



ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ, ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΩΝ & ΚΡΙΣΕΩΝ

POST GRADUATE PROGRAM
ENVIRONMENTAL, DISASTER & CRISES MANAGEMENT STRATEGIES

Μεταπτυχιακή Διατριβή Ειδίκευσης
Master Thesis

« Διερεύνηση του προσδιορισμού του συντελεστή τραχύτητας Manning με τη χρήση UAV και Matlab.»

«Estimation of Manning coefficient using unmanned aerial vehicles (UAV) or drones and photometry techniques »

Αντώνης Αντωνιάδης / Antonis Antoniadis

A.M. / R.N. : 18010

Ειδικές Εκδόσεις / Special Publications:

No. 2020106

Αθήνα, Ιούλιος 2020
Athens, July 2020



ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ, ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΩΝ & ΚΡΙΣΕΩΝ

POST GRADUATE PROGRAM
ENVIRONMENTAL, DISASTER & CRISES MANAGEMENT STRATEGIES

Μεταπτυχιακή Διατριβή Ειδίκευσης Master Thesis

«Διερεύνηση του προσδιορισμού του συντελεστή τραχύτητας Manning με τη χρήση UAV και Matlab»

« Estimation of Manning coefficient using unmanned aerial vehicles (UAV) or drones and photometry techniques »

Αντώνης Αντωνιάδης / Antonis Antoniadis

A.M. / R.N. : 18010

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή:

Δρ. Ευθύμιος Λέκκας,
Καθηγητής Ε.Κ.Π.Α

Δρ. «Κωνσταντίνος Σούκης»,
Ε.Δι.Π Ε.Κ.Π.Α

Δρ. Στυλιανός Λόζιος»,
Αναπλ. Καθηγητής Ε.Κ.Π.Α

Ειδική_Επ_Καθοδήγηση

Δρ Μιχαήλ Διακάκης

Ειδικές Εκδόσεις / Special Publications:

No. 2020106

**Αθήνα, Ιούλιος
2020**
Athens, July 2020

Περιεχόμενα

Περιεχόμενα	3
Περίληψη.....	4
Abstract.....	5
Πρόλογος ή/και Ευχαριστίες	6
Κατάλογος Πινάκων	7
Κατάλογος Εικόνων.....	8
Κεφάλαιο 1. Κλιματική αλλαγή και υδρομετεωρολογικές καταστροφές.....	9
1.1. Εισαγωγή.....	9
1.2. Θεσμικό Πλαίσιο	14
1.3. Πλημμύρες και πλημμυρικός κίνδυνος	15
1.3.1. Ορισμός – Τύποι πλημμυρών	15
1.3.2. Αιφνίδιες Αστικές Πλημμύρες	16
1.4. Η περίπτωση της πλημμύρας της Μάνδρα	22
1.4.1. Γεωγραφία της Μάνδρας Αττικής	22
1.4.2. Γεωλογία της περιοχής	23
1.4.3. Ιστορικό πλημμυρών	24
1.4.4. Η πλημύρα στις 15/11/2017.....	25
1.5. Ευρήματα από το Πόρισμα της Γενικής Επιθεωρήτριας Διοίκησης	28
1.6. Σκοπός της παρούσας εργασίας.....	34
Κεφάλαιο 2. Προσδιορισμός συντελεστή Manning με οπτική κοκκομετρία.....	35
2.1. Θεωρητικό Μέρος	35
2.2. Το πρόγραμμα BaseGrain και η χρήση του	37
2.2.1. Λίγα λόγια για το BaseGrain	37
2.2.2. Τρόπος χρήσης BaseGrain.....	38
2.2.3. Χρήση του BaseGrain στην περίπτωση της Μάνδρας.....	47
Κεφάλαιο 3. Αποτελέσματα	49
Κεφάλαιο 4. Συμπεράσματα - Προτάσεις.....	50
Βιβλιογραφία.....	53
Παράρτημα Α. Screen-Shots από το πρόγραμμα BaseGrain.....	54

Περίληψη

Ο συντελεστής τραχύτητας Manning αποτελεί μία βασική παράμετρο στον υπολογισμό της ροής εντός ανοικτών αγωγών. Η συμβολή του δε στον υπολογισμό πλημμυρικών απορροών τον καθιστά σημαντικό παράγοντα στην έρευνα υδρομετεωρολογικών καταστροφών, που τα τελευταία χρόνια παρουσιάζουν αύξηση λόγω της κλιματικής αλλαγής. Ο υπολογισμός αυτού του συντελεστή γίνεται εμπειρικά μέσω ειδικών εγχειριδίων, μια διαδικασία η οποία ενέχει ιδιαίτερα υψηλά επίπεδα αβεβαιότητας, και μέχρι και σήμερα αποτελεί ένα πρόβλημα για τον συγκεκριμένο επιστημονικό χώρο όπως για παράδειγμα τους γεωλόγους.

Στην παρούσα εργασία θα εξεταστεί κατά πόσο είναι εφικτό να προσδιοριστεί ο συντελεστής Manning με τη χρήση UAV (μη επανδρωμένα αεροσκάφη ή drone) και τις τεχνικές φωτογραμετρίας εντός της κοίτης σε συνδυασμό με την εφαρμογή ειδικών αλγορίθμων του λογισμικού Matlab.

Πιο συγκεκριμένα ο συντελεστής αυτός υπολογίζεται από τον τύπο: $n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4) * m$, όπου θα αναλυθεί παρακάτω στην εργασία. Γνωρίζοντας τον παράγοντα n αξιοποιούμε την εξίσωση $Q = (1.486/n)AR^{2/3}S_e^{1/2}$, για να υπολογιστεί η παροχή ενός ανοικτού αγωγού, που στην περίπτωση μας είναι δύο ποτάμια. Καθοριστικό ρόλο στην ακρίβεια του αποτελέσματος έχει ο συντελεστής n_0 που δίνεται από την εξίσωση $n_0 = 0.0926R^{1/6} / (0.35 + 2 \log(R/d_{50}))$. Παράλληλα θα παρουσιαστεί η διαδικασία μέσω της οποίας, με τη χρήση φωτογραφομετρίας και μίας εφαρμογής λογισμικού Matlab, μπορεί να προσδιοριστεί το d_{50} , δηλαδή η μέση διάμετρος που αντιστοιχεί στο 50% των κόκκων της κοίτης ενός ποταμού.

Στο πλαίσιο της εργασίας θα υπολογιστεί ο συντελεστής Manning για για δύο ποτάμια, που βρίσκονται στην περιοχή της Μάνδρας Αττικής, την Αγία Αικατερίνη και τις Σούρες και προκάλεσαν τις καταστροφικές πλημμύρες στις 15/11/2017, μετά την έντονη και ξαφνική βροχόπτωση που έπληξε την περιοχή. Αφού παρουσιαστεί αναλυτικά ο τρόπος προσδιορισμού του συντελεστή καθώς και ο τρόπος χρήσης του προγράμματος BaseGrain, θα γίνει σύγκριση του αποτελέσματος που έχει προκύψει, με εκείνο που έχει υπολογιστεί με την παραδοσιακή, εμπειρική μέθοδο. Εν κατακλείδι θα γίνει αναφορά στα θετικά αλλά και στα αρνητικά της μεθόδου που χρησιμοποιήθηκε.

Λέξεις κλειδιά: Συντελεστής Τραχύτητας Manning, Φωτογραφομετρία, Matlab, BaseGrain
Πλημμύρες, Μάνδρα

Abstract

The «Manning roughness coefficient» is a key parameter in the calculation of flow within open conductors [open channel flow]. The coefficient's contribution to flood runoff calculation makes it an important factor in hydro-meteorological disaster research, which in recent years has seen an increase due to climate change. The estimation [computation] of this coefficient is done empirically by the use of special manuals, a process that involves particularly high levels of uncertainty. Currently, it creates significant problems to scientists researching natural disasters, floods, climate change etc, such as geologists. This paper examines whether it is possible to determine (calculate) the Manning coefficient using unmanned aerial vehicles (UAV) or drones and photometry techniques within the river bed, in combination with the application of special algorithms of the Matlab software. Specifically, this coefficient is calculated by the formula: $n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4) * m$ [the process is analyzed in the following chapters]. When the coefficient "n" is established, the equation $Q = (1.486/n)AR^{2/3}S_e^{1/2}$ is used, to calculate the discharge of an open conductor, which in our case are two rivers. The decisive factor in the results accuracy is the factor n^0 given by the equation $n_0 = 0.0926R^{1/6}/0.35 + 2\log(R/d_{50})$. In addition, we present the process through which, by using photometry and a Matlab software application, the d_{50} can be determined [i.e. the average diameter corresponding to the 50% of the grains within a riverbed]. In this study, the Manning coefficient for two rivers is calculated. These are located within the area of Mandra, Attica and are the "Agia Aikaterini" and "Soures" rivers. They caused the catastrophic floods on November 15, 2017, after the intense and sudden rain that struck the area. We present in detail the way of determining [calculating] the coefficient as well as the way of using the BaseGrain program. Then we compare the obtained result with the one that has been calculated with the traditional, empirical method [i.e. compare the Manning coefficients calculated with the two different methods]. In conclusion, reference will be made to the pros and cons of the method used.

Keywords: Manning Roughness Coefficient, Photogrammetry, Matlab, BaseGrain, Natural disasters, climate change, Floods, Mandra Attica, Greece

Πρόλογος ή/και Ευχαριστίες

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια των μεταπτυχιακών μου σπουδών στο πρόγραμμα του Εθνικού Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών, «Στρατηγικές Διαχείρισης Περιβάλλοντος, Καταστροφών και Κρίσεων». Τελειώνοντας τις προπτυχιακές μου σπουδές στο τμήμα Γεωλογίας και Γεωπεριβάλλοντος του Ε.Κ.Π.Α, πήρα την απόφαση να εγγραφώ και να παρακολουθήσω το πρόγραμμα των μεταπτυχιακών αυτών σπουδών με τίτλο «Στρατηγικές Διαχείρισης Καταστροφών και Κρίσεων στους Διοικητικούς και Αναπτυξιακούς Τομείς».

Από το σύνολο των θεματικών αντικειμένων που διδάχτηκα, το ενδιαφέρον μου εστιάστηκε στις πλημμύρες, που στην εποχή μας λόγω της κλιματικής αλλαγής παρουσιάζουν αισθητή αύξηση, την αιτία που αυτές εκδηλώνονται, τις επιπτώσεις που αυτές προκαλούν στην κοινωνία και ιδιαίτερα στις δυνατότητες που η επιστήμη μας δίνει έτσι ώστε αυτές να αποτρέπονται. Με αφορμή την παρουσίαση του κ. Διακάκη, με θέμα την καταστροφική πλημμύρα που πραγματοποιήθηκε στην Μάνδρα στις 15/11/2017 αποφάσισα να αναζητήσω ένα θέμα για την εργασία μου που θα αφορούσε το συγκεκριμένο συμβάν.

Έτσι, μετά από συζήτηση με τον υπεύθυνο καθηγητή μου τον κ. Διακάκη, αποφάσισα να εκπονήσω την παρούσα εργασία, σε μια προσπάθεια να διαπιστωθεί, το κατά πόσο είναι εφικτό, η σύγχρονη τεχνολογία των drone, και πιο συγκεκριμένα της φωτογραφομετρίας με τη χρήση αλγορίθμων Matlab, να μας βοηθήσουν στο να προσδιορίσουμε με μεγαλύτερη ακρίβεια, από ότι με τη παραδοσιακή μέθοδο, την πιθανή παροχή ενός ποταμού κατά τη διάρκεια μιας ξαφνικής πλημμύρας.

Η πρωτοτυπία του θέματος δυσκόλεψε αρκετά την εξαγωγή αξιόπιστων αποτελεσμάτων, καθώς και την συγγραφή της παρούσας εργασίας, καθώς δεν υπάρχει μεγάλη παρουσία βιβλιογραφίας στην επιστημονική κοινότητα. Εδώ θέλω να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τον κ. Διακάκη για την εμπιστοσύνη και την βοήθεια που μου παρείχε, καθώς και την οικογένεια μου που με στηρίζει σε ότι απόφαση παίρνω στη ζωή μου.

Στόχος της παρούσας εργασίας είναι να δημιουργηθεί ένα «εγχειρίδιο» για το πρόγραμμα BaseGrain, να παρουσιαστεί αναλυτικά η μεθοδολογία και η διαδικασία μέσω της οποίας παράχθηκαν τα αποτελέσματα αλλά και να γίνει μία ουσιαστική αξιολόγηση του όλου εγχειρήματος, παρουσιάζοντας τόσο τα πλεονεκτήματά του, όσο και τα μειονεκτήματά του.

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1 (Aldridge and Garrett, 1973)	36
--	----

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1. Αριθμός πλημμυρικών φαινομένων ανά έτος από το 2006 έως το 2014 (Παγκοσμίως).....	11
Εικόνα 2. Παγκόσμια διαφορά στη μέση θερμοκρασία εδάφους σε σχέση με τη μέση θερμοκρασία του 20ου αιώνα σε βαθμούς Φαρενάιτ (1880 – 2016).	12
Εικόνα 3. Αύξηση του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα σε parts per million (1800 – 2016).....	13
Εικόνα 4. Αύξηση των φυσικών καταστροφών (1980 – 2016).	13
Εικόνα 5. Αποτέλεσμα αιφνίδιας αστικής πλημμύρας στο Χαλάνδρι στις 22/2/2013 (www.directnews.gr).....	16
Εικόνα 6. Συγκριτικό διάγραμμα απορροής πριν και μετά την αστικοποίηση μίας περιοχής (Παναγούλια, 2009).....	18
Εικόνα 7. Στατιστικά στοιχεία που αφορούν τις επιπτώσεις των πλημμυρών.....	19
Εικόνα 8. Διάγραμμα ροής με πιθανές επιπτώσεις λόγω πλημμυρικού φαινομένου (Parker).....	20
Εικόνα 9. Η περιοχή μελέτης (Μάνδρα Αττικής) καθώς και τα κύρια ρέματα που διέρχονται μέσα από αυτήν, βασισμένη στο Google Earth.....	23
Εικόνα 10. Φωτογραφία της περιοχής της Μάνδρας με drone μετά την πλημμύρα.....	25
Εικόνα 11. Διάγραμμα της ραγδιότητας (mm/h) της βροχόπτωσης τις μέρες της πλημμύρας.....	26
Εικόνα 12. Δορυφορική εικόνα από το google earth όπου φαίνονται τα δύο ποτάμια και η περιοχή που εκδηλώθηκε η πλημμύρα.....	27
Εικόνα 13. Εξισώσεις υπολογισμού συντελεστή Manning.....	37
Εικόνα 14. Εργαλείο φόρτωσης εικόνας.....	38
Εικόνα 15. Επιλογή εργαλείου εισαγωγής κλίμακας.....	39
Εικόνα 16. Εργαλείο «Scale»	39
Εικόνα 17. Εργαλείο «Crop»	40
Εικόνα 18. Εργαλείο «Test»	41
Εικόνα 19. Διαδικασία επεξεργασίας φωτογραφία από το πρόγραμμα.....	41
Εικόνα 20. Αποτέλεσμα μετά την επεξεργασία της εικόνας από το πρόγραμμα.....	42
Εικόνα 21. Καρτέλα παραμέτρων του βήματος 1.....	43
Εικόνα 22. Αποτέλεσμα βήματος 7 ^ο	43
Εικόνα 23. Εργαλεία Object και Photo.....	44
Εικόνα 24. Εργαλείο Result	45
Εικόνα 25. Εργαλεία Blank out Object, Merge, Poly - Merge και Export Data.....	45
Εικόνα 26. Εργαλείο εξαγωγής Excel	46
Εικόνα 27. Εξαγωγή Excel	47

Κεφάλαιο 1.

Κλιματική αλλαγή και υδρομετεωρολογικές καταστροφές

1.1. Εισαγωγή

Τα τελευταία χρόνια έχει γίνει ευρέως αποδεκτό ότι το κλίμα αλλάζει σε παγκόσμια κλίμακα. Ένας εύκολα παρατηρήσιμος δείκτης είναι η αύξηση της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος. Συγκεκριμένα, τα τελευταία 100 έτη η παγκόσμια θερμοκρασία έχει αυξηθεί κατά 0.75°C περίπου, ενώ τα τελευταία 25 έτη, ο ρυθμός θέρμανσης του πλανήτη έχει αυξηθεί σε άνω των 0.18°C ανά δεκαετία. Ως συνέπεια της κλιματικής αλλαγής, που οφείλεται στην αύξηση των ποσοτήτων διοξειδίου του άνθρακα και άλλων αερίων -των λεγομένων αερίων του θερμοκηπίου- από την ανθρώπινη δραστηριότητα, παρατηρείται αύξηση της στάθμης της θάλασσας, λιώσιμο των πάγων και αλλαγή στην τυπολογία των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων. Η μείωση του ατμοσφαιρικού όζοντος, και τα ακραία καιρικά φαινόμενα, παρουσιάζονται εντονότερα και πιο συχνά.

Ο όρος κλιματική αλλαγή αναφέρεται στη μεταβολή του Παγκοσμίου κλίματος και ειδικότερα σε μεταβολές των μετεωρολογικών συνθηκών που εκτείνονται σε μεγάλη χρονική κλίμακα.

Τέτοιου τύπου μεταβολές περιλαμβάνουν στατιστικά σημαντικές διακυμάνσεις ως προς τη μέση κατάσταση του κλίματος ή τη μεταβλητότητά του, που εκτείνονται σε βάθος χρόνου δεκαετιών ή περισσότερων ακόμα ετών. Οι κλιματικές αλλαγές οφείλονται σε φυσικές διαδικασίες, καθώς και σε ανθρώπινες δραστηριότητες με επιπτώσεις στο κλίμα, όπως η τροποποίηση της σύνθεσης της ατμόσφαιρας. Στη Σύμβαση-Πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για τις Κλιματικές Μεταβολές (UNFCCC), η κλιματική αλλαγή ορίζεται ειδικότερα ως η μεταβολή στο κλίμα που οφείλεται άμεσα ή έμμεσα σε ανθρώπινες δραστηριότητες, διακρίνοντας τον όρο από την κλιματική μεταβλητότητα που έχει φυσικά αίτια. (Wikipedia)

Τα αέρια του θερμοκηπίου (CO_2) εκπέμπονται μέσω φυσικών διεργασιών και ανθρώπινων δραστηριοτήτων. Το σημαντικότερο φυσικό αέριο θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα είναι οι υδρατμοί. Ωστόσο, οι ανθρώπινες δραστηριότητες παράγουν μεγάλες ποσότητες και άλλων αερίων θερμοκηπίου προκαλώντας αύξηση των συγκεντρώσεων τους στην ατμόσφαιρα. Αυτά συντελούν με τη σειρά τους στο φαινόμενο του θερμοκηπίου και στην αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη. Οι κύριες πηγές των αερίων θερμοκηπίου που προκαλούνται από τον άνθρωπο είναι:

- καύση ορυκτών καυσίμων (άνθρακας, πετρέλαιο και αέριο) για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, τις μεταφορές, τη βιομηχανία και τα νοικοκυριά (CO_2).
- γεωργία (CH_4) και αλλαγές στη χρήση γης, όπως η αποψίλωση των δασών (CO_2).
- Ανεξέλεγκτη η και υγειονομική ταφή απορριμμάτων (CH_4).

- χρήση βιομηχανικών φθοριούχων αερίων. Η αλλαγή του κλίματος έχει ήδη εμφανή αποτελέσματα, που εκτείνονται από την αύξηση της θερμοκρασίας έως την άνοδο της στάθμης της θάλασσας σαν αποτέλεσμα της τήξης των πολικών παγετών, καθώς και τη συχνότερη εμφάνιση καταιγίδων και πλημμυρών. Οι μεταβολές αυτές επιφέρουν με τη σειρά τους σοβαρές επιπτώσεις στην ακεραιότητα των οικοσυστημάτων, τους υδατικούς πόρους, τη δημόσια υγεία, την προσφορά τροφής, τη βιομηχανία, τις γεωργικές καλλιέργειες, τις μεταφορές και τις υποδομές. Η σοβαρότητα των αναμενόμενων επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής κυμαίνεται ανάλογα με την γεωγραφική περιφέρεια. Τα στοιχεία, από τις πλέον πρόσφατες επιστημονικές διαπιστώσεις, στις οποίες προέβη η Διακυβερνητική Ομάδα για την Κλιματική Αλλαγή (Intergovernmental Panel for Climate Change - IPCC) στο πλαίσιο της 5ης έκθεσης αξιολόγησης, επιβεβαιώνουν πέραν πάσης αμφιβολίας τις αρνητικές επιπτώσεις της αλλαγής του κλίματος. (www.ypeka.gr)

Σύμφωνα με το Πρόγραμμα των Ηνωμένων Εθνών για την κλιματική αλλαγή, η κυριότερη αιτία για τις συχνότερες και εντονότερες φυσικές καταστροφές είναι η κλιματική αλλαγή η οποία ενισχύει την εμφάνιση πλημμυρών και πυρκαγιών. Ειδικότερα, οι καταστροφές που σχετίζονται με τον καιρό μπορούν να διαιρεθούν σε μετεωρολογικές (τυφώνες, θύελλες, ισχυρές βροχοπτώσεις κ.α.), υδρολογικές (πλημμύρες, κατολισθήσεις, χιονοστιβάδες κ.α.) και κλιματολογικές (καύσωνες, κύματα ψύχους, ξηρασίες, πυρκαγιές κ.α.).

«Ο Μάιος του 2020 ήταν κατά 0,63 βαθμό Κελσίου θερμότερος από τον μέσο όρο του μήνα την περίοδο 1981-2010. Αυτό τον καθιστά τον πιο ζεστό Μάιο που έχουμε καταγράψει από τότε που διατηρούνται αρχεία, μπροστά και από τον Μάιο του 2016 και τον Μάιο του 2017», επεσήμανε ο Κοπέρνικος σε ανακοίνωσή του σήμερα, Παγκόσμια Ημέρα Περιβάλλοντος.

Θερμοκρασίες πολύ πάνω από τις κανονικές καταγράφηκαν στη Σιβηρία, με τη θερμοκρασία να είναι σχεδόν 10 βαθμούς Κελσίου πάνω από το συνηθισμένο. Στο βορειοδυτικό τμήμα της Σιβηρίας το λιώσιμο των πάγων στους ποταμούς Ομπ και Γιενισίεϊ δεν έχει αρχίσει ποτέ τόσο νωρίς, διευκρίνισε η ευρωπαϊκή υπηρεσία. Επίσης η άνοιξη ήταν ιδιαίτερα ζεστή σε μεγάλο μέρος της Αρκτικής, κυρίως στη δυτική Αλάσκα, αλλά και στην Ανταρκτική. Σε παγκόσμιο επίπεδο η Κοπέρνικος υπογράμμισε ότι οι δώδεκα μήνες από τον Ιούνιο του 2019 ως τον Μάιο του 2020 ήταν εξίσου ζεστοί με την πιο ζεστή χρονιά που έχει καταγραφεί ποτέ – από τον Οκτώβριο του 2015 ως τον Σεπτέμβριο του 2016-- με τη θερμοκρασία να είναι 0,7 βαθμό Κελσίου πάνω από το κανονικό.

Εξαιτίας της κλιματικής αλλαγής που προκαλούν οι εκλύσεις αερίων του θερμοκηπίου η θερμοκρασία της Γης έχει ήδη αυξηθεί κατά έναν βαθμό Κελσίου σε σχέση με την προβιομηχανική περίοδο προκαλώντας ακραία καιρικά φαινόμενα, όπως ξηρασία, καύσωνες και πλημμύρες.

Το 2019 ήταν ήδη η δεύτερη πιο ζεστή χρονιά που έχει καταγραφεί ποτέ, μετά το 2016, και οι ειδικοί αναμένουν ότι η παγκόσμια μέση θερμοκρασία θα σπάσει νέο ρεκόρ την επόμενη πενταετία (2020-2024).

Σε ότι αφορά την Ελλάδα, πρόσφατη μελέτη του Εθνικού Αστεροσκοπείου, η οποία παρουσιάστηκε μέσα από την νέα ενότητα του Οικοσκοπίου «Κλιματική αλλαγή και δασικές πυρκαγιές», έδειξε ότι αναμένεται να αλλάξει δραματικά ο χάρτης της χώρας μέχρι το τέλος του αιώνα που διανύεται, λόγω της κλιματικής αλλαγής. Οι ημέρες καύσωνα θα πενταπλασιάζονται

μέχρι το 2100 και τα δάση μας θα αντιμετωπίζουν άμεση απειλή πυρκαγιάς για 30 επιπλέον μέρες σε σχέση με σήμερα.

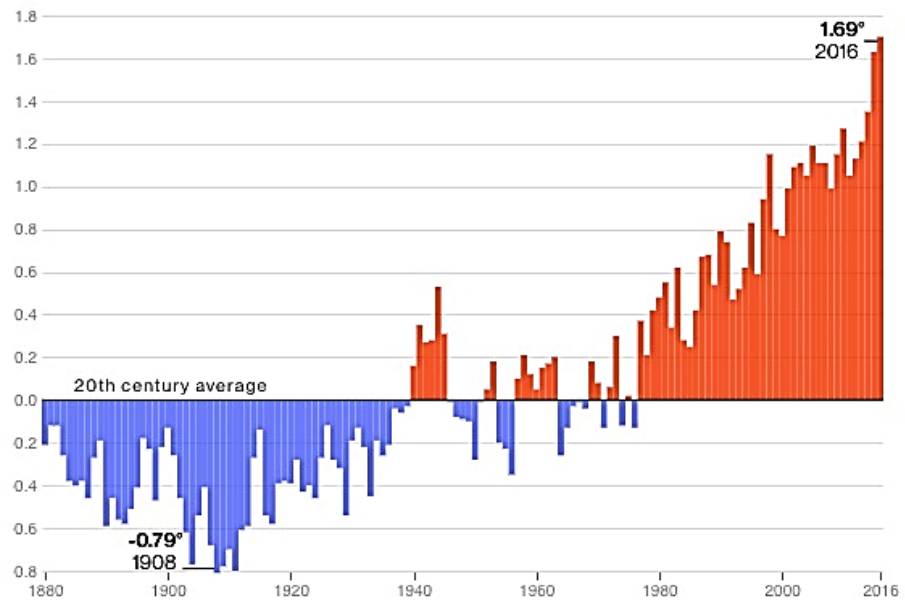
Οι πολιτικές διαχείρισης φυσικών & περιβαλλοντικών καταστροφών πρέπει ενσωματώνουν πολιτικές πρόληψης και αντιμετώπισης των συνεπειών της κλιματικής αλλαγής. Είναι απαραίτητο διότι όπως φαίνεται το κόστος σε ανθρώπινες ζωές θα αυξάνεται γεωμετρικά, ενώ το κόστος αποκατάστασης ζημιών θα αυξάνεται εκθετικά.



Εικόνα 1. Αριθμός πλημμυρικών φαινομένων ανά έτος από το 2006 έως το 2014 (Παγκοσμίως).

Στα παρακάτω γραφήματα παρουσιάζεται κατά σειρά 1. Η παγκόσμια διαφορά στη μέση θερμοκρασία εδάφους σε σχέση με τη μέση θερμοκρασία του 20^{ου} αιώνα σε βαθμούς Φαρενάιτ (1880 – 2016), 2. Η αύξηση του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα σε parts per million (ppm - 1800 – 2016), 3. Η αύξηση των φυσικών καταστροφών (1980 – 2016).

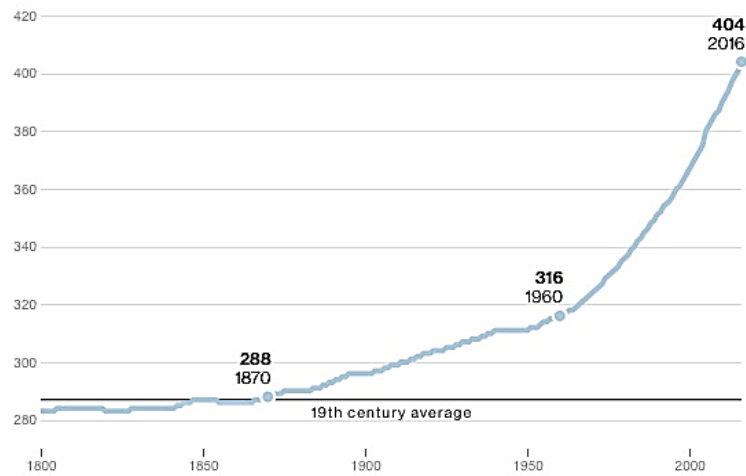
GLOBAL AVERAGE SURFACE TEMPERATURE, DIFFERENCE FROM 20TH-CENTURY AVERAGE (IN DEGREES FAHRENHEIT)



SOURCE: NOAA

Εικόνα 2. Παγκόσμια διαφορά στη μέση θερμοκρασία εδάφους σε σχέση με τη μέση θερμοκρασία του 20ου αιώνα σε βαθμούς Φαρενάιτ (1880 – 2016).

