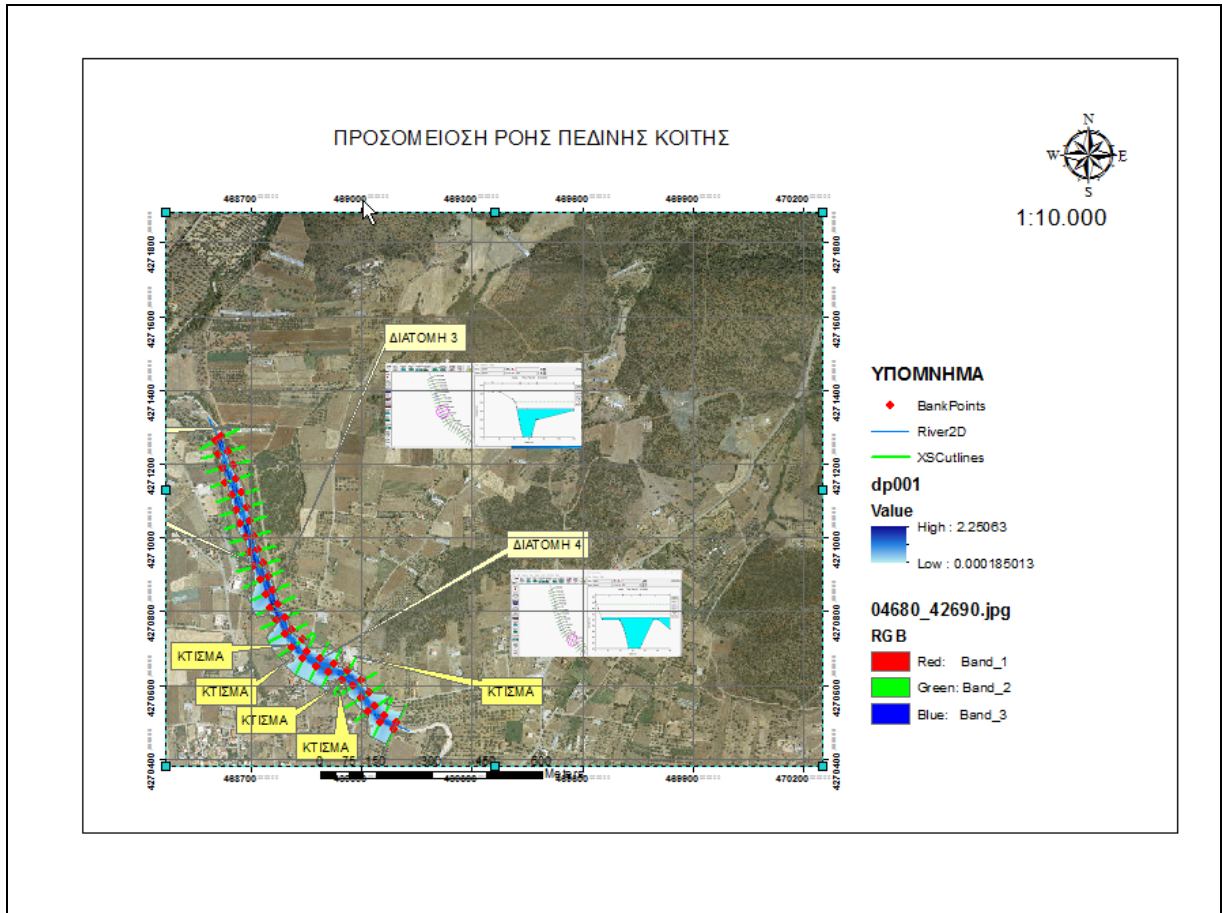


Χάρτης 25. Υδρογραφικό δίκτυο στα όρια της μελέτης υποδοχής κορμοφραγμάτων.

4.3 Υπολογισμός κινδύνου Πλημμύρας

Από την επεξεργασία των δεδομένων σε περιβάλλον Hec – Geogis προέκυψε ο κάτωθι χάρτης στον οποίο σημειώνονται χαρακτηριστικές διατομές πλημμύρας.

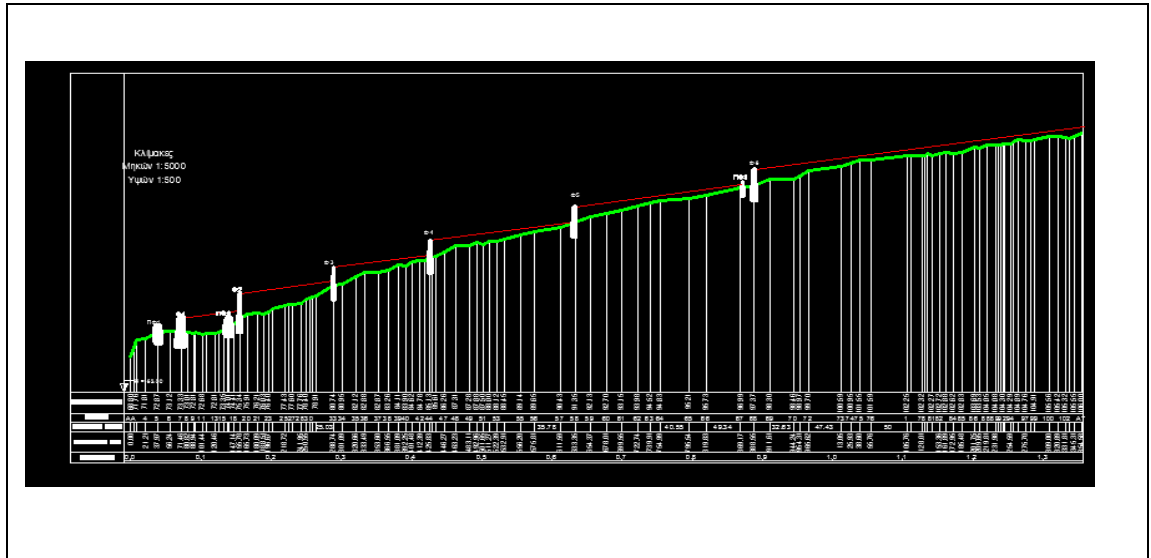
Επειδή το ψηφιακό μοντέλο είναι εδάφους και όχι επιφανείας έχει υπολογιστεί στη απόδοση το ύψος των σπιτιών για αυτό στην προσομοίωση διακόπτεται η πλημμύρα. (Χάρτης, 26).



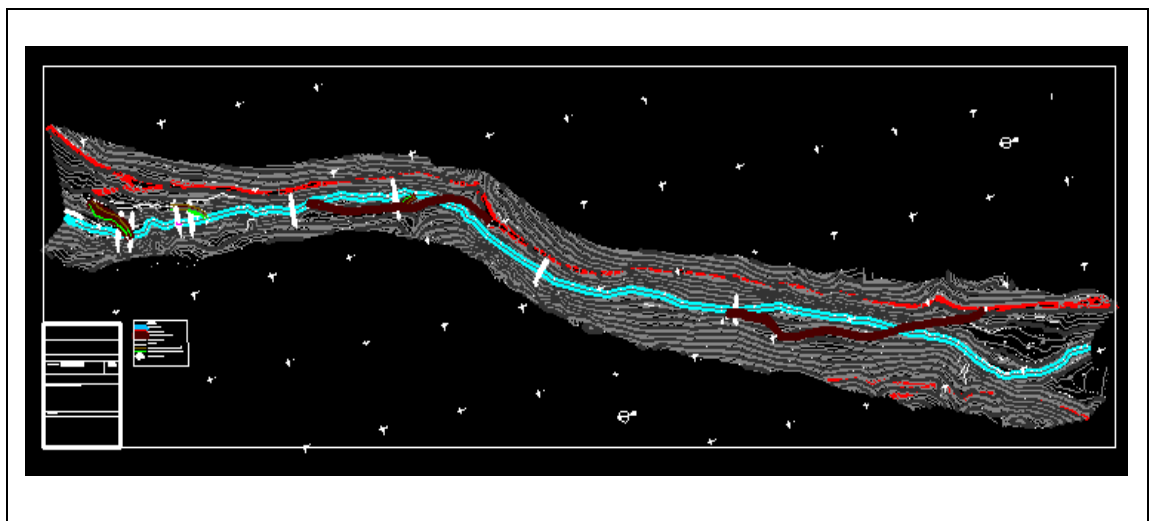
Χάρτης 26. Εκτίμηση κινδύνου πλημύρας στη πεδινή κοιτή με χαρακτηριστικές πλημμυρικές διατομές

4.4 Χωροθέτηση Φραγμάτων βάρους.

Επί της μηκοτομής χωροθετήθηκαν τα φράγματα βάρους ώστε να ικανοποιείτε η συνθήκη εφαρμογής της κλίσης ισορροπίας. (Εικόνες, 39 & 40).



Εικόνα 39. Χωροθέτηση φραγμάτων βάρους επί της μηκοτομής της κοίτης χειμάρρου



Εικόνα 40. Οριζοντιογραφική απόδοση χωροθέτησης φραγμάτων βάρους

Κεφάλαιο 5

Συζήτηση – Συμπεράσματα – Προτάσεις

5.1 Συμπεράσματα

Στη προσπάθεια να εκτιμηθεί η μελλοντική αύξηση του κινδύνου πυρκαγιάς στη Νότια Ευρώπη και παρά την ετερογένεια των μεθόδων, όλες οι μελέτες προβολής που βασίζονται στο σύστημα Canadian Forest Fire Weather Index (FWI), συμφωνούν σε μία γενικευμένη αύξηση του μέσου εποχικού κινδύνου πυρκαγιάς κατά το συντηρητικό σενάριο που κυμαίνεται από (2-4)% ανά δεκαετία και μέχρι το τέλος του αιώνα. (Dury et al., 2020).

Αντίστοιχες εκτιμήσεις προκύπτουν και από την εξέταση του δείκτη Keetch-Byram Sequence (KBDI) που αναδεικνύουν την αύξηση των δυναμικών πυρκαγιάς στη Νότια Ευρώπη, Αυστραλία, Νότια Αμερική, κεντρική Ασία και ΗΠΑ. (Liu, Stanturf and Goodrick, 2010).

Οι δασικές πυρκαγιές αποτελούν μία από τις βασικές αιτίες της περιβαλλοντικής υποβάθμισης εξαιτίας των δυσμενών επιπτώσεων στη χλωρίδα και πανίδα αλλά και στη σημαντική επιρροή τους στις οικολογικές και γεωμορφολογικές διαδικασίες ώστε να καθορίσουν ουσιαστικά τη λειτουργικότητα των οικοσυστημάτων. ((MacDicken, 2015)

Θεμελιώδης μεταβλητή συμπεριφοράς της πυρκαγιάς είναι η έντασή της καθώς μετρά τον ρυθμό απελευθέρωσης της ενέργειας σε ένα δυναμικά εξελισσόμενο μέτωπο καθορίζοντας και αξιολογώντας τόσο τη δυσκολία της καταστολής της, αλλά και της επιπτώσεις της. (Van Wagner, 1987).

Η αξιοποίηση δωρεάν διάθεσης προϊόντων Sentinel -2 (επιπέδου 1C ή 2A) δημιουργεί νέα δεδομένα και ευκαιρίες για την αξιολόγηση, χαρτογράφηση και παρακολούθηση φυσικών κινδύνων.

Η συγκριτική αξιολόγηση του φασματικού δείκτη dNBP από δεδομένα Sentinel – 2 και Landsat – 8 OLI έδειξαν για τον πρώτο υψηλότερη ακρίβεια ταξινόμησης.

Υψηλότερη ακρίβεια ταξινόμησης έδειξε επίσης η σύγκριση του δείκτη dNBR σε σχέση με τον δείκτη NDVI.

Η εκτίμηση της σφοδρότητας βοηθά τη μεταπυρική διαχείριση με δεδομένο ότι τα μεσογειακά οικοσυστήματα έχουν μεγάλη αντοχή σε πυρκαγιές χαμηλής σοβαρότητας. (Calvo et al., 2008).

Επίσης η σφοδρότητα της πυρκαγιάς επηρεάζει τη μικροβιακή λειτουργικότητα που είναι σημαντικός παράγοντας των βιογεωχημικών διεργασιών και της παραγωγικότητας του οικοσυστήματος. (Bardgett and Van Der Putten, 2014).

