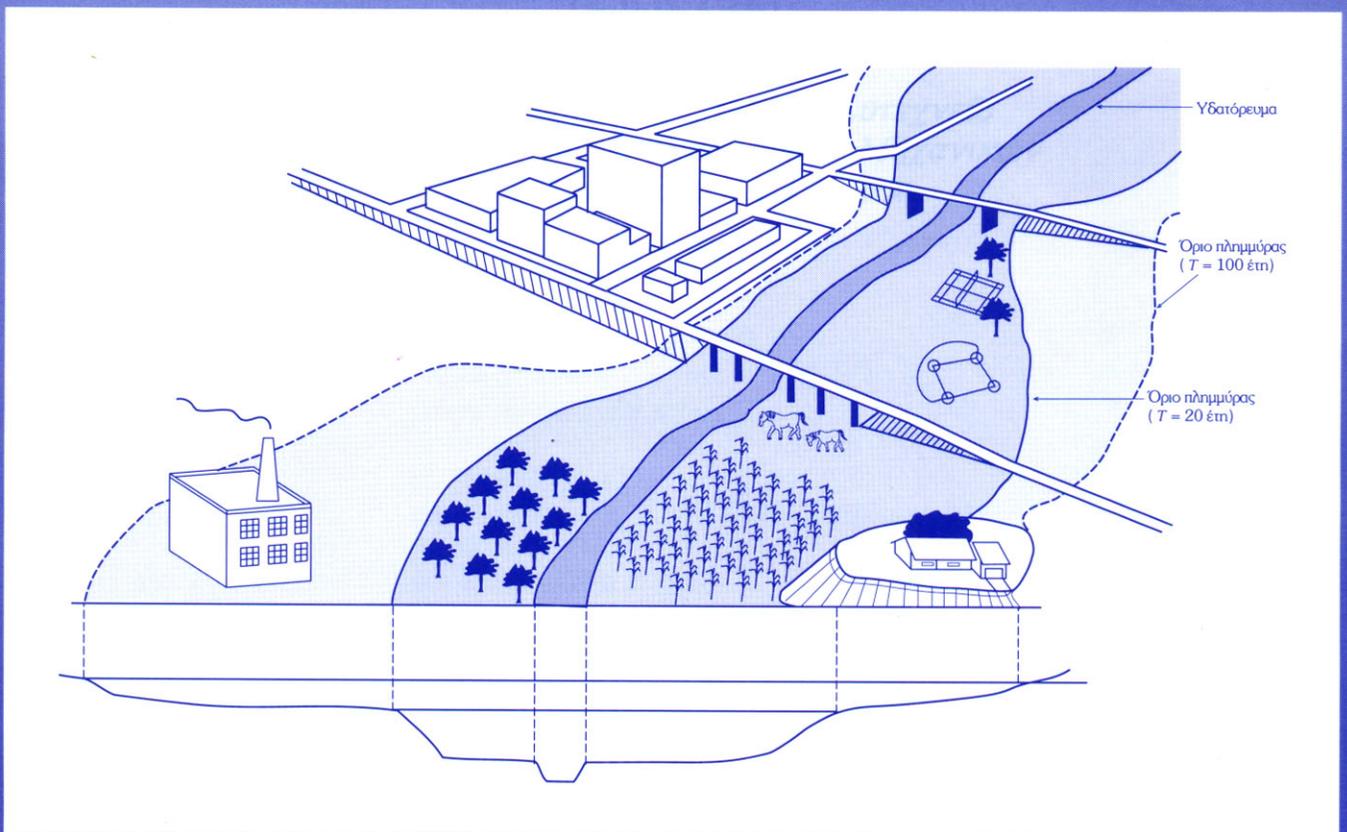


2ο Εθνικό Συνέδριο

ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΕΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗ ΜΕΙΩΣΗ ΤΟΥ ΚΙΝΔΥΝΟΥ ΑΠΟ ΤΙΣ ΠΛΗΜΜΥΡΕΣ

Ε.Μ. Πολυτεχνείο (Ζωγράφου) 12 - 13 Ιανουαρίου 1995



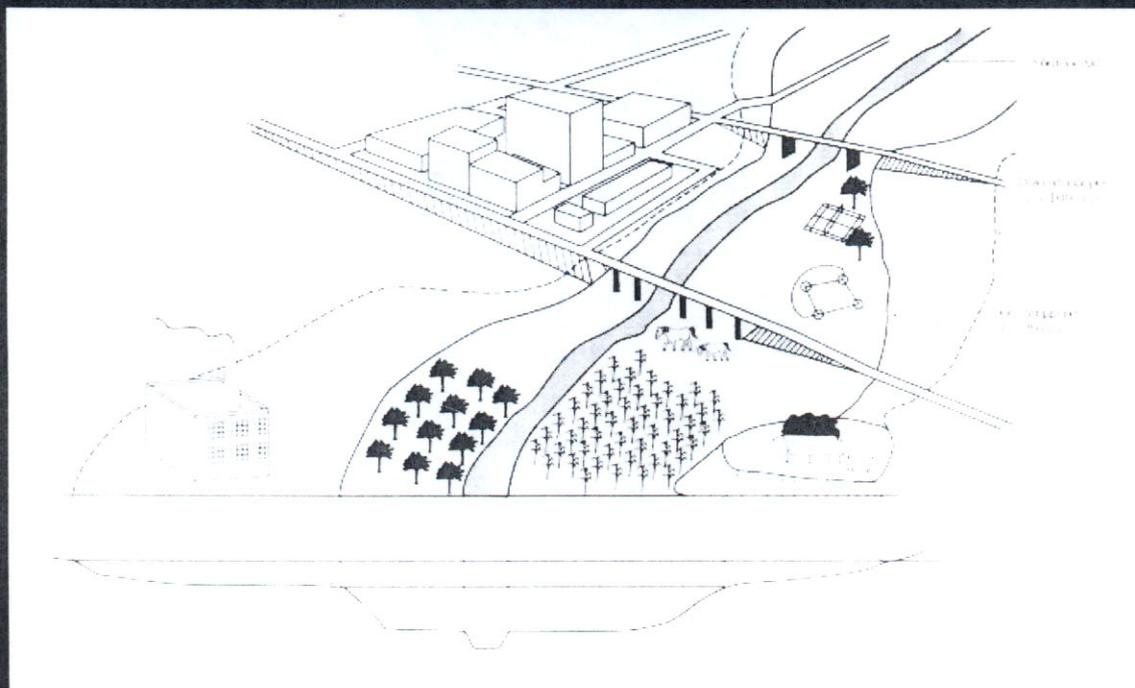
ΔΙΟΡΓΑΝΩΣΗ: - Ελληνική Επιτροπή για τη Διαχείριση των Υδατικών Πόρων (ΕΕΔΥΠ)
- Ε.Μ. Πολυτεχνείο
- ΥΠΕΧΩΔΕ
- ΕΥΔΑΠ

ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΕΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗ ΜΕΙΩΣΗ ΤΟΥ ΚΙΝΔΥΝΟΥ ΑΠΟ ΤΙΣ ΠΛΗΜΜΥΡΕΣ

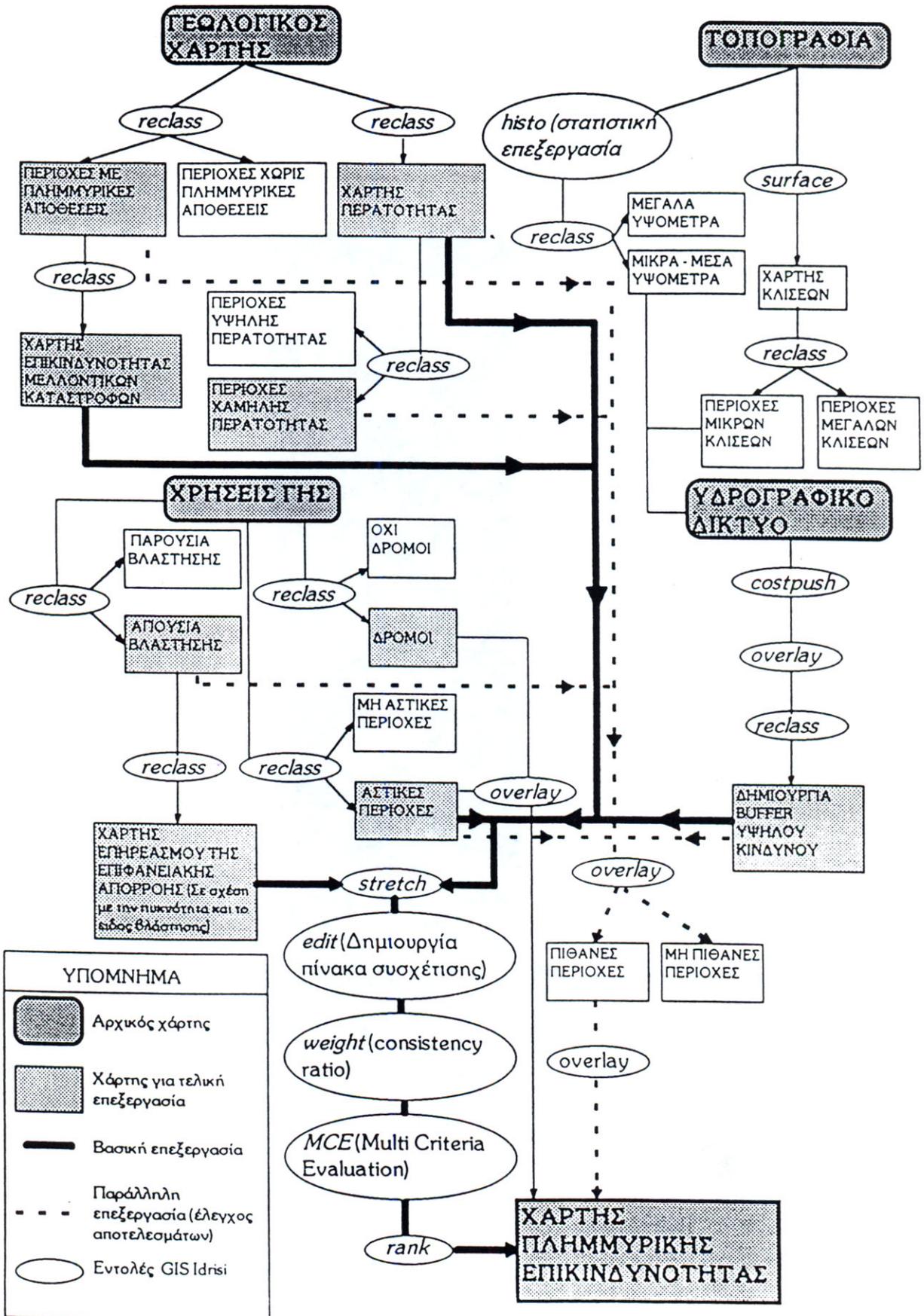
ΠΡΑΚΤΙΚΑ

2ο ΕΘΝΙΚΟ ΣΥΝΕΔΡΙΟ ΤΗΣ ΕΕΔΥΠ

12-13 ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΥ 1995



ΠΙΝΑΚΑΣ 1



ξεργασία με την τεχνική της επικάλυψης χρησιμοποιείται στον τελικό έλεγχο των αποτελεσμάτων.