ATMOSPHERIC CARBON DIOXIDE, 1800-2016, IN PARTS PER MILLION

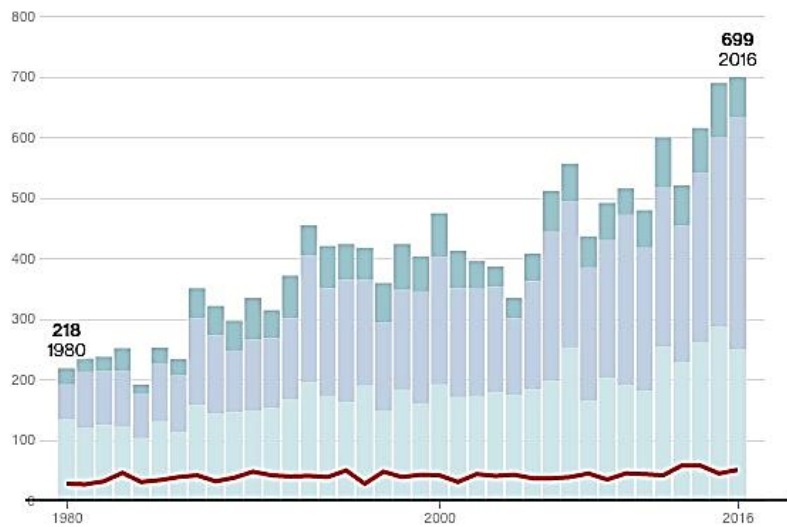


SOURCES: NOAA, CARBON DIOXIDE INFORMATION ANALYSIS CENTER

Εικόνα 3. Αύξηση του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα σε parts per million (1800 – 2016).

GLOBAL NATURAL DISASTERS, 1980-2016

● EARTHQUAKES, TSUNAMIS, VOLCANIC ACTIVITY ● STORMS
● FLOODS AND LANDSLIDES ● DROUGHTS, HEAT WAVES, AND FOREST FIRES



SOURCE: MUNICH RE NATCATSERVICE

Εικόνα 4. Αύξηση των φυσικών καταστροφών (1980 – 2016).

1.2. Θεσμικό Πλαίσιο

Το υφιστάμενο θεσμικό πλαίσιο αντιπλημμυρικής εμπειριέχει τα εξής:

1) Το ΠΔ 696/74 του οποίου οι προδιαγραφές που αντιστοιχούν σε υδραυλικά έργα μεγάλων λεκανών απορροής (υδροηλεκτρικά, φράγματα, αρδευτικά κ.λπ.) έχουν εφαρμοστεί διαχρονικά επιτυχώς, ωστόσο η εφαρμογή του (ορθολογική μέθοδος) για μικρές λεκάνες απορροής (<130km²) δεν ανταποκρίνονται στις σύγχρονες απαιτήσεις κατάρτισης των απαραίτητων υδρογραφημάτων (χρονική εξέλιξη πλημμυρικής απορροής) για τον ασφαλή σχεδιασμό των υδραυλικών έργων αντιπλημμυρικής προστασίας.

2) Οι **Οδηγίες Μελετών Οδικών Έργων (ΟΜΟΕ – ΑΣΥΕΟ/2002)** οι οποίες προτείνουν τη χρήση υδρογραφημάτων και καταιγίδων εφαρμογής σύγχρονων μεθόδων (συνθετικό μοναδιαίο υδρογράφημα, μέθοδος SCS κ.λπ.) για την υδραυλική αντιμετώπιση των οδικών έργων.

3) Ο ν. 4258/2014 περί διαδικασίας οριοθέτησης και ρυθμίσεις θεμάτων για τα υδατορέματα ο οποίος εκσυγχρονίζει το υφιστάμενο καθεστώς των οριοθετήσεων και απαιτεί στις αντιπλημμυρικές μελέτες οριοθετήσεων τον υπολογισμό και χωροθέτηση των οριογραμμών και ζωνών πλημμύρας της αδιευθέτητης ροής των ομβρίων για την προστασία των μελλοντικών χρήσεων γης των ζωνών πλημμύρας και την σκοπιμότητα των έργων διευθέτησης.

4) Η κοινή υπουργική απόφαση 140055/2017 (ΦΕΚ Β΄ 428/15.2.2017) περί τεχνικών προδιαγραφών σύνταξης του περιεχομένου του φακέλου οριοθέτησης κατ' εφαρμογή της παραγράφου 5 του άρθρου 2 του ν. 4258/2014 και διευκρινίσεις για την εφαρμογή της διαδικασίας οριοθέτησης.

5) Η Κοινοτική Οδηγία Πλαίσιο για τα Νερά 2000/60/ΕΚ και η Οδηγία 2007/60/ΕΚ για την αξιολόγηση και τη διαχείριση των κινδύνων πλημμύρας.

Αναφέρονται επίσης ότι εθνικό επίπεδο στο πλαίσιο του Νόμου 3013/2002 (ΦΕΚ 102Α/01/05/2002) περί «Πολιτικής Προστασίας και λοιπών διατάξεων», του Νόμου 3199/2003 (ΦΕΚ 280Α/09/12/2003) περί «Προστασίας και διαχείρισης των υδάτων – Εναρμόνιση με την Οδηγία 2000/60/ΕΚ» και στο πλαίσιο της Κοινής Υπουργικής Απόφασης 31822/1542/Ε103 (ΦΕΚ 1108Β/21/07/2010), η οποία ενσωματώνει την Οδηγία 2007/60/ΕΚ στο εθνικό δίκαιο καθώς και της εγκυκλίου υπ' αριθ. Πρωτ. 7824/16/11/2011 Εγκυκλίου της Γενικής Γραμματείας Πολιτικής Προστασίας με τίτλο «Σχεδιασμός και δράσεις πολιτικής προστασίας για την αντιμετώπιση κινδύνων από την εκδήλωση πλημμυρικών φαινομένων». Επίσης στο πλαίσιο του ΠΔ 696/1974 (ΦΕΚ 301Α/08/10/1974) για τον προσδιορισμό των βασικών μεγεθών σχεδιασμού και οι σχετικές οδηγίες, όπως η Οδηγία Μελετών Οδικών Έργων για την Αποχέτευση – Στράγγιση – Υδραυλικά Έργα Οδών (ΟΜΟΕ – ΑΣΥΕΟ).

1.3. Πλημμύρες και πλημμυρικός κίνδυνος

1.3.1. Ορισμός – Τύποι πλημμυρών

Ο όρος πλημμύρα, αναφέρεται στην προσωρινή κάλυψη, από νερό, εδάφους, το οποίο από κανονικές συνθήκες δεν καλύπτεται από νερό. Αυτό περιλαμβάνει, πλημμύρες από ποτάμια, ορεινούς χείμαρρους, εφήμερα ρέματα και πλημμύρες από τη θάλασσα σε παράκτιες περιοχές.

Η πλημμύρα είναι φυσικό φαινόμενο το οποίο επηρεάζεται από μια σειρά παράγοντες, όπως η βροχόπτωση, η γεωλογία, η βλάστηση, η χρήση γης, τα χαρακτηριστικά του ποταμού κ.α.. Αποτελούν τη δεύτερη πιο συχνή φυσική καταστροφή, μετά τις δασικές πυρκαγιές. Είναι αναμενόμενες και εκδηλώνονται είτε ως βραδείας εξέλιξης (ετήσιες) πλημμύρες οι οποίες δεν προκαλούν μεγάλες καταστροφές είτε ως ξαφνικά γεγονότα (flashfloods) που έχουν σοβαρές επιπτώσεις στις κοινωνίες που πλήττουν.

Οι πλημμύρες συμβαίνουν όταν η χωρητικότητα ενός συστήματος αποστράγγισης (ποτάμι / ρέμα) δεν μπορεί να παροχετεύσει τον όγκο του νερού που παράγεται από τη βροχόπτωση. Κατά συνέπεια σε κάποιο σημείο του συστήματος αποστράγγισης τα ύδατα βγαίνουν από την κοίτη (φυσική ή τεχνική) και καταλαμβάνουν τμήματα της χέρσου που συνήθως δεν καταλαμβάνονται από νερό. Η διαδικασία αυτή της υπερχείλισης ενός ποταμού εξαρτάται από τον όγκο του νερού που απορρέει μέσω του ποταμού σε σχέση με τον όγκο που μπορεί να «φιλοξενήσει» (παροχετεύσει) ο ποταμός αυτός ανά μονάδα χρόνου.

Οι πλημμύρες κατατάσσονται σε διαφορετικούς τύπους ανάλογα με το μηχανισμό δημιουργίας τους και τα χαρακτηριστικά τους. Σε πολλές περιπτώσεις ορισμένα συμβάντα έχουν μεικτά χαρακτηριστικά.

Τύποι Πλημμυρών

- Ποτάμιες πλημμύρες (River or fluvial floods)
- Αστικές πλημμύρες (Urban floods)
- Ξαφνικές πλημμύρες (Flash floods)
- Παράκτιες πλημμύρες (Coastal floods)
- Πλημμύρες από την αστοχία τεχνικού έργου
- (Dam-failure floods)
- Πλημμύρες από την τήξη χιονιού (Rain on snow floods)
- Πλημμύρες υπεδάφικου νερού (Groundwater floods)
- Πλημμύρες λόγω ice-jams (Ice-jam floods)
- Πλημμύρες Jökulhlaup (Jökulhlaup floods)

Οι τέσσερις πρώτες κατηγορίες αποτελούν τους πιο συνηθισμένους τύπους πλημμυρών στον Ελληνικό χώρο. (Διακάκης, Πλημμύρες & πλημμυρικός κίνδυνος)

1.3.2. Αιφνίδιες Αστικές Πλημμύρες

Οι αιφνίδιες αστικές πλημμύρες αποτελούν συμβάντα τα οποία περιέχουν μεικτά χαρακτηριστικά τόσο των *αστικών πλημμυρών*(urban floods), όσο και των *αιφνίδιων* (flashfloods).

Πιο συγκεκριμένα, το κύριο αίτιο των *αστικών πλημμυρών* είναι το μεγάλο ποσοστό αδιαπέρατων επιφανειών το οποίο δεν επιτρέπει την κατείσδυση των υδάτων της βροχόπτωσης στο υπέδαφος. Αντίθετα αυξάνει την ποσότητα των υδάτων που απορρέουν. Επίσης, επιδρά αρνητικά η σμίκρυνση των οδών διοχέτευσης των υδάτων λόγω κατασκευής γεφυρών, οδικών δικτύων, κτιρίων κλπ. καθώς και το μπάζωμα των υδατορευμάτων. Τα παραπάνω είναι απόρροια ανθρώπινης παρέμβασης και οφείλονται κατά ένα μεγάλο βαθμό στην έντονη, άναρχη και με τρόπο που δεν προστατεύει το περιβάλλον αστικοποίηση που επικρατεί αρκετές δεκαετίες στην Ελλάδα.

Οι *αιφνίδιες πλημμύρες* (flashfloods) είναι ο πιο συνηθισμένος τύπος πλημμυρών στον Ελλαδικό και Μεσογειακό χώρο. Προκύπτει από βροχοπτώσεις υψηλής έντασης (καταιγίδες) που δεν επιτρέπουν την αποστράγγιση των υδάτων, λόγω της γρήγορης συγκέντρωσης των υδάτων, με αποτέλεσμα την υπερχειλίση του συστήματος αποστράγγισης. Σε αυτές τις περιπτώσεις η ταχύτητα των υδάτων είναι πολύ υψηλή, ενισχύοντας την καταστρεπτικότητα της πλημμύρας καθώς και την μεταφορική ικανότητα των υδάτων, με αποτέλεσμα τη μεταφορά αυτοκινήτων, ογκόλιθων, εδαφικού υλικού, θραυσμάτων βλάστησης (κορμοί κλπ.). Η διάρκεια των πλημμυρών τύπου *flashflood* είναι περιορισμένη. Η κατάκλιση σε τέτοια συμβάντα διαρκεί έως και μερικές ώρες.



Εικόνα 5. Αποτέλεσμα αιφνίδιας αστικής πλημμύρας στο Χαλάνδρι στις 22/2/2013 (www.directnews.gr)

Μία πλημμύρα δημιουργείται όταν ο όγκος του νερού ανά μονάδα χρόνου είναι μεγαλύτερος από τον όγκο που μπορεί να παροχετευτεί ένα ποτάμι ανά μονάδα χρόνου, με αποτέλεσμα να υπερχειλίσει η κοίτη και επομένως να εκδηλωθεί πλημμύρα.

Το φυσικό πλαίσιο μίας πλημμύρας καθορίζεται από τα παρακάτω:

- Την η παροχή αιχμής και η αντίστοιχη στάθμη στο υδατόρευμα
- Τον ο πλημμυρικός όγκος
- Την χρονική διάρκεια

Επίσης τα μεγέθη των πλημμυρών συνδέονται με τα χαρακτηριστικά:

- της βροχόπτωσης (συνολικό ύψος, ένταση, διάρκεια)
- της λεκάνης απορροής (έκταση, συντελεστής απορροής, χρόνος συρροής)
- των υδατορευμάτων (διατομή, κλίση, τραχύτητα)

Γίνεται αντιληπτό λοιπόν, ότι τα φυσικά φαινόμενα που προκαλούν πλημμύρες δεν μπορούν να ελεγχθούν. Οι συνθήκες της λεκάνης απορροής όμως, είναι δυνατόν να τροποποιηθούν με την ανθρώπινη επέμβαση (αστικοποίηση, παρέμβαση στις γεωλογικές, γεωμορφολογικές, εδαφολογικές συνθήκες κλπ). Η αλλοίωση αυτή του φυσικού περιβάλλοντος έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση του πλημμυρικού όγκου και τη μείωση του χρόνου συρροής των νερών με αποτέλεσμα οι ζημιές που θα προκληθούν λόγω της πλημμύρας να είναι μεγαλύτερου μεγέθους.

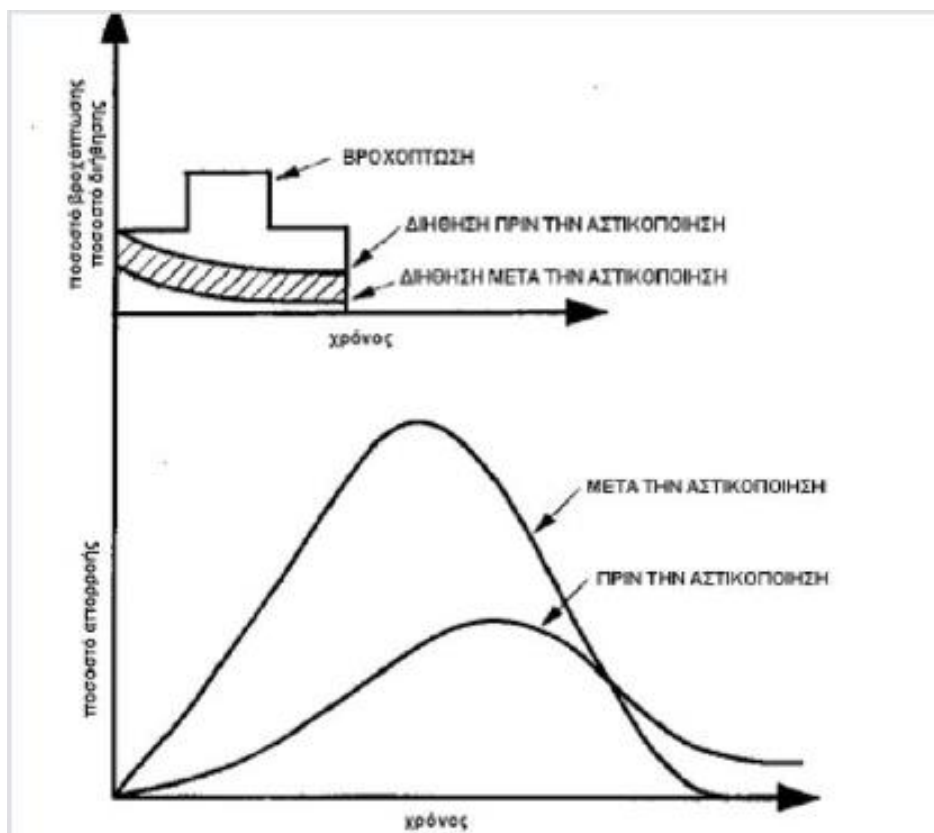
Η αύξηση των αστικών και βιομηχανικών περιοχών επιδεινώνει τα περιβαλλοντικά προβλήματα σε μία πόλη. Παράλληλα η έλλειψη αποτελεσματικού ελέγχου και σχεδιασμού του τρόπου δόμησης έχει σημαντικές επιπτώσεις στο αστικό μικροκλίμα. Η αντικατάσταση της βλάστησης και των φυσικών υλικών του εδάφους με κτήρια, δρόμους και ανθρωπογενή υλικά οδηγεί σε αλλαγή του θερμικού ισοζυγίου με αποτέλεσμα την αύξηση της θερμοκρασίας του αέρα και του εδάφους στις πόλεις, ειδικά στις πυκνοδομημένες περιοχές.

Παράλληλα με την αύξηση της θερμοκρασίας, το αστικό περιβάλλον επηρεάζει και άλλες κλιματικές παραμέτρους όπως:

- i. την ηλιακή ακτινοβολία, η οποία «εγκλωβίζεται» χαμηλά στο έδαφος λόγω των πολλαπλών ανακλάσεων μεταξύ των γειτονικών κτιρίων,
- ii. την ταχύτητα του ανέμου, η οποία μειώνεται εξαιτίας της αύξησης της τραχύτητας του εδάφους ενώ αλλάζει και η διεύθυνση του ανέμου λόγω της γεωμετρίας των πόλεων,
- iii. τη βροχόπτωση, οι αλλαγές της οποίας εξαρτώνται από τη γεωγραφική θέση κάθε πόλης και
- iv. τη νέφωση

Πιο συγκεκριμένα όταν στην υδραυλική λεκάνη υπάρχει εκτεταμένη αστικοποίηση, τότε μεγάλο μέρος των επιφανειών καλύπτεται από αδιαπέρατα υλικά (άσφαλτο και τσιμέντο). Αυτό οδηγεί σε σημαντική μείωση της κατείσδυσης των υδάτων στο υπέδαφος. Όσο μειώνεται η κατείσδυση, τόσο αυξάνεται η ποσότητα του νερού που απορρέει επιφανειακά, με αποτέλεσμα να αυξάνεται η στάθμη των ποταμών της περιοχής. (Κωνσταντίνος Καρτάλης, Αναστάσιος Πολύδωρος, & Θάλεια Μαυράκου)

Λόγω της αστικοποίησης καταγράφονται μεγαλύτεροι όγκοι υδάτων, οι οποίοι κατά κανόνα απορρέουν προς την εκβολή ενός ποταμού πιο γρήγορα, δημιουργώντας πολύ υψηλές παροχές αιχμής, όπως φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα.



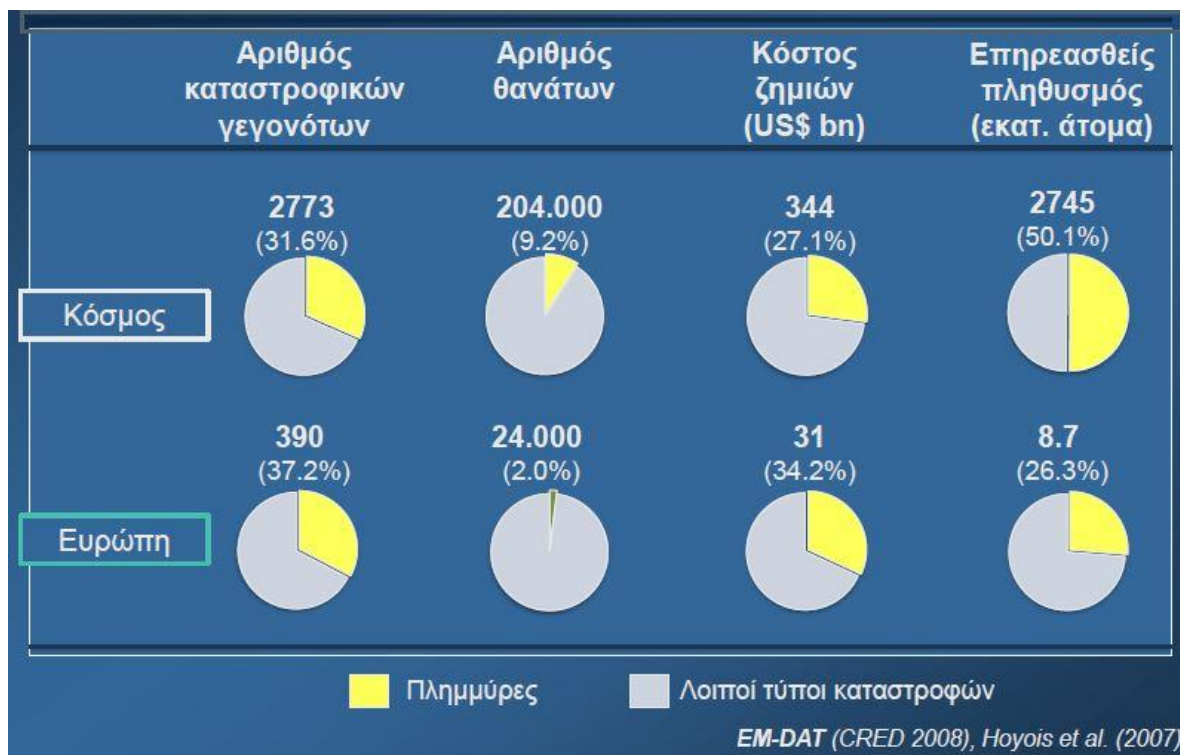
Εικόνα 6. Συγκριτικό διάγραμμα απορροής πριν και μετά την αστικοποίηση μίας περιοχής (Παναγούλια, 2009)

Αντίστοιχα, μία πυρκαγιά εντός μίας υδρολογικής λεκάνης επιδρά στον όγκο του νερού που απορρέει μετά από μία καταιγίδα. Πιο συγκεκριμένα, η βλάστηση, εκτός της διαπνοής, ενισχύει την κατεισδυση του νερού στου υπόγειους υδροφόρους ορίζοντες. Συνεπώς η απώλεια βλάστησης από μία πυρκαγιά μπορεί να αυξήσει την ποσότητα του νερού που απορρέει επιφανειακά και επομένως να αυξήσει τον πλημμυρικό κίνδυνο. (Διακάκης, Πλημμύρες &πλημμυρικός κίνδυνος)

Επιπροσθέτως, ένα μέρος του βρόχινου νερού πέφτει στα φύλλα των δέντρων και εξατμίζεται στην ατμόσφαιρα. Ταυτόχρονα, μειώνεται και η ένταση της πρόσκρουσης των σταγόνων της βροχής στο έδαφος με αποτέλεσμα να μειώνεται και η διάβρωση που προκαλείται σε αυτό. Τέλος οι ρίζες των δέντρων απορροφούν το νερό από το έδαφος, κάνοντας το πιο ξηρό, έτσι ώστε να μπορεί να κατεισδύσει μεγαλύτερη ποσότητα νερού, μειώνοντας την επιφανειακή απορροή, και συγκρατώντας το έδαφος, αποτρέποντας έτσι την δημιουργία λασπορροών και τη μετακίνηση ιζημάτων ή πετρωμάτων που ελαττώνουν την χωρητικότητα των ποταμών αλλά και των αντιπλημμυρικών αγωγών.

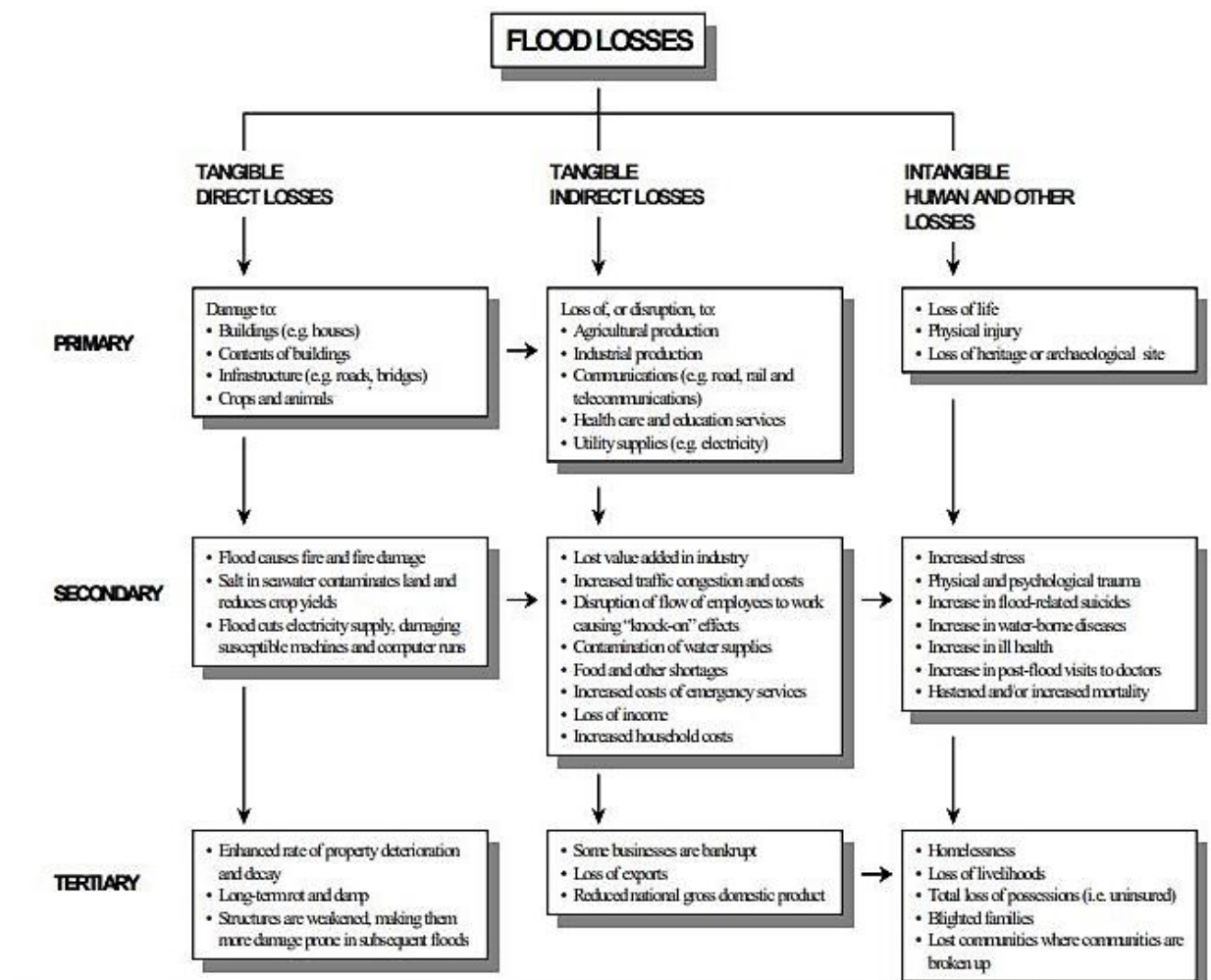
Χαρακτηριστικό παράδειγμα του ρόλου των πυρκαγιών των περιαστικών δασών στις αιφνίδιες αστικές πλημμύρες είναι η περιοχή Πάρανταις στην βόρεια Καλιφόρνια όπου έπειτα από τις μεγάλες πυρκαγιές που ισοπέδωσαν το δάσος ξέσπασε μία ξαφνική νεροποντή που προκάλεσε εκτεταμένες πλημμύρες θέτοντας σε κίνδυνο τις ζωές των κατοίκων τις περιοχής.

Οι πλημμύρες, τόσο παγκοσμίως, όσο και στην Ελλάδα αποτελούν ένα συχνό και επικίνδυνο φυσικό φαινόμενο που πλήττει ένα μεγάλο αριθμό πληθυσμού, προκαλώντας αρκετούς θανάτους αλλά και πολλές υλικές ζημιές, όπως φαίνεται στα παρακάτω στατιστικά στοιχεία.



Εικόνα 7. Στατιστικά στοιχεία που αφορούν τις επιπτώσεις των πλημμυρών.

Οι αιφνίδιες αστικές πλημμύρες (Urban Flash Floods), αποτελούν μία ιδιαίτερα επικίνδυνη κατηγορία αφού επηρεάζουν περιοχές με αυξημένο αριθμό κατοίκων (πόλεις, αγροτικές περιοχές κλπ.) και εκδηλώνονται ξαφνικά περιορίζοντας τον χρόνο αντίδρασης του πληθυσμού. Οι επιπτώσεις που προκαλούνται από τέτοιου είδους πλημμυρικά φαινόμενα είναι ανθρώπινες απώλειες ή τραυματισμοί, περιβαλλοντική υποβάθμιση ή καταστροφή και οικονομικές. Το παρακάτω σχεδιάγραμμα του Διεθνούς Οργανισμού Μετεωρολογίας αναφέρει πιθανές επιπτώσεις μίας αστικής πλημμύρας.



Εικόνα 8. Διάγραμμα ροής με πιθανές επιπτώσεις λόγω πλημμυρικού φαινομένου (Parker).

Στο παραπάνω διάγραμμα ροής φαίνονται οι επιπτώσεις των πλημμυρικών φαινομένων οι οποίες κατηγοριοποιούνται:

- Άμεσες απώλειες, δηλαδή απώλειες που προκαλούνται από τη φυσική επαφή των πλημμυρών με τον άνθρωπο, την ιδιοκτησία του ή άλλα αντικείμενα.
- Έμμεσες απώλειες, δηλαδή επιπτώσεις που προκαλούνται από τις άμεσες επιπτώσεις και εκδηλώνονται κατά την διάρκεια ή μετά το πέρας της πλημμύρας όπως για παράδειγμα, επιπτώσεις στις μεταφορές, επιχειρήσεις κλπ.