Οι χάρτες γαιωικανότητας οι οποίοι διατίθενται σε ψηφιακή μορφή είναι πολύ χρήσιμα εργαλεία, πάντα όμως θα πρέπει τα αποτελέσματα κατηγοριοποίησης όσο αφορά το πρώτο και δεύτερο μητρικό υλικό να αντιπαραβάλλονται με γεωλογικούς χάρτες του ΙΓΜΕ.

Η εφαρμογή της κατασκευής των κορμοδεμάτων έχει κριθεί ως επιτυχής σε χαλαρά και βαθιά εδάφη (φλύσχης, μάργες, προσχωσιγενή) ή σε ευδιάβρωτα (USDA Forest Service 1998, 2003, 2005).

Ο βαθμός αποδοτικότητας των αντιδιαβρωτικών μπορεί να εκτιμηθεί μετά την κατασκευή από τους υπολογισμούς:

- Του όγκου του συγκρατηθέντος εδαφικού υλικού (Vs)
- Του μέγιστου όγκου του εδαφικού υλικού που θα μπορούσε να συγκρατηθεί (Vs/max)
- Του λόγου των ανωτέρω δύο υπολογισμών - Αποδοτικότητα

Η χρήση του Arcydro αποτελεί εξαιρετική λύση υπολογισμού υδρογραφικού και υδρολογικού δικτύου.

Η συνδυαστική χρήση των λογισμικών HEC – RAS και HEC –GeoRas αποτελεί αποτελεσματικό περιβάλλον εκτίμησης κινδύνου πλημμύρας.

Η διευθέτηση του χειμάρρου μέσω της επίτευξης της κλίσης ισορροπίας θα οδηγήσει σε μόνιμη συγκράτηση της στερεομεταφοράς και εν μέρει της αιωρομεταφοράς.

5.2 Συζήτηση - Προτάσεις

Οι ανάγκες επακριβούς χωροθέτησης των έργων διευθέτησης που έγινε με τη χρήση UAV PPK Solution technical Data for Georeference Photo ανέδειξε αναμενόμενα

προβλήματα κατά τη δημιουργία ψηφιακών μοντέλων επιφανείας από τα χρησιμοποιούμενα πλεγματικά δεδομένα.

Βέβαια από τη European Space Agency έχει τεθεί στόχος για την περαιτέρω βελτίωση προϊόντων επιπέδου 1C, που αφορά την γεωμετρική τους διόρθωση με τη χρήση της τεχνικής διόρθωσης με σημεία ελέγχου εδάφους και η οποία αναμένεται να βελτιώσει την ακρίβεια της γεωμετρικής διόρθωσης στα 0,3 μ. (επίπεδο εμπιστοσύνης 95%).

Η ευπάθεια λεκανών στη διάβρωση θα πρέπει να αποτελέσει ένα επιπλέον κριτήριο αξιολόγησης στη χωροθέτηση των προτεινόμενων έργων κατά την εκπόνηση των αντιτυρικών μελετών.

Η μεθοδολογία εξέτασης της ευπάθειας των λεκανών μέσω της πολυκριτηριακής ανάλυσης ανέδειξε τη στοχευόμενη χωροθέτηση αντιδιαβρωτικών έργων σε συνδυασμό με την οικονομικότητα.

Στη προσπάθεια αυτή οι ισχύουσες τεχνικές προδιαγραφές αναδεικνύονται ως αναχρονιστικές και χρειάζεται άμεσα ο επανασύνταξη αυτών δεδομένου της επικείμενης δυναμικής των πυρκαγιών σε συνδυασμό με τη διάβρωση των εδαφών και των πλημμυρικών φαινομένων στις πεδινές κοίτες οι οποίες έχουν αλλοιωθεί συνέπεια γεωργικών και οικιστικών πιέσεων αλλά και αυθαιρέτων επεκτάσεων οικιστικών περιοχών χωρίς καμία πρόβλεψη έργων υποδομής.

Σημαντικά πλημμυρικά φαινόμενα έχουν καταγραφεί από τη μεταφορά δια μέσου των χειμάρρων κορμών δέντρων και υπολειμμάτων υλοτομιών με συνέπεια την καταστροφική διεύρυνση της κοίτης ή την απόφραξη τεχνικών στενωπών (γέφυρες, κ.λ.π.). (Stoffel, Wyżga and Marston, 2016).

Για την αποφυγή τέτοιων καταστρεπτικών δράσεων η χωροθέτηση αντιδιαβρωτικών έργων θα πρέπει να συνδυάζεται με τη κατασκευή ενός ή περισσότερων φραγμάτων βάρους στα κατάντη αυτών εξυπηρετώντας επιπλέον αστοχίες κατασκευής.

Κρίνεται αναγκαίο ο ορισμός σχεδίου έκτακτης ανάγκης σύμφωνα με το οποίο θα καθορίζονται τα βασικά σημεία (σφοδρότητα πυρκαγιάς ευπάθεια εδαφών κ.λ.π.), που πρέπει να ληφθούν υπόψη για τον καθορισμό των δράσεων εφαρμογής εκτάκτων αναγκών από πυρκαγιές. Σε αυτά θα καθορίζονται οι προτεραιότητες, το χρονοδιάγραμμα υλοποίησης, το διαθέσιμο προσωπικό και η δυνατότητα ενίσχυσής του, η χρηματοδότηση, ο συντονισμός των ενεργών παραγόντων (αρχές, ενεργοί πολίτες, κ.λ.π.) και η εκτίμηση των οικοσυστημικών υπηρεσιών.

Η υλοτόμηση των καμένων ιστάμενων δέντρων με σκοπό την εμπορία θα πρέπει να επαναξετασθεί, με βάση κοινωνικοοικονομικές συνθήκες που δημιουργούν αντίστοιχες πιέσεις.

Η υλοτομία σε καμένη έκταση, παρεμπόδισε την αναγέννηση, μείωσε την αφθονία των ειδών κατά 50% και τον πλούτο κατά 40% περίπου σε σχέση με την έκταση μάρτυρα στην ίδια περιοχή. (Castro, Moreno-Rueda and Hódar, 2010).

Επίσης υλοτομικές εργασίες μπορεί να μειώσουν ή να εξαφανίσουν βιολογικές κληρονομίες, να τροποποιήσουν σπάνια ενδιαιτήματα, να αλλάξουν τις ιδιότητες του εδάφους, να τροποποιήσουν τα υδρολογικά καθεστώτα και να αλλάξουν τα πρότυπα της ετερογένειας του τοπίου. (Lindenmayer and Noss, 2006).

Η παρακράτηση του νεκρού ξυλώδους όγκου για την υποστήριξη της βιοποικιλότητας είναι επιβεβλημένη και η μελλοντική έρευνα θα αναδείξει την ποσότητα και τη χωροχρονική κατανομή. (Thorn et al., 2018).

Επειδή η παρούσα στην ουσία μπορεί να αποτελέσει και μελέτη εφαρμογής το σκεπτικό της ακολούθησε τις προδιαγραφές εκπόνησης αντίστοιχων μελετών όπως ισχύουν για τη δασική υπηρεσία και καθορίζονται σύμφωνα ΚΥΑ 247722/4375/06-12-1978 και άρθρα 187 και 188 του Π.Δ. 696/74 (ΦΕΚ 301/Α/08-10-1974).

Ο υπολογισμός της παροχής όμως θα πρέπει να ακολουθεί τις προδιαγραφές της υπ' αριθμ. ΚΥΑ 140055/13-01-2017 (ΦΕΚ 428/Β/15-02-2018) και επειδή στη περιοχή αναφοράς δεν λειτούργησε μέχρι τώρα σταθμός συνεχούς καταγραφής της στάθμης ροής (σταθμηγράφος) έτσι ώστε να εξαχθεί η κρίσιμη πλημμύρα με τη βοήθεια στατιστικών μεθόδων, η κατάρτιση του πλημμυρογραφήματος θα πρέπει να γίνει με τη μέθοδο του μοναδιαίου υδρογραφήματος, μεθοδολογία η οποία δεν έχει υιοθετηθεί ή καλύτερα επικαιροποιηθεί με την έκδοση σχετικών Προεδρικών Διαταγμάτων κ.λ.π. για την εκπόνηση αντίστοιχων μελετών που αφορούν τις ορεινές κοίτες των χειμάρρων από τις καθόλα αρμόδιες Δασικές Υπηρεσίες.

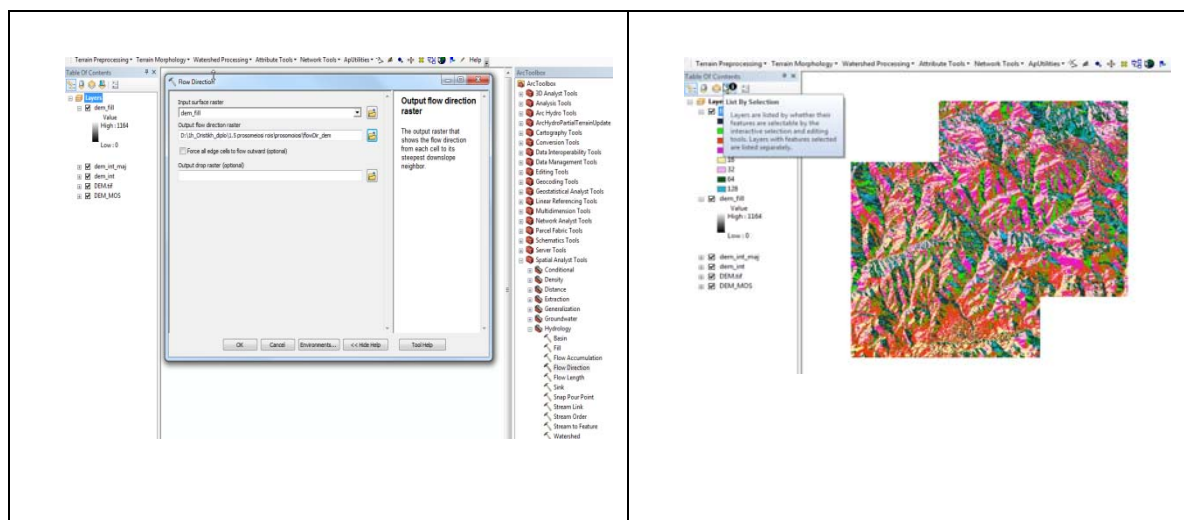
Παραρτήματα

A. Υπολογισμός της διεύθυνσης ροής και συσσώρευσης ροής- καθορισμός υδρογραφικού δικτύου (ArcGis)

Ρουτίνα Εντολών

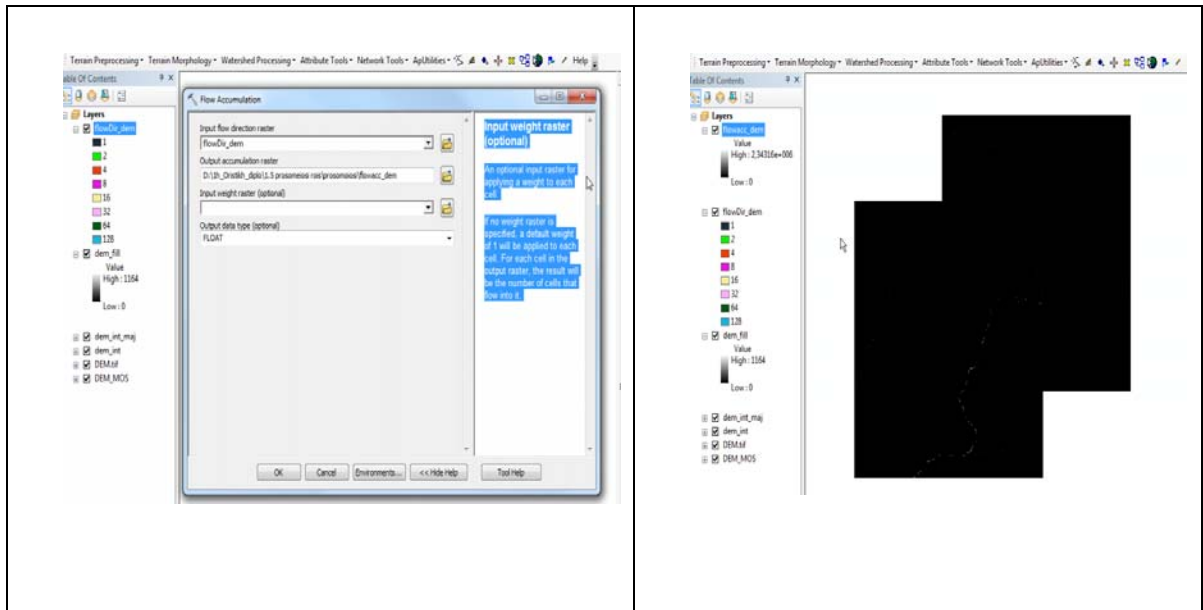
1. Spatial Analyst -> Hydrology -> Fill
2. Spatial Analyst -> Hydrology -> Flow Direction
3. Spatial Analyst -> Hydrology -> Flow Accumulation
4. Spatial Analyst -> Math -> Logical -> Greater Than
5. Spatial Analyst -> Hydrology -> Flow Length
6. Spatial Analyst -> Hydrology -> Stream Link
7. Spatial Analyst -> Hydrology -> Stream Order (Strahler)
8. Spatial Analyst -> Hydrology -> Stream to Feature