2.1 Τοπογραφία

Από τον τοπογραφικό χάρτη μιας περιοχής είναι δυνατό να καθοριστούν με πρώτη προσέγγιση εκείνες οι περιοχές, στις οποίες είναι δυνατό να εκδηλωθούν πλημμυρικά φαινόμενα. Περιοχές αυξημένης πλημμυρικής επικινδυνότητας είναι οι περιοχές μικρής μέσης κλίσης (επίπεδες περιοχές ή επιφάνειες επιπέδωσης) και οι περιοχές με υψόμετρο μικρότερο ενός κρίσιμου υψομέτρου.

2.2 Υδρογραφικό Δίκτυο

Το υδρογραφικό δίκτυο αποτελεί ουσιαστικό παράγοντα στην πιθανή εκδήλωση πλημμυρικών φαινομένων και αφορά τρεις βασικές παραμέτρους: (i) την επιφάνεια της λεκάνης απορροής και επομένως στον όγκο του ύδατος που αποστραγγίζεται μέσω των κλάδων του υδρογραφικού δικτύου (ii) τον αριθμό και την τάξη των διαμορφωμένων κλάδων του υδρογραφικού δικτύου, οι οποίοι καλούνται να αποστραγγίσουν τον συγκεκριμένο όγκο ύδατος της επιφανειακής απορροής και (iii) την ακτίνα επίδρασης της πλημμύρας γύρω από ένα ρεύμα. Η ανάλυση λαμβάνει υπόψη τη μορφολογική κλίση στην περιοχή του ρεύματος. Έτσι σε περιοχές που η κλίση είναι μεγάλη η απόσταση είναι μικρή και αντίστροφα.

2.3 Γεωλογία

Η γεωλογία μιας περιοχής επηρεάζει την πλημμυρική επικινδυνότητα, δεδομένου ότι παρέχει πληροφορίες για: (i) την περατότητα των γεωλογικών σχηματισμών που καλύπτουν την επιφάνεια μιας λεκάνης απορροής με δεδομένο ότι η υψηλή περατότητα αυξάνει το ποσοστό κατείσδυσης, επομένως μειώνει το ποσοστό που απορρέει επιφανειακά και κατά συνέπεια την πιθανότητα εκδήλωσης πλημμυρικών παροχών και (ii) την ύπαρξη ή μη πλημμυρικών αποθέσεων, οι οποίες αποτελούν μάρτυρες παλαιότερων πλημμυρικών φαινομένων. Η πιθανότητα μελλοντικών πλημμυρών μειώνεται με την αύξηση της ηλικίας των αποθέσεων αυτών. Η χρονολόγηση των διαδοχικών πλημμυρικών αποθέσεων μπορεί να βοηθήσει

στον προσδιορισμό της περιόδου επανάλυψης των πλημμυρών.

2.4 Χρήσεις Γης - Ανθρώπινες Παρεμβάσεις

Οι σημαντικότεροι ίσως παράμετροι που ελέγχουν την πλημμυρική επικινδυνότητα μιας περιοχής είναι οι χρήσεις γης μιας λεκάνης απορροής και οι ανθρώπινες παρεμβάσεις. Η πυκνή βλάστηση ή πυκνή δασοκάλυψη συντελεί στην αύξηση της κατείσδυσης και τη μείωση του όγκου και της ταχύτητας του απορρέοντος ύδατος και επομένως μειώνει τις πιθανότητες εκδήλωσης πλημμυρών. Το αντίθετο αποτέλεσμα προκαλεί η απουσία βλάστησης ή η καταστροφή της από πυρκαγιές. Μηδενική ουσιαστικά κατείσδυση, με όλες τις επακόλουθες συνέπειες, χαρακτηρίζει και τις αστικές πυκνοδομημένες περιοχές. Οι αστικές περιοχές και η βλάστηση χρησιμοποιούνται στην βασική επεξεργασία για τον καθορισμό των ζωνών πλημμυρικής επικινδυνότητας. Οι ανθρώπινες παρεμβάσεις ιδίως κατά μήκος του υδρογραφικού δικτύου, (γέφυρες, εγκλιβωτισμός κοίτης, άλλα τεχνικά έργα, απορρίψεις μπαζών, κατασκευές εντός των κοιτών) μειώνουν τις δυνατότητες παροχής των ποταμών-ρευμάτων λόγω μείωσης της διατομής της κοίτης τους. Το γεγονός αυτό αναπόφευκτα οδηγεί στην αύξηση της πλημμυρικής επικινδυνότητας των συγκεκριμένων περιοχών. Οι αστικές περιοχές και οι δρόμοι χρησιμοποιούνται στην τελική επικάλυψη πάνω στις ζώνες πλημμυρικής επικινδυνότητας ώστε να αναγνωρισθούν τα κρίσιμα σημεία υψηλού κινδύνου.

3. Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΑΡΧΑΓΕΛΟΥ ΡΟΔΟΥ

Η Ρόδος είναι μια από τις περιοχές που επλήγησαν ιδιαίτερα από τις έντονες βροχοπτώσεις και τις πλημμύρες που επακολούθησαν το τρίτο δεκαήμερο του Οκτωβρίου 1994 (20-22.10.1994). Η μέγιστη ένταση των φαινομένων παρατηρήθηκε στις περιοχές Αρχάγγελος, Μαλώνα, Χαράκι και Μάσαρη (Εικ. 1) στις οποίες σημειώθηκαν σημαντικές υλικές ζημιές και ανθρώπινα θύματα. Στη συνέχεια, γίνεται προσπάθεια να διερευνηθεί το είδος και ο βαθμός επίδρασης των παραμέτρων στην εκδήλωση των συγκεκριμένων πλημμυρικών φαινομένων.

3.1 Τοπογραφία

Στους χάρτες (Εικ. 1 και 2) παρουσιάζονται το τοπογραφικό ανάγλυφο και οι μέσες κλίσεις του αναγλύφου αντίστοιχα, της περιοχής που μελετήθηκε. Από τους χάρτες αυτούς προκύπτουν τα ακόλουθα:

- Το μεγαλύτερο υψόμετρο της περιοχής εμφανίζεται στο Β.Δ. άκρο της, στο ύψωμα Σπεριόλι (651μ.) ενώ τρία ακόμη υψώματα υπερβαίνουν τα 500μ. (Τσαμπίκα, Προφ. Ηλίας Αρχαγγέλου, Κουτσούτης).
- Το μεγαλύτερο τμήμα της περιοχής παρουσιάζει μέσες κλίσεις αναγλύφου μεταξύ 15-25%.
- Εμφανίζονται δύο βασικές επιφάνειες επιπέδωσης, στις οποίες σημειώθηκαν οι καταστροφικές πλημμύρες στις 20-22 Οκτωβρίου 1994. Η πρώτη είναι η επιφάνεια επιπέδωσης Χαρακίου, Μαλώνας Μάσαρη, το υψόμετρο της οποίας αυξάνεται σταδιακά από 0μ. στην ακτογραμμή μέχρι 70μ.. Η δεύτερη επιφάνεια επιπέδωσης είναι αυτή του Αρχαγγέλου η οποία βρίσκεται σε υψόμετρο 200μ. περίπου. Και στις δύο επιφάνειες επιπέδωσης παρατηρείται έντονη κατά βάθος διάβρωση η οποία οφείλεται αφενός στη διαβρωτική ικανότητα των ποταμών-ρευμάτων αφετέρου στο ενεργό νεοτεκτονικό καθεστώς της περιοχής [5].

3.2 Υδρογραφικό Δίκτυο

Στην Εικ. 3 παρουσιάζεται το υδρογραφικό δίκτυο της περιοχής στο οποίο μπορούμε να διακρίνουμε δύο κυρίως λεκάνες.

- Η πρώτη και μεγαλύτερη είναι η λεκάνη του ποταμού Μάκαρη, ο κύριος κλάδος του οποίου είναι 4ης τάξεως και εκβάλλει στην περιοχή του Χαρακίου. Το υδρογραφικό δίκτυο του ποταμού Μάκαρη παρουσιάζει γενικά δενδροειδή μορφή, ενώ στο σύνολό του ελέγχεται σημαντικά από τη λιθολογική σύσταση των σχηματισμών που διατρέχει και κυρίως από την τεκτονική δομή της περιοχής.
- Η δεύτερη είναι η λεκάνη του ρεύματος Λιβάδια (3ης τάξεως) το οποίο διέρχεται από τον Αρχάγγελο προς την ομώνυμη παραλία. Είναι χαρακτηριστικό ότι η λεκάνη αυτή αποστραγγίζεται από μικρό αριθμό διαμορφωμένων κλάδων, γεγονός που οφείλεται κατά βάση στις