Και στις δύο κατηγορίες επιπτώσεων, υπάρχουν δύο υποκατηγορίες, ανάλογα με το εάν μπορούν ή όχι να εκτιμηθούν σε οικονομική αξία.

- Απτές απώλειες πραγμάτων που έχουν χρηματική αξία, για παράδειγμα, κτίρια, ζώα και υποδομές.
- Άυλες απώλειες πραγμάτων που δεν μπορούν να αγοραστούν και να πωληθούν. για παράδειγμα, ζωές και τραυματισμοί, αντικείμενα κληρονομιάς και αναμνηστικά

Πιο συγκεκριμένα, τα νερά της πλημμύρας είναι πιθανό να μεταφέρουν διάφορα αιχμηρά αντικείμενα, όπως θραύσματα γυαλιού ή μετάλλων, και να προκαλέσουν τραυματισμούς ή και μόλυνση. Μπορεί επίσης να μετακινήσει δέντρα, αυτοκίνητα αλλά και να προκαλέσει κατολισθητικά φαινόμενα ή ακόμα και λασποροές. Όλα τα παραπάνω σε συνδυασμό με την μεγάλη ταχύτητα του νερού μπορούν να προκαλέσουν τραυματισμό ή θάνατο στους ανθρώπους της περιοχής και να προκαλέσουν ιδιαίτερα μεγάλες υλικές ζημιές.

Επιπλέον, η ταχύτητα και ο όγκος του νερού, μπορούν να αλλάξουν γρήγορα, αιφνιδιάζοντας έτσι τους ανθρώπους που βρίσκονται σε εξωτερικούς χώρους τη στιγμή που το πλημμυρικό επεισόδιο λαμβάνει χώρα. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα, να μην μπορούν να διατηρήσουν την ισορροπία τους, και να παρασυρθούν από το νερό με κίνδυνο να πνιγούν.

Μια ακόμη ιδιαίτερα σημαντική επίπτωση των αιφνίδιων αστικών πλημμυρών είναι η μόλυνση και ρύπανση που μπορούν να προκαλέσουν στην ευρύτερη περιοχή.

Ορισμένες μολυσματικές ασθένειες, όπως οι γαστρεντερικές λοιμώξεις και η Ηπατίτιδα Α, μπορούν να εξαπλωθούν μέσω της επαφής με επιφάνειες που έχουν μολυνθεί από τα νερά της πλημμύρας. Η πιθανότητα εμφάνισης ασθενειών, αυξάνεται όταν τα πλημμυρικά ύδατα αναμειχθούν με νερά αποχέτευσης, λόγω υπερχειλίσις των αποχετευτικών συστημάτων, ή με γεωργικά ή με βιομηχανικά απόβλητα.

Σε αστικές περιοχές, η υπερχειλίσις αποχέτευσης μπορεί να αποτελέσει σημαντική πηγή ρύπανσης/μόλυνσης. Το νερό μπορεί να μεταφέρει επιβλαβείς ουσίες από δρόμους, εργοστάσια, υδρορροές και αποχετεύσεις, συμπεριλαμβανομένου και του πετρελαίου, των χημικών αποβλήτων και των αποβλήτων των αποχετεύσεων, και να τα αποθέσει σε δρόμους και αστικά υδάτινα ρεύματα. Το νερό αυτό εγκυμονεί κινδύνους για την ανθρώπινη υγεία αφού περιέχει τοξικά υλικά, οργανισμούς βλαβερούς για τον ανθρώπινο οργανισμό (E. Coli κλπ.) και ιούς που μπορεί να προκαλέσουν ασθένειες όπως αυτές που αναφέρθηκαν παραπάνω. Ταυτόχρονα αυξάνεται η πιθανότητα να προκληθούν λοιμώξεις από τα τραύματα, όπως δερματίτιδα, επιπεφυκίτιδα και λοιμώξεις στα αυτιά, τη μύτη και το εξαιτίας των μολυσμένων/ρυπασμένων υδάτων.

Πολύ μεγάλες είναι και οι υλικές ζημιές που λαμβάνουν χώρα κατά τη διάρκεια πλημμυρικών συμβάντων με αποτέλεσμα αρκετές φορές οι οικονομικές επιπτώσεις να είναι ιδιαίτερα μεγάλες. Ο μεγάλος όγκος νερού που κινείται με υψηλές ταχύτητας είναι πιθανό να προκαλέσει καταστροφές σε κτήρια, γέφυρες, δρόμους και αγροτικές εκτάσεις δημιουργώντας έτσι προβλήματα στην κυκλοφορία, την ηλεκτροδότηση, την βιομηχανική αλλά και αγροτική οικονομία της πληγείσας περιοχής. Μεγάλος είναι και ο κίνδυνος να ξεσπάσει φωτιά σε βιομηχανίες αλλά και σε άλλα κτήρια.

Απόρροια όλων των παραπάνω είναι πολλοί άνθρωποι να χάνουν τις περιουσίες τους και να μένουν άστεγοι. Επιπλέον, οι καταστροφές που έχει υποστεί η υποδομή της περιοχής, όπως δρόμοι, γέφυρες, δίκτυο ηλεκτροδότησης και ύδρευσης προκαλούν προβλήματα στην καθημερινότητα των κατοίκων της περιοχής, έως ότου αποκατασταθούν οι ζημιές που έχουν προκληθεί. Τέλος, οι οικονομικές απώλειες που προκαλούνται σε αρκετές επιχειρήσεις, βιομηχανίες αλλά και στον αγροτικό τομέα, συχνά είναι τόσο μεγάλες που οδηγούν στη χρεωκοπία με αποτέλεσμα να μένουν άνθρωποι χωρίς δουλεία.

1.4. Η περίπτωση της πλημμύρας της Μάνδρα

1.4.1. Γεωγραφία της Μάνδρας Αττικής

Η περιοχή μελέτης (Μάνδρα Αττικής) είναι περιοχή της Δυτικής Αττικής. Ανήκει στον Καλλικράτιο δήμο Μάνδρας-Ειδυλλίας (ΦΕΚ Α87 07/06/2010). Βρίσκεται στο δυτικό τμήμα του Θριάσιου Πεδίου, ανάμεσα από την Ελευσίνα και τα Μέγαρα.

Έχει έκταση 426 χλμ και καλύπτει περίπου το 11% της συνολικής έκτασης της περιφέρειας Αττικής. Το ανάγλυφο της περιοχής χαρακτηρίζεται κατά κύριο λόγο σαν ημιορεινό με το υψηλότερο σημείο στα 1380 μέτρα ενώ το μέσο υψόμετρο είναι περίπου 85 μέτρα. . Οι κύριοι ορεινοί όγκοι της περιοχής είναι το όρος Πατέρας στα δυτικά και η Πάρνηθα βορειότερα και ανατολικά του δήμου (<http://mandras-eidyllias.gr>)

Το υδρογραφικό δίκτυο της περιοχής δεν χαρακτηρίζεται από την ύπαρξη σημαντικών ποταμών αλλά κυρίως μικρούς και εποχικούς χείμαρρους. Το σημαντικότερο δίκτυο είναι ο ποταμός του Γιαννούλα που είναι στα όρια του δήμου προς τα ανατολικά και επηρεάζει κατά κύριο λόγο την περιοχή της Ελευσίνας (Εικόνες, 3) το οποίο όμως έχει τροποποιηθεί και καλυφθεί σε μεγάλο βαθμό από την συνεχόμενη ανάπτυξη του αστικού ιστού. Μικρότερα ρέματα είναι τα ρέματα της περιοχής μελέτης που διέρχονται μέσα από τον Δήμο είναι ο Σούρες, με τους παραπόταμους του Αγία Αικατερίνη και Κατερίνη. Άξιο αναφοράς είναι πως η συνένωση των ρεμάτων αυτών γίνεται ακριβώς στην έκταση του οικισμού της Μάνδρας.

Χαρακτηριστικό των ρεμάτων είναι πως λόγω της ανθρωπογενείς παρεμβάσεις, ενώ προς τα ανάντη είναι καλά διαμορφωμένα και χωρίς αλλοιώσεις, προς τα κατόντη είναι έντονα επιβαρυνμένα από πλήθος μικρών και μεγάλων κατασκευών. Σε πολλά σημεία του ρέματος η διατομή τους είναι ανεπαρκής ή και ανύπαρκτη, γεγονός που οδήγησε σε εκτεταμένες καταστροφές. Σαν αποτέλεσμα δεν υπάρχει ομαλή ροή των νερών προς την θάλασσα, λόγω των κτιρίων, μαντρών, αποθηκών και λοιπών παρεμβάσεων. (Dr. EfthymiosLekkas, Diakakis, & PhDCandidateEmmanouilAndreadakis)

Πιο αναλυτικά, το ρέμα Σούρες ξεκινά από τις κορυφές Μάλια και Δραμπαλέτα δυτικά-νοτιοδυτικά της Αγίας Σωτήρας, διέρχεται νότια αυτής και ακολουθώντας την παλαιά Εθνική Οδό Ελευσίνας-Θήβας, φθάνει στο ύψος της Μάνδρας, από όπου συνεχίζει ως ρ. Σούρες, (2017). Κατά τόπους το ρέμα έχει έντονα επηρεαστεί από μπάζα και άλλα υλικά που περιορίζουν την κοίτη και εμποδίζουν την ομαλή ροή του νερού.

Αναφέρουν επίσης χαρακτηριστικά οι Στασινός κ.α. (2017). πως κατά την διάνοιξη της Αττικής οδού τμήμα του ρέματος εκτράπηκε προς τον π. Σαρανταπόταμο (Ελευσίνα) μήκους περίπου 2,2 χιλιομέτρων. Το ρέμα είναι εγκιβωτισμένο προς τα κατόντη και η διατομή του είναι εξαιρετικά ελλιπής για να μπορέσει να αποδέσμευση όλο αυτόν τον όγκο νερού.

Πέρα από το ρέμα Σούρες, το ρέμα Αγ. Αικατερίνης επίσης επηρεάζει τον οικισμό της Μάνδρας και ίσως σε μεγαλύτερο βαθμό, καθώς διέρχεται μέσα από αυτόν. Αρχίζει από τα δυτικά της Μάνδρας από την κορυφή Κοροπούλη και με πορεία προς τα ανατολικά φθάνει στο δυτικό όριο της πόλης της Μάνδρας. Η φυσική κοίτη του ρέματος έχει υποστεί πολλές αλλαγές και είναι εγκιβωτισμένη. Στα όρια του οικισμού χάνεται εντελώς και διέρχεται μέσα από αυτόν. Πιο συγκεκριμένα οι δρόμοι Αγ. Αικατερίνη και Ευ. Κοροπούλη ακολουθούν την παλιά κοίτη του ρέματος (έκανα 2). Το ρέμα Αγ. Αικατερίνη ενώνεται με το ρέμα Σούρες, ακριβώς μετά το τέλος

του οικισμού ακολουθώντας στην συνέχεια την εγκιβωτισμένη κοίτη που περιγράφηκε προηγουμένως.

Το κλίμα της περιοχής μελέτης χαρακτηρίζεται σαν ξηρό με λίγες βροχοπτώσεις , (2014). Το μέσο ετήσιο ύψος υετού είναι περίπου 390 χιλιοστά τον χρόνο, κυρίως κατά τους μήνες από Οκτώβριο με Απρίλιο. Αντιθέτως, κατά τους θερινούς μήνες επικρατεί ξηρασία με ελάχιστες βροχοπτώσεις και σχετικά υψηλές θερμοκρασίες (έως τους 40 °C).



Εικόνα 9. Η περιοχή μελέτης (Μάνδρα Αττικής) καθώς και τα κύρια ρέματα που διέρχονται μέσα από αυτήν, βασισμένη στο Google Earth.

1.4.2. Γεωλογία της περιοχής

Η λιθολογία της περιοχής της περιοχής χαρακτηρίζεται κυρίως από μη-μεταμορφωμένα πετρώματα, μεταμορφωμένα πετρώματα βαθύτερων και ενδιάμεσων συνθηκών πίεσης και θερμοκρασίας, καθώς και θαλάσσια ιζήματα ρηχής φάσης, φλύσχη και Νεογενή έως σύγχρονα ιζήματα. Ουσιαστικά υπάρχουν τρεις μεγάλες λιθολογικές κατηγορίες, το μεταμορφωμένο υπόβαθρο, το μη μεταμορφωμένο υπόβαθρο και τα νεώτερα μεταλπικά ιζήματα.

Πιο αναλυτικά, η περιοχή της Πάρνηθας δομείται κατά κύριο λόγο από ανθρακικά ιζήματα του Κρητιδικού συνολικού πάχους περίπου 300 μέτρων πάνω από τα ανθρακικά πετρώματα του Ιουρασικού-Τριαδικού (~ 1 χλμ. πάχος). Τα ανθρακικά αυτά ιζήματα δομούν κατά κύριο λόγο και τον ορεινό όγκο της Πάρνηθας. Τέλος, τα κατώτερα ιζήματα που

περιγράφονται είναι φυλλίτες και ψαμμίτες του Τριαδικού πάχους περίπου 400 μέτρων φάση Haltstad), αργιλοψαμμίτες και αργιλικό σχιστόλιθο πάχους περίπου 700 μέτρων.

Το νότιο τμήμα της περιοχής δομείται κυρίως από Νεογενή ιζήματα αποτελούμενα από μάργες, άμμους και κροκάλες συνολικού πάχους περίπου 150 μέτρων, τα οποία καλύπτουν τα ιζήματα της Πελαγονικής ενότητας. Εμφανίζονται τμήμα της περιοχής εμφανίζονται Πλειστοκαινικά ιζήματα όχι σταθερού πάχους (έως τα 750 μέτρα περίπου), να υπέρκεινται του αλπικού υποβάθρου. Άξιο αναφοράς είναι τόσο ο βοιωτικός φλύσχης (εναλλαγές από ανθρακικά και πυριτικά πετρώματα πάχους περίπου 100 μέτρων), όσο και η σχιστοκερατολιθική διάπλαση της Βοιωτικής ενότητας, εναλλαγές δηλαδή αργιλικών σχιστόλιθων με ραδιολάριτες. Στρωματογραφικά υποκείμενα βρίσκονται τα ανθρακικά ιζήματα και οι δολομίτες του Τριαδικού-Ιουρασικού σημαντικού πάχους. Κατά κύριο λόγο το όρος Πατέρας δομείται από τα προαναφερθέντα ανθρακικά πετρώματα.

1.4.3. Ιστορικό πλημμυρών

Μετά από τον Β' παγκόσμιο, η πρώτη σοβαρή πλημμύρα εκδηλώθηκε το 1953 και ο 1961 με την υπερχείλιση του Σαρανταπόταμου, προς την πλευρά της Ελευσίνας κυρίως, ευτυχώς χωρίς να υπάρχουν ανθρωπινά θύματα. Το 1961 πάλι από εκτεταμένες πλημμύρες στην περιοχή της Αττικής, υπήρχαν θύματα στο Θριάσιο πεδίο, όχι όμως στην περιοχή της Μάνδρας. Μόλις μετά από μια δυο χρόνια, το 1963 έπειτα από την υπερχείλιση του Σούρες, του ρέματος που διέρχεται μέσα από την Μάνδρα έκτος από τις εκτεταμένες καταστροφές υπήρχε και ένας νεκρός στην περιοχή του Μπλόκου.

Οι πρώτες μεγάλες καταστροφές με σοβαρό αντίκτυπο σε ανθρώπινες ζωές ήταν τον Νοέμβριο του 1977, όπου τα ρέματα του Γιαννούλα και Μαυριώρα υπερχείλισαν. Ο τραγικός απολογισμός ήταν 20 θύματα στην Μάνδρα και στην ευρύτερη περιοχή, εκτεταμένες καταστροφές σε σπίτια, βιοτεχνίες και καλλιέργειες. Άξιο αναφοράς είναι επίσης πως απειλήθηκαν για πρώτη φορά και τα διυλιστήρια (ΕΛΠΕ) (εφsyn.16/11/2017).

Εκτεταμένες καταστροφές υπήρχαν και μετά την πλημμύρα του Φεβρουαρίου του 1978, όταν η γέφυρα Κουραμάνη, νοτιότερα του αεροδρομίου της Ελευσίνας, φράχτηκε από κορμούς δέντρων και φερτά υλικά. Λόγω της πλημμύρας απειλήθηκαν τόσο τα σπίτια της περιοχής, όσο και οι υποδομές της. Σοβαρές επιπτώσεις υπήρχαν στο οδικό και σιδηροδρομικό δίκτυο της περιοχής.

Παρ' όλες τις προσπάθειες αντιμετώπισης του φαινομένου, λόγω της έντονης αστικοποίησης κατά τη μεταπολίτευση παρατηρήθηκαν εκ νέου καταστροφές κατά την πλημμύρα του 1996, κατά κύριο λόγο στην περιοχή της Ελευσίνας και της Μάνδρας. Και πάλι λόγω των ρεμάτων Σούρες και Σαρανταπόταμου προκλήθηκαν εκτεταμένες καταστροφές τόσο σε σπίτια, όσο και σε αυτοκίνητα και στο οδικό δίκτυο της περιοχής. Το τραγικότερο όμως, ήταν η απώλεια δύο ανθρώπινων ζωών.

Το 2003 σημειώθηκαν πάλι καταστροφές από πλημμύρα, αυτή τη φορά χωρίς απώλειες ανθρώπινων ζωών.

1.4.4. Η πλημύρα στις 15/11/2017

Το τριήμερο Τετάρτης-Παρασκευής (14-16 Νοεμβρίου του 2017) αλληπάλληλες καταιγίδες οφειλόμενες σε έντονη αστάθεια στην ανώτερη ατμόσφαιρα προκάλεσαν βροχές και καταιγίδες σε μεγάλο μέρος της χώρας. Η περιοχή της Μάνδρας επηρεάστηκε από καταιγίδες τις πρώτες πρωινές ώρες της Τετάρτης 15 Νοεμβρίου. Η μελέτη των μετεωρολογικών και των δορυφορικών δεδομένων έδειξε μια ανατροφοδότηση καταιγίδων σε πολύ περιορισμένη περιοχή γύρω από το όρος Πατέρας στις πρώτες πρωινές ώρες τις 15ης και μέχρι το μεσημέρι της ίδιας ημέρας.

Η εντοπισμένη αυτή βροχόπτωση η οποία εκδηλώθηκε στα ορεινά τμήματα της περιοχής προκάλεσε ξαφνική πλημμύρα (flash flood) στις υδρολογικές λεκάνες της περιοχής και συγκεκριμένα των ρεμάτων που απορρέουν στην πεδιάδα της Νέας Περάμου και την πεδινή περιοχή της Μάνδρας και της ΒΙΠΕ Μάνδρας. Οι εν λόγω χείμαρροι ενεργοποίησαν τα αλλουβιακά ριπίδια που έχουν σχηματιστεί από την προσφορά ιζημάτων εντός του Τεταρτογενούς με αποτέλεσμα να προκληθούν πλημμύρες με μεγάλη ποσότητα φερτών υλικών (παρουσιάζονται παρακάτω). Οι περιοχές που κατακλύσθηκαν από ύδατα βρίσκονται πάνω στους γεωλογικούς σχηματισμούς των ριπιδίων.

Η δημιουργία και επέκταση των οικισμών κάθετα στη ροή του νερού και πάνω στα αλλουβιακά αυτά ριπίδια απέκοψαν την ομαλή αποστράγγιση των υδάτων προς τη θάλασσα με αποτέλεσμα τα ύδατα να πλημμυρίσουν τους οικισμούς. Η ανάπτυξη οδικών και σιδηροδρομικών αξόνων κάθετα στη ροή επίσης εκτιμάται ότι απέκοψε την ομαλή απορροή, με αποτέλεσμα η έκταση των πλημμυρικών υδάτων να ενισχυθεί ως προς το πλάτος.

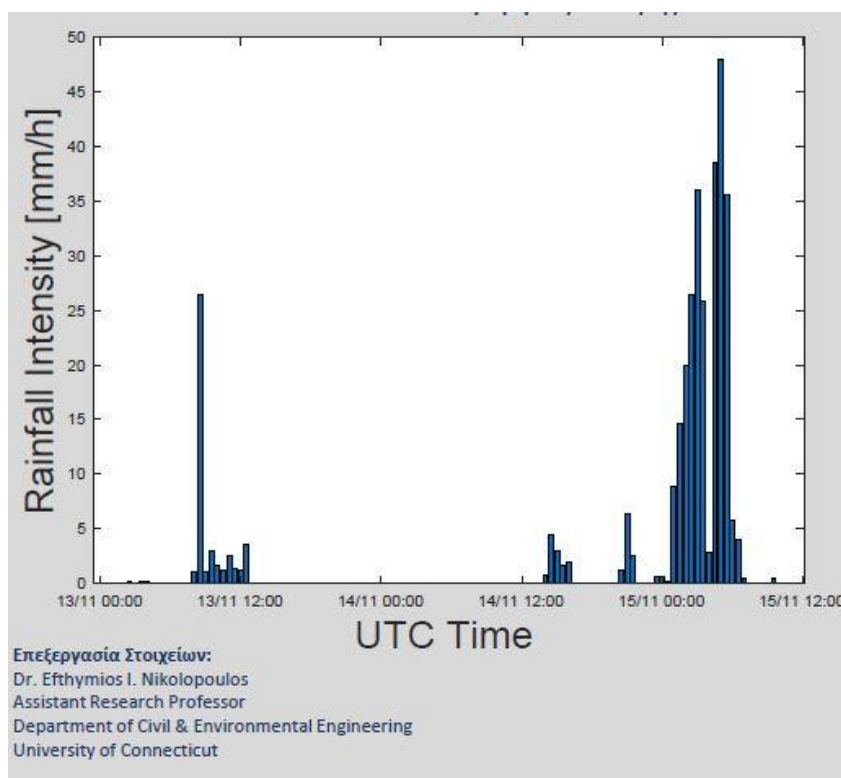


Εικόνα 10. Φωτογραφία της περιοχής της Μάνδρας με drone μετά την πλημμύρα.

Από την ανάλυση προκύπτει σημαντικά περιορισμένη χωρική εξάπλωση της καταιγίδας σε ότι αφορά την ένταση της βροχόπτωσης. Οι πεδινές εκτάσεις δέχθηκαν σημαντικά μικρότερα ποσά βροχής σε σχέση με τις πιο ορεινές. Εκτιμάται ότι οι κάτοικοι των περιοχών που

επλήγησαν βίωσαν πολύ μικρότερη ένταση βροχής από αυτή που έπεσε στα ορεινά και οδήγησε στην σημαντική απορροή των ρεμάτων. (ΚΥΡΙΑΚΟΣ-ΣΤΑΥΡΟΣΜΑΛΛΑΚΟΔΗΜΟΣ)

Η καταιγίδα που προκάλεσε την καταστροφική ξαφνική πλημμύρα που έπληξε τη Δυτική Αττική, χαρακτηρίστηκε από σύντομη διάρκεια και έντονα τοπικά επιλεκτική ένταση κατακρημνισμάτων. Αυτά τα δύο χαρακτηριστικά είναι τυπικά των καταιγίδων που προκαλούν ξαφνικές πλημμύρες στη Μεσόγειο. Το αποτέλεσμα υπολογισμού της βροχόπτωσης του IMERG (Integrated Multi-satellite Retrievals for GPM), που βασίζεται στην αποστολή της NASA για τη μέτρηση της παγκόσμιας βροχόπτωσης της (NASA Global Precipitation Measurement) κατέγραψε πολύ καλά όλα τα χωροχρονικά χαρακτηριστικά της καταιγίδας και μαρτυρά το ακραίο του γεγονότος. Σύμφωνα με αυτές τις αρχικές εκτιμήσεις, η περιοχή ανάντη της Μάνδρας δέχθηκε ~150mm βροχόπτωσης μέσα σε περίπου 7 ώρες (από τις 00:30-07:30 UTC στις 15 Νοεμβρίου 2017), μια ποσότητα που αντιστοιχεί περίπου στο 40% της ετήσιας βροχόπτωσης της περιοχής.



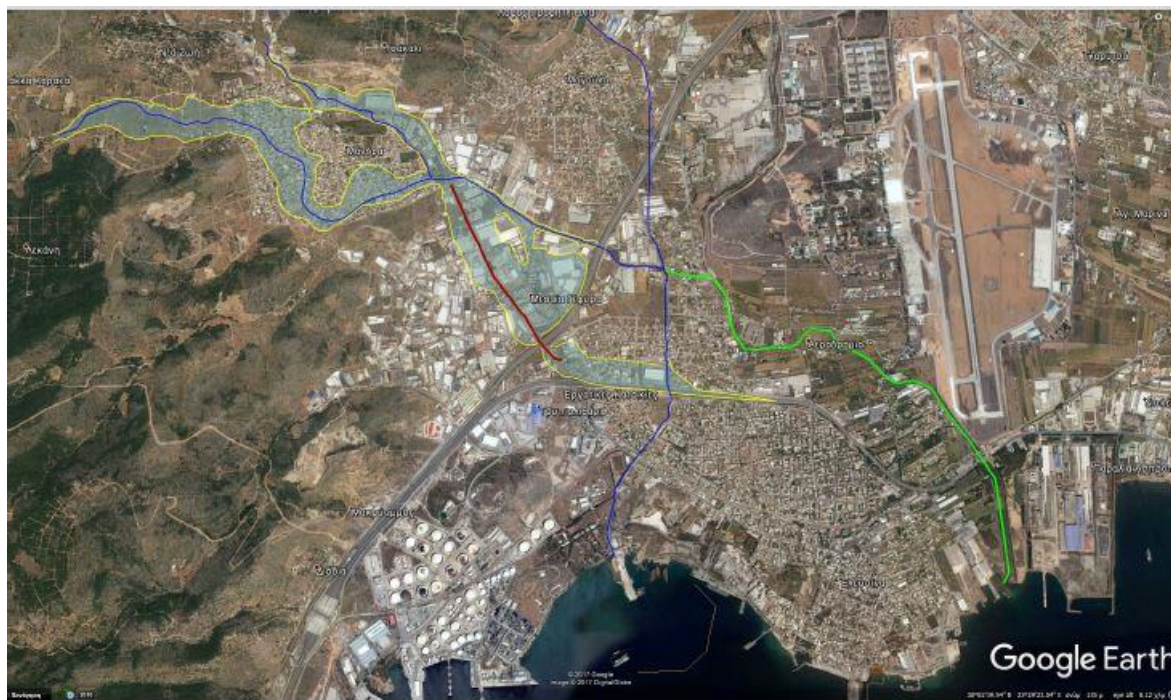
Εικόνα 11. Διάγραμμα της ραγδαιότητας (mm/h) της βροχόπτωσης τις μέρες της πλημμύρας.

Συμπερασματικά, από την αιφνίδια πλημμύρα που σημειώθηκε στις 15 Νοεμβρίου 2017 μετά από έντονη βροχόπτωση στη δυτική Αττική, με τραγικό απολογισμό 24 νεκρούς και ολοσχερή ή μερική καταστροφή πολλών υποδομών και περιουσιακών στοιχείων, επλήγησαν κυρίως οι περιοχές της Μάνδρας και της Νέας Περάμου.

Καταλυτικό ρόλο στο να λάβει χώρα μία τόσο μεγάλη καταστροφή, πέραν της σπανιότητας και της βιαιότητας του φαινομένου, συντέλεσαν οι αυθαίρετες ανθρώπινες παρεμβάσεις εντός της κοίτης των ρεμάτων, η ανεπάρκεια των υφιστάμενων τεχνικών έργων (είτε λόγω κατασκευής είτε λόγω μη καθαρισμού / συντήρησης) ή και πλήρους ανυπαρξία μέτρων αντιπλημμυρικής προστασίας και αποχέτευσης οδοποιίας σε κάποιες περιοχές. Επίσης συντέλεσαν εν μέρει οι αλλαγές τοπίου αφενός λόγω κάποιων μικρών καμένων εκτάσεων

ανάντη, και κυρίως λόγω των αστικών επεκτάσεων όπου η δόμηση παρεμποδίζει τη ροή των ρεμάτων.

Καθοριστικής σημασίας ήταν και η αστική επέκταση, που όπως προκύπτει από αεροφωτογραφίες τις τελευταίες 20ετίες παρεμπόδισε περαιτέρω τη φυσική ροή στην περίπτωση του ρέματος Σούρες, βόρεια της αστικής περιοχής της Μάνδρας. Ωστόσο η υπάρχουσα δόμηση προ εικοσαετίας παρεμπόδιζε ήδη τη φυσική ροή του ρέματος Αγίας Αικατερίνης/Κατσημίδα, εντός της αστικής περιοχής της Μάνδρας.



Εικόνα 12. Δορυφορική εικόνα από το google earth όπου φαίνονται τα δύο ποτάμια και η περιοχή που εκδηλώθηκε η πλημμύρα.