A.1 Υπολογισμός της διεύθυνσης απορροής σε κάθε σημείο του ΨΥΜΕ με την εντολή **Spatial Analyst Tools – Hydrology – Flow Direction**

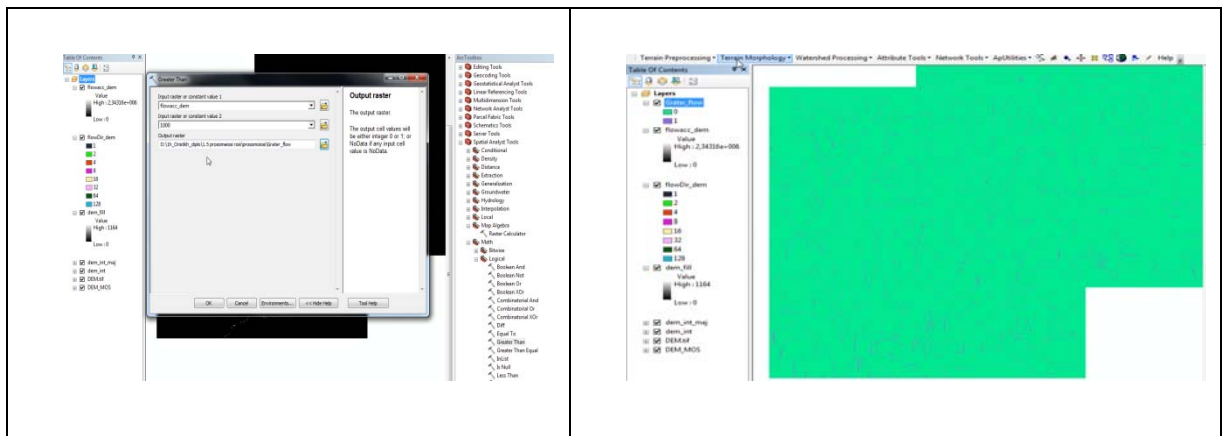


Εικόνα 41. Εφαρμογή εντολής Spatial Analyst Tools – Hydrology – Flow Direction

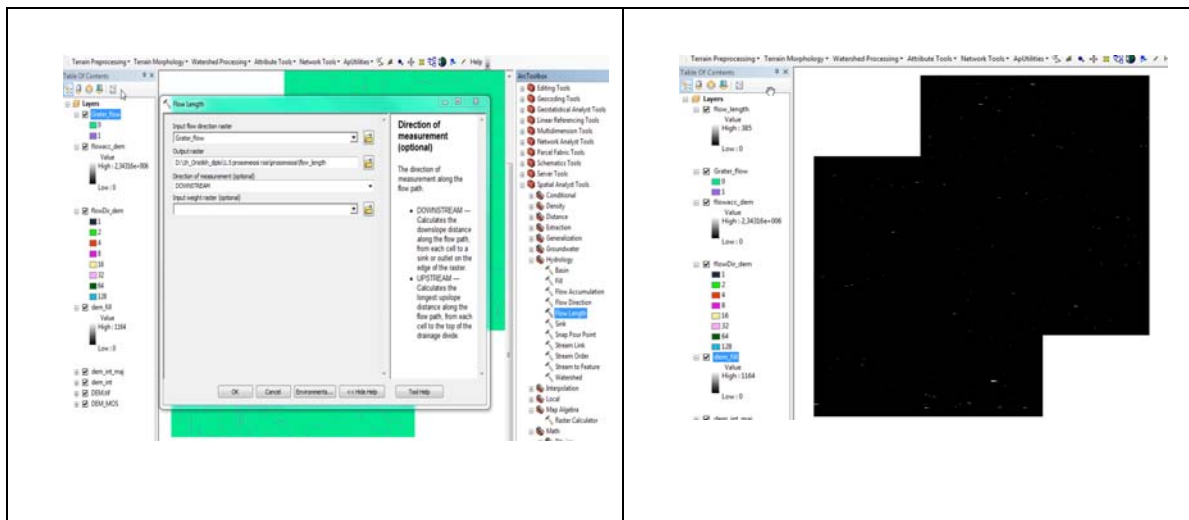
A.2 Προσομείωση ροής με την εντολή **Spatial Analyst Tools – Hydrology – Flow Accumulation**



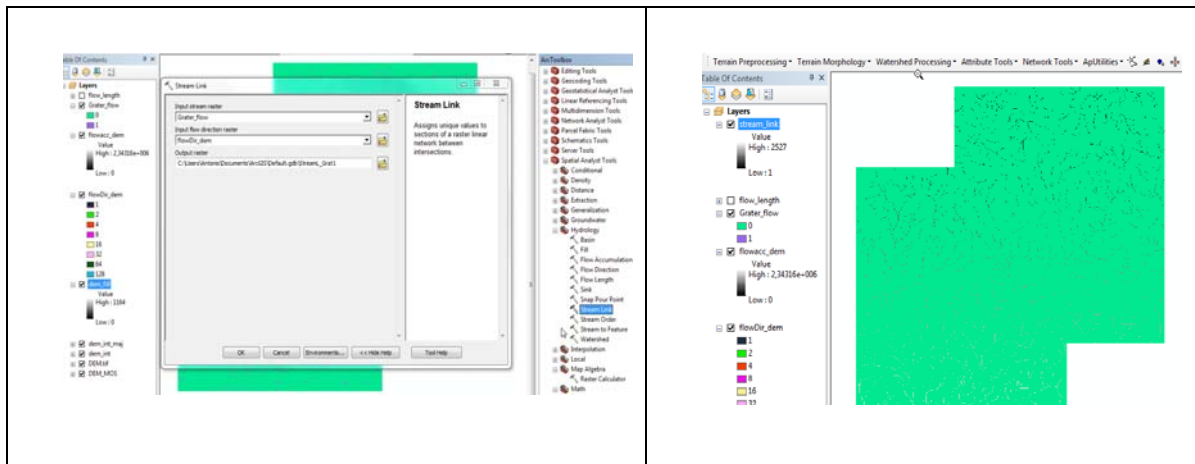
Εικόνα 42. Εφαρμογή εντολής **Spatial Analyst Tools – Hydrology – Flow Accumulation**



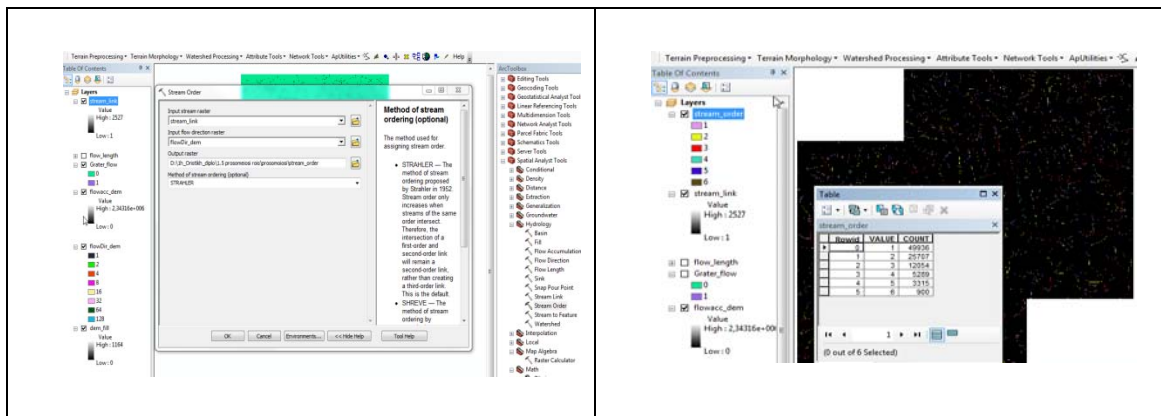
Εικόνα 43. Εφαρμογή εντολής **Spatial Analyst -> Math -> Logical -> Greater Than**



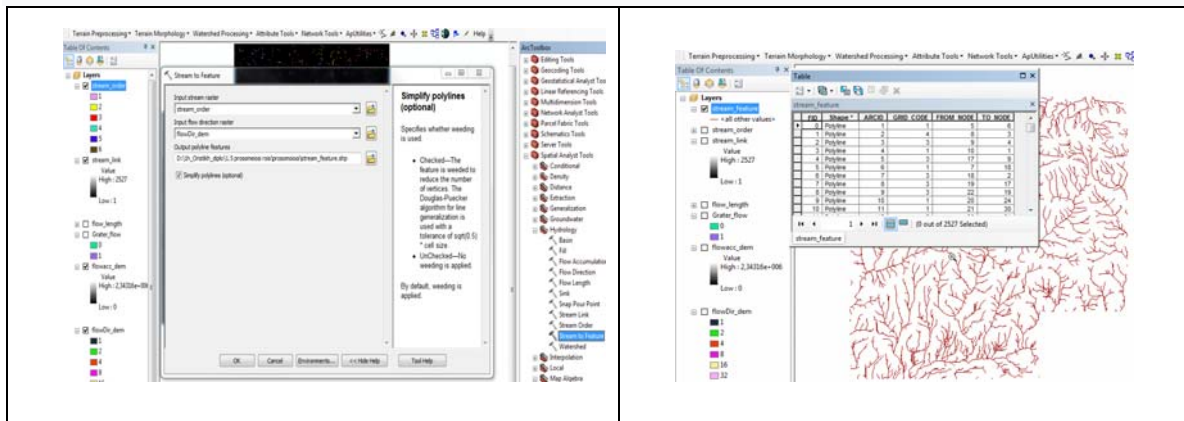
Εικόνα 44. Εφαρμογή εντολής **Spatial Analyst -> Hydrology -> Flow Length**



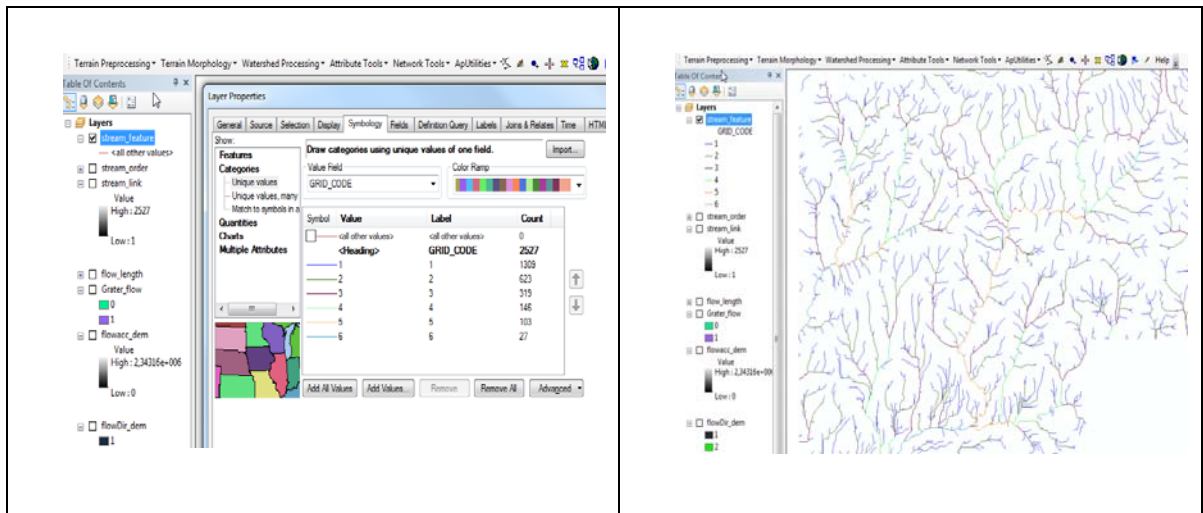
Εικόνα 45. Εφαρμογή εντολής Spatial Analyst -> Hydrology -> Stream Link