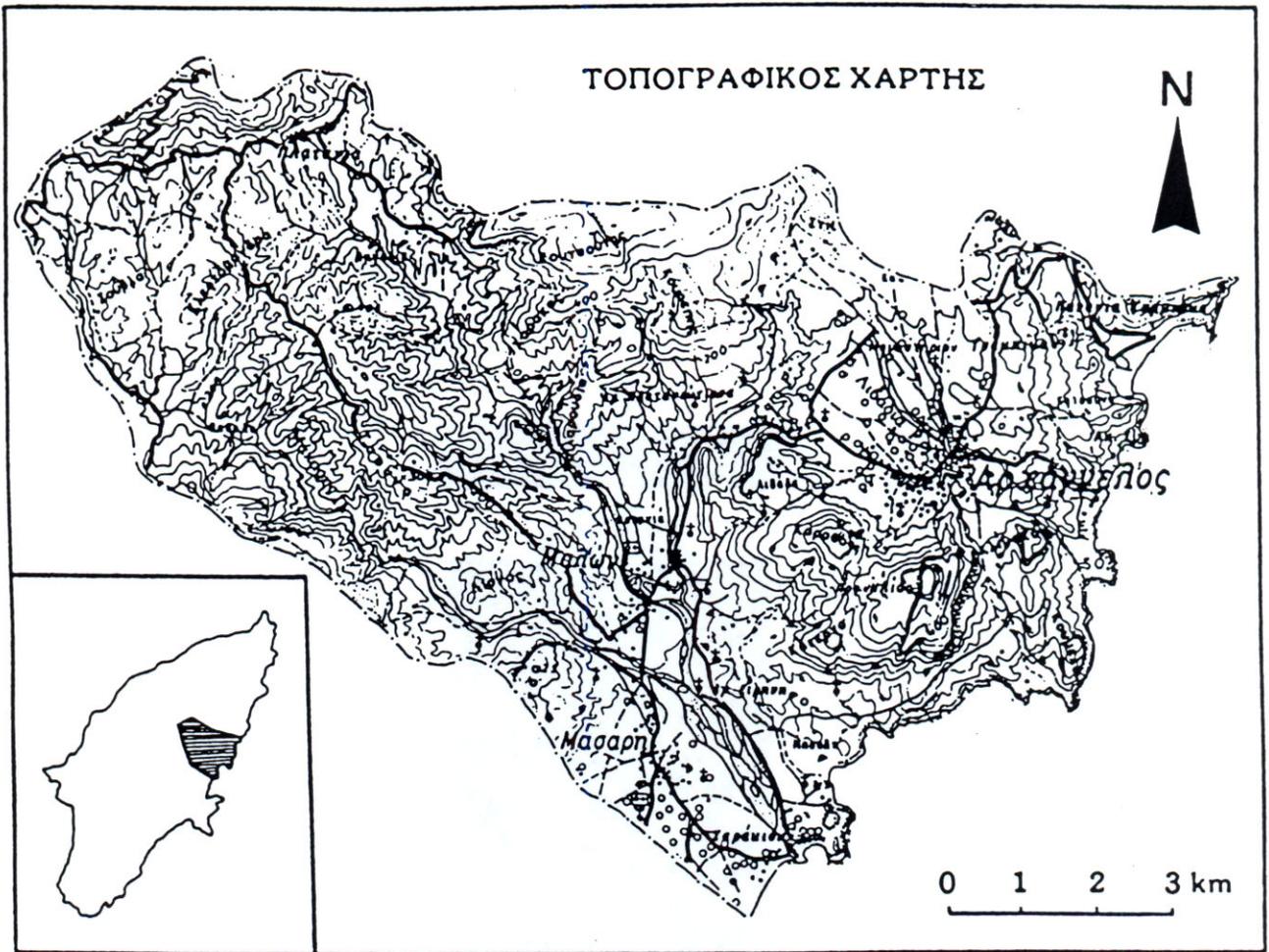
έντονες νεοτεκτονικές διεργασίες που υφίσταται η περιοχή.

3.3 Γεωλογία

Στο Εικ. 4 παρουσιάζεται ο γεωλογικός χάρτης της περιοχής (ΛΕΚΚΑΣ et al., 1993), στον οποίο διακρίνονται οι ακόλουθοι σχηματισμοί, οι οποίοι έχουν διαφορετικό βαθμό περατότητας. Ειδικότερα οι ασβεστόλιθοι Αρχαγγέλου (7) και Προφήτη Ηλία (6), το μεγαλύτερο τμήμα των κλαστικών πλειοκαινικών ιζημάτων (4), το οποίο συνίσταται από χαλαρά κροκαλοπαγή, τα ιζήματα του σχηματισμού Ρόδου (2) και ένα μεγάλο τμήμα των Αλλουβιακών αποθέσεων (1) που συνολικά καταλαμβάνουν το 70% περίπου της επιφάνειας της λεκάνης απορροής, παρουσιάζουν μέτρια ως υψηλή περατότητα. Αντίθετα οι κλαστικοί σχηματισμοί του Αγριου Φλύσχη Λαέρμων (8), το μεγαλύτερο τμήμα των μολασσικών ιζημάτων (5) και ο σχηματισμός Ασγούρου (3) παρουσιάζουν πολύ μικρή ως μηδενική περατότητα. Είναι χαρακτηριστικό ότι η περιοχή του Αρχαγγέλου, η οποία επλήγει ιδιαίτερα από τις πλημμύρες, καλύπτεται από μάργες και αργίλους του σχηματισμού Ασγούρου (3) μηδενικής σχεδόν περατότητας.

3.4 Χρήσεις Γης

Στο χάρτη της Εικ. 5 παρουσιάζονται οι αστικές δομημένες περιοχές, οι καλλιέργειες και οι περιοχές που καλύπτονται από αραιό ή πυκνό δάσος ή στερούνται βλάστησης. Επίσης με ιδιαίτερο συμβολισμό απεικονίζονται οι περιοχές που αποτεφρώθηκαν από πρόσφατες πυρκαϊές. Είναι αξιοσημείωτο ότι το μεγαλύτερο τμήμα της λεκάνης απορροής του ποταμού Μάκαρη έχει υποστεί εκτεταμένες πυρκαϊές στο παρελθόν και σήμερα παρουσιάζει αραιή βλάστηση. Χαρακτηριστικό είναι ακόμη, ότι σε ολόκληρη τη λεκάνη απορροής που αποστραγγίζεται διαμέσου της πόλης του Αρχαγγέλου από το ρεύμα Λιβάδια, δεν υπάρχει δασοκάλυψη.



Εικ. 1 Τοπογραφικός χάρτης της περιοχής Αρχαγγέλου - Μάλωνας - Μάσαρη - Χαράκιου.
 Fig.1 Topographic map of Archangelos - Malona - Masari - Charaki.