Το συνολικό ποσοστό των καμένων διαχρονικά εκτάσεων, ως προς την έκταση της λεκάνης απορροής, προκύπτει 34.56% από το σύστημα διαχρονικής χαρτογράφησης της υπηρεσίας Fire Hub. Ωστόσο αυτό οφείλεται ουσιαστικά στην παλαιότερη πυρκαγιά στο όρος Πατέρα, το έτος 1986, με ποσοστό 29.04%, έκταση η οποία έχει πλέον αναδασωθεί. Ομοίως έχει αναδασωθεί η επόμενη μεγαλύτερη καμένη έκταση από την πυρκαγιά ανατολικά της κοινότητας Παλαιοκούντουρα με ποσοστό 3.50% το έτος 1989. Όλες οι άλλες πυρκαγιές μαζί, μετά το 1989 έως και σήμερα, έκαψαν μόλις το 2.02% της λεκάνης απορροής. Συνεπώς η επιρροή των καμένων διαχρονικά εκτάσεων στην πλημμύρα κρίνεται μικρή.

Τέλος, μετά από αυτοψίες στην περιοχή, εμφανείς είναι σε αρκετές περιπτώσεις η ανεπάρκεια διατομής των ρεμάτων και των τεχνικών έργων, όπου αυτά υπήρχαν.

Αδιαμφισβήτητα, όσο μεγάλες και να ήταν οι καταστροφές που προκληθήκαν από την πλημμύρα, η πλημμύρα στις 15/11 άφησε πίσω της πολύ σημαντικότερες απώλειες. Συνολικά 23 άνθρωποι έχασαν την ζωή τους και δεκάδες είτε τραυματίστηκαν είτε διακομίστηκαν στο νοσοκομείο λόγω υποθερμίας. Άξιο αναφοράς είναι πως πολλά εκ των θυμάτων δεν βρέθηκαν στα σπίτια τους αλλά μακριά από αυτά.

1.5. Ευρήματα από το Πόρισμα της Γενικής Επιθεωρήτριας Διοίκησης

Σημειώνεται ότι το 2016 εκπονήθηκε το: «Σχέδιο Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας των Λεκανών Απορροής των Υδατικών Διαμερισμάτων Αττικής (GR06), όπου έχει γίνει ανάλυση των χαρακτηριστικών της περιοχής και των μηχανισμών πλημμύρας εντός των Ζωνών Δυνητικά Υψηλού Κινδύνου Πλημμύρας (ΖΔΥΚΠ).

Το σχέδιο αυτό βασίστηκε στην Οδηγία για τις πλημμύρες (Οδηγία 2007/60 / ΕΚ) η οποία θεσπίζει ένα εθνικό και ευρωπαϊκό πλαίσιο για την αξιολόγηση και τη διαχείριση των κινδύνων πλημμύρας, με στόχο τη μείωση των αρνητικών συνεπειών στην ανθρώπινη υγεία, το περιβάλλον, την πολιτιστική κληρονομιά και την οικονομική δραστηριότητα. Στη μελέτη αυτή έγινε Κατάρτιση Χαρτών Επικινδυνότητας Πλημμύρας και Χαρτών Κινδύνων Πλημμύρας, και Κατάρτιση Σχεδίων Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας (ΣΔΚΠ).

Όσον αφορά στην πληγείσα περιοχή, έχει προσδιοριστεί, μεταξύ άλλων περιοχών, ως Ζώνη Δυνητικά Υψηλού Κινδύνου Πλημμύρας (ΖΔΥΚΠ), η Χαμηλή ζώνη Ασπροπύργου - Ελευσίνας (GR06RAK0005). Στο πλαίσιο της Προκαταρκτικής Αξιολόγησης Κινδύνων Πλημμύρας στη χαμηλή ζώνη Ασπροπύργου - Ελευσίνας, έχουν καταγραφεί 5 ιστορικά συμβάντα εντός αυτής (ΖΔΥΚΠ), εκ των οποίων μόνο το ένα (1) (στις 27/1/1996 στο Σαρανταπόταμο) χαρακτηρίστηκε ως σημαντικό με βάση τα κριτήρια που έχει θέσει η μελέτη. Το μέγιστο πλήθος πληγέντων οικισμών παρατηρήθηκε το 2014 και 2015 (επεισόδιο 24/10/2014 και 27/02/2015 που έπληξε τους οικισμούς της Μάνδρας και του Ασπρόπυργου). Περαιτέρω, στη μελέτη αναφέρεται ότι τα μοναδικά διαθέσιμα βροχομετρικά στοιχεία στην περιοχή αυτή είναι από έναν και μοναδικό σταθμό στα κατάνη (Μάνδρα), που περιλαμβάνει, μόλις 11 υδρολογικά έτη. Τα ανωτέρω διαθέσιμα στοιχεία, δεν καταδεικνύουν το μέγεθος του προβλήματος της περιοχής της Μάνδρας, παρά μόνο προς τα κατάνη (περιοχή Ασπρόπυργου και Χαλυβουργική).

Αίτια εμφάνισης και Μηχανισμοί πλημμύρας - 1η ΦΑΣΗ Ανάλυση Χαρακτηριστικών Περιοχής και Μηχανισμών Πλημμύρας), ενώ στα αντίστοιχα μοντέλα προσομοίωσης της πλημμύρας, που χρησιμοποιήθηκαν για την κατάρτιση των χαρτών επικινδυνότητας πλημμύρας (Στάδιο Ι-3η ΦΑΣΗ) σημειώνεται ότι: α) για το ρέμα Σούρες που εξετάζεται από τη συμβολή με το ρέμα Αγ. Αικατερίνης (ρέμα Κατσιμήδι) “με βάση τα αποτελέσματα της μοντελοποίησης δεν προκύπτουν πλημμυρικά φαινόμενα σε καμία περίοδο επαναφοράς, με αποτέλεσμα να μην επηρεάζεται η βιομηχανική και εμπορική ζώνη της περιοχής, η σιδηροδρομική γραμμή ούτε κάποιο σημείο ενδιαφέροντος” β) Ρέμα Αγ. Αικατερίνης (ρέμα Κατσιμήδι) αναφέρεται ότι αξιολογικά φαινόμενα πλημμύρας εμφανίζονται για την περίοδο επαναφοράς $T=100$ έτη και $T=1000$ έτη, “..καθώς το τμήμα του ρέματος που διασχίζει την Μάνδρα πλημμυρίζει επηρεάζοντας την πόλη. Η εικόνα είναι ακόμα πιο δυσμενής στην περίοδο $T=1000$ έτη, και στο ύψος με τη συμβολή με το ρέμα Σούρες η πλημμύρα διαχέεται νότια”. Ωστόσο, οι εκτιμώμενοι χρόνοι άφιξης και μέγιστης πλημμύρας για τις ανωτέρω περιόδους επαναφοράς είναι της τάξεως των 12 hr, (Χάρτες επικινδυνότητας πλημμύρας , Στάδιο Ι-3η ΦΑΣΗ).

Κάποια άλλα χαρακτηριστικά της περιοχής :

1. Το υδρογραφικό δίκτυο χαρακτηρίζεται από ρέματα αρκετά έντονης κατά μήκος κλίσης (ρέματος Αγ. Αικατερίνης κλίση 5%, ρέματος Σούρες στα ανάντη, Σκυλόρεμα), που οδηγούν σε υψηλές ταχύτητες, 30 και κατά συνέπεια σε μικρό χρόνο συγκέντρωσης της πλημμυρικής απορροής και άμεσης απόκρισης, με αποτέλεσμα από τις πρώτες ώρες τις βροχόπτωσης να σημειώνονται μεγάλες παροχές.

2. Η κάλυψη των υδρολογικών λεκανών των ρεμάτων Αγ. Αικατερίνης και Σούρες (Σκυλόρεμα στα ανάντη), σε συνδυασμό με την έντονη κλίση τους, δεν επέτρεψαν την κατακράτηση μέρους της βροχόπτωσης, με αποτέλεσμα το μεγαλύτερο ποσοστό αυτής, να απορρέει επιφανειακά προς τα κατόντη.

3. Λόγω της έντονης βροχόπτωσης, της μορφολογίας του εδάφους (έντονες στα ανάντη κλίσεις), των ευδιάβρωτων γεωλογικών σχηματισμών στις παρυφές του όρους Πατέρα και απουσίας έργων διαχείρισης των εδαφών κατά της διάβρωσης στα ορεινά, διαπιστώθηκε μεγάλη μετακίνηση φερτών υλικών από τις περιοχές ανάντη προς τις κατόντη. Ειδικότερα, ενεργοποιήθηκαν τα αλλουβιακά ριπιδία που έχουν σχηματιστεί από την προσφορά ιζημάτων εντός του Τεταρτογενούς με αποτέλεσμα να προκληθούν πλημμύρες με μεγάλη ποσότητα φερτών υλικών στους χειμαρρους Σούρες και Αγία Αικατερίνη.

Οι περιοχές που κατακλύσθηκαν από ύδατα βρίσκονται πάνω στους γεωλογικούς σχηματισμούς των ριπιδίων.

Ειδικότερα ως προς το ρέμα Σούρες: Τμήμα του ρέματος Σούρες είναι χαρακτηρισμένο ως ιδιαίτερου περιβαλλοντικού ενδιαφέροντος σύμφωνα με την Υ.Α. 9173/1642 (ΦΕΚ 281/Δ/23-03-1993), μεταξύ άλλων 55 ρεμάτων στο Ν. Αττική. Κατά παράβαση της περιβαλλοντικής νομοθεσίας, του Ν.1650/86 (άρθρο 18 έως 21), του Ν4258/14 και σε ανακολουθία με σχετικές αποφάσεις του ΣΤΕ (2656/99, 4728/97, 5930/96 κ.α.) σύμφωνα με την οποία: «τα ρέματα τυγχάνουν ιδιαίτερης προστασίας από τη νομοθεσία, η οποία αποβλέπει στη διατήρηση της φυσικής τους καταστάσεως και στη διασφάλιση της λειτουργίας τους», οι οικιστικές πιέσεις και ανθρωπογενείς παρεμβάσεις έχουν υποβαθμίσει το ρέμα και έχουν αλλοιώσει την κοίτη του. Ως χαρακτηριστικό σημείο της αλλοίωσης και της υποβάθμισης του φυσικού ρέματος, είναι η επέκταση του σχεδίου πόλεως στις παρυφές της πόλης και από το ύψος της Εθνικής Οδού Αθηνών – Θηβών έως το κοιμητήριο, καθώς οικοδομικά τετράγωνα έχουν σχεδιαστεί στο χώρο της φυσικής κοίτης του ρέματος. Αναλυτικότερα, το ρέμα Σούρες, ξεκινά από τις ανατολικές παρυφές του όρους Πατέρα, στα ανάντη του ονομάζεται Σκυλόρεμα και η κοίτη του με τη μορφή τάφρου βαίνει παράλληλα με την ΠΕΟΕΘ και διασταυρώνεται σε διάφορα σημεία με αυτήν μέσω παλαιών τεχνικών των οποίων η παροχευτικότητα ελέγχεται ως ανεπαρκής. Σε πολλά σημεία η κοίτη του ρέματος παρουσιάζει στενώσεις οι οποίες οφείλονται σε ανθρωπίνες επεμβάσεις (επιχωματώσεις ενίοτε σημαντικές και αντικατάσταση της φυσικής κοίτης με την κατασκευή ανεπαρκών αγωγών κλπ). με συνέπεια να δημιουργούνται στην περιοχή συχνά πλημμυρικά φαινόμενα. Ειδικότερα, κρίσιμο σημείο στα ανάντη και κατά μήκος της ροής του ρέματος, είναι το σημείο της συμβολής στο ύψος του Αγ. Χαραλάμπους άλλου κλάδου από την Β-ΒΔ πλευρά της ορεινής λεκάνης (Ράχη Σωτήρος), εγκάρσια στην παλαιά Εθνική Οδό χωρίς την ύπαρξη κατάλληλων τεχνικών έργων. Στη συνέχεια και οι (ενωμένοι πλέον) δύο κλάδοι, συνεχίζουν προς τα κατόντη παραπλεύρως και σε επαφή κατά τμήματα με την παλαιά Εθνική οδό, χωρίς να υπάρχει διαμορφωμένη κοίτη αλλά με τη μορφή τάφρου. Επιπλέον σε μικρά τμήματά του το ρέμα έχει καλυφθεί μερικώς από βελτιώσεις-τοπικές 31 διαπλατύνσεις της

ΠΕΟΕΘ, με αποτέλεσμα να περιορίζεται η κοίτη του ρέματος, χωρίς να έχουν κατασκευαστεί αντίστοιχα νέα υδραυλικά έργα στις θέσεις των παλαιών ανεπαρκών τεχνικών. Τα έργα αυτά είναι αναγκαία για την περιοχή που την διατρέχει σημαντικό υδρογραφικό δίκτυο (ρέμα Σούρες με τους συμβάλλοντες κλάδους-μισγάγγειες). Προς τα κατάντη, και έως το σημείο συμβολής με το �έμα Αγ. Αικατερίνης εντοπίζονται τοπικά στενώσεις της κοίτης και αυθαίρετες κατασκευές εντός αυτής οι οποίες έχουν καταγραφεί στη σχετική ενότητα των διαπιστώσεων των αυθαιρέτων κατασκευών. Στο κατάντη τμήμα του ρέματος έχει προταθεί το έργο διευθέτησης.

Ως προς το �έμα Αγ. Αικατερίνης ή Κατσιμήδι: Το υπόψη �έμα στα ανάντη, έχει συνολικό μήκος μισγάγγειας 10km, σχετικά έντονη κατά μήκος κλίση (5%) και σημαντικής έκτασης λεκάνη απορροής (20 km²). Η φυσική κοίτη του στα ανάντη εντοπίζεται δίπλα στην επαρχιακή οδό προς Μέγαρο πιο στενή λόγω του ανάγλυφου, ενώ προς τα κατάντη διευρύνεται και ένα χιλιόμετρο πριν τη είσοδο της πόλης, όπου η κλίση μειώνεται, η φυσική κοίτη έχει αλλοιωθεί από επιχώσεις, (χάνεται ή παραμένει υποτυπώδης κατά τμήματα μέσα στα όρια της επέκτασης του σχεδίου πόλεως της Μάνδρας) και τα όμβρια ύδατα διαχέονται και εισέρχονται ανεξέλεγκτα στον ιστό της πόλης της Μάνδρας από την περιοχή της οδού Ομήρου. Εντός της πόλεως έχει κατασκευασθεί από την ΕΥΔΑΠ κάτωθεν της οδού Κοροπούλη πλακοσκεπής αγωγός διατομής 2x1,70 που μακροσκοπικά, αλλά και με βάση τις συνέπειες των πλημμυρών των παρελθόντων ετών αλλά κατά μείζονα λόγο των προσφάτων, κρίνεται ανεπαρκής για να παραλάβει την παροχή του ρέματος Αγ. Αικατερίνης. Η ανεπάρκεια του συγκεκριμένου αγωγού επιβεβαιώνεται και με βάση τους υδραυλικούς υπολογισμούς που συνοδεύουν την εγκεκριμένη οριστική μελέτη εκτροπής του χειμάρρου Αγ. Αικατερίνης. Σημειώνεται επιπροσθέτως ως σημαντική λεπτομέρεια ότι δεν έχει εντοπιστεί έργο εισόδου ή αποδέκτης των ανάντη υδάτων του ρέματος Αγ. Αικατερίνης, που θα οδηγούσε τα νερά στον αγωγό Κοροπούλη. Συνεπώς θεωρούμε ότι αυτά εισέρχονται στον συγκεκριμένο αγωγό μέσω των φρεατίων υδροσυλλογής του αστικού ιστού της Μάντρας. Μέθοδος ασυνήθιστη και αποφευκτέα για ρέματα τέτοιων παροχών. Συγκεκριμένα, τα φρεάτια υδροσυλλογής με εσχάρες είναι περιορισμένης παροχεταιυτικότητας (ανάλογα με το υδραυλικό φορτίο, της τάξεως λίγων δεκάδων λίτρων έκαστο) και αποσκοπούν στην συλλογή των τοπικών ομβρίων υδάτων που καταλήγουν στις παρειές των οδών για την αποστράγγισή τους, ενώ για την ουσιαστική λειτουργία τους απαιτείται η ύπαρξη κρασπεδόρειθρου. Για να μπορούσε να παραλάβει ο αγωγός επί της οδού Κοροπούλη, το τμήμα εκείνο της πλημμυρικής παροχής για το οποίο είχε σχεδιαστεί (10 m³/sec, όπως αναφέρεται και στην εγκεκριμένη οριστική μελέτη) θα έπρεπε να είχε κατασκευαστεί στην είσοδό του ειδικό έργο, που θα προέβλεπε και κατάλληλη διάταξη συγκράτησης φερτών υλικών. Η πλημμυρική παροχή του ρέματος της Αγ. Αικατερίνης, με τους τεράστιους όγκους φερτών υλικών, δεν μπορούσε με αυτά τα έργα να διοδευτεί προς τα κατάντη. Δεδομένου ότι το εγκεκριμένο σχέδιο επέκτασης του Σχεδίου Πόλεως, είχε προβλέψει με σχετική οριοθέτηση τη διατήρηση ανοικτής διατομής του ρέματος της ίδιας παροχεταιυτικής ικανότητας με τον υφιστάμενο αγωγό στην οδό Κοροπούλη και πάνω στα ίχνη της φυσικής κοίτης, θα έπρεπε να είχε γίνει σχεδιασμός και υλοποίηση της σύνδεσης των δύο έργων. Στοιχεία για το έργο αυτό δεν βρέθηκαν από το κλιμάκιο. Σύμφωνα με ισχυρισμούς της ΔΕΑΠ που καταγράφηκαν στο έγγραφο που μας εστάλη, το υπόψη έργο εισόδου θα έπρεπε να μελετηθεί από τις υπηρεσίες του Δήμου καθότι είχαν αναλάβει και την οριοθέτηση του ρέματος στο συγκεκριμένο τμήμα του οικισμού. Παρόλα αυτά δεν προκύπτει έγγραφη συμφωνία του Δήμου για την ανάληψη εκ μέρους του της σχετικής υποχρέωσης.

Περιβαλλοντικά θέματα : Οι βαθύτερες αιτίες των πλημμυρών (βροχόπτωση, ανύψωση στάθμης της θάλασσας) είναι φυσικά φαινόμενα τα οποία δεν μπορούν κατ' ουσία να ελεγχθούν. Εντούτοις, το εάν μια δεδομένη βροχόπτωση, θα προκαλέσει ζημιές λόγω πλημμύρας εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τις ανθρώπινες παρεμβάσεις, όπως: (1) η αστικοποίηση, (2) η αποδάσωση τμημάτων της λεκάνης απορροής, (3) η ευθυγράμμιση του ρου των ποταμών, (4) η εξάλειψη των φυσικών πεδίων κατάκλυσης, (5) η ανεπαρκής αποστράγγιση και (6) η οικοδόμηση κτιρίων και κατασκευών σε επικίνδυνα πεδία κατάκλυσης. (N. Μαμάσης, Ε.Μ.Π, Βασικές γνώσεις πολιτικής προστασίας, Έντονα καιρικά φαινόμενα- Πλημμύρες). Σε ευρωπαϊκή και διεθνή κλίμακα, η σύγχρονη διαχείριση των πλημμυρών υπόκειται στις αρχές της λεγόμενης Ολοκληρωμένης Διαχείρισης Πλημμυρών (ΟΔΠ). Στο χώρο της ΕΕ οι μεθοδολογίες που πρέπει να ακολουθούνται ώστε να υλοποιείται στην πράξη η ολοκληρωμένη διαχείριση περιλαμβάνονται στις Οδηγίες (European Directives) και υποχρεωτικά εντάσσονται στο εσωτερικό δίκαιο των χωρών μελών της ΕΕ (Οδηγία ΟΔΠ 60/2007). Η Ελλάδα έχει ενσωματώσει αυτές τις οδηγίες στο εσωτερικό της δίκαιο και επομένως η χώρα μας οφείλει να τις εφαρμόζει στο πλαίσιο της διαχείρισης των πλημμυρών. Η περιοχή της Μάνδρας - Ειδυλλίας, βάσει της οδηγίας 2007/60/ΕΚ και σύμφωνα με το Σχέδιο Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας είναι ενταγμένη στη Ζώνη Δυνητικού Κινδύνου Πλημμύρας (ΖΔΥΚΠ) με την ονομασία «Χαμηλή ζώνη Ασπροπύργου - Ελευσίνας» και κωδικό GR06RAK0005. Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις από την πλημμύρα διακρίνονται σε επιπτώσεις στο φυσικό περιβάλλον και τους οικοτόπους (οικοσυστήματα, είδη χλωρίδας και πανίδας, έδαφος, ρύπανση υδάτων από σημειακές ή διάχυτες πηγές) και στην πρόκληση ρύπανσης εξαιτίας της πλημμύρας. Πηγές πιθανής ρύπανσης σε περίπτωση πλημμύρας, μπορεί να προκύψουν από βιομηχανικές εγκαταστάσεις, από εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων, από χώρους διαχείρισης και διάθεσης στερεών αποβλήτων. Επιπλέον επιπτώσεις μπορεί να προκύψουν από μεταφερόμενα ιζήματα ή από τη διάβρωση εδαφών. Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, στην «Χαμηλή ζώνη Ασπροπύργου - Ελευσίνας» έχουν καταγραφεί πέντε (5) ιστορικά συμβάντα εντός της ΖΔΥΚΠ, εκ των οποίων το ένα (1) χαρακτηρίστηκε ως σημαντικό, σύμφωνα με συγκεκριμένα κριτήρια που υιοθετήθηκαν στο Σχέδιο Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας. Σημειωτέον ότι σε επίπεδο Αττικής, από τα ιστορικά γεγονότα που έχουν καταγραφεί συνολικά στο Υδατικό Διαμέρισμα της Αττικής για τη χρονική περίοδο 1896-2009, πενήντα τέσσερα (54) από τα εκατόν πενήντα τρία (153) ιστορικά πλημμυρικά γεγονότα χαρακτηρίστηκαν ως σημαντικά (35%). Ενώ κατά την περίοδο 2001-2009 παρατηρείται αυξημένη εμφάνιση των ιστορικών πλημμυρικών γεγονότων (43,1% επί του συνόλου).

Κύρια γεωλογικά χαρακτηριστικά της περιοχής της Μάνδρας - Ειδυλλίας i. Στην περιοχή του Δήμου Μάνδρας - Ειδυλλίας βρίσκεται το όρος Πατέρας. Βορειότερα αυτού, βρίσκεται ο Κιθαιρώνας και η Πάστρα, στα ανατολικά βρίσκεται το Θριάσιο Πεδίο, στα νότια η πεδιάδα των Μεγάρων και στα δυτικά ο όρμος της Ψάθας. Η Χαμηλή ζώνη Ασπροπύργου - Ελευσίνας (GR06RAK0005) στην οποία εντοπίζεται η περιοχή της Μάνδρας - Ειδυλλίας έχει έκταση 94.31 km². Σύμφωνα με την κατανομή των υψομέτρων για την συγκεκριμένη περιοχή το ανάγλυφο χαρακτηρίζεται πεδινό σε ποσοστό 97,35% και το ανάγλυφο χαρακτηρίζεται στο μεγαλύτερο μέρος του ως επίπεδο.

Η γεωλογική δομή αυτού του Υδατικού Διαμερίσματος Αττικής περιλαμβάνει μεταλπικούς σχηματισμούς του Τεταρτογενούς και Νεογενούς στις πεδινές περιοχές, ενώ στις λοφώδεις εξάρσεις και τους ορεινούς όγκους εμφανίζεται το αλπικό κυρίως υπόβαθρο αποτελούμενο από μεταμορφωμένα και μη μεταμορφωμένα πετρώματα. Η ΒΔ περιοχή του Υδατικού Διαμερίσματος, την οποία και ερευνάμε χαρακτηρίζεται κυρίως από μη μεταμορφωμένα πετρώματα, τα οποία πλευρικά, στις νότιες και ανατολικές παρυφές της

Πάρνηθας και του όρους Αιγάλεω, μεταβαίνουν στα μεταμορφωμένα πετρώματα. Κατά τόπους παρατηρούνται μεγάλες κλίσεις, έντονο ανάγλυφο και απόκρημνες πλαγιές στο ανάντη τμήμα της υδρολογικής λεκάνης που εξετάζεται. ii. Το όρος Πατέρα, αποτελείται από ιζηματογενή πετρώματα σκληρού ασβεστόλιθου, όπως προαναφέρθηκε, τα δε εδάφη που δημιουργούνται είναι αργιλώδη, αργιλοπηλώδη, με ΡΗ 6-7. Σύμφωνα με το Σχέδιο Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας, η περιοχή δεν παρουσιάζει ιδιαίτερα προβλήματα διάβρωσης. Περιοχές με χαμηλή, μέτρια και κατά τόπους υψηλή εδαφική απώλεια εντοπίζονται στα βόρεια της ζώνης, στις απολήξεις της Πάρνηθας, βόρεια από τον Ασπρόπυργο.

2. Υδατορεύματα που τροφοδοτούν τη Ζώνη Το υδρογραφικό δίκτυο της λεκάνης απορροής του Θριασίου Πεδίου χαρακτηρίζεται ως αρκετά πυκνό και αποτελείται κυρίως από εποχιακής ροής χειμάρρους. Ο αποδέκτης της απορροής της λεκάνης είναι ο κόλπος της Ελευσίνας. Οι κυριότεροι χειμάρροι στην περιοχή της Μάνδρας – Ειδυλλίας είναι, ο Σαρανταπόταμος με κυριότερους παραπόταμους τα ρέματα Κηφισού, Αγ. Βλασίου και Μεγάλο Κατερίνι, το Ξηρόρεμα, το Μπογάζι, το Ντασμάδι, το Τζάλας καθώς και το ρέμα Σούρες με κυριότερους παραποτάμους τα ρέματα Μικρό Κατερίνι, Κατσιμήδι, Σκυλόρεμα, Ζωιρέζας.

i. Στοιχεία που ελήφθησαν από το εγκεκριμένο σχέδιο Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας των Λεκανών Απορροής Ποταμών του Υδατικού Διαμερίσματος Αττικής και ειδικότερα για την υπό εξέταση περιοχή: 1. Ιστορικό πυρκαγιών περιοχής Μάνδρας - Ειδυλλίας: Στην ευρύτερη περιοχή της Μάνδρας από το έτος 2005 έως 2014 έχει καταγραφεί μία μεγάλη πυρκαγιά (καμένης έκτασης >5,00 Κμ²) η οποία εντοπίστηκε στην περιοχή Καμαρίου (εργοστάσιο ΤΙΤΑΝ) στην Μάνδρα. Η υπόψη πυρκαγιά δεν αφορούσε την λεκάνη της Μάνδρας - Ειδυλλίας καθότι αφορούσε την ανατολική πλευρά του όρους Πατέρα. 2. Ιστορικές πλημμύρες Οι σημαντικές ιστορικές πλημμύρες που έχουν καταγραφεί στην περιοχή της Μάνδρας - Ειδυλλίας αφορούν τις πλημμύρες στις 24-10-2014 και 27-2-2015. Για το συμβάν της 24ης-10-2014 αναφέρεται ύψος βροχής 67mm (με βάση τα στοιχεία του υδρομετεωρολογικού δικτύου ΜΕΤΕΟΝΕΤ (ΕΜΠ)) Αποτέλεσμα αυτού ήταν να παρουσιαστούν προβλήματα στην ΠΕΟΕΘ λόγω συσσώρευσης υδάτων και να ακινητοποιηθούν τα αυτοκίνητα λόγω περιορισμένης ορατότητας. Για το συμβάν της 27ης-2-2015 αναφέρεται ότι λόγω σφοδρής βροχόπτωσης η Πυροσβεστική Υπηρεσία χρειάστηκε να απεγκλωβίσει στη πόλη της Μάνδρας δύο ηλικιωμένα άτομα από τις οικίες τους και ένα άτομο από το ΙΧ αυτοκίνητό του. Οι δρόμοι μετατράπηκαν σε χειμάρρους, δεκάδες ήταν οι κλήσεις που δέχτηκε η Π.Υ για άντληση υδάτων και παροχή βοήθειας, ενώ οι περιοχές της Μάνδρας και της ευρύτερης περιοχής του Θριάσιου πεδίου τέθηκαν σε κόκκινο συναγερμό. Η διαφορά αυτή των πλημμυρικών φαινομένων σε σχέση με το φαινόμενο της 15ης/11/2017 ήταν ότι αυτά ήταν περιορισμένης κλίμακας και προκλήθηκαν αποκλειστικά από το ρέμα Αγ. Αικατερίνης ενώ το εξεταζόμενο φαινόμενο προκλήθηκε από την ταυτόχρονη άφιξη υψηλών παροχών τόσο από το ρέμα Αγ. Αικατερίνης τόσο και από το ρέμα Σούρες. Περαιτέρω έχει καταγραφεί στην ευρύτερη περιοχή και άλλο ιστορικό πλημμυρικό γεγονός. Το πλημμυρικό αυτό γεγονός προκλήθηκε μετά από υπερχείλιση του χειμάρρου Σαρανταπόταμου, μολονότι το ύψος βροχής ήταν χαμηλό (17,30 mm). Το συμβάν αυτό αφορούσε την λεκάνη απορροής του χειμάρρου Σαρανταπόταμου που δεν συμπίπτει με την εξεταζόμενη περιοχή (Μάνδρας – Ειδυλλίας). Επισημαίνεται ότι το γεγονός αυτό προκάλεσε την επέμβαση της πολιτείας δια της οποίας διευθετήθηκε ο χειμάρρος Σαρανταπόταμος και ήρθαν οι λόγοι που το προκάλεσαν.

ii. Διαπιστώσεις ημερίδας ΠΣΔΑΤΜ για το πλημμυρικό φαινόμενο της 15ης/11/2017 Κατόπιν μελέτης όλων των διατιθέμενων στοιχείων (Μελέτη εκτροπής ρέματος Αγ. Αικατερίνης και διευθέτησης ρέματος Σούρες, Σχέδιο Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας των Λεκανών Απορροής των Υδατικών Διαμερισμάτων Αττικής, Πορίσματα επιστημονικής ημερίδας της

15ης/11/2017 που διοργάνωσε ο Πανελλήνιος Σύλλογος ATM στη Τ.Ε.Ε., ιστορικά δεδομένα πλημμύρας στην περιοχή κλπ) αξιολογείται: 1) Ως μείζων λόγος των αιτιών, το πρωτοφανές (από άποψη κρίσιμων μεγεθών δηλαδή max παροχής, περιόδου επαναφοράς και χρόνου συγκέντρωσης της πλημμυρικής αιχμής) φαινόμενο της πλημμύρας που επισυνέβη την 15η /11/2017 στη Μάνδρα, συνοδευόμενου από τεράστιο όγκο φερτών με συνέπεια τις καταστροφικές επιπτώσεις σε θύματα και υλικές ζημιές (ακόμη και αν είχαν υλοποιηθεί τα προβλεπόμενα αντιπλημμυρικά έργα, αυτά δεν θα λειτουργούσαν και λόγω της υπέρβασης της παροχής σχεδιασμού και του μεγάλου όγκου φερτών υλικών). Δευτερεύοντως αξιολογείται: 2) Οι μη ορθολογικές επεκτάσεις και αναθεωρήσεις του αρχικού σχεδίου πόλεως της Μάνδρας (με τρόπο που ενώ αρχικά τα δύο ρέματα διέρχοντο περιφερειακά εκτός του οικισμού, αργότερα ευρίσκοντο και ενσωματώθηκαν εντός αυτού), χωρίς να υπάρχει συνεργασία πολεοδομικών και αντιπλημμυρικών μελετών, ήταν δυσμενής παράγων στην κατάκλυση της πλημμύρας στην ευρύτερη περιοχή του οικισμού, λαμβανομένου όμως υπόψη ότι η αντίστοιχη περίοδος επαναφοράς του φαινομένου υπερέβαινε τα 100 έτη. 3) Η μερική κατάληψη αφενός της κοίτης του ρέματος Σούρες από αυθαίρετες κατασκευές (Δημοτικές και ιδιωτικές), ιδιαίτερα στην περιοχή των εργοστασίων Βακόντιου και μέχρι πριν την συμβολή με το διευθετημένο τμήμα του ρέματος Σούρες, αφετέρου της κοίτης του ρέματος Αγ. Αικατερίνης σε περιοχές πρόσφατης επέκτασης του σχεδίου στο βόρειο ανατολικό μέρος του οικισμού, συνέβαλαν στην επέκταση του πλημμυρικού φαινομένου σε πιο εκτεταμένη περιοχή. 4) Η μη υλοποίηση των προβλεπόμενων αντιπλημμυρικών έργων, αξιολογείται ότι είχε περιορισμένη σημασία στην αποφυγή των δυσμενών επιπτώσεων τέτοιου μεγέθους πλημμύρας. Ενδεχομένως να ήταν μικρότερες οι επιπτώσεις στο επίπεδο των υλικών ζημιών, όμως η μείωση της παροχευτικότητας και η μερική κατάληψη της κοίτης των ρεμάτων από τον τεράστιο όγκο φερτών υλικών θα ήταν αναπόφευκτη (δηλαδή ταχύτατα τα έργα θα ετίθεντο εκτός λειτουργίας).