Εικόνα 46. Εφαρμογή εντολής Spatial Analyst -> Hydrology -> Stream Order (Strahler)



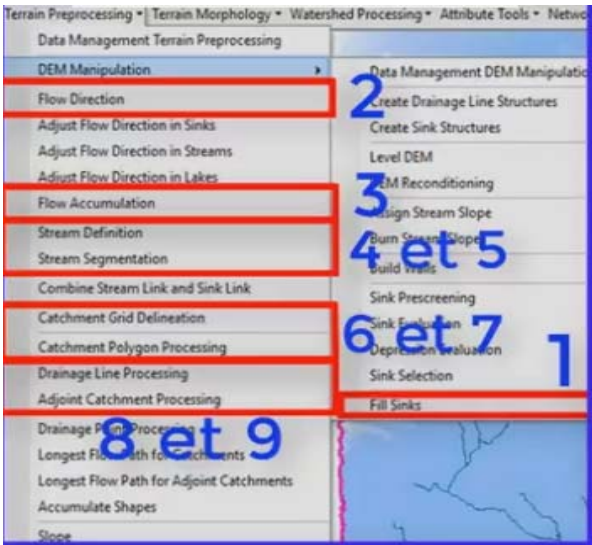
Εικόνα 47. Εφαρμογή εντολής Spatial Analyst -> Hydrology -> Stream to Feature



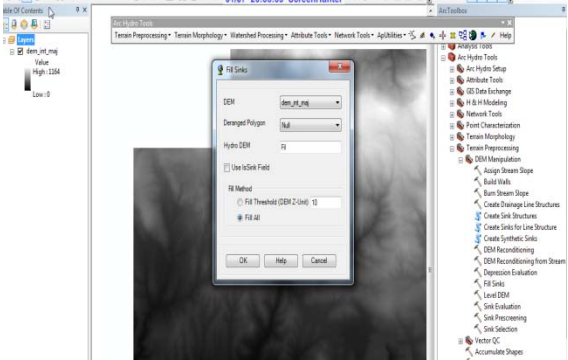
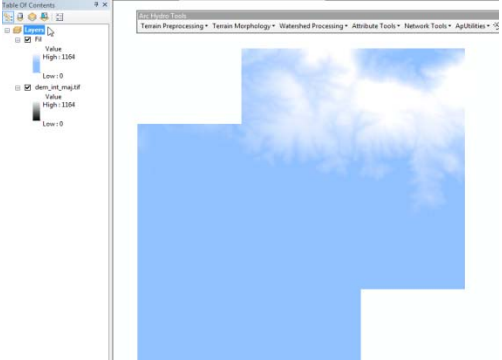
Εικόνα 48. Unique values “Stream to Feature” (Properties – Symbology)

B. Υπολογισμός της διεύθυνσης ροής και συσσώρευσης ροής- καθορισμός υδρογραφικού δικτύου δημιουργία λεκανών απορροής (ArcHydro)

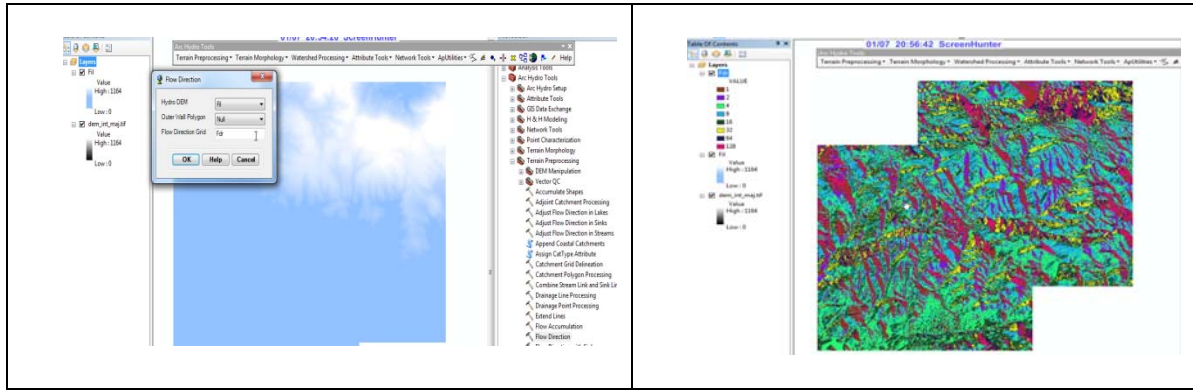
Η διαδικασία ακολουθεί τη χρήση των κάτωθι εντολών:

Arc Hydro	ΡΟΥΤΙΝΕΣ
	<p>ArcYdro->Terrain Preprocessing</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Dem Manipulation -> Fill Sinks (nodata pixels) 2. Flow Direction (διεύθυνση κλίσης) 3. Flow Accumulation (ροή) 4. Stream Definition (πυκνότητα υδρογραφικού δικτύου) 5. Stream segmentation (ιεράρχηση ρεμάτων) 6. Catchment grid delineation (υπολεκάνες) 7. Catchment Polygon Processing (υπολεκάνες *.shp) 8. Drainage Line Processing (ρέματα *.shp) 9. Adjoint Catchment Processing (χρησιμοποιείται για την επιτάχυνση της διαδικασίας οριοθέτησης σημείων) 10. Point Delineation (Επιλογή κεντρικού ρέματος στο σημείο ενδιαφέροντος για να υπολογιστεί η ανάντι λεκάνη απορροής).

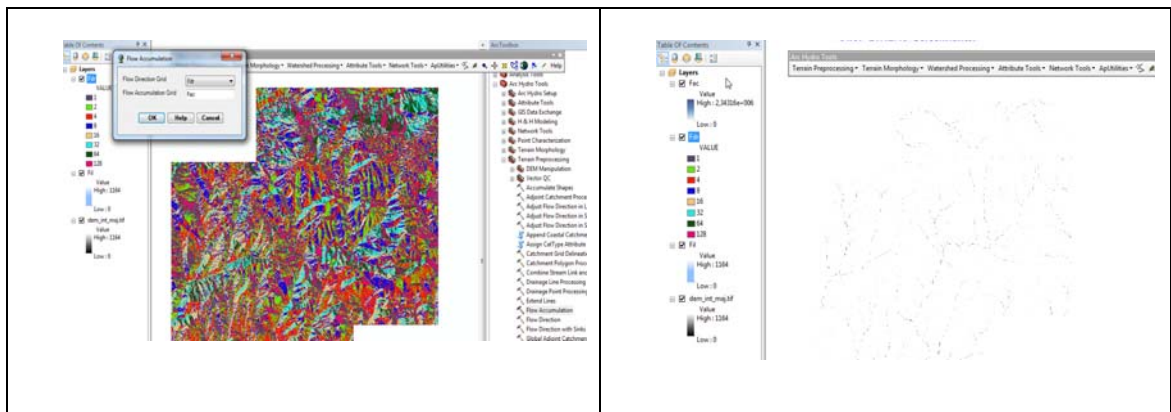
Εικόνα 49. Κατάλογος εντολών ArcYdro

	
-------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------

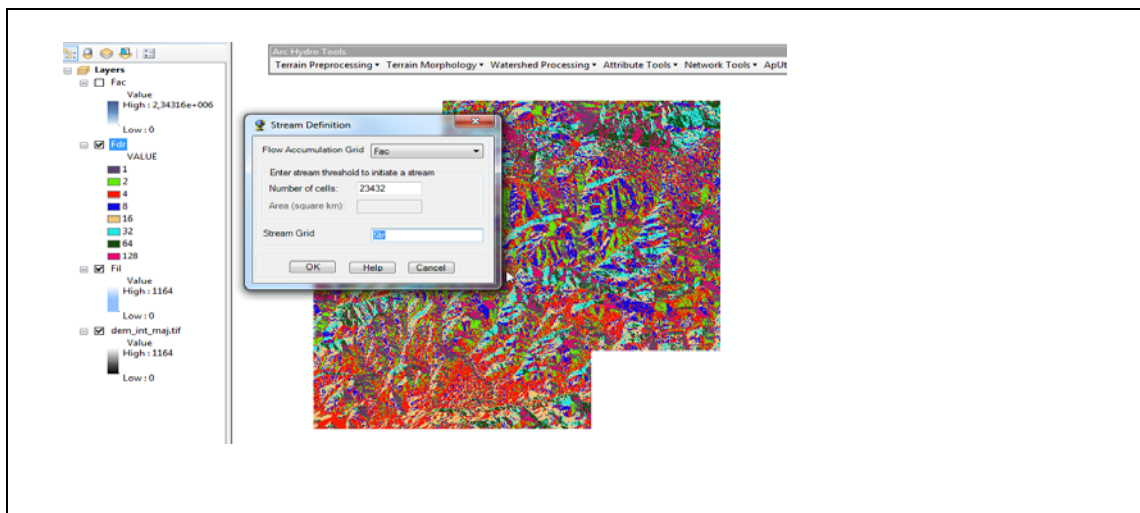
Εικόνα 50. Ρουτίνα ArcYdro->Terrain Preprocessing -> Dem Manipulation -> Fill Sinks



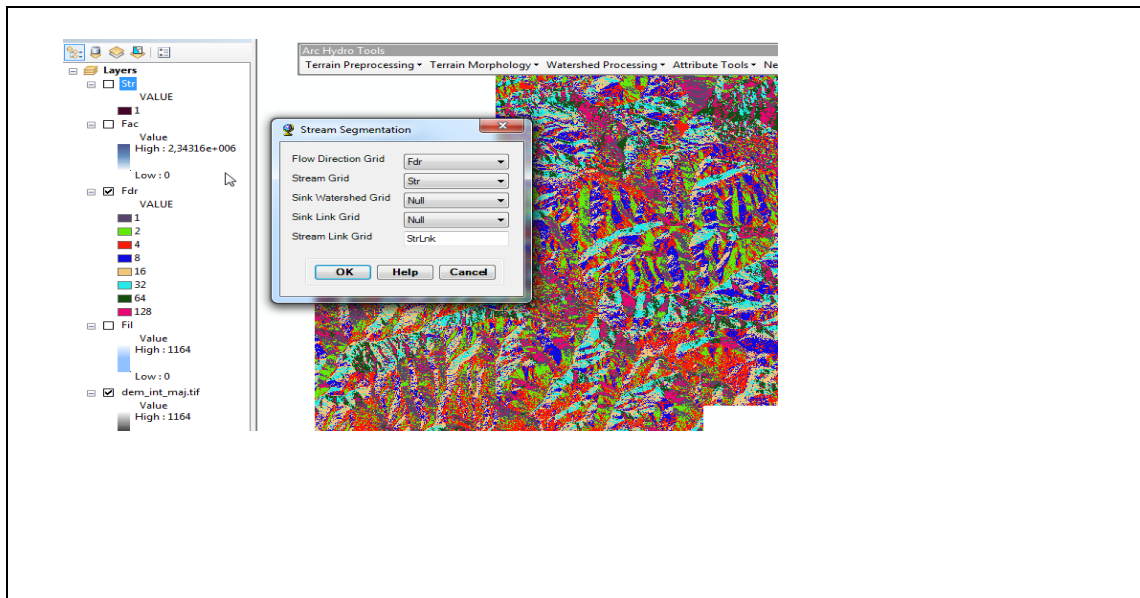
Εικόνα 51. Πουτίνα ArcYdro->Terrain Preprocessing -> Flow Direction