3.5 Ανθρώπινες Παρεμβάσεις

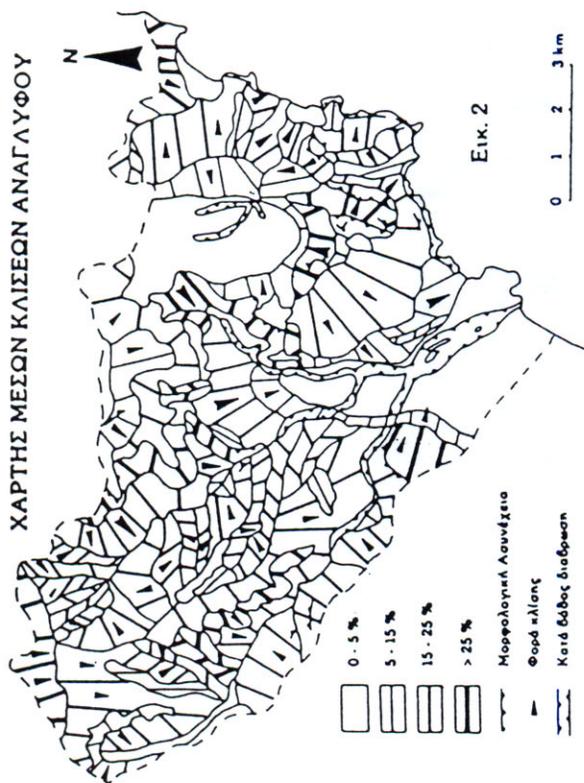
Στο χάρτη της Εικ. 6 παρουσιάζονται τα σημεία εκείνα κατά μήκος του υδρογραφικού δικτύου, στα οποία παρατηρούνται ανθρώπινες παρεμβάσεις. Συχνότερα όλων είναι οι απορρίψεις μπαζών και οι κατασκευές μέσα στις κοίτες των ρευμάτων. Πλέον χαρακτηριστική είναι η περίπτωση του νοτιότερου από τα τρία ρεύματα που συμβάλλουν μέσα στην πόλη του Αρχαγγέλου. Κατά μήκος της κοίτης του εν λόγω ρεύματος η περιοχή έχει μπαζωθεί και δομηθεί με αποτέλεσμα την σχεδόν πλήρη εξαφάνιση της κοίτης. Εγκιβωτισμοί κοιτών παρατηρούνται σε όλες σχεδόν τις περιπτώσεις στις οποίες το υδρογραφικό δίκτυο διέρχεται μέσα από αστική περιοχή όπως στη Μάλωνα και τον Αρχάγγελο. Στις περισσότερες όμως περιπτώσεις η δυνατότητα παροχής των εγκιβωτισμένων κοιτών αποδείχτηκε ανεπαρκής κατά τις καταρρακτώδεις βροχοπτώσεις της 20ης Οκτωβρίου 1994. Χαρακτηριστική είναι επίσης η περίπτωση της γέφυρας

της εθνικής οδού Ρόδου - Λίνδου στον ποταμό Μάκαρη. Στο σημείο αυτό είχαν σημειωθεί καταστροφές κατά τις έντονες βροχοπτώσεις του Νοεμβρίου 1989, ενώ στις πρόσφατες πλημμύρες παρασύρθηκε ένα αυτοκίνητο με τέσσερα θύματα. Αξιοσημείωτο είναι ότι κατόπιν της γέφυρας και πολύ κοντά σ' αυτήν υπάρχουν κατασκευές μέσα στην κοίτη, οι οποίες έχουν μειώσει σε σημαντικό βαθμό το πλάτος της.

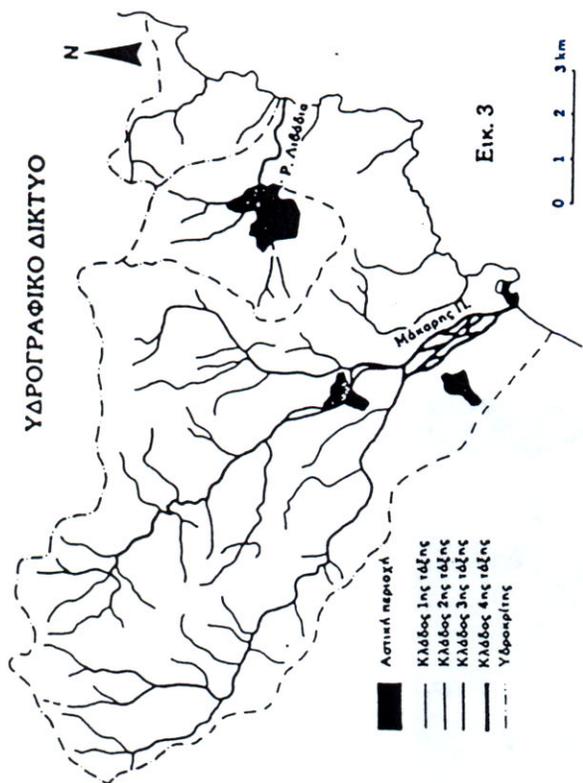
4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Αν συνδυαστούν τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των δύο περιοχών που υπέστησαν τις καταστροφικές πλημμύρες του Οκτωβρίου 1994 στη Ρόδο, μπορούν να κατανοηθούν οι διάφορες παράμετροι ως προς το είδος και το ύψος της επίδρασης στην πρόκληση και εκδήλωση του συγκεκριμένου φαινομένου. Με τη βοήθεια αυτών των παρατηρήσεων είναι δυνατό να γίνει μια ρεαλιστική αξιολόγηση των παραμέτρων