- Στα συμπεράσματα της σχετικής ημερίδας που έγινε στο Τ.Ε.Ε. την 24/1/2018 από τον Πανελλήνιο Σύλλογο Αγρονόμων Τοπογράφων Μηχανικών (ΠΣΔΑΤΜ) για τις πλημμύρες της Μάνδρας, αναφέρονται: «... Συμπερασματικά, η πλημμύρα στην Μάνδρα ήταν ένα ακραίο γεγονός περιόδου επαναφοράς πάνω από 100 χρόνια ανά κρίσιμο μέγεθος στο οποίο οφείλονται και οι πολλοί θάνατοι είναι ο μικρός χρόνος συγκέντρωσης του ρέματος Αγ. Αικατερίνης που είναι μόλις 2 ώρες, με αποτέλεσμα τις πολύ υψηλές παροχές ήδη από την πρώτη ώρα του γεγονότος. Η ύπαρξη των σχεδιαζόμενων αντιπλημμυρικών έργων (που δεν έχουν υλοποιηθεί), θα μπορούσε να μετριάσει τις εντυπώσεις αλλά σίγουρα δεν θα μπορούσε να τις αποτρέψει...» «Ο μεγαλύτερος αριθμός απώλειας ανθρώπινων ζωών αφορούσε το ανάντι τμήμα του ποταμού Σούρες» • Εισήγηση καθηγητού ΕΜΠ Γ. Τσακίρη «i. Το γεγονός της Μάνδρας Πυρήνας της καταιγίδας 5-9 το πρωί, με μεγάλη ραγδικότητα κατά διαστήματα ως έντονα διακοπτόμενα φαινόμενα καταιγίδας για 7-8 ώρες. ii. Η καταιγίδα • Συνολικό ύψος βροχής: περί τα 200mm (Στοιχεία Ινστιτούτο Ερευνών Περιβάλλοντος του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών – ΕΑΑ) • Για τα δύο 2ωρα της καταιγίδας εκτιμήθηκε ένταση ε.β. 50 mm/h και 20 mm/h αντιστοίχως. • Χρόνος συγκέντρωσης πλημμυρικής παροχής στη Λεκάνη του ρέματος Αγ. Αικατερίνης 2h iii. Πλημμυρική απορροή (είσοδος Μάνδρας) max 209m³ /s, ενώ στο κρίσιμο διάστημα των δύο (2) ωρών κυμάνθηκε σε εύρος 168-179m³ /s iv. Οι αστοχίες • Μη συνεργασία πολεοδομικών και υδραυλικών μελετών • Η διαχρονική εγκατάλειψη - μη υλοποίησης της μελέτης • Η μη υπόδειξη του συστήματος «Αγ. Αικατερίνη – Σούρες» για δυνητικό σοβαρό κίνδυνο πλημμύρας (ΓΓΥ: Πρόγραμμα Διαχείρισης Κινδύνου Πλημμύρας). • Η μη καταγραφή του γεγονότος – μη έγκαιρη προειδοποίηση. Συνοπτικά, τα συμπεράσματα που εξαγονται από την ανωτέρω εσπερίδα στο ΤΕΕ με θέμα την πλημμύρα της 15ης/11/2017, ήταν τα ακόλουθα: α. Οι επεκτάσεις και οι Αναθεωρήσεις του Εγκεκριμένου Σχεδίου Πόλεως της Μάνδρας (1986, 1989- 1992...), περιόρισαν σημαντικά τις εκτάσεις εκτόνωσης τυχόν πλημμυρικής παροχής από τα 2 Ρέματα και εξ αντιθέτου μεγένθυαν τις καταστροφές εντός του

οικισμού β. Ο μεγαλύτερος αριθμός θυμάτων ήταν στις ανάντι περιοχές του Ρέματος Σούρες (περί τον Αγ. Χαράλαμπο), με επισήμανση ότι λόγω της κλίσης, της υψηλής παροχής και της ταχύτητας συγκέντρωσης, επί της οδού παρεσύροντο από την πρωτοφανή πλημμυρική αιχμή τα πάντα (άνθρωποι, ζώα, οχήματα). γ. Στην μελέτη εκτροπής του ρέματος Αγ. Αικατερίνης στο ρέμα Σούρες και διευθέτησης του ρέματος Σούρες, ελήφθησαν ως κρίσιμα δεδομένα οι πλημμυρικές παροχές σχεδιασμού 57m³/s και 91m³/s αντίστοιχα και ως περίοδος επαναφοράς T=50 έτη. Στη συγκεκριμένη περίπτωση η πλημμυρική παροχή υπερέβη ως χρόνο επαναφοράς τα T=100 έτη και ως μέγεθος τα 200m³ /s.

1.6. Σκοπός της παρούσας εργασίας

Όπως αναφέραμε και παραπάνω οι ξαφνικές πλημμύρες είναι ένας από τους πιο συνηθισμένους φυσικούς κινδύνους, που προκαλούν ένα ευρύ φάσμα απτών και άυλων επιπτώσεων, σημαντικές οικονομικές απώλειες και μεγάλο αριθμό θανάτων. Πρόσφατα ευρήματα δείχνουν ότι οι επιπτώσεις από τις πλημμύρες μπορούν δυνητικά να γίνουν πιο σημαντικές ως αποτέλεσμα της κλιματικής αλλαγής.

Τα χαρακτηριστικά της πλημμύρας και οι χωροχρονικές κλίμακες εμφάνισης περιορίζουν τις δυνατότητες για συστηματικές συμβατικές παρατηρήσεις. Βλάβη συμβατικών οργάνων, ανεπάρκεια ή απουσία οργάνων και ακόμη και ζητήματα ασφάλειας έχουν μετατοπίσει την εστίαση στις έρευνες πεδίου μετά τις πλημμύρες και στις έμμεσες εκτιμήσεις

Η παροχή αποτελεί βασική μέτρηση των πλημμυρών και η εκτίμησή της παρέχει πολύτιμες πληροφορίες για τις σχέσεις απορροής-βροχής και την υδρολογική απόκριση των λεκανών απορροής. Η μελέτη των παροχών είναι ένα κρίσιμο βήμα για την εκτίμηση της συχνότητας πλημμυρών και την εκτίμηση περιόδου επανεμφάνισης τους που είναι απαραίτητη για το σχεδιασμό αποτελεσματικών μέτρων προστασίας από τις πλημμύρες.

Ο τύπος Manning είναι ο κύριος τρόπος έμμεσης εκτίμησης των παροχών και η χρήση του είναι μια από τις πιο κοινές προσεγγίσεις σε έμμεσες εκτιμήσεις παροχής. Πρόσφατες έρευνες υπογραμμίζουν την κυριαρχία του στις μελέτες για την παροχή μετά τις πλημμύρες.

Η διαδικασία εκτίμησης της παροχής έχει εγγενείς αβεβαιότητες, που συνδέεται κυρίως με τον καθορισμό και τη μέτρηση με ακρίβεια της επιφάνειας του νερού και της γεωμετρίας καναλιών, τον καθορισμό του συντελεστή τραχύτητας, τον καθορισμό της ενεργειακής κλίσης και άλλα. Για την ελαχιστοποίηση αυτής της αβεβαιότητας, οι εκτιμήσεις που βασίζονται στο πεδίο εργασίας μπορούν να καταστούν χρονοβόρες και σε ορισμένες περιπτώσεις ανέφικτες. Από την άλλη πλευρά, οι λανθασμένες επιλογές ή οι μη σχολαστικές μετρήσεις μπορούν να οδηγήσουν στην επανεξέταση μιας απομακρυσμένης τοποθεσίας. Οι ανθρωπογενείς ή φυσικές αλλαγές του καναλιού του ποταμού μετά την πρώτη έρευνα μπορούν να οδηγήσουν σε απώλεια πληροφοριών σχετικά με την παροχή.

Στην παρούσα εργασία θα προσπαθήσουμε, μέσω της οπτικής κοκκομετρίας, να αναπτύξουμε και να περιγράψουμε αναλυτικά, τα βήματα μίας διαδικασίας επεξεργασίας εικόνων, με τη βοήθεια του προγράμματος Basegrain, μέσω της οποίας θα υπολογίσουμε τον συντελεστή τραχύτητας Manning και εν τέλει την παροχή των δύο χειμάρρων που πλημμύρισαν στην περιοχή της Μάνδρας.

Κεφάλαιο 2.

Προσδιορισμός συντελεστή Manning με οπτική κοκκομετρία

2.1. Θεωρητικό Μέρος

Η σταθερή ομοιόμορφη ροή, αν και στις εφαρμογές δεν απαντάται συχνά, είναι ο απλούστερος προς ανάλυση τύπος ροής στους ανοικτούς αγωγούς. Ομοιόμορφες συνθήκες ροής εμφανίζονται σε τμήμα του ανοικτού αγωγού εάν:

- δεν υπάρχουν επιδράσεις στις οποίες θα είναι αδύνατο να αλλάξουν το βάθος της ροής,
- δεν υπάρχει μεταβολή της διατομής της υγρής επιφάνειας της ροής από θέση σε θέση,
- δεν υπάρχει μεταβολή της τραχύτητας της επιφάνειας των στερεών ορίων.

Όπως είναι φυσικό, αυτές οι συνθήκες σπανίως εμφανίζονται στη πράξη. Όταν όμως εμφανισθούν ομοιόμορφες συνθήκες ροής, τότε η ελεύθερη επιφάνεια του υγρού του αγωγού είναι παράλληλη προς τον πυθμένα του αγωγού και το βάθος ροής, από την ελεύθερη επιφάνεια μέχρι του πυθμένα, ονομάζεται κανονικό βάθος ροής h_n . (Geological Survey Professional Paper 1584)

Μία εκ των πλέον γνωστών εμπειρικών εξισώσεων για την μελέτη της ροής εντός ανοικτών αγωγών είναι αυτή του Manning ο οποίος την δημοσίευσε περί τα 1890. Λόγω της απλής μορφής της και των αξιόπιστων αποτελεσμάτων της, η εξίσωση του Manning προσφέρεται για χρήση πρακτικές εφαρμογές, όπως ο υπολογισμός της παροχής σε φυσικά κανάλια (ποτάμια). Η εξίσωση αυτή, σε τέτοιες περιπτώσεις παίρνει την παρακάτω μορφή :

$$Q = (1,486/ n)AR^{2/3} S_e^{1/2} \quad [2.1]$$

όπου, **Q**= παροχή, σε κυβικά πόδια ανά δευτερόλεπτο, **A**= περιοχή διατομής του καναλιού, σε τετραγωνικά πόδια, **R**= υδραυλική ακτίνα (A / P , σε πόδια, **P**= περίμετρος διαβροχής), **S_e**= ενεργειακή κλίση, σε πόδια ανά πόδι και **n**= συντελεστής τραχύτητας Manning. Στην εφαρμογή της εξίσωσης του Manning, η μεγαλύτερη δυσκολία έγκειται στον προσδιορισμό του συντελεστή τραχύτητας, n.

Ο συντελεστής τραχύτητας n εξαρτάται άμεσα από το μέγεθος των κόκκων που υπάρχουν στο εσωτερικό της κοίτης ενός ποταμού. Οι τιμές που παίρνει έχουν καθοριστεί κυρίως εμπειρικά, μέσα από πειράματα που έχουν γίνει. Έτσι, όταν απαιτείται ο καθορισμός μίας τιμής στον παράγοντα n, συγκρίνεται το μέσο μέγεθος των κόκκων του ποταμιού που

εξετάζεται, με τις τιμές που δίδονται στον παρακάτω πίνακα και αφορούν επαληθευμένα αποτελέσματα σε συγκεκριμένα ποτάμια. (SaeidTadayon)

[—: μη διαθέσιμη, >: μεγαλύτερη από]

Τύπος κόκκων	Μέσο μέγεθος κόκκων		Τιμές για τον συντελεστή n	
	Μιλιμέτρα	Ίντσες	Benson and Dalrymple (1967)	Chow (1959)
Firm earth	—	—	0.025–0.032	0.020
Coarse sand	1–2	—	.026–.035	—
Fine gravel	—	—	—	.024
Gravel	2–64	0.08–2.5	.028–.035	—
Coarse gravel	—	—	—	.028
Cobble	64–256	2.5–10.5	.030–.050	—
Boulder	> 256	> 10	.040–.070	—

Πίνακας 1 (Aldridge and Garrett, 1973)

Ο συντελεστής τραχύτητας manning (n) μπορεί επίσης να υπολογιστεί και μέσω εξισώσεων, που αρκετοί ερευνητές έχουν δημιουργήσει και έχουν επαληθεύσει. Ορισμένες από αυτές τις εξισώσεις παρουσιάζονται στην εικόνα παρακάτω.

Source	Equation	Range in d_{50} (ft)	Location
	(10)		
Limerinos (1970)	$n = \frac{0.0926R^{1.6}}{0.35 + 2.0 \log(R/d_{50})}$	0.02 to 0.83	California, U.S.A.
	(11)		
Griffiths (1981)	$n = \frac{0.0927R^{1.6}}{0.760 + 1.98 \log(R/d_{50})}$	0.04 to 0.99	New Zealand
	(12)		
Bray (1979)	$n = \frac{0.0927R^{1.6}}{0.248 + 2.36 \log(R/d_{50})}$	0.06 to 0.48	Alberta, Canada
	(13)		
n verification ¹	$n = \frac{0.0926R^{1.6}}{1.46 + 2.23 \log(R/d_{50})}$	0.28 to 0.36	Arizona, U.S.A.

¹Phillips and Ingersoll (1997).

Εικόνα 13. Εξισώσεις υπολογισμού συντελεστή Manning

Όπου, R = υδραυλική ακτίνα, σε πόδια και d_{50} = ενδιάμεση διάμετρος υλικού κλίνης, σε πόδια, πρέπει να αντιπροσωπεύει τουλάχιστον το 50% των συνολικών κόκκων.

2.2. Το πρόγραμμα BaseGrain και η χρήση του

2.2.1. Λίγα λόγια για το BaseGrain

Το BASEGRAIN είναι ένα εργαλείο που βασίζεται στη MATLAB και χρησιμοποιείται για την ανίχνευση αντικειμένων. Το πρόγραμμα έχει την δυνατότητα να αναλύει φωτογραφίες του υλικού (κόκκοι) που βρίσκεται στους ποταμούς διαχωρίζοντας και αναλύοντας τα χαρακτηριστικά μεμονωμένων κόκκων. Η μεθοδολογία περιγράφεται στο Graham et al. (WRR, 2005) και Defert & Weitbrecht (RF, 2012).

Το BASEGRAIN, δίνει τη δυνατότητα στους χρήστες να επεξεργαστούν περαιτέρω τις διάφορες περιοχές της φωτογραφίας, καθώς και μεμονωμένους κόκκους μέσω διάφορων εργαλείων που παρέχει το πρόγραμμα. Στη συνέχεια ο χρήστης μπορεί να εξαγάγει τα αποτελέσματα με τη μορφή ενός αρχείου excel ή με τη μορφή καμπύλης κατανομής μεγέθους κόκκου που υπολογίζεται με βάση τον Fehr (VAW).

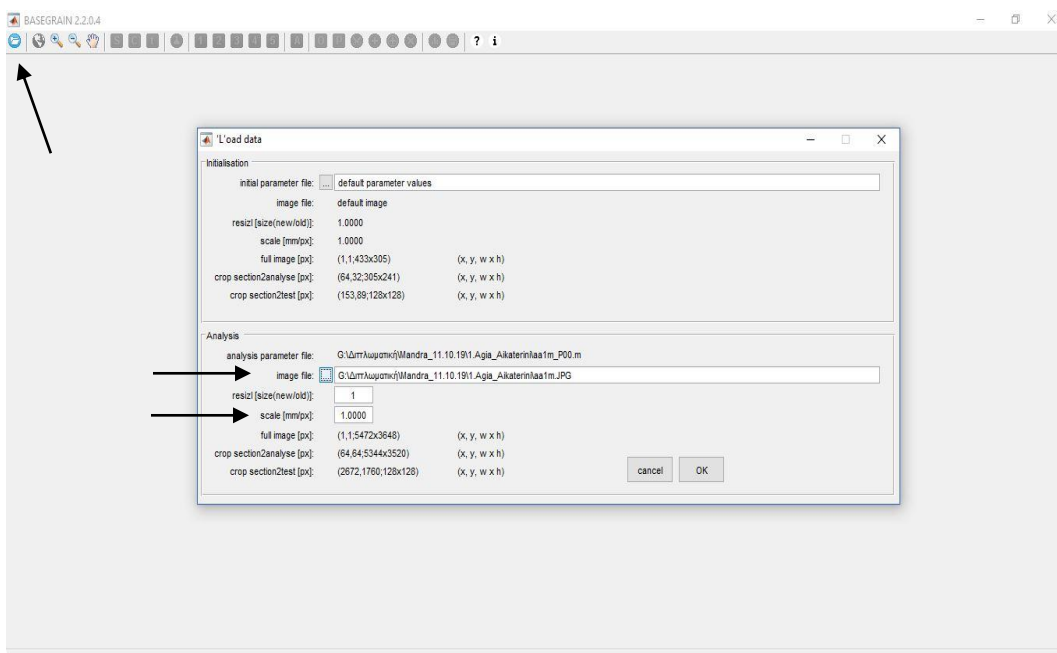
Τέλος, οι πληροφορίες GPS των φωτογραφιών μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αποθήκευση των στατιστικών του μεγέθους των κόκκων σε διάφορες μορφές αρχείων GIS (ESRI, Google Earth).

2.2.2. Τρόπος χρήσης BaseGrain

Σε αυτό το υποκεφάλαιο θα παρουσιαστεί αναλυτικά (βήμα – βήμα) ο τρόπος χρήσης του λογισμικού BaseGrain, μέσα από ένα παράδειγμα, μίας φωτογραφίας από το ποτάμι της Αγίας Αικατερίνης, στην περιοχή της Μάνδρας, με σκοπό να δημιουργηθεί ένα μικρό «εγχειρίδιο χρήσης» του λογισμικού. Η φωτογραφία αυτή, έχει ληφθεί με τη βοήθεια drone, από το ύψος του 1 μέτρου και έχει διαστάσεις 5472 x 3648, καθώς και οριζόντια και κάθετη ανάλυση 72 dpi.

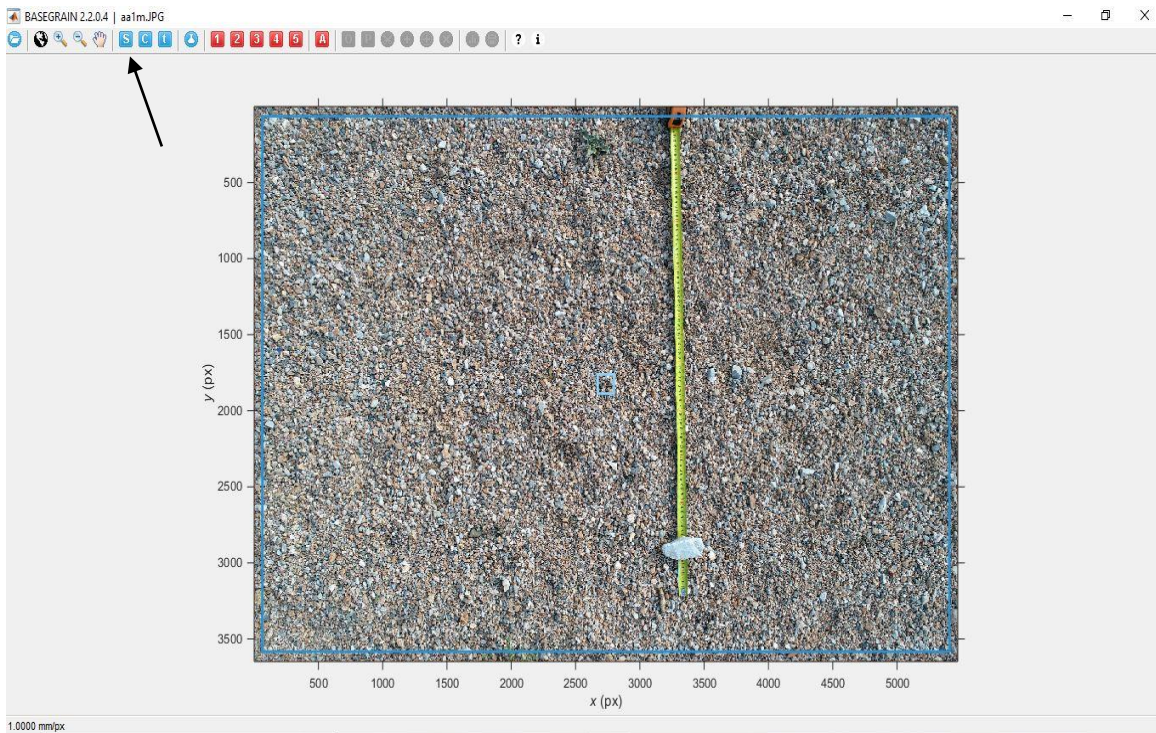
Για να μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε το λογισμικό BaseGrain πρέπει πρώτα να εγκαταστήσουμε την έκδοση 8.4 (2014b) του WIN64 MATLAB Compiler Runtime από τον ιστότοπο <https://www.mathworks.com/products/compiler/matlab-runtime.html>. Αφού εγκαταστήσουμε το πρόγραμμα και το τρέξουμε ακολουθούμε τα παρακάτω βήματα.

Αρχικά επιλέγουμε τη φωτογραφία που θέλουμε να επεξεργαστούμε, όπως φαίνεται στην φωτογραφία δεξιά. Στο βήμα αυτό μπορούμε να δούμε τα χαρακτηριστικά της φωτογραφίας καθώς και να ορίσουμε (αν τον γνωρίζουμε εκ των προτέρων) τον λόγο mm/px.



Εικόνα 14. Εργαλείο φόρτωσης εικόνας

Η φωτογραφία που θέλουμε να επεξεργαστούμε άνοιξε. Χρησιμοποιούμε το μέτρο που φαίνεται στην εικόνα στα αριστερά, για να προσδιορίσουμε, με όσων των δυνατών μεγαλύτερη ακρίβεια τον λόγο px/mm, με την βοήθεια του εργαλείου 'Scale', που μας παρέχει το πρόγραμμα, κλικάροντας το μπλέ εικονίδιο "S".



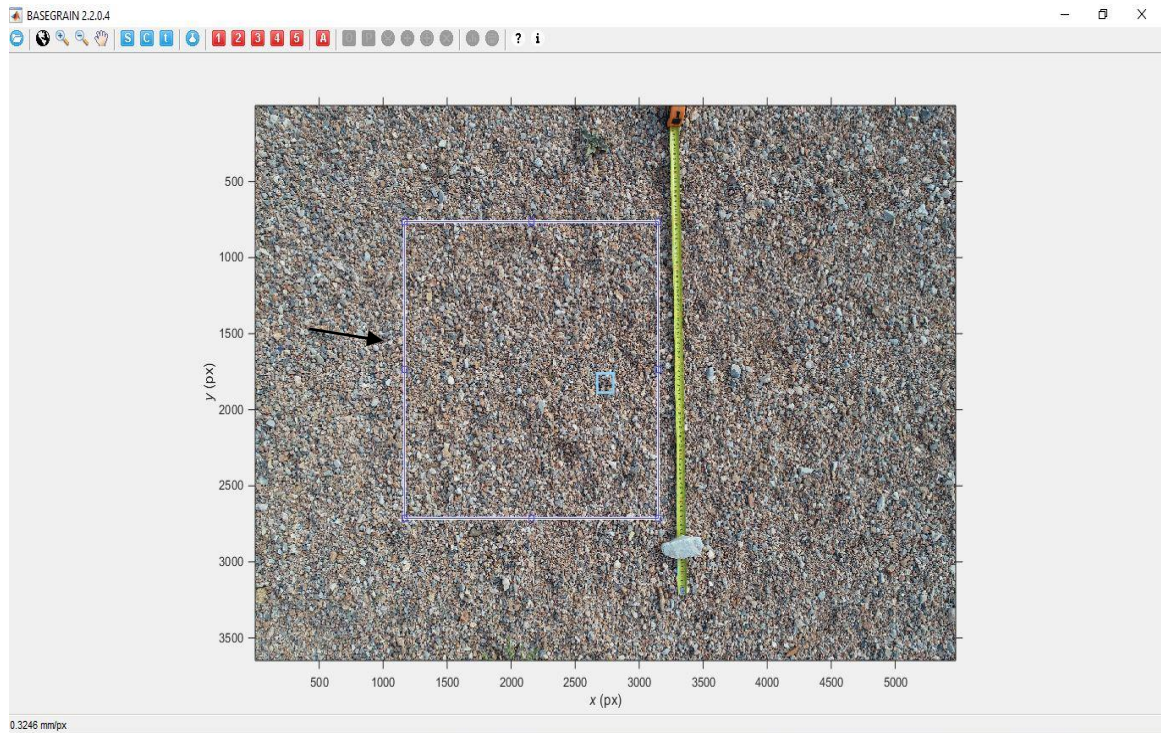
Εικόνα 15. Επιλογή εργαλείου εισαγωγής κλίμακας

Εμφανίζεται η καρτέλα 'S'cale. Στην περίπτωση μας γνωρίζουμε ότι το μέτρο έχει μήκος 1000mm. Συμπληρώνουμε το αντίστοιχο πεδίο όπως φαίνεται στην εικόνα, ορίζουμε την αρχή και το τέλος του μέτρου με τη μπλέ γραμμή και έπειτα κλικάρουμε το κουμπί "Apply". Το πρόγραμμα ορίζει τον λόγο px/mm σε 0.3246 (φωτογραφία με ύψος λήψης 1m). Στην συνέχεια κλικάρουμε την εντολή OK για να εφαρμοστούν οι αλλαγές.