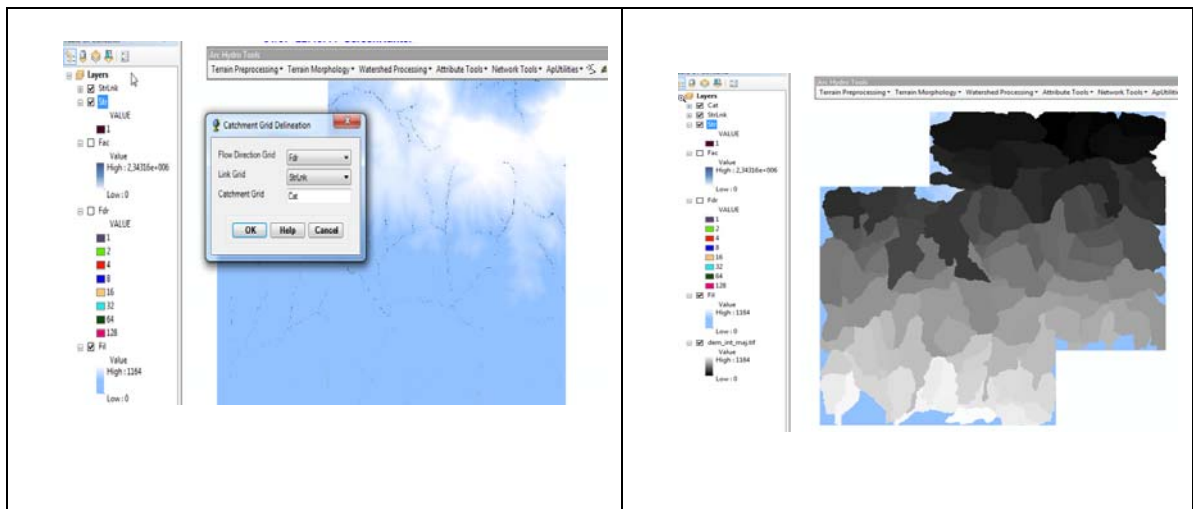
Εικόνα 52. ArcYdro->Terrain Preprocessing -> Flow Accumulation



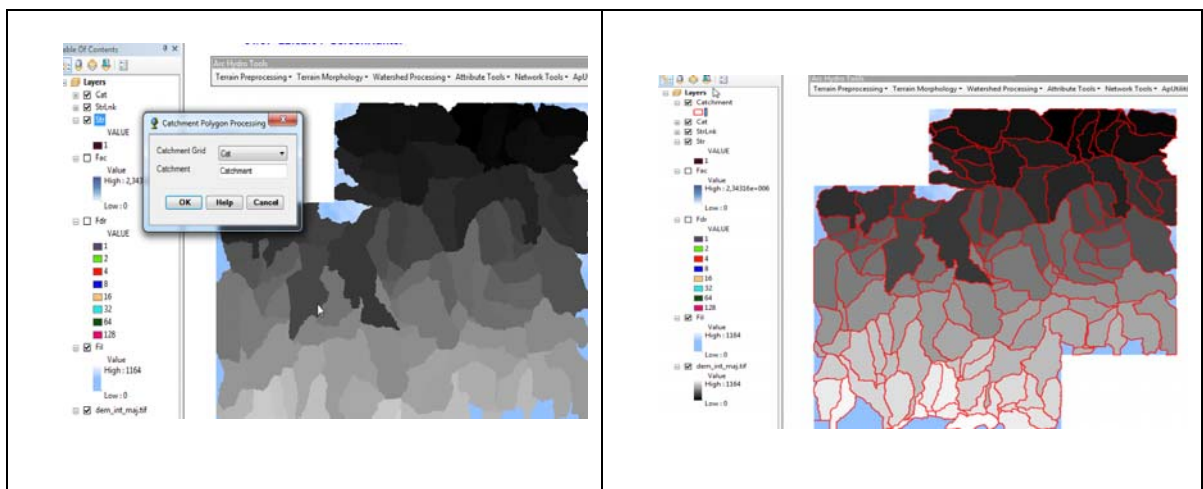
Εικόνα 53. ArcYdro->Terrain Preprocessing -> Stream Definition



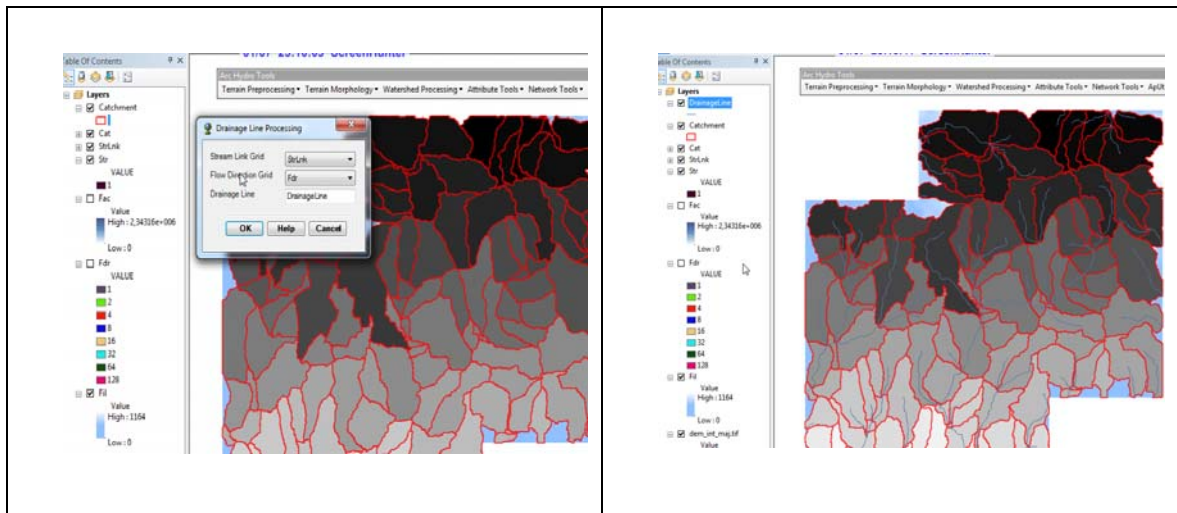
Εικόνα 54. ArcYdro->Terrain Preprocessing ->Stream segmentation



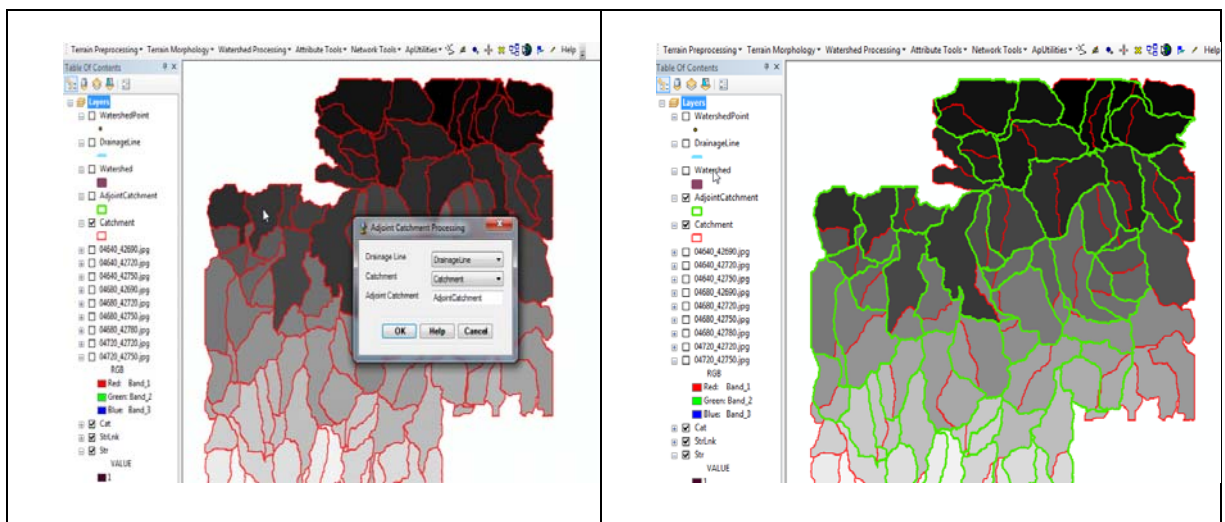
Εικόνα 55. ArcYdro->Terrain Preprocessing ->Catchment grid delineation



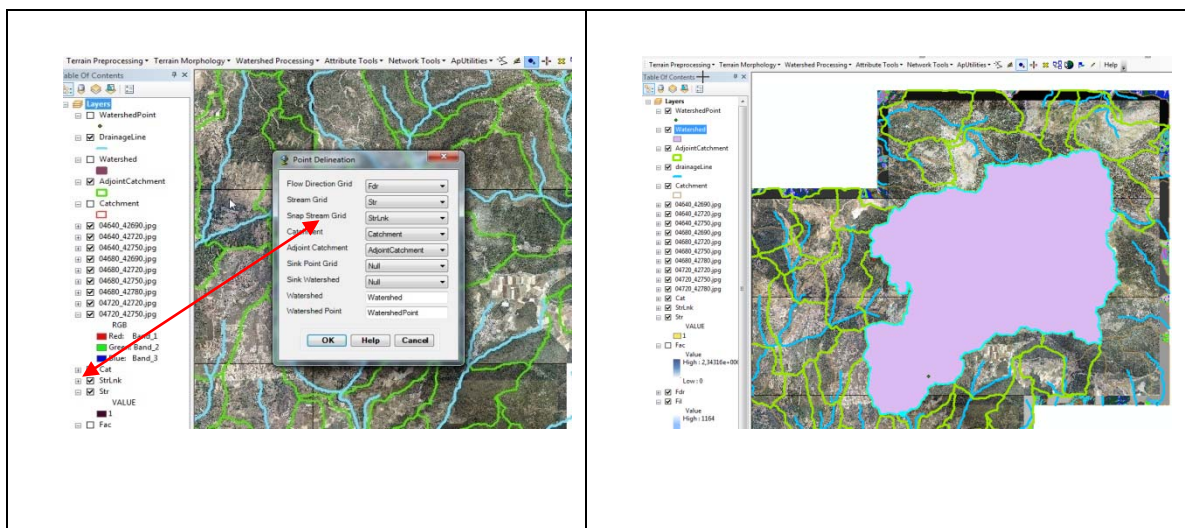
Εικόνα 56. ArcYdro->Terrain Preprocessing ->Catchment Polygon Processing



Εικόνα 57. ArcHydro->Terrain Preprocessing ->Drainage Line Processing



Εικόνα 58. ArcHydro->Terrain Preprocessing ->Adjoint Catchment Processing



Εικόνα 59. Point Delineation->Watershead.shp

Βιβλιογραφία

- Ackerman, C. T. (2005) HEC-GeoRAS GIS Tools for support of HEC-RAS using ArcGIS. U.S. Army Corps of Engineers. Hydrologic Engineering Centre. CPD-83. Available at: <http://www.hec.usace.army.mil> (Accessed: 27 January 2020).
- Agenda 21 .. Sustainable Development Knowledge Platform (no date). Available at: <https://sustainabledevelopment.un.org/outcomedocuments/agenda21> (Accessed: 1 November 2020).
- Alho, P. and Aaltonen, J. (2008) 'Comparing a 1D hydraulic model with a 2D hydraulic model for the simulation of extreme glacial outburst floods', *Hydrological Processes*, 22(10), pp. 1537–1547. doi: 10.1002/hyp.6692.
- Alpert, P., Neeman, B. U. & Shay-El, Y. 1990 Intermonthly variability of cyclone tracks in the Mediterranean.
- Anderson HW, Hoover MD, Reinhart KG (1976). *Forests and water: effects of forest management on floods, sedimentation, and water supply*. Forest Service, Pacific Southwest
- Archibold, O. W. (1995) 'Vegetation and environment — introductory concepts', in *Ecology of World Vegetation*. Springer Netherlands, pp. 1–14. doi: 10.1007/978-94-011-0009-0_1.,
- Barbero, M., and P. Quezel. (1976). Les groupements forestiers de Grece centro-meridionale. *Ecologia Mediterranea* 2:1-86.
- Bardgett, R. D. and Van Der Putten, W. H. (2014) 'Belowground biodiversity and ecosystem functioning', *Nature*. Nature Publishing Group, pp. 505–511. doi: 10.1038/nature13855.
- Blondel, J. (Jacques) and Blondel, J. (Jacques). (2010) *The Mediterranean region : biological diversity in space and time*. Oxford University Press.
- Bowman, D. M. J. S. et al. (2009) 'Fire in the earth system', *Science*. American Association for the Advancement of Science, pp. 481–484. doi: 10.1126/science.1163886.
- Brofas, G., and C. Varelidis. (2000). Hydro-seeding and Mulching for Establishing Vegetation on Mining Spoils in Greece. *Land Degradation and Development* 11:375-382.
- Brofas, G., G. Mantakas, K. Tsagari, M. Stefanakis, and C. Varelides. (2007). Effectiveness of cellulose, straw and binding materials for mining spoils revegetation by hydroseeding, in Central Greece. *Ecological Engineering* 31:193-199.
- Castro, J., Moreno-Rueda, G. and Hódar, J. A. (2010) 'Prueba experimental del manejo post-fuego en bosques de pino: Impacto de la tala de salvamento versus el corte parcial y