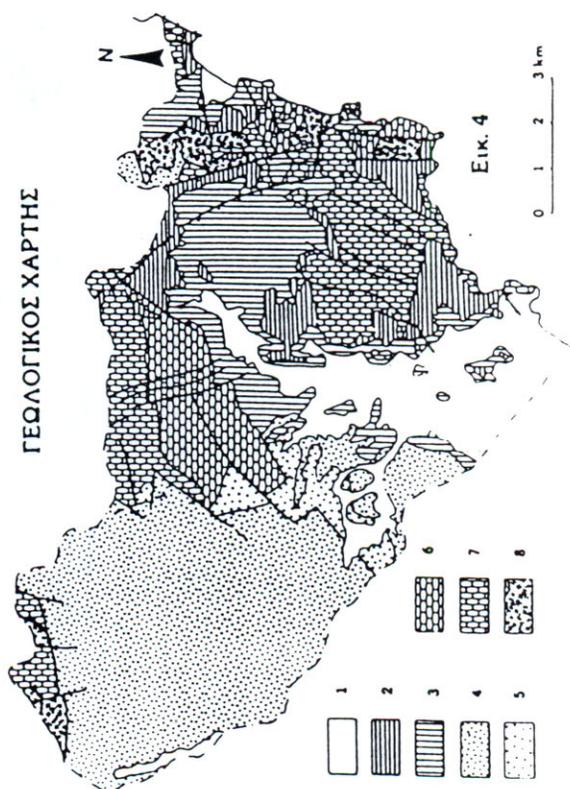
ΧΑΡΤΗΣ ΜΕΣΩΝ ΚΛΙΣΕΩΝ ΑΝΑΓΛΥΦΟΥ



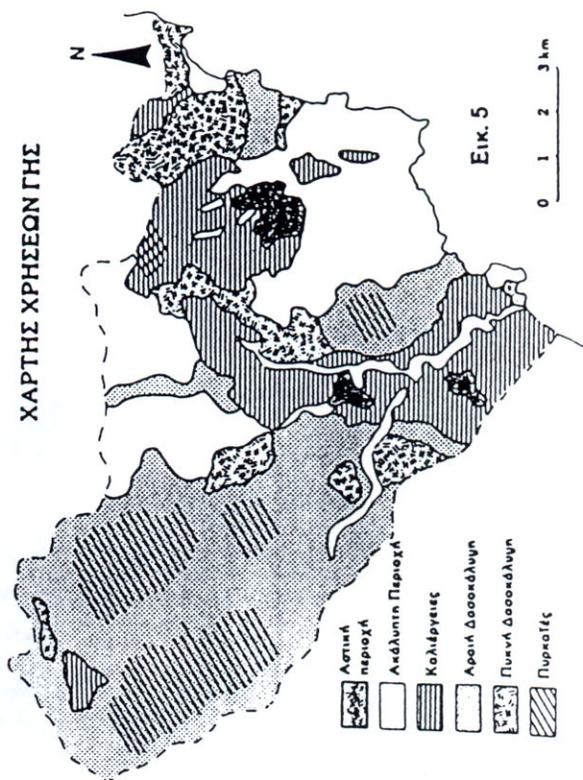
ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ

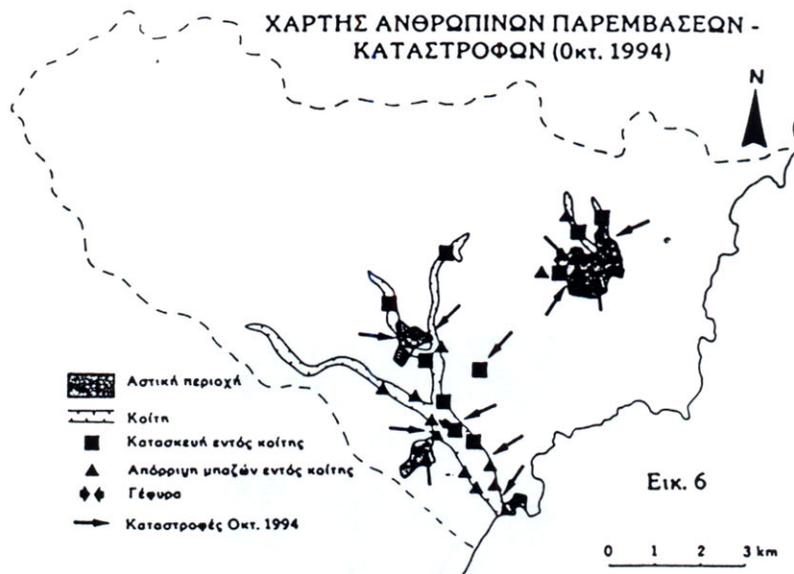


ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΣ ΧΑΡΤΗΣ



ΧΑΡΤΗΣ ΧΡΗΣΕΩΝ ΓΗΣ





που επηρεάζουν τις πλημμύρες για περαιτέρω χρήση σε Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών.

Περιοχή Μαλώνας-Μάσαρη-Χαρακίου

- Η περιοχή χαρακτηρίζεται από σχεδόν μηδενική μέση κλίση, δεδομένου ότι αποτελεί σύγχρονη επιφάνεια επιπέδωσης, γεγονός που την καθιστά ευάλωτη σε πλημμυρικά φαινόμενα.
- Η λεκάνη απορροής που αποστραγγίζεται μέσω της εν λόγω περιοχής καλύπτεται σε συντριπτικό ποσοστό από κατεξοχήν περατούς σχηματισμούς, δηλαδή παρουσιάζει αυξημένη κατείδωση και επομένως μειωμένη επιφανειακή απορροή. Το γεγονός αυτό δεν απέτρεψε την εκδήλωση των καταστροφικών πλημμυρών και θα πρέπει να ληφθεί σημαντικά υπόψη στην τελική αξιολόγηση.
- Το μεγαλύτερο τμήμα της λεκάνης απορροής έχει αποτεφρωθεί πρόσφατα από πυρκαϊές και καλύπτεται σήμερα από αραιό δάσος, με αποτέλεσμα την αύξηση της επιφανειακής απορροής και επομένως τη διευκόλυνση της εκδήλωσης των πλημμυρικών φαινομένων.
- Η σημαντικότερη ίσως παράμετρος, με δεδομένο το ύψος βροχόπτωσης, που συντέμνει στην πρόκληση των πλημμυρών της 20ης Οκτωβρίου 1994 είναι οι ανθρώπινες παρεμβάσεις και τεχνικά έργα, όπως πολυάριθμες απορρίψεις μπαζών και οι κατασκευές μέσα στην κοίτη του