Εικόνα 16. Εργαλείο «Scale»

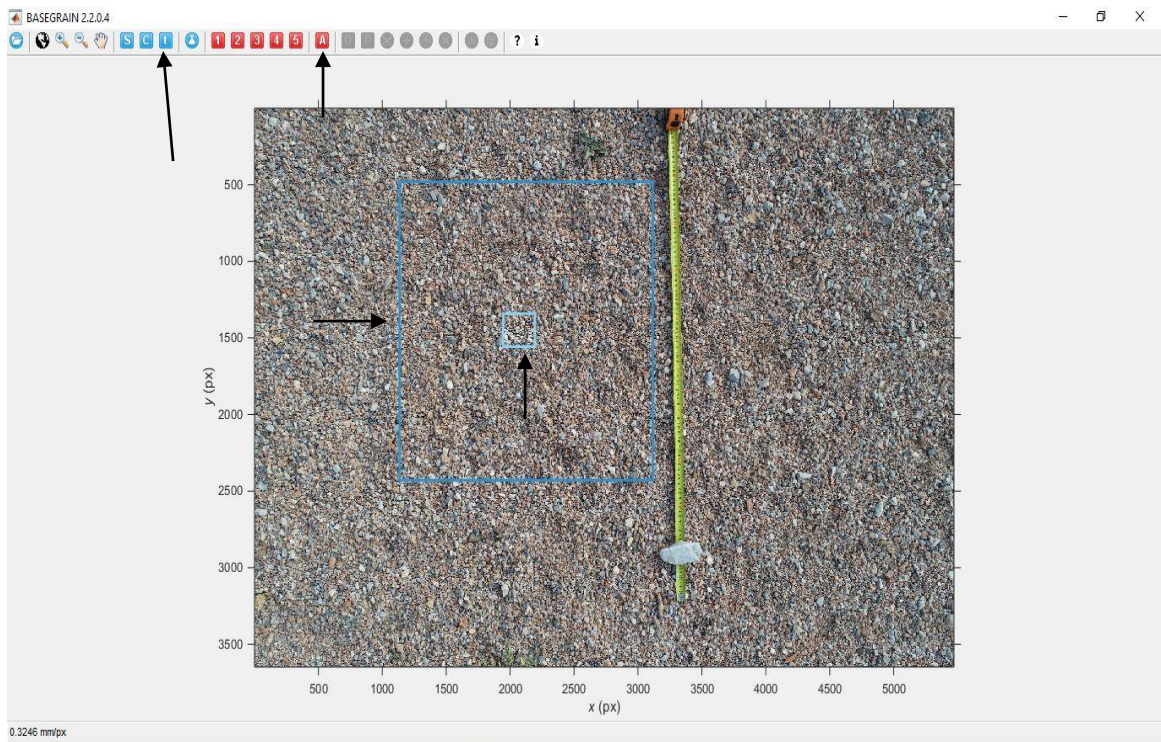
Έπειτα, πρέπει να ορίσουμε την περιοχή για την οποία θέλουμε να «τρέξει» το πρόγραμμα. Αυτό γίνεται μέσω της εντολής “Crop”. Κλικάροντας το μπλέ “C” εμφανίζεται μία επιλεγμένη περιοχή την οποία μπορούμε εμείς να την μετακινήσουμε, να την επεκτείνουμε ή να την μειώσουμε. Κάνοντας διπλό αριστερό κλικ, επιβεβαιώνουμε την περιοχή που θέλουμε να επεξεργαστούμε.



Εικόνα 17. Εργαλείο «Crop»

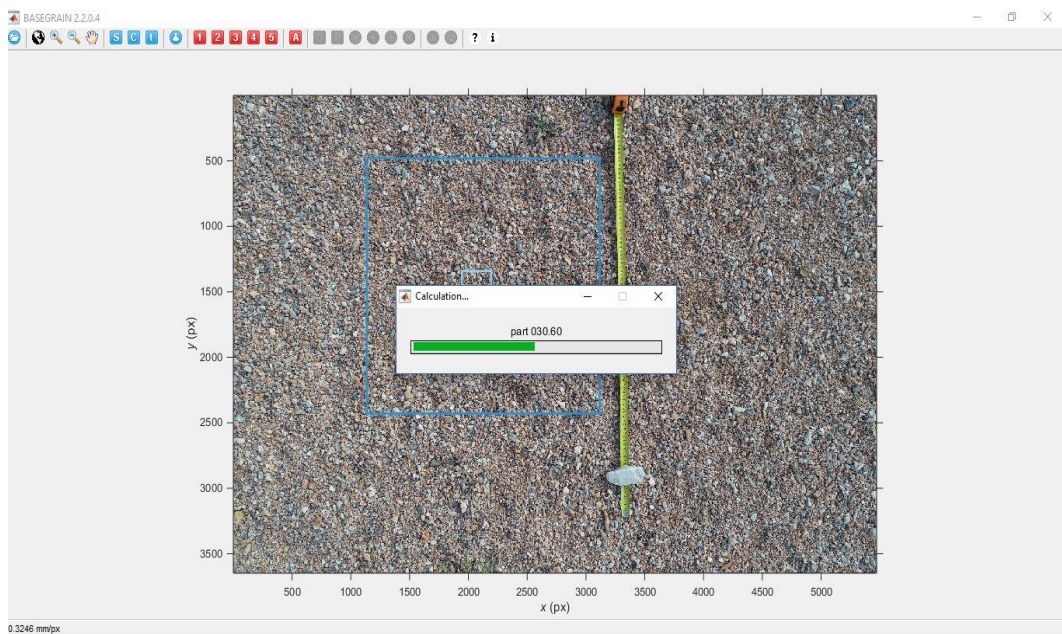
Η περιοχή που βρίσκεται εντός των μπλέ περιθωρίων είναι η περιοχή που θα επεξεργαστούμε. Στην συνέχεια πρέπει να ορίζουμε την περιοχή που χρησιμοποιεί το πρόγραμμα σαν δείγμα. Η περιοχή αυτή ορίζεται από το εργαλείο “Test” που ενεργοποιείται επιλέγοντας το μπλε κουμπί “T”. Αφού ενεργοποιηθεί το εργαλείο Test ορίζουμε την περιοχή που επιθυμούμε. Προσπαθούμε η περιοχή αυτή να μην είναι ιδιαίτερα μεγάλη και ταυτόχρονα να περιλαμβάνει και μικρούς αλλά και μεγάλους κόκκους έτσι ώστε το πρόγραμμα να δώσει όσο το δυνατόν καλύτερα αποτελέσματα. Κάνοντας διπλό κλικ, το περίγραμμα γίνεται μπλε, κλειδώνουμε την περιοχή που έχουμε επιλέξει.

Αφού έχουμε ορίσει σωστά τον λόγο px/mm και έχουμε επιλέξει, τόσο την περιοχή που θέλουμε να τρέξουμε, όσο και την περιοχή που χρησιμοποιεί σαν δείγμα το πρόγραμμα, είμαστε έτοιμοι να δώσουμε εντολή να ξεκινήσει η επεξεργασία της εικόνας επιλέγοντας την εντολή “A” 1-5 που ενεργοποιείται κλικάροντας το κόκκινο κουμπί ‘A’. Με τον τρόπο αυτό το πρόγραμμα πραγματοποιεί μόνο του όλα τα βήματα που απαιτούνται από το 1^ο έως 5^ο.



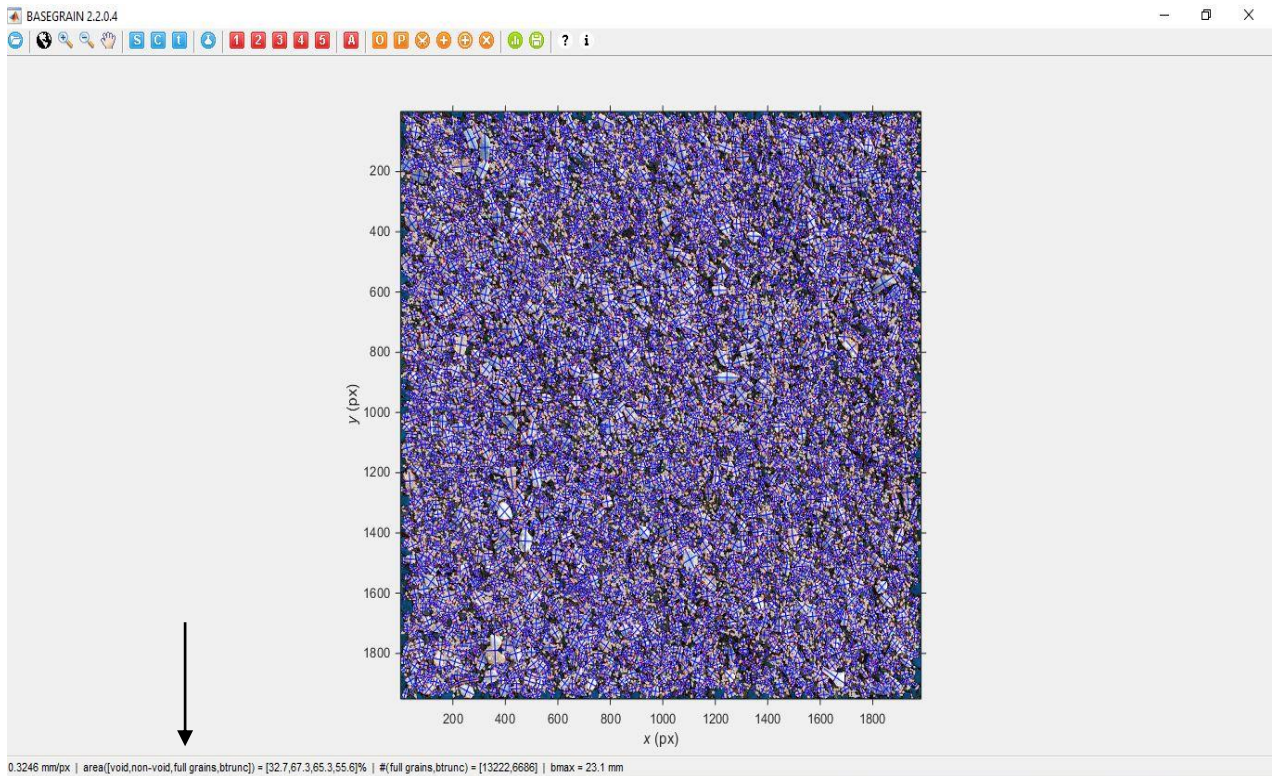
Εικόνα 18. Εργαλείο «Test»

Εμφανίζεται μια πράσινη μπάρα προόδου και το πρόγραμμα εκτελεί τις απαραίτητες διεργασίες. Εδώ αξίζει να σημειωθεί ότι, όσο μεγαλύτερη είναι η περιοχή που έχουμε επιλέξει στα προηγούμενα βήματα για επεξεργασία, τόσο περισσότερος είναι και ο χρόνος που απαιτείται για να ολοκληρωθεί αυτό το βήμα.



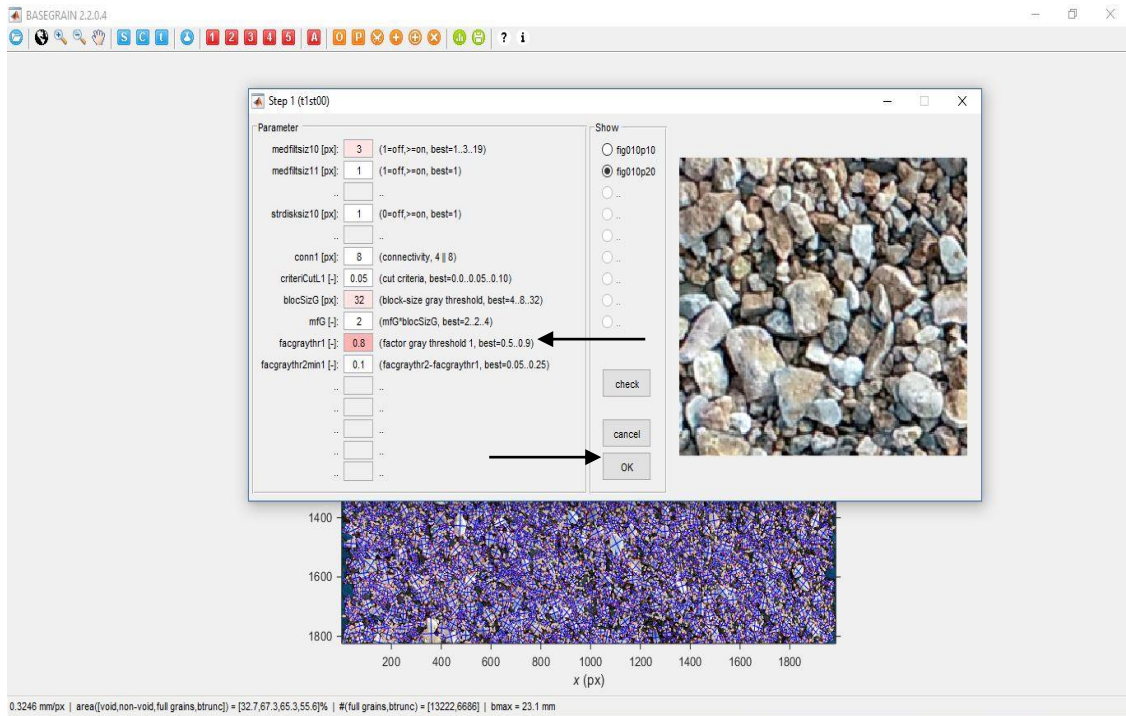
Εικόνα 19. Διαδικασία επεξεργασίας φωτογραφία από το πρόγραμμα

Αφού ολοκληρωθεί η επεξεργασία της περιοχής που έχουμε ορίσει εμφανίζεται το αποτέλεσμα, όπως αυτό φαίνεται στην εικόνα αριστερά. Εδώ παρατηρούμε ότι στο κάτω μέρος της καρτέλας το πρόγραμμα μας δίνει πληροφορίες για το ποσοστό της περιοχής που δεν αναγνωρίστηκαν κόκκοι, καθώς και για το σύνολο των κόκκων που αναγνωρίστηκαν και υπολογίστηκαν τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά τους.



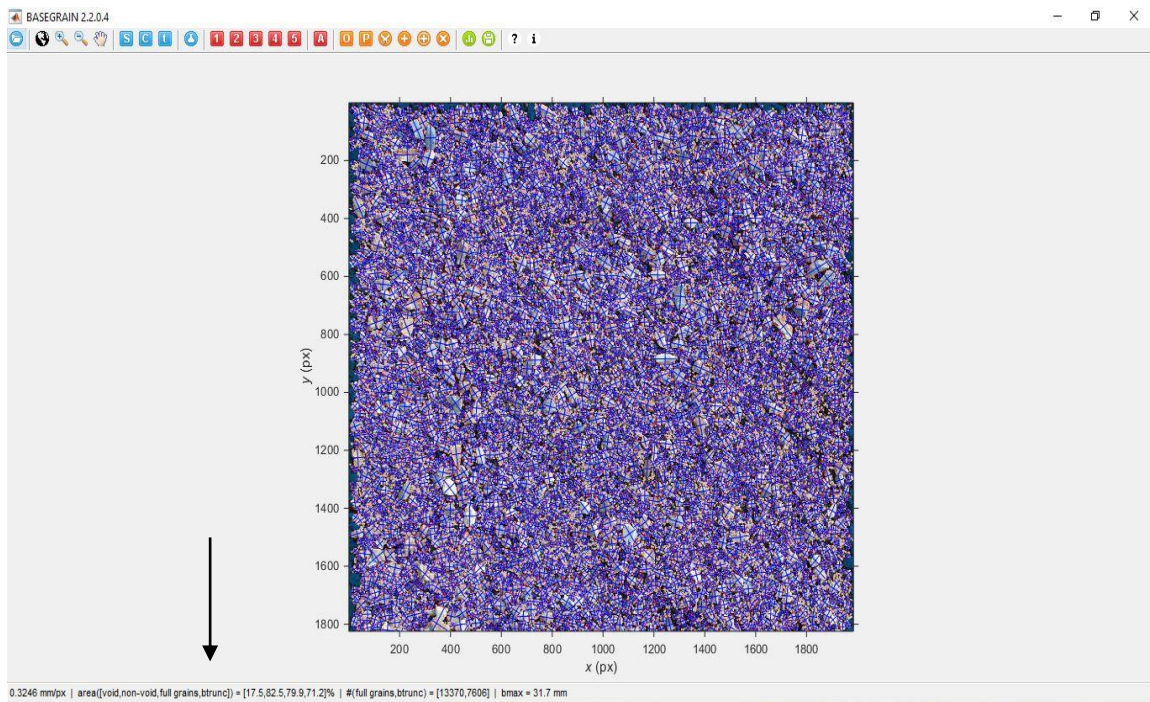
Εικόνα 20. Αποτέλεσμα μετά την επεξεργασία της εικόνας από το πρόγραμμα.

Στη συνέχεια, προσπαθούμε μέσω των βημάτων επεξεργασίας που μας δίνει δυνατότητα να πραγματοποιήσουμε χειροκίνητα το πρόγραμμα, να δούμε σε ποιες παραμέτρους υπάρχει πρόβλημα, έτσι ώστε να αλλάξουμε τις τιμές και να βελτιωθούν τα αποτελέσματά μας. Επιλέγουμε λοιπόν το βήμα ένα όπως φαίνεται στην εικόνα 19 από κάτω. Ανοίγει μία νέα καρτέλα. Όπως μπορούμε να διακρίνουμε το πρόγραμμα κοκκινίζει ορισμένες τιμές είτε πιο έντονα (κόκκινο) είτε πιο απαλά (ροζ). Οι τιμές αυτές είναι που κρίνει το πρόγραμμα ότι επηρεάσουν αρνητικά το τελικό αποτέλεσμα. Επίσης δίπλα σε κάθε παράμετρο φαίνονται και οι προτεινόμενες τιμές. Για να βελτιώσουμε το αποτέλεσμα, θα αντικαταστήσουμε την κόκκινη τιμή που στην προηγούμενη εικόνα ήταν 0.8, με 0.5, αφού το πρόγραμμα θεωρεί ότι οι αποδεκτές τιμές είναι από 0,5-0,8. Κλικάροντας το κουμπί “Ceck” βλέπουμε ότι το πρόγραμμα σκιαγραφεί με γκρι χρώμα τους κόκκους που αναγνωρίζει. Στην συνέχεια με την εντολή OK, το πρόγραμμα αποθηκεύει τις αλλαγές. Δίνουμε την εντολή να ξανατρέξει αυτόματα το πρόγραμμα με το κόκκινο κουμπί ‘A’.



Εικόνα 21. Καρτέλα παραμέτρων του βήματος 1

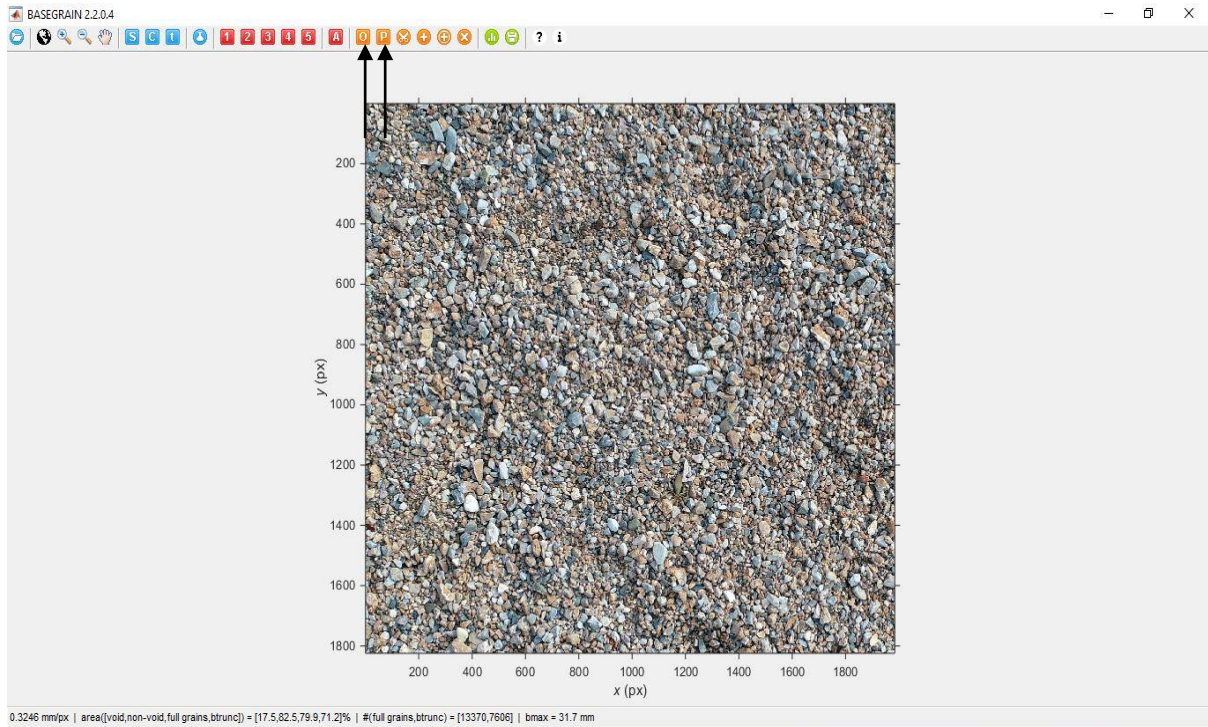
Είναι εμφανές ότι οι γκρι περιοχές, δηλαδή εκείνες που το πρόγραμμα δεν είχε αναγνωρίσει κόκκους, έχουν μειωθεί αρκετά, κάτι το οποίο επιβεβαιώνεται και από τις τιμές που δίνει το πρόγραμμα αφού από 37,2% τώρα είναι 17,5%. Επίσης έχουν αυξηθεί και οι κόκκοι που έχει αναγνωρίσει το πρόγραμμα από 13222 σε 13370.



Εικόνα 22. Αποτέλεσμα βήματος 7^ο

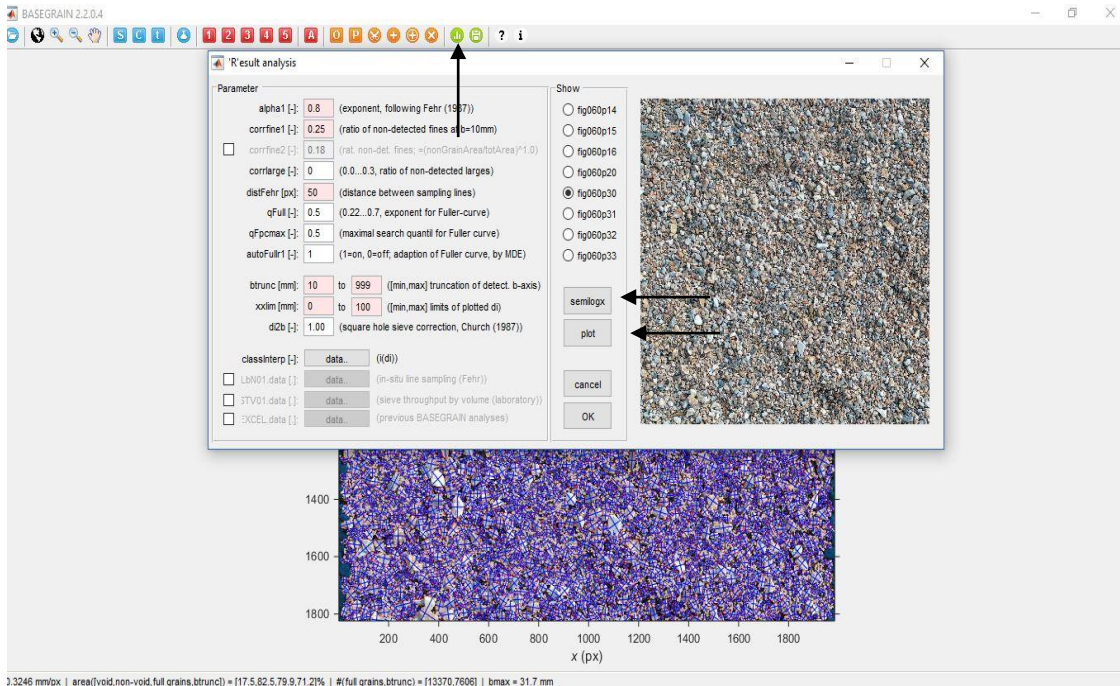
Επιλέγουμε να ανοίξουμε και την καρτέλα των υπόλοιπων βημάτων επεξεργασίας, με τον ίδιο τρόπο που ανοίξαμε και την προηγούμενη καρτέλα και αλλάζουμε όποια τιμή μπορεί να μας δώσει καλύτερο τελικό αποτέλεσμα

Το πορτοκαλί κουμπί 'O'bjects-view που διαθέτει το πρόγραμμα προβάλλει το κομμάτι της φωτογραφίας που έχουμε επιλέξει να επεξεργαστούμε στην αρχική του μορφή. Με το πορτοκαλί κουμπί 'P'hoto view ξαναβλέπουμε την εικόνα επεξεργασμένη.



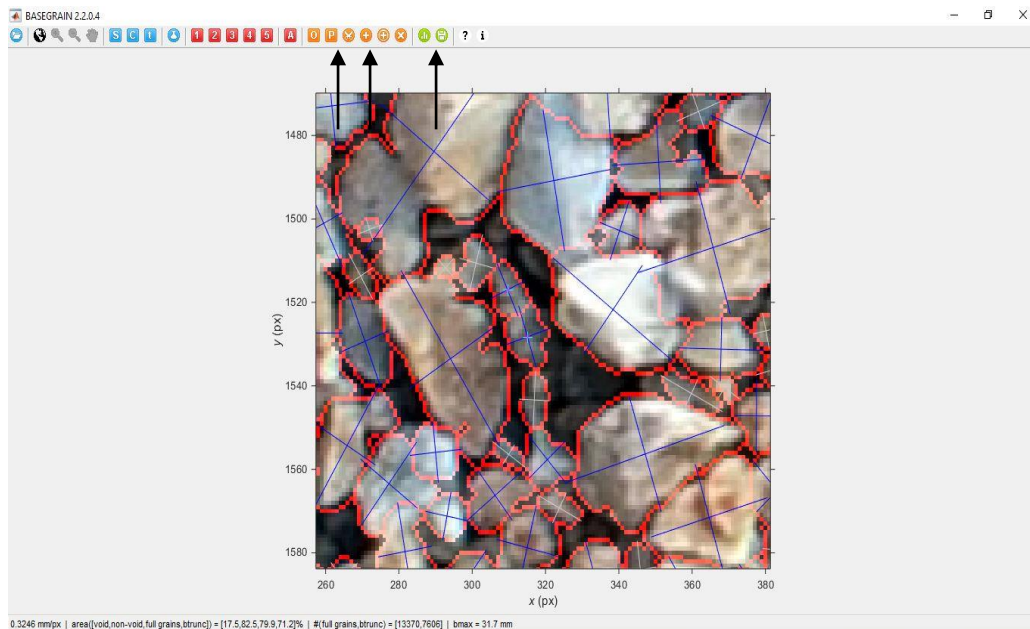
Εικόνα 23. Εργαλεία Object και Photo

Με την επιλογή της καρτέλας 'R'esult analysis όπως φαίνεται στην εικόνα δεξιά ο πρόγραμμα μας δίνει τη δυνατότητα να δημιουργήσουμε καμπύλες κατανομής μεγέθους κόκκου που υπολογίζονται με βάση τον Fehr (VAW, 1987). Αλλάζοντας τις τιμές μπορούμε να προσαρμόσουμε το διάγραμμα έτσι όπως χρειαζόμαστε. Το διάγραμμα μπορεί να είναι είτε ημιλογαριθμικό 'semilogx', είτε κανονικό, 'plot.'



Εικόνα 24. Εργαλείο Result

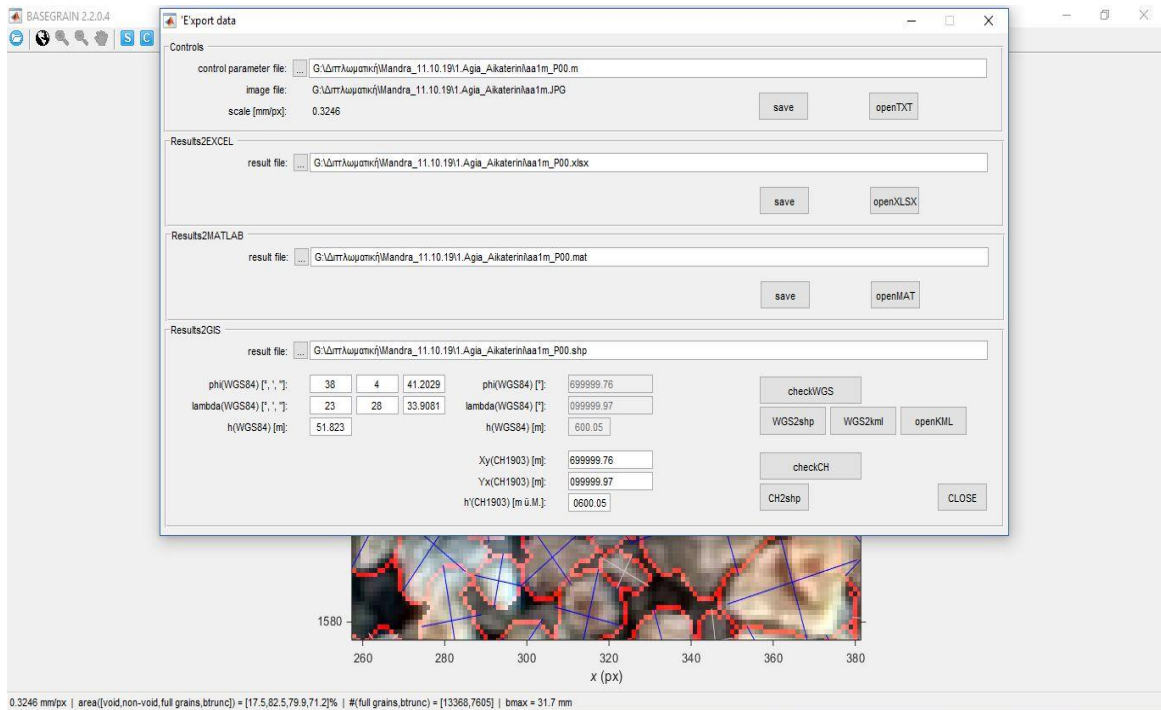
Το πρόγραμμα δίνει την δυνατότητα στον χρήστη με τη χρήση του εργαλείου Blank Out Object να επιλέξει ποιους κόκκους δεν θέλει και να αφαιρέσει. Με την ίδια λογική υπάρχει η δυνατότητα να προστεθούν μεμονωμένοι κόκκοι με το εργαλείο Merge Tool ή και με τη μορφή πολυγώνου με το εργαλείο Poly – Merge Tool όπως φαίνεται στη εικόνα δεξιά. Αφού ολοκληρωθεί η επεξεργασία προχωράμε στην αποθήκευση των αποτελεσμάτων από το πράσινο κουμπί με τη δισκέτα (Export Data).