- la no intervención sobre ensambles de especies de aves', *Conservation Biology*. *Conserv Biol*, 24(3), pp. 810–819. doi: 10.1111/j.1523-1739.2009.01382.x.
- Ceccato, P. et al. (2001) 'Detecting vegetation leaf water content using reflectance in the optical domain', *Remote Sensing of Environment*, 77(1), pp. 22–33. doi: 10.1016/S0034-4257(01)00191-2.
- Certini, G. (2005) 'Effects of fire on properties of forest soils: A review', *Oecologia*. Springer, pp. 1–10. doi: 10.1007/s00442-004-1788-8.
- Chastain, R. et al. (2019) 'Empirical cross sensor comparison of Sentinel-2A and 2B MSI, Landsat-8 OLI, and Landsat-7 ETM+ top of atmosphere spectral characteristics over the conterminous United States', *Remote Sensing of Environment*. Elsevier Inc., 221, pp. 274–285. doi: 10.1016/j.rse.2018.11.012.
- Chapter 7 Hydrologic Soil Groups (2009). Available at: <https://directives.sc.egov.usda.gov/OpenNonWebContent.aspx?content=22526.wb> a (Accessed: 18 April 2020).
- Chatziantoniou, et al. (2015) 'ΧΡΗΣΗ GIS ΚΑΙ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΛΟΓΙΣΜΙΚΩΝ ΓΙΑ ΤΗ ΜΕΛΕΤΗ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗΝ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΗ ΛΕΚΑΝΗ ΤΗΣ ΜΥΓΔΟΝΙΑΣ'. ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη. Available at: http://gis2017.aua.gr/sites/default/files/Chatziantoniou_Korakitis_fullpaper.pdf (Accessed: 18 April 2020).
- Chavez, P. S. (1988) 'An improved dark-object subtraction technique for atmospheric scattering correction of multispectral data', *Remote Sensing of Environment*. Elsevier, 24(3), pp. 459–479. doi: 10.1016/0034-4257(88)90019-3.
- Chow, V.T., Maidment, D.R., Mays, L.W. (1988) *Applied Hydrology*, Mc Graw -Hill. ISBN 0-07-010810-2
- Chuvieco, E. and Congalton, R. G. (1988) 'Mapping and inventory of forest fires from digital processing of tm data', *Geocarto International*, 3(4), pp. 41–53. doi: 10.1080/10106048809354180.
- Chuvieco, E. et al. (2006) 'Use of a radiative transfer model to simulate the postfire spectral response to burn severity', *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences*. Blackwell Publishing Ltd, 111(G4). doi: 10.1029/2005JG000143.
- Cocke, A. E., Fulé, P. Z. and Crouse, J. E. (2005) 'Comparison of burn severity assessments using Differenced Normalized Burn Ratio and ground data', *International Journal of Wildland Fire*. International Association of Wildland Fire, 14(2), p. 189. doi: 10.1071/WF04010.
- Collins, B. M. et al. (2009) 'Interactions among wildland fires in a long-established Sierra Nevada natural fire area', *Ecosystems*. Springer, 12(1), pp. 114–128. doi: 10.1007/s10021-008-9211-7.
- Collins, B. M. and Stephens, S. L. (2010) 'Stand-replacing patches within a “mixed severity” fire regime: Quantitative characterization using recent fires in a long-established natural fire area', *Landscape Ecology*. Springer, 25(6), pp. 927–939. doi: 10.1007/s10980-010-9470-5.

- Congedo, L. (2016) 'Semi-Automatic Classification Plugin Documentation. Release 6.0.1.1'.
Doi: 10.13140/RG.2.2.29474.02242/1
- Copernicus Open Access Hub. Available online: <https://scihub.copernicus.eu/> (accessed on 19 January 2020)
- Daskalakou, E., and C. Thanos. (2004). Postfire regeneration of Aleppo pine-the temporal pattern of seedling recruitment. *Plant Ecology* 171:81-89.
- DeBano, L. F., Daniel G. N., Ffolliott. P.F. (1998). *Fire Effects on Ecosystems* Available at: https://books.google.gr/books?hl=el&lr=&id=cFxtriC2EDkC&oi=fnd&pg=PR15&dq=deban+et+al.+1998&ots=lyFteuTIgg&sig=pVoVh0604yUbq3l6Y0FBYp8BPAM&redir_esc=y#v=onepage&q=deban+et+al.+1998&f=false (Accessed: 13 April 2020).
- Digital Elevation Models - an overview | ScienceDirect Topics (no date). Available at: <https://www.sciencedirect.com/topics/earth-and-planetary-sciences/digital-elevation-models> (Accessed: 15 April 2020).
- Doerr, S. H. et al. (2006) 'Effects of differing wildfire severities on soil wettability and implications for hydrological response', *Journal of Hydrology*, 319(1-4), pp. 295-311. doi: 10.1016/j.jhydrol.2005.06.038.
- dos R. Pereira, D. et al. (2016) 'Hydrological simulation in a basin of typical tropical climate and soil using the SWAT model part I: Calibration and validation tests', *Journal of Hydrology: Regional Studies*. Elsevier, 7, pp. 14-37. doi: 10.1016/j.ejrh.2016.05.002.
- Drusch, M. et al. (2012) 'Sentinel-2: ESA's Optical High-Resolution Mission for GMES Operational Services', *Remote Sensing of Environment*. Elsevier, 120, pp. 25-36. doi: 10.1016/j.rse.2011.11.026.
- Dupuy, J. luc et al. (2020) 'Climate change impact on future wildfire danger and activity in southern Europe: a review', *Annals of Forest Science*. Springer, pp. 1-24. doi: 10.1007/s13595-020-00933-5.
- ESA. (2017). S2 MPC – Data quality report, Issue 16, 06. 06.2017(Tech. Rep.). European Space Agency
- ESRI, 2005a. Arc Hydro Tools – Overview. Version 1.1 Final (available at:www.esri.com).
- ESRI, 2005b. Arc Hydro Tools – Tutorials. Version 1.1 Final (available at:www.esri.com).
- Epting, J., Verbyla, D. and Sorbel, B. (2005) 'Evaluation of remotely sensed indices for assessing burn severity in interior Alaska using Landsat TM and ETM+', *Remote Sensing of Environment*. Elsevier, 96(3-4), pp. 328-339. doi: 10.1016/j.rse.2005.03.002.
- Escuin, S., Navarro, R. and Fernández, P. (2008) 'Fire severity assessment by using NBR (Normalized Burn Ratio) and NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) derived from LANDSAT TM/ETM images', *International Journal of Remote Sensing*. Taylor and Francis Ltd., 29(4), pp. 1053-1073. doi: 10.1080/01431160701281072.
- Fan, C., Ko, C. H. and Wang, W. S. (2009) 'An innovative modeling approach using Qual2K

- and HEC-RAS integration to assess the impact of tidal effect on River Water quality simulation', *Journal of Environmental Management*. Academic Press, 90(5), pp. 1824–1832. doi: 10.1016/j.jenvman.2008.11.011.
- FAO 2015. Global forest resources assessment 2015. Rome (Italy): Food and Agriculture Organization. FAO Forestry Paper No. 1.
- Fearnside, P. M., Graça, P. M. L. de A. and Rodrigues, F. J. A. (2001) 'Burning of Amazonian rainforests: Burning efficiency and charcoal formation in forest cleared for cattle pasture near Manaus, Brazil', *Forest Ecology and Management*. Elsevier, 146(1–3), pp. 115–128. doi: 10.1016/S0378-1127(00)00450-3.
- Filipponi, F. (2018) 'BAIS2: Burned Area Index for Sentinel-2', *Proceedings. MDPI AG*, 2(7), p. 364. doi: 10.3390/ecrs-2-05177.
- Fonseca, A. et al. (2014) 'Integrated hydrological and water quality model for river management: A case study on Lena River', *Science of the Total Environment*. Elsevier, 485–486(1), pp. 474–489. doi: 10.1016/j.scitotenv.2014.03.111.
- Forest and Range Experiment Station. G. T. R. PSW-018. U.S. Department of Agriculture, Berkeley. 115
- Foth, H.D., and Schafer, J.W., (1980). *Soil Geography and Land Use*. New York: Wiley, 484 pp.
- Calvo, L. et al. (2008) 'Post-fire natural regeneration of a Pinus pinaster forest in NW Spain', *Plant Ecology*, 197(1), pp. 81–90. doi: 10.1007/s11258-007-9362-1.
- Gascon, F. et al. (2017) 'Copernicus Sentinel-2A Calibration and Products Validation Status', *Remote Sensing. MDPI AG*, 9(6), p. 584. doi: 10.3390/rs9060584.
- García, M. J. L. and Caselles, V. (1991) 'Mapping burns and natural reforestation using thematic mapper data', *Geocarto International*. Taylor & Francis Group , 6(1), pp. 31–37. doi: 10.1080/1010049109354290.
- GCOS, (2016). The Global Observing System for Climate: Implementation Needs GCOS-200. World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland (2016)
- Ghanbarpour, M. R., Salimi, S. and Hipel, K. W. (2013) 'A comparative evaluation of flood mitigation alternatives using GIS-based river hydraulics modelling and multicriteria decision analysis', *Journal of Flood Risk Management*. John Wiley & Sons, Ltd, 6(4), pp. 319–331. doi: 10.1111/jfr3.12017.
- Giannakopoulos, C., Kostopoulou, E., Varotsos, K.V., Tziotziou, K., Plitharas, A., 2011. An integrated assessment of climate change impacts for Greece in the near future. *Reg Environ Change* 11, 829–843. <https://doi.org/10.1007/s10113-011-0219-8>
- Hitchcock, H. C. and Hoffer, R. M. (1974) 'MAPPING A RECENT FOREST FIRE WITH ERTS-1 MSS DATA.', in *Conf on Earth Resour Obs and Inf Anal Syst, Remote Sensing of Earth Resour*. Univ of Tenn, pp. 449–461.
- Huang, H., D. Roy, L. Boschetti, H. Zhang, L. Yan, S. Kumar, J. Gomez-Dans, and J. Li. 2016. "Separability Analysis of sentinel-2A Multi-Spectral Instrument (MSI) Data for

- Burned Area Discrimination." *Remote Sensing* 8: 873. doi:10.3390/rs8100873.
- Immitzer, M., Vuolo, F. and Atzberger, C. (2016) 'First Experience with Sentinel-2 Data for Crop and Tree Species Classifications in Central Europe', *Remote Sensing*. MDPI AG, 8(3), p. 166. doi: 10.3390/rs8030166.
- Jacobs, M. (1991) *The green economy : environment, sustainable development, and the politics of the future*. Pluto Press.
- Jarvis, R. (1981) Specific Geomorphometry. In: *Geomorphology Techniques*, A. Goudie (ED.) London, George Allen and Unwin, pp. 42-46
- Jenson, S., and Dominique, J. (1988) Extracting Topographic Structure from Digital Elevation Data for Geographic Information System Analysis, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 54(11):1539-1600
- Junker, L. V. and Ensminger, I. (2016) 'Relationship between leaf optical properties, chlorophyll fluorescence and pigment changes in senescing *Acer saccharum* leaves', *Tree Physiology*. Oxford Academic, 36(6), pp. 694–711. doi: 10.1093/TREEPHYS/TPV148.
- Jurdant, M. (1980). *Integrated land resources survey of Greece. An ecological approach*, 97 pp.
- Kääb, A. et al. (2016) 'Glacier Remote Sensing Using Sentinel-2. Part I: Radiometric and Geometric Performance, and Application to Ice Velocity', *Remote Sensing*. MDPI AG, 8(7), p. 598. doi: 10.3390/rs8070598.
- Kane, V. R. et al. (2015) 'Water balance and topography predict fire and forest structure patterns', *Forest Ecology and Management*. Elsevier, 338, pp. 1–13. doi: 10.1016/j.foreco.2014.10.038.
- Kazanis, D., and M. Arianoutsou. (2004). Long-term post-fire vegetation dynamics in *Pinus halepensis* forests of central Greece: a functional-group approach. *Plant Ecology* 171:101-121.
- Lanorte, A. et al. (2019) 'Integrated approach of RUSLE, GIS and ESA Sentinel-2 satellite data for post-fire soil erosion assessment in Basilicata region (Southern Italy)', *Geomatics, Natural Hazards and Risk*. Taylor and Francis Ltd., 10(1), pp. 1563–1595. doi: 10.1080/19475705.2019.1578271.
- Lanorte, A. et al. (2012) 'Multiscale mapping of burn area and severity using multisensor satellite data and spatial autocorrelation analysis', *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. Elsevier, 20(1), pp. 42–51. doi: 10.1016/j.jag.2011.09.005.
- Lasaponara, R. 2006. "Estimating Spectral Separability of Satellite Derived Parameters for Burned Areas Mapping in the Calabria Region by Using SPOT-vegetation Data." *Ecological Modelling* 196: 265–270. doi:10.1016/j.ecolmodel.2006.02.025.
- Lindenmayer, D. B. and Noss, R. F. (2006) 'Salvage logging, ecosystem processes, and