ποταμού Μάκαρη στην περιοχή μεταξύ Μαλώνας και Χαρακίου, οι οποίες έχουν μειώσει σημαντικά τις δυνατότητες παροχής της κοίτης. Οι παρεμβάσεις αυτές συνέβαλαν τα μέγιστα στην εκδήλωση των πλημμυρών.

Περιοχή Αρχαγγέλου

- Η περιοχή Αρχαγγέλου χαρακτηρίζεται από μηδενική σχεδόν μέση κλίση, ως σύγχρονη επιφάνεια επιπέδωσης και επομένως παρουσιάζει αυξημένη επικινδυνότητα σε πλημμυρικά φαινόμενα.
- Η λεκάνη απορροής ανάντι της πόλης του Αρχαγγέλου αποστραγγίζεται από μικρό αριθμό ρευμάτων, γεγονός που ευνοεί την εκδήλωση πλημμυρών.
- Η λεκάνη απορροής και η ίδια η περιοχή Αρχαγγέλου καλύπτεται σχεδόν στο σύνολό της από μη περατούς γεωλογικούς σχηματισμούς, γεγονός που αυξάνει την επιφανειακή απορροή και φαίνεται να ευνοεί τα πλημμυρικά φαινόμενα.
- Η ίδια λεκάνη απορροής χαρακτηρίζεται από τη σχεδόν πλήρη απουσία δασοκάλυψης με αποτέλεσμα την αύξηση της επιφανειακής απορροής.
- Οι ανθρώπινες παρεμβάσεις και ιδιαίτερα οι απορρίψεις μπαζών και οι κατασκευές μέσα στις κοίτες, όπως επίσης ο εγκιβωτισμός των ρευμάτων με διατομή μικρής δυναμικότητας παροχής,

φαινόμενα που παρατηρούνται εντός των ορίων του οικιστικού συγκροτήματος του Αρχαγγέλου συνέβαλαν τα μέγιστα στην εκδήλωση των πλημμύρων.

Από τα παραπάνω αξιοσημείωτη είναι η διαφορετική βαρύτητα των ίδιων παραμέτρων πλημμυρικής επικινδυνότητας στις δυο άμεσα γειτνιάζουσες περιοχές Μαλώνας - Μάσαρη - Χαρακίου και Αρχαγγέλου. Χαρακτηριστική είναι η περίπτωση της περατότητας των γεωλογικών σχηματισμών, η επίδραση της οποίας στην εκδήλωση των πλημμυρών του Οκτωβρίου 1994 ήταν αρνητική για την πρώτη περιοχή και θετική για τη δεύτερη. Επομένως, οι συντελεστές συσχέτισης των παραμέτρων επηρεάζονται άμεσα από τις τοπικές συνθήκες και πρέπει να είναι διαφορετικοί για κάθε περιοχή όπου εφαρμόζεται παρόμοιο σύστημα αναγνώρισης ζωνών πλημμυρικής επικινδυνότητας.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Alexander, D., **Natural Disasters**, 120-137, UCL Press, London, 1993.
 2. Bell, F.G., **Engineering Geology**, Blackwell Scientific Publications, 263-266, 1993.
 3. Keller, E. A., **Environmental Geology**, 102-110. Merrill Publishing, Colombus, Ohio, 1988.
 4. Kenney, R., Hydrogeomorphic flood hazard evaluation for semi arid environments, **Quarterly Journal of Engineering Geology**, 1990, 23, 333-336.
 5. Λέκκας, Ε., Παπανικολάου, Δ., Σακελλαρίου, Δ., **Νεοτεκτονικός Χάρτης Νήσου Ρόδου** (Κλίμακα 1:100.000), Ερευνητικό Πρόγραμμα Πανεπιστημίου Αθηνών, 1993, 100 σελ.
 6. Λέκκας, Ε., **Γεωλογία Περιβάλλοντος**, Τομέας, Δυν., Τεκτ. και Εφαρμ. Γεωλογίας, Πανεπιστήμιο Αθηνών, (υπό έκδοση), 1995.
 7. Rahn, P.H., Floodplain management program in Rapid City, South Dakota, **Bulletin of the Geological Society of America**, 1984, 95, 838-843.
- Rice, R. J., **Fundamentals of Geomorphology**, Longman, London, 1985.

Δρ. Ε. Α. Λέκκας.

Επικ. Καθηγητής Παν/μίου Αθηνών, Τμήμα Γεωλογίας, Παν/πολη Ζωγράφου, 157 84 Ζωγράφου.

Δρ. Δ. Θ. Σακελλαρίου.

Ερευνητής Ε.Κ.Θ.Ε., Άγιος Κοσμάς Αττικής, Τ.Κ. 166 04 Αθήνα.

Γ. Δ. Μπερτάκης D.I.C., M.Sc.,

Επιστ. Συν. Παν/μίου Αθηνών, Τμήμα Γεωλογίας, Παν/πολη Ζωγράφου, 157 84 Ζωγράφου.