Εικόνα 25. Εργαλεία Blank out Object, Merge, Poly - Merge και Export Data

Το πρόγραμμα μας δίνει την δυνατότητα να εξάγουμε τα αποτελέσματα με τη μορφή ενός αρχείου excel, επιλέγοντας την επιλογή 'save' που βρίσκεται στην περιοχή 'result2EXCEL'.

Επίσης τα αποτελέσματα μπορούν να αποθηκευτούν με τη μορφή αρχείου ‘matlab’, καθώς και σε μορφή ‘shapfile’, έτσι ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε κάποιο πρόγραμμα GIS.



Εικόνα 26. Εργαλείο εξαγωγής Excel

Εμείς επιλέγουμε τα αποτελέσματα να αποθηκευτούν σε μορφή excel. Αφού ολοκληρωθεί η αποθήκευση το πρόγραμμα εμφανίζει το μήνυμα που φαίνεται στην εικόνα δεξιά. Το excel που έχει δημιουργηθεί περιέχει διαφορετικές καρτέλες, κάθε μια από τις οποίες, περιέχει και διαφορετικές πληροφορίες για την επεξεργασία που έχει πραγματοποιηθεί στην εικόνα που έχουμε επιλέξει, καθώς και για τους κόκκους που έχει αναγνωρίζει το πρόγραμμα.

Στην εικόνα 25 παρουσιάζεται η καρτέλα ‘grain-size statistics’, στην οποία μπορούμε να βρούμε τις πληροφορίες που χρειαζόμαστε για να υπολογίσουμε τον συντελεστή mapping. Στην στήλη A φαίνεται το ποσοστό των κόκκων που η μεγαλύτερη διαγώνιος τους αντιστοιχεί στην τιμή που φαίνεται στην στήλη B. Για παράδειγμα το 50% των κόκκων αντιστοιχεί στην τιμή 12,4789mm. Οι υπόλοιπες καρτέλες περιέχουν άλλες πληροφορίες, όπως αναλυτικά τις διαστάσεις κάθε κόκκου (fully detected elements).

	A	B	C	D	E	F	G
1	i(di)	di(Fehr)	di(Fehr,fit)	di(abb)	di(area)	di(area*b)	
2	[d ₋]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
3		0,1	8,308667				
4		0,16	8,9852				
5		0,3	10,56378	10,21854	10,28319	10,21303	10,27586
6		0,35	11,12756	10,4618	10,62661	10,44717	10,62176
7		0,5	12,4789	11,24615	11,66648	11,23977	11,65962
8		0,65	13,81502	12,48119	12,87337	12,47449	12,87073
9		0,84	15,50745	14,5465	15,36733	14,42492	15,32691
10		0,9	16,33811	15,59308	16,50283	15,55926	16,17284
11		0,95	19,93236	16,87188	18,85704	16,79339	18,32043
12		0,98	22,08892	19,39349	25,33559	19,18722	24,36734
13		0,99	24,70767	23,97958	28,49776	22,76928	28,01363
14							
15	dm	27,75341	12,27735	12,91075	12,23947	12,82828	

Εικόνα 27. Εξαγωγή Excel

2.2.3. Χρήση του BaseGrain στην περίπτωση της Μάνδρας

Μετά τις καταστροφικές πλημμύρες που εκδηλώθηκαν στην περιοχή της Μάνδρας το 2017, η επιστημονική ομάδα του ΕΚΠΑ αλλά και άλλοι επιστήμονες, προσπάθησαν να υπολογίσουν την παροχή των δύο ποταμιών της περιοχής (Αγία Αικατερίνη, Σούρες) με όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ακρίβεια, προσδιορίζοντας την τιμή του συντελεστή Manning με τον «παραδοσιακό» τρόπο. Ακολουθώντας την διαδικασία που παρουσιάστηκε στο υποκεφάλαιο 2.2.2. «Τρόπος χρήσης του προγράμματος BaseGrain» προσδιορίστηκε ο συντελεστής Manning και εν τέλει η παροχή των δύο ποταμών της περιοχής. (Detert, M., Weitbrecht, V. (2013).)

Πιο συγκεκριμένα με τη χρήση UAV (drone) λήφθηκαν 23 φωτογραφίες από την κοίτη του ποταμιού της Αγίας Αικατερίνης και 22 φωτογραφίες από το ποτάμι Σούρες. Οι διαστάσεις όλων των φωτογραφιών ήταν 5472px * 3648px και 72dpi. Το υψόμετρο λήψης τους ήταν 1m, 3m, 5m, 10m, 15m, 20m και 30m.

Όσον αφορά την περίπτωση της Αγίας Αικατερίνης 7 λήψεις αφορούσαν το σύνολο της κοίτης και το ύψος λήψης τους ήταν 1m, 3m, 5m, 10m, 15m, 20m και 30m αντίστοιχα, 14 λήψεις αφορούσαν συγκεκριμένη τομή ρέματος, μήκους 13,20 μέτρων στα 5 μέτρα και 2 αποτύπωναν την γενική εικόνα του ρέματος. Για τον προσδιορισμό του συντελεστή Manning χρησιμοποιήθηκαν οι φωτογραφίες του 1m, των 3,5 μέτρων καθώς και όλες οι φωτογραφίες των 5m που αφορούν το μήκος της τομής που αναφέρθηκε παραπάνω. Με τον τρόπο αυτόν υπολογίστηκε το μέσο d_{50} με όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ακρίβεια.

Για το ρέμα Σούρες οι 8 λήψεις αφορούσαν την κοίτη του χειμάρρου και λήφθηκαν από το ύψος του 1m, των 3,5, 10, 15, 20, 30 μέτρων και οι 14 λήψεις αποτυπώνουν τομή μήκους 25,30 μέτρων. Στο σημείο αυτό είναι σημαντικό να τονιστεί ότι κατά μήκος της τομής το υψόμετρο από

την βόρεια όχθη μεταβάλλεται, για αυτό και ο λόγος mm/px μεταβάλλεται, και για το λόγο αυτό προσδιορίστηκε ξεχωριστά για κάθε φωτογραφία των 5m που αφορούσε την τομή της κοίτης. Για τον προσδιορισμό του συντελεστή Manning χρησιμοποιήθηκαν οι φωτογραφίες του 1m, των 3,5 μέτρων καθώς και όλες οι φωτογραφίες των 5m που αφορούν το μήκος της τομής που αναφέρθηκε παραπάνω. Με τον τρόπο αυτόν υπολογίστηκε το μέσο d_{50} με όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ακρίβεια.

Αφού υπολογίστηκε το d_{50} για κάθε μία από τις παραπάνω περιπτώσεις με τη χρήση των κατάλληλων τύπων που έχουν παρουσιαστεί στο θεωρητικό μέρος της εργασίας και πιο συγκεκριμένα, στον πίνακα της εικόνας 12 , υπολογίστηκε ο συντελεστής manning (n) για τα δύο αυτά ρέματα και εν συνεχεία η αντίστοιχη παροχή. Στο επόμενο κεφάλαιο θα παρουσιαστούν αναλυτικά τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την παραπάνω διαδικασία και στο Παράστημα A μπορείτε να βρείτε όλα τα στιγμιότυπα οθόνης (screen shots), με τη μορφή εικόνων, που δημιουργήθηκαν από την χρήση του προγράμματος BaseGrain.

Κεφάλαιο 3.

Αποτελέσματα

Στο παρόν κεφάλαιο θα παρουσιαστούν οι τιμές της παραμέτρου d_{50} που προέκυψαν με τη χρήση UAV και Matlab (BaseGrain) και θα γίνει σύγκριση με τις τιμές που προέκυψαν από την παραδοσιακή μέθοδο.

Στην περίπτωση της Αγίας Αικατερίνης αφού ακολουθήθηκαν τα βήματα που έχουν αναφερθεί στο κεφάλαιο 2 το d_{50} υπολογίστηκε σε 0,053 εντός της κοίτης. Όπως φαίνεται στην εικόνα 12 στο 2^ο κεφάλαιο η τιμή αυτή αντιστοιχεί στους 2 πρώτους τύπους. Γνωρίζοντας λοιπόν και το R (υδραυλική ακτίνα) που στην συγκεκριμένη περίπτωση είναι 2,57 υπολογίζονται δύο τιμές για το n (συντελεστής Manning) εντός της κοίτης μία για κάθε τύπο. Σύμφωνα λοιπόν με τον πρώτο τύπο το αποτέλεσμα που υπολογίζεται είναι 0,029123 ενώ σύμφωνα με τον δεύτερο 0,026477.

Σε ότι αφορά τον ποταμό Σούρες, ακολουθώντας ακριβώς την ίδια διαδικασία, το d_{50} υπολογίστηκε 0,08 άρα και στην συγκεκριμένη περίπτωση θα χρησιμοποιηθούν οι δύο πρώτοι τύποι της εικόνας 12. Γνωρίζοντας σε αυτή την περίπτωση ότι το R έχει την τιμή 5,94 οι τιμές που ο συντελεστής n θα πάρει αντιστοιχούν σε 0,030458 χρησιμοποιώντας τον πρώτο τύπο και σε 0,027946 χρησιμοποιώντας των δεύτερο.

Ανατρέχοντας στον πίνακα 1 φαίνονται οι τιμές που λαμβάνει ο συντελεστής του Manning για το αντίστοιχο μέγεθος των κόκκων. Οι τιμές αυτές έχουν καθοριστεί κυρίως εμπειρικά, μέσα από πειράματα που έχουν γίνει. Συγκρίνοντας λοιπόν τα αποτελέσματα διαπιστώνεται ότι οι τιμές του d_{50} και για τα δύο ποτάμια μελέτης [μας], ανήκουν στην πρώτη τάξη του πίνακα (δηλαδή $d_{50} < 1$) και άρα οι αναμενόμενες τιμές για το συντελεστή n είναι από 0.025 έως 0.032 με βάση τους Benson and Dalrymple (1967). Διαπιστώνεται λοιπόν ότι οι τιμές που υπολογίστηκαν μέσω της διαδικασίας που έχει αναφερθεί στα παραπάνω κεφάλαια επιβεβαιώνονται και από τον πίνακα που χρησιμοποιείται εμπειρικά.

Κεφάλαιο 4.

Συμπεράσματα - Προτάσεις

Η οπτική κοκκομετρία είναι η διαδικασία μέτρησης των διαφορετικών μεγεθών κόκκων σε ένα κοκκώδες υλικό, με βάση μια φωτογραφία. Η τεχνολογία δημιουργήθηκε για να αναλύσει μια φωτογραφία και να δημιουργήσει στατιστικά στοιχεία βάσει του τι απεικονίζει η εικόνα.

Προκειμένου η οπτική κοκκομετρία να είναι απολύτως επιτυχής, πρέπει να ληφθεί μια ακριβής φωτογραφία - με επαρκή φωτισμό και με τη χρήση κατάλληλης τεχνολογίας (στην περίπτωση μας με drone) για να επιτευχθούν όσο το δυνατόν καλύτερα αποτελέσματα. Εάν πληρούνται αυτές οι απαιτήσεις, και με τη βοήθεια του κατάλληλου software (π.χ. basegrain) μπορούμε να υπολογίσουμε με μεγάλη ακρίβεια εκείνες τις παραμέτρους (π.χ. συντελεστής mapping), οι οποίες είναι απαραίτητες για τον προσδιορισμό της παροχής ενός ποταμού . Τα πλεονεκτήματα που μας παρέχει η μέθοδος της οπτικής κοκκομετρίας σε σχέση με τον παραδοσιακό τρόπο είναι σημαντικά, αφού μπορούμε να ανατρέξουμε στην περιοχή μελέτης, μέσω των φωτογραφιών που έχουν ληφθεί και μέσω μιας ημι-αυτοματοποιημένης διαδικασίας να υπολογίσουμε πιο εύκολα και γρήγορα τις παραμέτρους που μας ενδιαφέρουν.

Η συγκεκριμένη μέθοδος που περιγράφηκε και αναλύθηκε στην εργασία, έχει ως απώτερο σκοπό να υπολογιστεί με όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ακρίβεια και ευκολία ο συντελεστής τραχύτητας Manning, που όπως έχει τονισθεί σε πρόσφατες δημοσιεύσεις είναι μια από τις πιο κοινές προσεγγίσεις σε έμμεσες εκτιμήσεις παροχής η οποία αποτελεί μία βασική μέτρηση των πλημμυρών και η εκτίμησή της παρέχει πολύτιμες πληροφορίες για τις σχέσεις απορροής-βροχής και την υδρολογική απόκριση των λεκανών απορροής. Επιπλέον μέσω της μελέτης της μπορούμε να προσδιορίσουμε τη συχνότητα των πλημμυρών και την περίοδο επανεμφάνισης, που είναι απαραίτητη για να ληφθούν τα απαραίτητα μέτρα προστασίας από τις πλημμύρες.

Όσον αφορά το BaseGrain αποτελεί ένα καινούργιο εργαλείο που παρέχει πολλές δυνατότητες στο χρήστη, αφού μπορεί να επεξεργαστεί μια απλή εικόνα εντοπίζοντας «αντικείμενα» που υπάρχουν σε αυτή. Στην συγκεκριμένη μελέτη περίπτωσης χρησιμοποιήθηκαν φωτογραφίες από το ύψος του 1m, των 3m και των 5m έτσι ώστε να εντοπιστούν όσο το δυνατόν με μεγαλύτερη ακρίβεια κόκκοι από μία τομή στο ρέμα της Αγίας Αικατερίνης και στις Σούρες στην περιοχή της Μάνδρας. Ο τελικός στόχος ήταν να υπολογιστεί το d50, μία παράμετρος που είναι απαραίτητη για τον υπολογισμό του συντελεστή Manning.

Απαραίτητη προϋπόθεση για να εξαχθούν σωστά αποτελέσματα είναι να καθοριστεί, η να προσδιοριστεί με το εργαλείο 'Scale' του προγράμματος ο λόγος px/mm (στην περίπτωση αυτή πρέπει μία τουλάχιστον από τις φωτογραφίες που θα χρησιμοποιηθούν να περιέχει κλίμακα γνωστού μεγέθους).

Πολύ σημαντικό ρόλο έχει επίσης και το ύψος από το οποίο έχει ληφθεί η φωτογραφία. Στην εν λόγω περίπτωση μας για να ελαχιστοποιηθεί, όσο είναι εφικτό το σφάλμα

χρησιμοποιήθηκαν εικόνες ανάλυσης 5472 x 3648, 72dpi από το ύψος του 1m, των 3m και των 5m. Επειδή το πρόγραμμα είναι δύσκολο να επεξεργαστεί τόσο μεγάλες εικόνες, επιλέχθηκε να το εκτελεσθεί; Εφαρμοσθεί, ειδικά για τις φωτογραφίες των 5m, περισσότερες φορές για διαφορετικό τμήμα της ίδιας φωτογραφίας κάθε φορά, έτσι ώστε να έχει να επεξεργαστεί λιγότερη πληροφορία και το αποτέλεσμα να είναι πιο ακριβές. Επίσης, με τον τρόπο αυτό διευκολύνεται το πρόγραμμα σε περιπτώσεις που εμπεριέχονται και κόκκοι πολύ μεγάλου και μικρού μεγέθους.

Το περιβάλλον του προγράμματος δεν είναι ιδιαίτερα φιλικό προς το χρήστη, καθώς επίσης, απουσιάζει και ένα κουμπί "Undo" που θα έδινε την δυνατότητα να διορθωθεί εύκολα και γρήγορα ένα πιθανό λάθος. Επιπλέον, το πρόγραμμα σε αρκετές περιπτώσεις «κολλάει» και κλείνει, με αποτέλεσμα ο χρήστης να πρέπει να υλοποιήσει την διαδικασία από την αρχή. Αρκετά προβλήματα αντιμετωπίστηκαν επίσης και στην επεξεργασία της εικόνας μετά την αυτόματη ανάλυση. Αρχικά δεν υπάρχει επεξήγηση για τα 5 βήματα που εκτελεί το πρόγραμμα, με αποτέλεσμα ο χρήστης να μην γνωρίζει τι εκφράζει η κάθε παράμετρος που επεξεργάζεται το πρόγραμμα. Ορισμένες από αυτές αναλύονται στο άρθρο του Detertetal 2013, αλλά όχι όλες. Ακόμα, πολλές φορές παρόλο που με το εργαλείο «Merge» ο χρήστης αφαιρεί ορισμένους κόκκους από την επεξεργασία, το πρόγραμμα όταν ξεκινάει την ανάλυση τους συμπεριλαμβάνει στη διαδικασία.

Σε αρκετές περιπτώσεις το πρόγραμμα δεν καταφέρνει να αναγνωρίσει κόκκους πολύ μικρού μεγέθους ή κόκκους που επικαλύπτονται μεταξύ τους ή από βλάστηση. Στις περιπτώσεις αυτές, έγινε προσπάθεια αλλάζοντας τις τιμές σε κάποιες παραμέτρους, στα βήματα επεξεργασίας, να βελτιωθεί το αποτέλεσμα. Επίσης, χρησιμοποιώντας τα εργαλεία που μας δίνει το πρόγραμμα, αφαιρέσαμε κόκκους που λάθος είχε αναγνωρίσει το πρόγραμμα ή προσθέσαμε όπου μπορούσαμε να τους διακρίνουμε με το μάτι. Μέσω αυτής της διαδικασίας μειώθηκε η περιοχή για την οποία δεν ήταν εφικτή η αναγνώριση κόκκων από το πρόγραμμα, και διαπιστώθηκε κατά το δυνατόν αν έχουν ορισθεί σωστά οι κόκκοι που έχει εντοπίσει το πρόγραμμα.

Βασική προϋπόθεση είναι η χρήση κάμερας με τουλάχιστον 2 Μpx. Στην κάθετη λήψη δεν πρέπει να υπάρχει σκίαση σε περίπτωση ηλιόλουστου καιρού και από την άλλη πλευρά πρέπει να υπάρχει ο απαραίτητος φωτισμός σε συννεφιά (χωρίς φλας). Ο χρήστης πρέπει να αποφύγει βρεγμένες πέτρες και περιοχές χωρίς κόκκους όπως γρασίδι, φύλλα, μύδια και χιόνι, επειδή θα τοποθετηθούν σαν κόκκοι. Ένα ακόμα πρόβλημα ειδικά στην συγκεκριμένη μελέτη είναι το δείγμα που είχαμε να εξετάσουμε. Δεν ήταν για κροκάλες, ήταν λατύπες, ήταν από διαφορετική πηγή προέλευσης, προσχωματικά και ασβεστολιθικά, ήταν έντονα διαβρωμένα από το φαινόμενο. Όλα αυτά δεν επηρέασαν το αποτέλεσμα, το πρόγραμμα ανταπεξήλθε ικανοποιητικά, αλλά λόγω της μετα-επεξεργασίας. Δηλαδή χρωματικές αλλαγές σε ασβεστολιθικές λατύπες ή με τρύπες ή με έντονες γωνίες, το πρόγραμμα τις ένωνε με γειτονικές ή τις έκοβε μικρότερες. Ο χρήστης μετά διόρθωσε ότι δεν ήταν σωστό. Αλλά όλη αυτή η διαδικασία καταργεί τον όρο αυτοματοποιημένη και καταλήγει σε πιο ημι-αυτοματοποιημένη.

Τέλος, είναι σημαντικό να τονιστεί ότι με το εργαλείο 'Test' πρέπει να γίνεται προσπάθεια ώστε η περιοχή που επιλέγεται να μην είναι πολύ μεγάλη και ταυτόχρονα να εμπεριέχονται όλων των διαστάσεων κόκκοι που υπάρχουν στην φωτογραφία που είναι υπό επεξεργασία.

Γίνεται λοιπόν αντιληπτό ότι το BaseGrain είναι ένα πολύ χρήσιμο εργαλείο που δίνει τη δυνατότητα να χρησιμοποιούνται φωτογραφίες που έχουν αποτυπωθεί με τη χρήση ενός UAV έτσι ώστε να υπολογιστεί ο συντελεστής mapping και εν τέλει η μέγιστη παροχή ενός ποταμού.

Το μεγάλο προτέρημα αυτής της διαδικασίας, σε σχέση με τη παραδοσιακή, είναι ότι η συλλογή των εικόνων από το πεδίο μπορεί να υλοποιηθεί αμέσως μετά το πλημμυρικό φαινόμενο και εν συνεχεία στο «γραφείο» να επιλεγθούν χωρίς βιασύνη και με προσοχή οι καταλληλότερες εικόνες, αφού υπάρχει η δυνατότητα να ανατρέξουμε στην περιοχή μελέτης, μέσω των λήψεων του UAV, αλλά και ο χρόνος, η ασφάλεια και η άνεση του προσωπικού χώρου εργασίας.

Ωστόσο όμως, επειδή το Base Grain βρίσκεται σε αρχική μορφή αντιμετωπίζει ορισμένα προβλήματα, τα οποία έχουν αναφερθεί παραπάνω. Παρόλα αυτά, με περαιτέρω επεξεργασία μπορούν σε έναν βαθμό να αντιμετωπισθούν έτσι ώστε το αποτέλεσμα να βελτιστοποιηθεί αρκετά και να προσεγγιστεί σε μεγάλο βαθμό η πραγματική κατάσταση.

Βιβλιογραφία

Geological Survey Professional Paper 1584. (n.d.). Verification of Roughness Coefficients for Selected Natural and Constructed Stream Channels in Arizona U.S.

www.ypeka.gr. (n.d.). Ανάκτηση από <http://www.ypeka.gr>

Aldridge and Garrett, 1973. (n.d.). *Aldridge and Garrett, 1973*.

Detert, M., Weitbrecht, V. (2013). (n.d.). User guide to gravelometric image analysis by BASEGRAIN. In: Advances in Science and Research, S. Fukuoka, H. Nakagawa, T. Sumi, H. Zhang (Eds.), Taylor & Francis Group, London, ISBN 978-1-138-00062-9, pp. 1789-1795.

Dr. EfthymiosLekkas, D. M., Diakakis, D. M., & PhDCandidateEmmanouilAndreadakis. (n.d.). Πλημμύρες στη Δυτική Αττική (Μάνδρα, Νέα Πέραμος)15 Νοεμβρίου 2017Dr. EfthymiosLekkas, Dr. MichalisDiakakis, MSc, PhDCandidateEmmanouilAndreadakis, MScNafsikaIoannaSpyrou, MScMariliaGogou,MScNavsikaKaterinaKatsetsiadou, Dr. PhoebeSpeis, MScArgirisGeorgako.

efsyn.16/11/2017. (n.d.).

<http://mandras-eydyllias.gr>. (n.d.). Ανάκτηση από (<http://mandras-eydyllias.gr/>).

Parker, 1. (n.d.). Parker, 1999.

SaeidTadayon, J. V. (n.d.). Selection of Manning's Roughness Coefficient for Natural and Constructed Vegetated and NonVegetated Channels, and Vegetation Maintenance Plan Guidelines for Vegetated Channels in Central Arizona.

VAW, 1. (n.d.). VAW,1987.

Wikipedia. (n.d.). Ανάκτηση από www.wikipedia.org

www.directnews.gr. (n.d.).

Πλημμύρες & πλημμυρικός κίνδυνος Δρ.ΜιχάληςΔιακάκης, Πανεπιστήμιο Αθηνών–Τμήμα Γεωλογίας &ΓεωπεριβάλλοντοςΣτρατηγικές διαχείρισης Περιβάλλοντος–Καταστροφών-Κρίσεων

ΚΥΡΙΑΚΟΣ-ΣΤΑΥΡΟΣΜΑΛΑΚΟΔΗΜΟΣ. (n.d.). ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ ΖΗΜΙΩΝ ΑΠΟΠΛΗΜΜΥΡΕΣ ΣΤΗ ΜΑΝΔΡΑ ΑΤΤΙΚΗΣ - Πτυχιακή Εργασία: .

Κωνσταντίνος Καρτάλης, Α. Κ., Αναστάσιος Πολύδωρος, Μ. Φ., & Θάλεια Μαυράκου, Μ. Σ. ΘΕΡΜΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΑΣΤΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ.

Παναγούλια, Δ. (2009).

<https://www.eea.europa.eu/el>

MATLAB. (2019). version 9.7.0 (R2019b). Natick, Massachusetts: The MathWorks Inc.

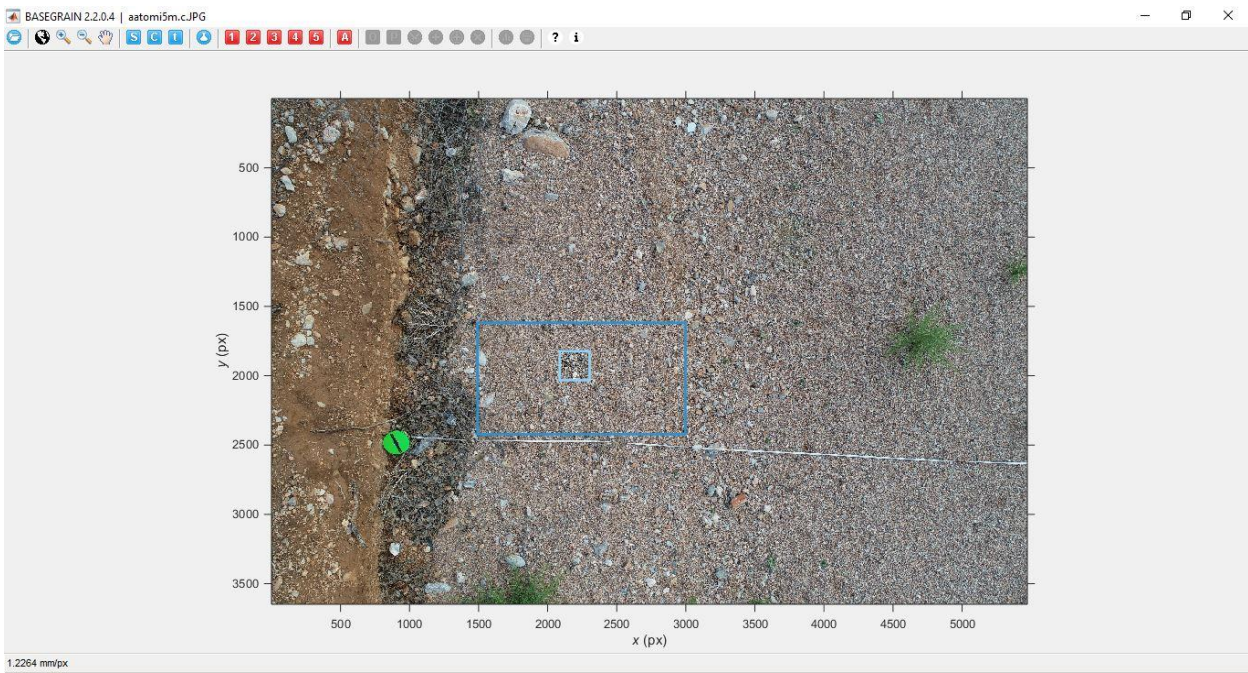
Παράρτημα Α.