- biodiversity conservation', *Conservation Biology*. *Conserv Biol*, pp. 949–958. doi: 10.1111/j.1523-1739.2006.00497.x.
- Liu, Y., Stanturf, J. and Goodrick, S. (2010) 'Trends in global wildfire potential in a changing climate', *Forest Ecology and Management*. Elsevier, 259(4), pp. 685–697. doi: 10.1016/j.foreco.2009.09.002.
- MacDicken, K. G. (2015) 'Global Forest Resources Assessment 2015: What, why and how?', *Forest Ecology and Management*. Elsevier B.V., 352, pp. 3–8. doi: 10.1016/j.foreco.2015.02.006.
- Mallinis, G., Mitsopoulos, I. and Chrysafi, I. (2018) 'Evaluating and comparing sentinel 2A and landsat-8 operational land imager (OLI) spectral indices for estimating fire severity in a mediterranean pine ecosystem of Greece', *GIScience and Remote Sensing*. Taylor and Francis Inc., 55(1), pp. 1–18. doi: 10.1080/15481603.2017.1354803.
- Marlon, J. R., P. J. Bartlein, A. L. Daniau, S. P. Harrison, S. Y. Maezumi, M. J. Power, W. Tinner, and B. Vanniere (2013), *Global biomass burning: A synthesis and review of Holocene paleofire records and their controls*, *Quat. Sci. Rev.*, 65, 5–25.
- Mark, D. (1984) 'Automated detection of Drainage from Digital Elevation Models', *Cartographica*, 21:168-178
- Mihai, B. A. et al. (2019) 'Evaluation of sentinel-2 MSI and pleiades 1B imagery in forest fire susceptibility assessment in temperate regions of Central and Eastern Europe. A Case study of Romania', in *Advances in Natural and Technological Hazards Research*. Springer Netherlands, pp. 253–269. doi: 10.1007/978-3-319-73383-8_11.
- Mithal, V. et al. (2011) 'Monitoring global forest cover using data mining', *ACM Transactions on Intelligent Systems and Technology*, pp. 1–24. doi: 10.1145/1989734.1989740.
- Mitic, V. D. et al. (2015) 'Impact of wildfire on soil characteristics and some metal content in selected plants species of Geraniaceae family', *Environmental Earth Sciences*. Springer Verlag, 73(8), pp. 4581–4594. doi: 10.1007/s12665-014-3744-1.
- Molinari, C., V. Lehsten, R. H. W. Bradshaw, M. J. Power, P. Harmand, A. Arneeth, J. O. Kaplan, B. Vanniere, and M. T. Sykes (2013), *Exploring potential drivers of European biomass burning over the Holocene: A data model analysis*, *Global Ecol. Biogeogr.*, 22(12), 1248–1260.
- Moreno, J. et al. (2013) *Current fire regimes, impacts and the likely changes VI: Mediterranean*. J.G. Goldammer (Ed.), *Vegetation Fires and Global Change. Challenges for Concerted International Action*. A White Paper directed to the United Nations and International Organizations, Kessel Publishing House, Remagen-Oberwinter (2013), pp. 115-131
- Moore, I. D. and Wilson, J. P. (1992) *Length-slope factors for the Revised Universal Soil Loss Equation: Simplified method of estimation*. Available at: www.swcs.org (Accessed: 21 April 2020).

- Napper, C. (2006) BAER – Burned Area Emergency Response Treatments Catalog. USDA Forest Service. Watershed, Soil, Air Management 0625 1801 –STDTDC. San Dimas, California
- Nasseri, I. (1988) Frequency of floods from burned chaparral watershed. Proceeding of the symposium on fire and watershed management. G. T. R. PSW-109. Berkeley, California, USDA (Forest Service).
- Ne’eman, G., and A. Perevolotsky. (2000). The management of burned forests in Israel. Pages 321-333 in G. Ne’eman, and L.Trabaud, editors. Ecology, biogeography and management of *Pinus halepensis* and *P. brutia* forest ecosystems in the Mediterranean Basin. Backhuys Publishers, Leiden, The Netherlands.
- Oliva, P., Martín, P. and Chuvieco, E. (2011) ‘Burned area mapping with MERIS post-fire image’, *International Journal of Remote Sensing*. Taylor and Francis Ltd., 32(15), pp. 4175–4201. doi: 10.1080/01431161.2010.489062.,
- Parveen, R. and Kumar, U. (2012) ‘Integrated Approach of Universal Soil Loss Equation (USLE) and Geographical Information System (GIS) for Soil Loss Risk Assessment in Upper South Koel Basin, Jharkhand’, *Journal of Geographic Information System. Scientific Research Publishing, Inc*, 04(06), pp. 588–596. doi: 10.4236/jgis.2012.46061.
- Paula, S. et al. (2009). Fire-related traits for plant species of the Mediterranean Basin. *Ecology* 90:1420-1420.
- Pereira, J. M. C. et al. (1999) ‘Spectral characterisation and discrimination of burnt areas’, in *Remote Sensing of Large Wildfires*. Springer Berlin Heidelberg, pp. 123–138. doi: 10.1007/978-3-642-60164-4_7.
- Pereira, J. M. C. et al. (2004) ‘A simulation analysis of the detectability of understory burns in miombo woodlands’, *Remote Sensing of Environment*. Elsevier, 93(3), pp. 296–310. doi: 10.1016/j.rse.2004.01.009.
- Pfeffer, W.T., Harper, J.T., and O’Neel, S. (2008). Kinematic Constraints on Glacier Contributions to 21st-Century Sea-Level Rise. *Science* 321, 1340–1343.
- Pleniou, M. and Koutsias, N. (2013) ‘Sensitivity of spectral reflectance values to different burn and vegetation ratios: A multi-scale approach applied in a fire affected area’, *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*. Elsevier B.V., 79, pp. 199–210. doi: 10.1016/j.isprsjprs.2013.02.016.
- Pons, P., Henry, P., Gargallo, G. et al. Local survival after fire in Mediterranean shrublands: combining capture-recapture data over several bird species. *Popul Ecol* 45, 187–196 (2003). <https://doi.org/10.1007/s10144-003-0155-7>
- Pons, A.O., and P. Quezel. (1985). The history of the flora and vegetation and past and present human disturbance in the Mediterranean region. *Geobotany* 7:25-43.

- Rahmstorf, S. (2007). A Semi-Empirical Approach to Projecting Future Sea-Level Rise. *Science* 315, 368–370.
- Ressl, C. and Pfeifer, N. (2018) 'Evaluation of the elevation model influence on the orthorectification of Sentinel-2 satellite images over Austria', *European Journal of Remote Sensing*. Taylor and Francis Ltd., 51(1), pp. 693–709. doi: 10.1080/22797254.2018.1478676.
- Rodriguez, L. B. et al. (2008) 'Fully conservative coupling of HEC-RAS with MODFLOW to simulate stream-aquifer interactions in a drainage basin', *Journal of Hydrology*. Elsevier, 353(1–2), pp. 129–142. doi: 10.1016/j.jhydrol.2008.02.002.
- Roy, M. et al. (2006) 'Genetic inactivation of melanin-concentrating hormone receptor subtype I (MCHRI) in mice exerts anxiolytic-like behavioral effects', *Neuropsychopharmacology*, 31(1), pp. 112–120. doi: 10.1109/LGRS.2005.858485.
- Sader, S. A., Stone, T. A. and Joyce, A. T. (1990) 'Remote sensing of tropical forests: an overview of research and applications using non-photographic sensors', *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 56(10), pp. 1343–1351.
- Santos, N.D., Goncalves, G., 2014. Remote Sensing Applications BASED on Satellite Open Data (Landsat 8 and Sentinel-2). Conferência Nac. Geodesia.
- Schäuble, H., Marinoni, O. and Hinderer, M. (2008) 'A GIS-based method to calculate flow accumulation by considering dams and their specific operation time', *Computers and Geosciences*. Pergamon, 34(6), pp. 635–646. doi: 10.1016/j.cageo.2007.05.023.
- Silva, J. M. N. et al. (2004) 'Assessing the feasibility of a global model for multi-temporal burned area mapping using SPOT-VEGETATION data', *International Journal of Remote Sensing*. Taylor and Francis Ltd., 25(22), pp. 4889–4913. doi: 10.1080/01431160412331291251.
- Sola, I. et al. (2018) 'Assessment of atmospheric correction methods for Sentinel-2 images in Mediterranean landscapes', *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. Elsevier B.V., 73, pp. 63–76. doi: 10.1016/j.jag.2018.05.020.
- Terrain Analysis – Saga GIS tutorials (no date). Available at: <https://sagatutorials.wordpress.com/terrain-analysis/> (Accessed: 20 April 2019).
- Thorn, S. et al. (2018) 'Impacts of salvage logging on biodiversity: A meta-analysis', *Journal of Applied Ecology*. Blackwell Publishing Ltd, pp. 279–289. doi: 10.1111/1365-2664.12945.
- Tomaselli, R. (1977). Degradation of the Mediterranean maquis. Pages 33-72 in *Mediterranean forests and maquis: ecology, conservation and management*. MAB technical notes 2. UNESCO, Paris.
- Tomaselli, R. (1981b). Relations with other Ecosystems: temperate Evergreen Forests, Mediterranean Coniferous Forests, savannahs, Steppes and Desert shrublands. Pages 123-130 in F. Di Castri, D. W. Goodall, and R. L. Specht, editors. *Ecosystems of the world II: Mediterranean-type Shrublands*. Elsevier, Amsterdam.
- Torres, R. et al. (2012) 'GMES Sentinel-1 mission', *Remote Sensing of Environment*. Elsevier, 120, pp. 9–24. doi: 10.1016/j.rse.2011.05.028.

- Trigg, S. and Flasse, S. (2001) 'An evaluation of different bi-spectral spaces for discriminating burned shrub-savannah', *International Journal of Remote Sensing*, 22(13), pp. 2641–2647. doi: 10.1080/01431160110053185.
- U. S. Army Corps of Engineers (USACE), 2002. HEC-RAS, River Analysis System. Hydraulic Reference Manual (CPD_69). Version 3.1. Hydrologic Engineering Center. Davis, CA.
- USDA Forest Service. (1998). *Calculated Risk: A tool to improve Design Decisions*. Stream Notes. Stream Systems Technology Center, Rocky Mountain Station. USDA Forest Service. 2003. *Designing Log Contour Basins for Effectiveness*. Stream Notes. Stream Systems Technology Center, Rocky Mountain Research Station.
- USDA Forest Service. (2005). *Wildland fire in ecosystems: effects of fire on soils and water*. D.G. Neary, C. K. Ryan, and L. F. DeBano, editors. General Technical Reports. RMRS-GTR-42-V01.4. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. Ogden, UT.
- Vallejo, V. R., Arianoutsou, M. and Moreira, F. (2012) 'Fire Ecology and Post-Fire Restoration Approaches in Southern European Forest Types', in: Springer, Dordrecht, pp. 93–119. doi: 10.1007/978-94-007-2208-8_5.
- Van Der Werf, G. R. et al. (2003) 'Carbon emissions from fires in tropical and subtropical ecosystems', *Global Change Biology*. John Wiley & Sons, Ltd, 9(4), pp. 547–562. doi: 10.1046/j.1365-2486.2003.00604.x.
- van Leeuwen, T. T. et al. (2014) 'Biomass burning fuel consumption rates: a field measurement database', *Biogeosciences*. Copernicus GmbH, 11(24), pp. 7305–7329. doi: 10.5194/bg-11-7305-2014.
- Versini, P. A. et al. (2013) 'Hydrological impact of forest fires and climate change in a Mediterranean basin', *Natural Hazards*. Springer, 66(2), pp. 609–628. doi: 10.1007/s11069-012-0503-z.
- Vogiatzakis, I. (1999) *An appraisal of the Mediterranean flora and vegetation and its conservation needs*. Reading: Dep. of Geography Univ. of Reading.
- Vogiatzakis, I. N., Mannion, A. M. and Sarris, D. (2016) 'Mediterranean island biodiversity and climate change: the last 10,000 years and the future', *Biodiversity and Conservation*. Springer Netherlands, pp. 2597–2627. doi: 10.1007/s10531-016-1204-9.
- Vukomanovic, J. and Steelman, T. (2019) 'A Systematic Review of Relationships Between Mountain Wildfire and Ecosystem Services', *Landscape Ecology*. Springer Netherlands, 34(5), pp. 1179–1194. doi: 10.1007/s10980-019-00832-9.
- Wang, K. et al. (2010) 'Remote Sensing of Ecology, Biodiversity and Conservation: A Review from the Perspective of Remote Sensing Specialists', *Sensors*. Molecular Diversity Preservation International, 10(11), pp. 9647–9667. doi: 10.3390/s101109647.