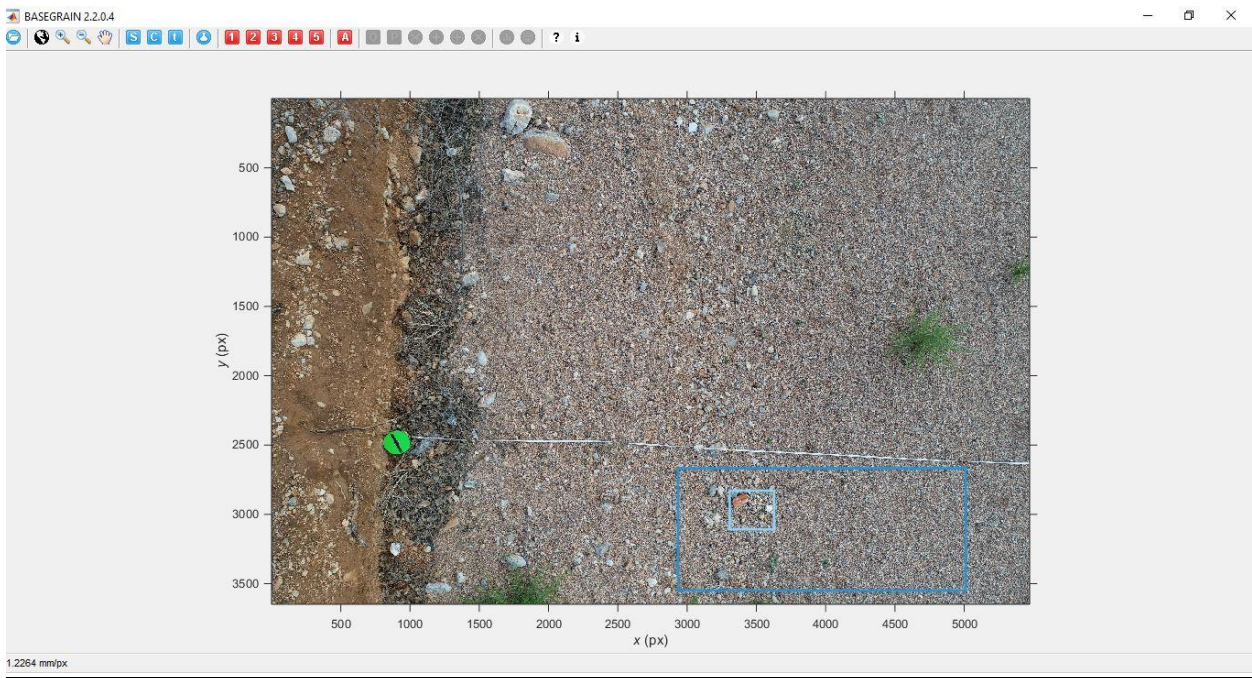
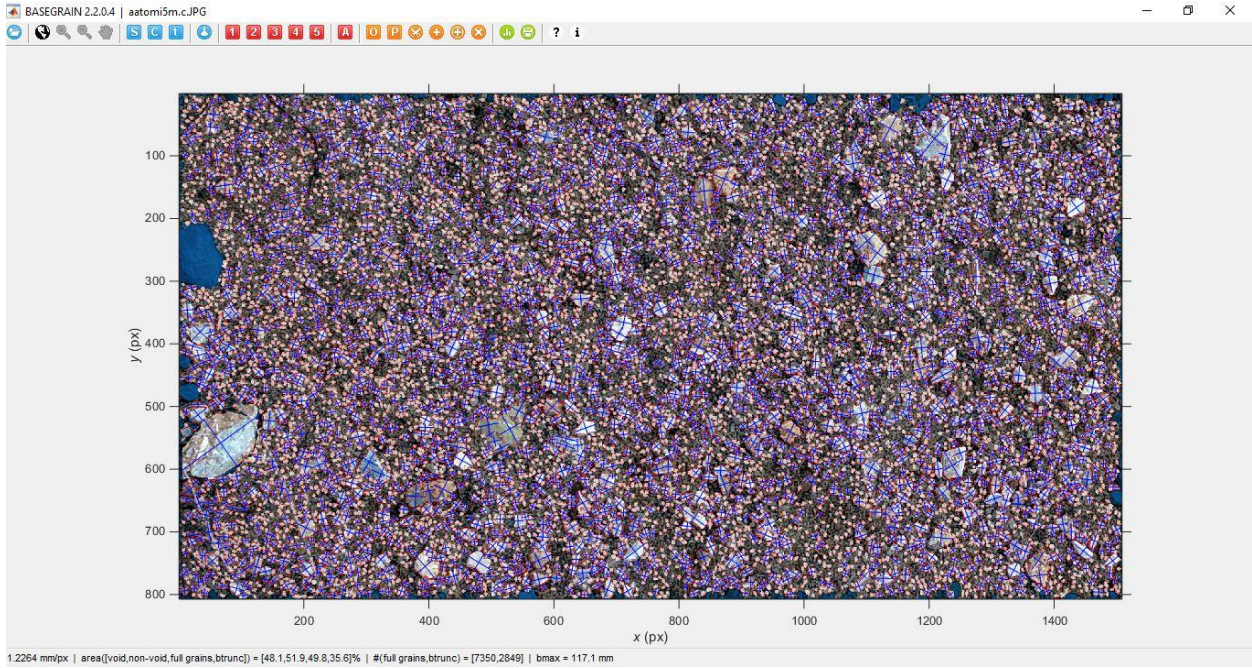
Screen-Shots από το πρόγραμμα BaseGrain

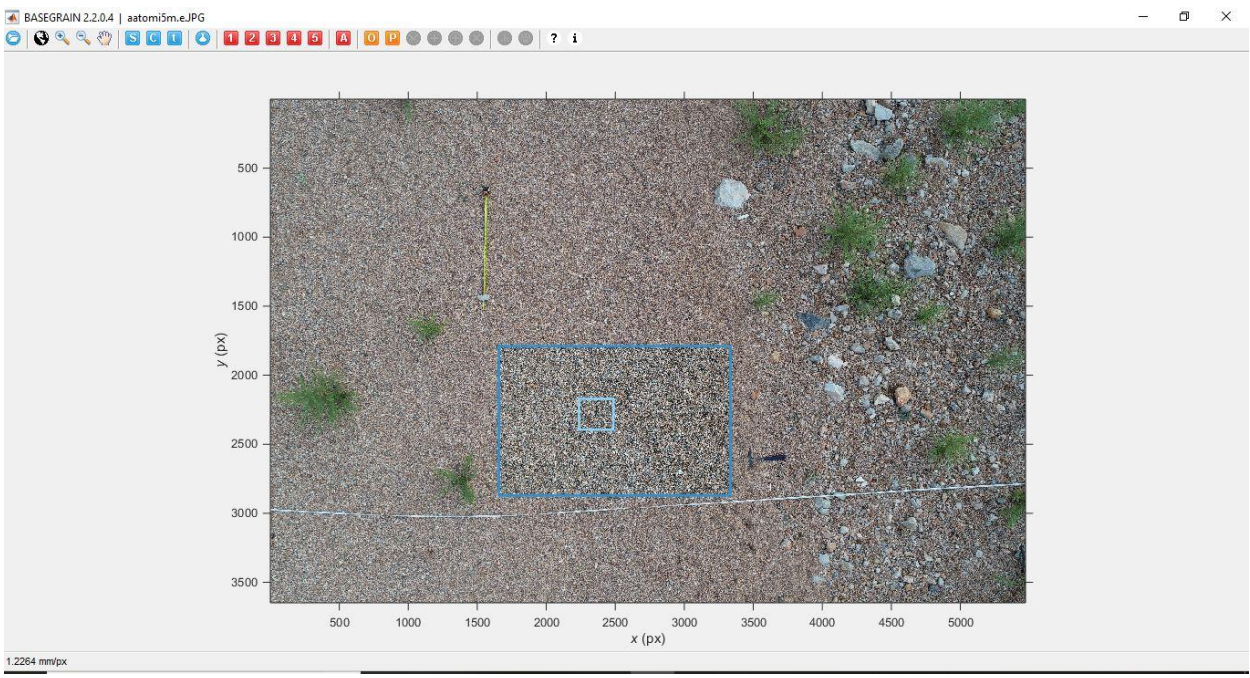
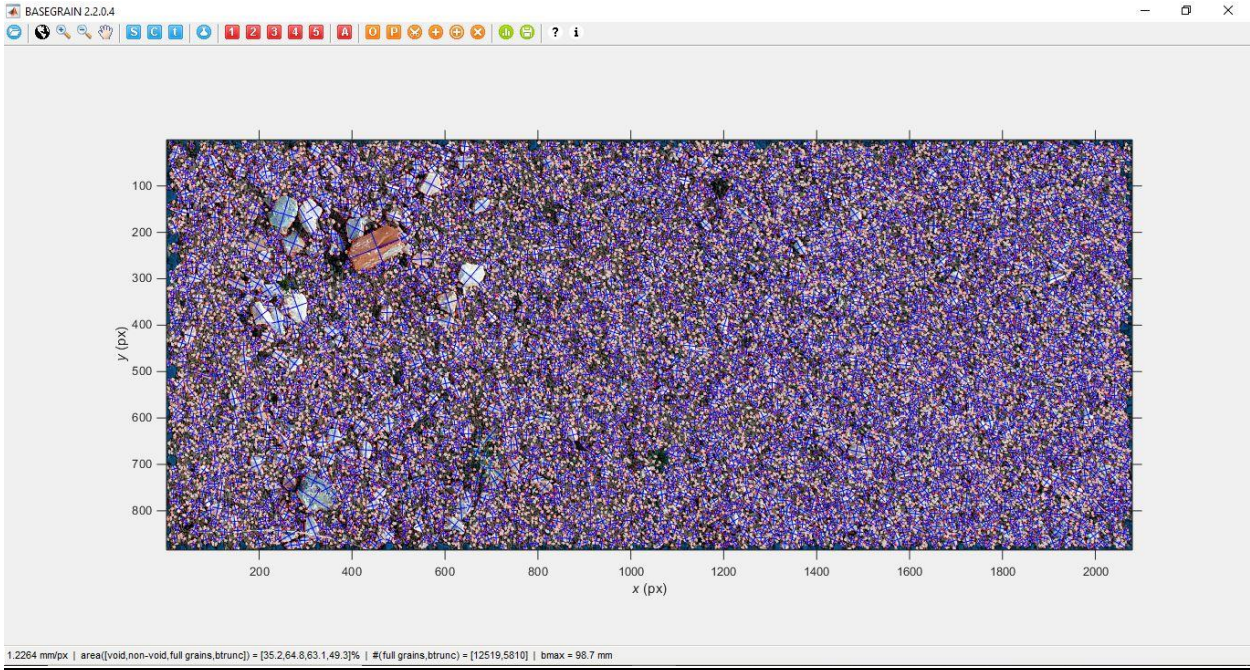
Στο παράρτημα Α παρουσιάζονται αναλυτικά, μέσω αποκομμάτων οθόνης, τα αποτελέσματα που παραρίχθηκαν, μετά τα κατάλληλα βήματα που πραγματοποιήθηκαν στο πρόγραμμα BaseGrain, για το ρέμα της Αγίας Αικατερίνης, με σκοπό να βελτιωθεί, όσο το δυνατόν περισσότερο, το αποτέλεσμα που εξάγει το πρόγραμμα για την παράμετρο d_{50} , η οποία έχει καθοριστικό ρόλο στον υπολογισμό του συντελεστή *manping*.

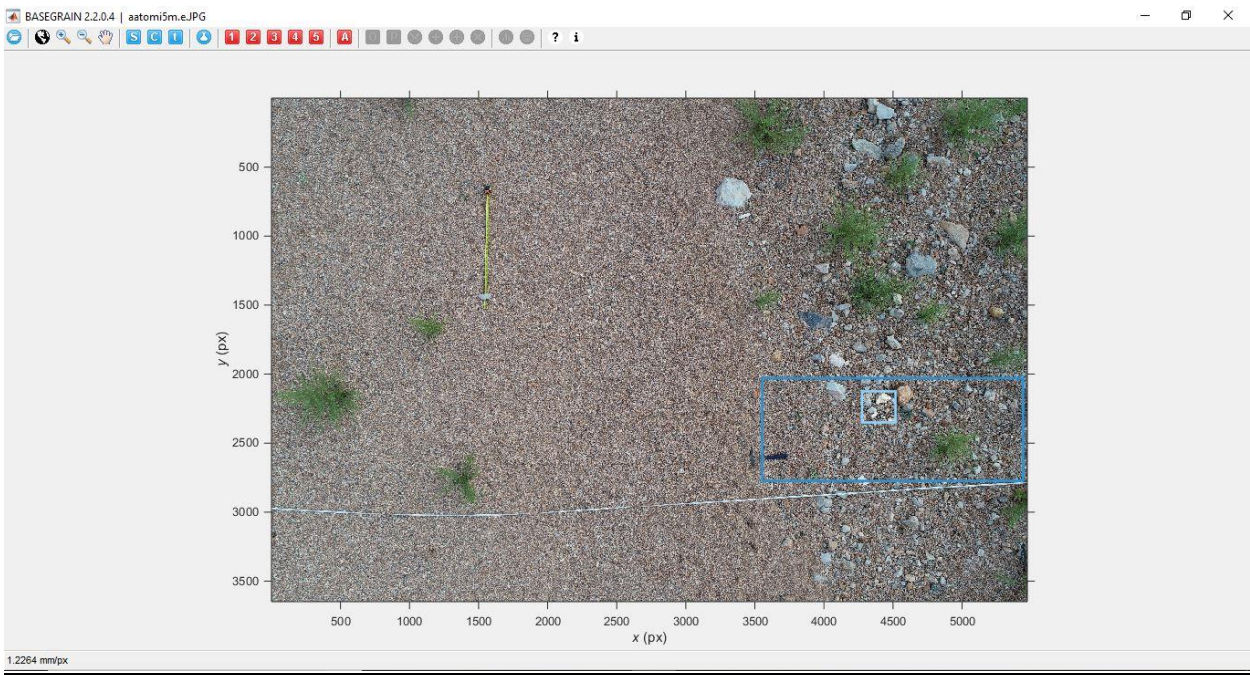
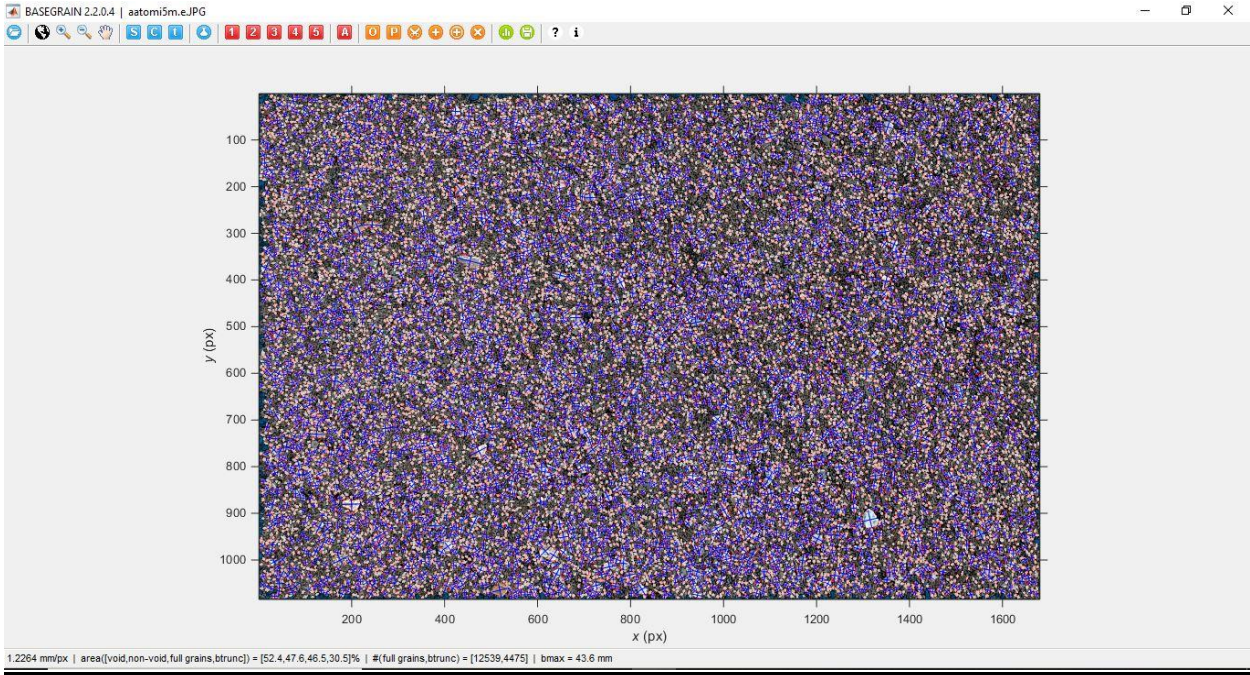
Οι εικόνες παρακάτω παρουσιάζουν:

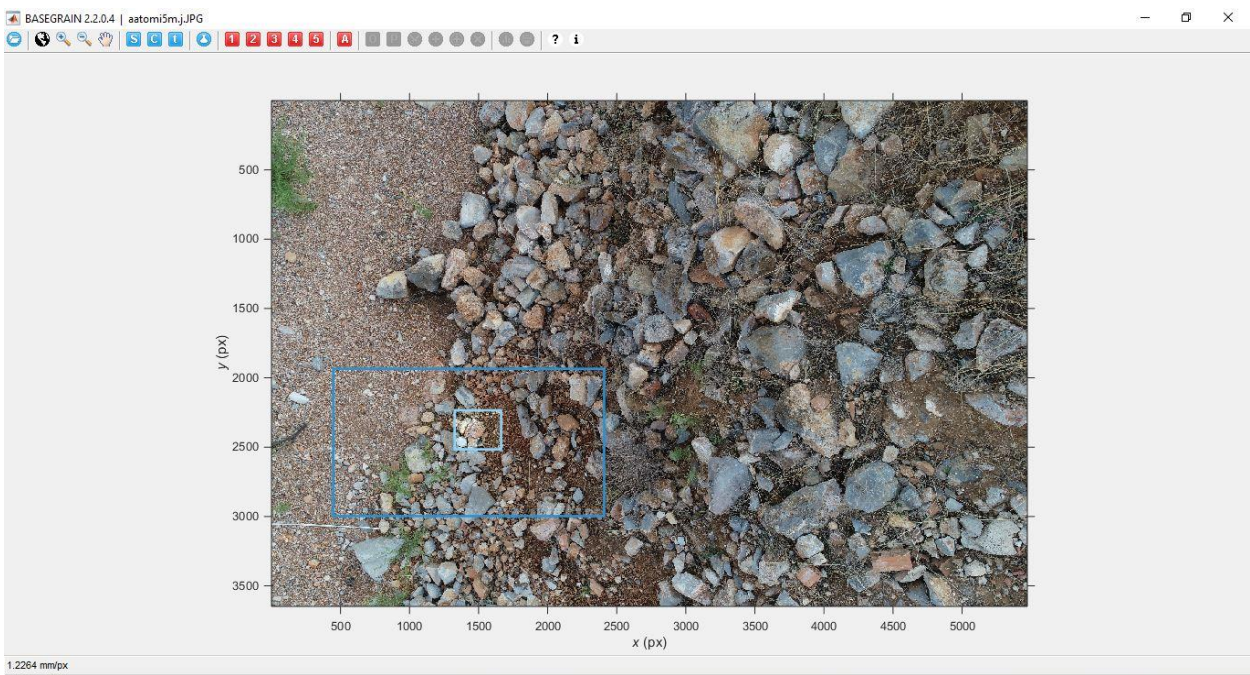
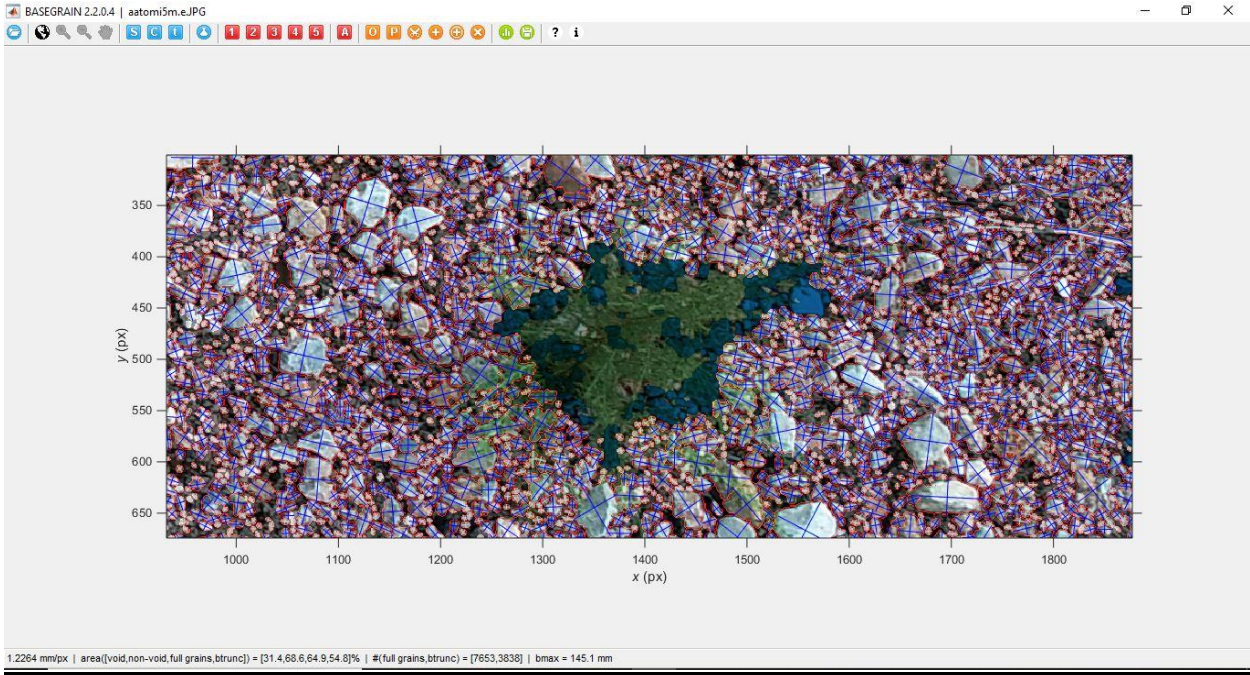
1. την αρχική φωτογραφία που λήφθηκε με το drone από τα 5 μέτρα υψόμετρο και αφορά μία επιλεγμένη τομή της κοίτης
2. το αποτέλεσμα τις επεξεργασίας της αντίστοιχης εικόνας, έπειτα από την ολοκλήρωση των απαραίτητων βημάτων.

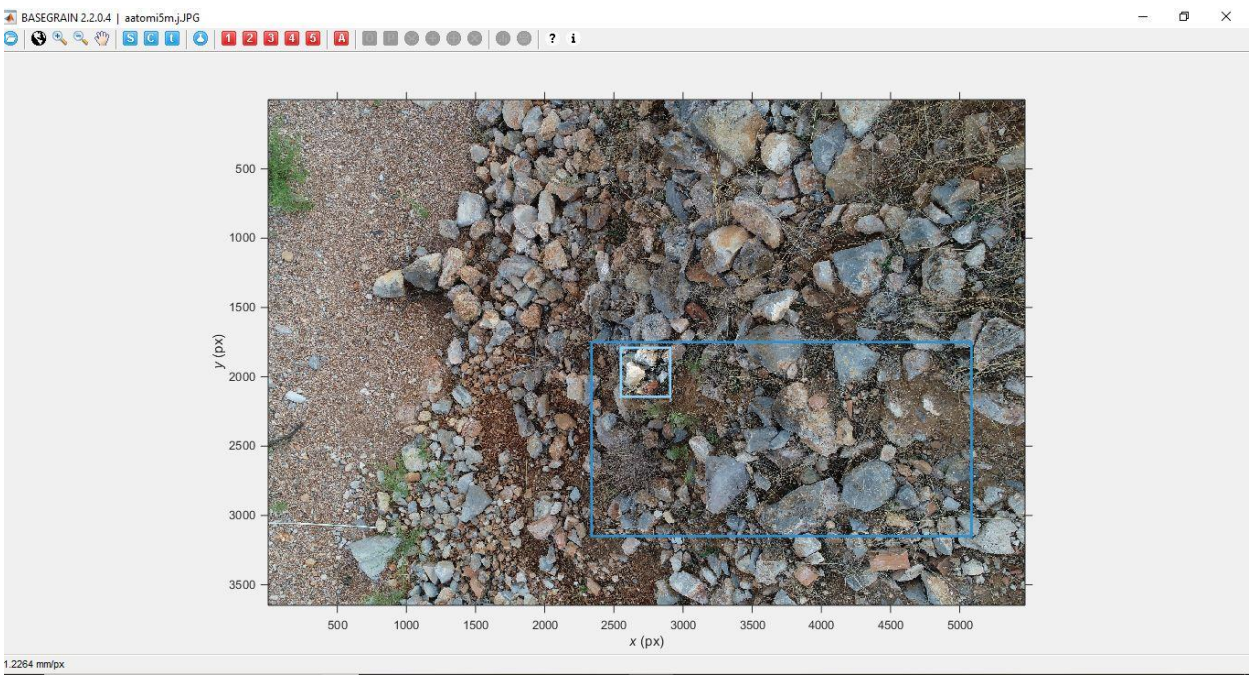
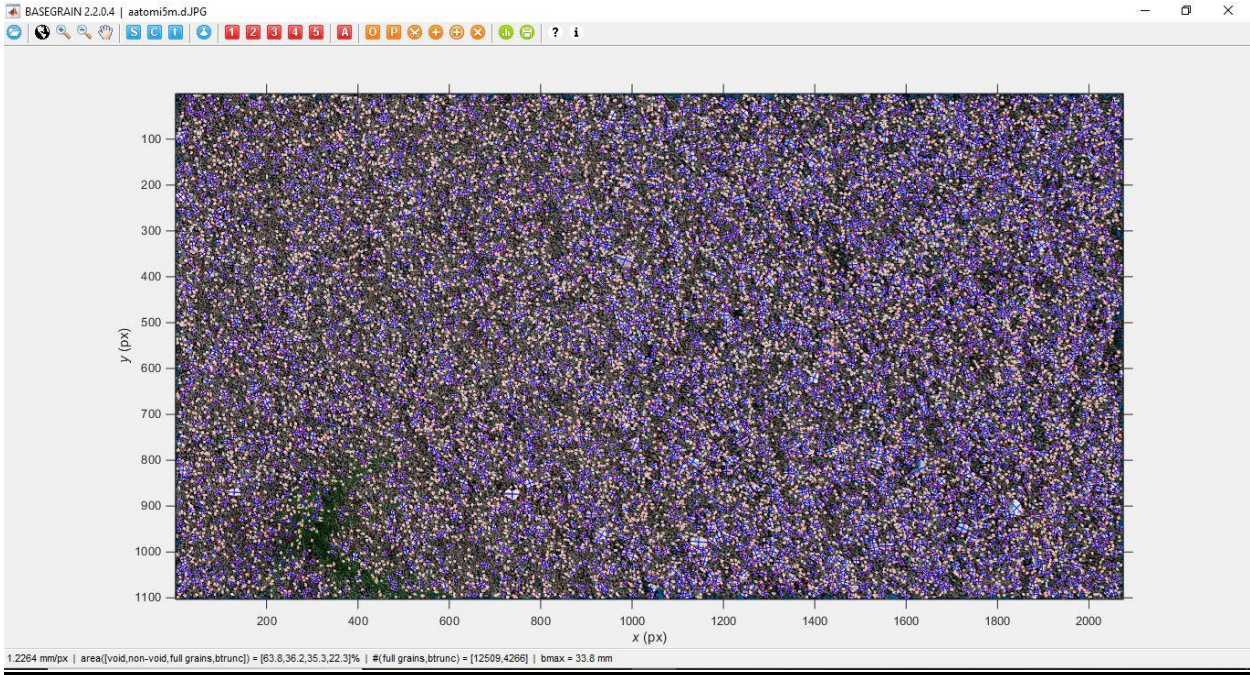


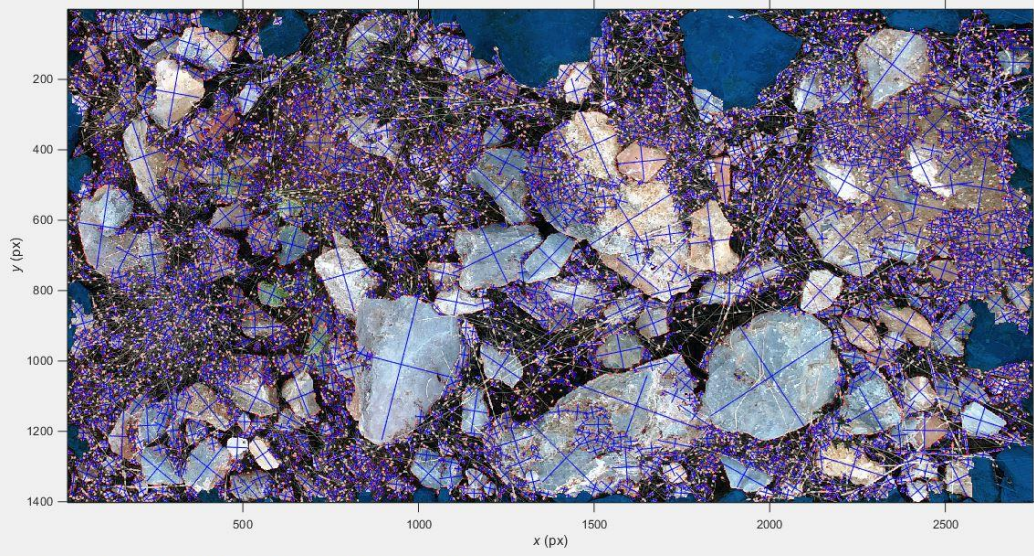












1.2264 mm/px | area(void,non-void,full grains,btrunc) = [30.9,69.1,61.1,57.0]% | #(full grains,btrunc) = [8015,3894] | bmax = 416.8 mm