- Ward, D. E. et al. (1996) 'Effect of fuel composition on combustion efficiency and emission factors for African savanna ecosystems', *Journal of Geophysical Research Atmospheres*. Blackwell Publishing Ltd, 101(19), pp. 23569–23576. doi: 10.1029/95jd02595.
- Whitcraft, A. et al. (2015) 'Meeting Earth Observation Requirements for Global Agricultural Monitoring: An Evaluation of the Revisit Capabilities of Current and Planned Moderate Resolution Optical Earth Observing Missions', *Remote Sensing*. MDPI AG, 7(2), pp. 1482–1503. doi: 10.3390/rs70201482.
- Whyte, W. (1970). *The last landscape*. Doubleday, New York.
- Yue, X. ai et al. (2015) 'The dynamic changes of vaginal microecosystem in patients with recurrent vulvovaginal candidiasis: a retrospective study of 800 patients', *Archives of Gynecology and Obstetrics*. Springer Verlag, 292(6), pp. 1285–1294. doi: 10.1007/s00404-015-3774-2.
- Zagas, Th., P. Ganatsas, Th. Tsitsoni, and M. Tsakalimi. (2004). Post fire regeneration of *Pinus halepensis* Mill., stands in the Sithonia peninsula, northern Greece. *Plant Ecology* 171:91-99.
- Καπετανόπουλος, Γ. (2001) 'Προσδιορισμός της κλίσης αντιστάθμισης με Η/Υ' 90987/1090/16-10-2001 Υπ. Γεωργίας.
- Καρέτσος, Γ. et al. (2012) 'Αποκατάσταση μεσογειακών δασικών οικοσυστημάτων'. Available at: <https://dasarxeio.com/2018/09/23/61144/> (Accessed: 5 March 2020).
- Καρτάλης, Κ. and Φειδάς, Χ. (2007) 'Αρχές και εφαρμογές δορυφορικής τηλεπισκόπησης'. Εκδόσεις Ε. Γκιούρδας.
- Κωτούλας, Δ. (2001) 'Όρεινή υδρονομική Τόμος Ι' Α.Π.Θ. , Θεσσαλονίκη.
- Κωτούλας Δ. (2001) 'Όρεινή υδρονομική Τόμος ΙΙβ', Υδρονομικά έργα. Α.Π.Θ. , Θεσσαλονίκη.
- Λαμπράκης, Ν. et al., (2015) 'Υδρολογία με χρήση Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών και δεδομένων Τηλεπισκόπησης'. Ελληνικά Ακαδημαϊκά Συγγράμματα και Βοηθήματα, Κάλλιπος, Αθήνα 2015
- Μαυρομμάτης, Γ. (1985). Οικοσυστήματα μεσογειακού τύπου. *Αγροτικά Θέματα* 3:4-6.
- Μηλιαρέσης, Γ. (2006) 'Φωτοερμηνεία Τηλεπισκόπηση'. Εκδόσεις ΙΩΝ.
- Μηλιαρέσης, Γ. (2004). Εφαρμογές των ΨΥΜΕ: Εργαστηριακές Ασκήσεις.
- Μηλιαρέσης, Γ. (2004). Υδρολογικές Λεκάνες: Σημειώσεις.
- Μηλιαρέσης, Γ. (2003) 'Φωτοερμηνεία Τηλεπισκόπηση'. Εκδόσεις ΙΩΝ.

- Μηλιαρέσης, Γ. (2003) 'Φωτοερμηνεία Τηλεπισκόπηση:Εργαστηριακές Ασκήσεις'. Εκδόσεις ΙΩΝ.
- Μιχόπουλος, Π. και Οικονόμου, Α. (2012). 'Το Δάσος: Μία Ολοκληρωμένη Προσέγγιση'. WWF Ελλάδα.
- Μπαλούτσος, Γ., Οικονόμου, Α. & Καούκης, Κ., 2001. Ο κίνδυνος της πλημμύρας σε λεκάνες απορροής μετά από πυρκαγιά. Ανάλυση του προβλήματος και άμεσα μέτρα μείωσης των επιπτώσεων.. Αθήνα, Γενική Γραμματεία Πολιτικής Προστασίας.
- Μπρόφας, Γ. (2011). Το τοπίο και μεταλλευτικές εκμεταλλεύσεις. Αυτοτελής έκδοση του Ινστιτούτου Μεσογειακών Δασικών Οικοσυστημάτων και Τεχνολογίας Δασικών Προϊόντων του ΕΘΙΑΓΕ, Αθήνα.
- Νάκος, Γ. (1991) 'Ταξινόμηση, χαρτογράφηση και αξιοποίηση των γαιών: τεχνικές προδιαγραφές. Ινστιτούτο Μεσογειακών Δασικών Οικοσυστημάτων και Τεχνολογίας Δασικών Προϊόντων', Αθήνα.
- Νάκος, Γ., Μαυρομάτης, Γ. και Jurdant, M. (1981). Ταξινόμηση, χαρτογράφηση και αξιολόγηση των γαιών στην περιοχή της Ευρυτανίας Αυτοτελείς Εκδόσεις της Διευθυνσεως Δασικών Ερευνών, Εφαρμογών και Εκπαιδεύσεων, Αριθ. 60, σελ. 134.
- Νάκος, Γ., Μιχόπουλος, Π., Οικονόμου, Α. και Καούκης, Α. (2009) 'Εκτίμηση της ποσότητας οργανικού άνθρακα στα ελληνικά δασικά εδάφη'. Ινστιτούτο Μεσογειακών Δασικών Οικοσυστημάτων και Τεχνολογίας Δασικών Προϊόντων, Αθήνα.
- Ντάφης, Σ. (1986α). Δασική Οικολογία. Εκδόσεις Γιαχούδη-Γιαπούλη, Θεσσαλονίκη.
- Ντάφης, Σ. 1986. Χειρισμός καταστραφέντων δασών από πυρκαγιά. Σελ. 110-116 στο Πρακτικά συνεδρίου «Προστασία των δασών», Αθήνα, Μάιος 1986. Ελληνική Δασολογική Εταιρεία, Θεσσαλονίκη.
- Ντάφης, Σ. (1987). Οικολογία των δασών χαλεπίου και τραχείας πεύκης. Σελ. 17-25 στο Πρακτικά 1ου επιστημονικού συνεδρίου για τη χαλέπιο και την τραχεία πεύκη, Χαλκίδα. Ελληνική Δασολογική Εταιρεία, Θεσσαλονίκη.
- Οικονόμου Α., Μιχόπουλος, Π., Βουλαλά, Μ., Μαυρουδή, Ουρ. και Τρ. Δασκαλάκης. (2007) 'Αποτελέσματα Ταξινόμησης, Χαρτογράφησης και Αξιολόγησης των Γαιών'. Αυτοτελής έκδοση του Ινστιτούτο Μεσογειακών Δασικών Οικοσυστημάτων και Τεχνολογίας Δασικών Προϊόντων, Αθήνα.
- Παρχαρίδης, Ι. (2015) 'Αρχές δορυφορικής τηλεπισκόπησης Θεωρία και Εφαρμογές'. Available at: https://repository.kallipos.gr/bitstream/11419/3960/1/helpdesk-master_doc.pdf. (Accessed: 05 March 2020)
- Παπαμίχος, Ν. (1985) Δασικά Εδάφη. Σχηματισμός, Ιδιότητες, Συμπεριφορά. ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη.

Περάκης, Κ., Φαρασλής, Ι. και Μωυσιάδης, Κ. (2015) 'Κεφάλαιο 1 Ηλεκτρομαγνητικό φάσμα και Τηλεπισκόπηση', Η τηλεπισκόπηση σε 13 ενότητες (e-book). Αθήνα: Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών. Available at: https://repository.kallipos.gr/bitstream/11419/1847/1/08_chapter_7.pdf (Accessed: 14 March 2020).

Περάκης, Κ., Φαρασλής, Ι. και Μωυσιάδης, Κ. (2015) 'Κεφάλαιο 3 Δορυφόροι και Αισθητήρες', Η τηλεπισκόπηση σε 13 ενότητες (e-book). Αθήνα: Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών. Available at: https://repository.kallipos.gr/bitstream/11419/1847/1/08_chapter_7.pdf (Accessed: 14 March 2020).

Περάκης, Κ., Φαρασλής, Ι. και Μωυσιάδης, Κ. (2015) 'Κεφάλαιο 7 Μετασχηματισμοί πολυφασματικών δορυφορικών εικόνων', Η τηλεπισκόπηση σε 13 ενότητες (e-book). Αθήνα: Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών. Available at: https://repository.kallipos.gr/bitstream/11419/1847/1/08_chapter_7.pdf (Accessed: 14 March 2020).

Προεδρικό Διάταγμα 696/1974 (ΦΕΚ 301/Α/08-10-1974)

«ΣΧΕΔΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΚΙΝΔΥΝΩΝ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ ΛΕΚΑΝΩΝ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΠΟΤΑΜΩΝ ΤΩΝ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑΤΗΣ ΧΩΡΑΣ» Εκτίμηση αριθμού καμπύλης απορροής C N με την μεθοδολογία SCS. (Available at: https://floods.ypeka.gr/egyfloods/reports/Ipologismos_CN.pdf (Accessed: 14 March 2020).

ΣΧΕΔΙΟ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΚΙΝΔΥΝΩΝ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ των Λεκανών Απορροής Ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας ΣΤΑΔΙΟ Ι 1 η ΦΑΣΗ- ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ 2 ΟΜΒΡΙΕΣ ΚΑΜΠΥΛΕΣ. (Available at: https://floods.ypeka.gr/egyFloods/gr07/Reports/I_1_P02_EL07.pdf (Accessed: 15 March 2020).

Στεφανίδης, Π. (2009) «Ορεινή Υδρονομική Ι (Διευθετήσεις ορεινών υδάτων Ι)», Πανεπιστημιακές παραδόσεις, σελ. 5-6, Τμήμα εκδόσεων ΑΠΘ, Έκδοση 2010-1011, Θεσσαλονίκη.

Χατζηστάθης, Α. 1975. Έδαφος και αναδασώσεις εις τον παραμεσόγειον χώρο. Εργαστήριο Δασοκομίας και Ορεινής Υδρονομικής. Θεσσαλονίκη.

Διαδικτυακές πηγές

<https://community.esri.com/thread/105831-arc-hydro-installation-versions-and-documentation>

<https://earthexplorer.usgs.gov/>

<http://effis.jrc.ec.europa.eu/>

<http://landsat.gsfc.nasa.gov>
https://sentinel.esa.int/documents/247904/685211/Sentinel-2_User_Handbook
<https://scihub.copernicus.eu>
<http://spaceflight101.com/copernicus/sentinel-2> (Accessed: 03 January 2020)
<http://www.cesbio.upstlse.fr>, (Accessed: 03 January 2020)
<https://www.civilprotection.gr/el/> (Accessed: 17 November 2019)
<http://www.et.gr/index.php/anazitisi-fek>
<http://www.et.gr/index.php/nomoi-proedrika-diatagmata> (Accessed: 17 November 2019)
http://www.euroedr.net/sites/default/files/images/inline/1-sentinel-2_mission_status_and_dias_overview_v1_gascon_20181009.pdf
<https://www.sentinel-hub.com/eoproducts/ndvi-normalized-difference-vegetation-index>)
https://www.teetdk.gr/documents/dasikoi_hartes/xlykas.pdf
<http://www.ypeka.gr/Default.aspx?tabid=252&language=el-GR> (Accessed: 16/11/2019)
<http://www.ypeka.gr/Default.aspx?tabid=595&language=el-GR>