



Εθνικό και Καποδιστριακό
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

Τμήμα Γεωλογίας και Γεωπεριβάλλοντος

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**«Καταγραφή των πλημμυρών και του πλημμυρικού
κινδύνου στην ευρύτερη περιοχή του Άργολικού
Πεδίου.»**



ΠΑΝΑΓΙΩΤΗ Δ. ΚΑΜΠΟΣΟΥ
Α.Μ.: 1114201100037

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ
ΕΥΘΥΜΙΟΣ ΔΕΚΚΑΣ
ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

Αθήνα, Αύγουστος 2016

Πίνακας περιεχομένων

1. Εισαγωγή στον Δήμο Άργους – Μυκηνών	4
1.1 Εισαγωγή	4
1.2 Πληθυσμιακά στοιχεία	5
1.3 Περιοχές ιδιαίτερου πολιτιστικού και περιβαλλοντικού ενδιαφέροντος	8
1.4 Υποδομές	11
1.5 Χρήσεις γης	16
2. Μετεωρολογικά Στοιχεία & Γεωπεριβαλλοντικές Συνθήκες	19
2.1 Μετεωρολογικά στοιχεία	19
2.1.1 Εισαγωγή	19
2.1.2 Μετεωρολογικά δεδομένα	20
2.1.3 Ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα (P)	23
2.1.4 Πραγματική εξατμισοδιαπνοή (ΑΕ)	25
2.1.5 Κατείσδυση (RCH)	25
2.1.6 Επιφανειακή απορροή (RO)	25
2.1.7 Υδρολογικό ισοζύγιο υδρολογικών λεκανών Αργολικού πεδίου	26
2.2 Γεωμορφολογία	27
2.2.1 Εισαγωγή	27
2.2.2 Υδρολογικές λεκάνες	27
2.2.3 Υδρογραφικό δίκτυο	29
2.2.4 Γεωμορφολογικές παρατηρήσεις ανά λεκάνη απορροής	30
2.2.4.1 Λεκάνη ποταμού/χειμάρρου Ινάχου ή Πάνιτσα	33
2.2.4.2 Λεκάνη ποταμού/χειμάρρου Ξεριά ή Χάραδρου	38
2.2.4.3 Ευρύτερη λεκάνη Ερασίνου ποταμού και ρέματος Κιρίμι	42
2.2.4.4 Λεκάνη ρέματος Ξοβριό	43
2.2.4.5 Λεκάνη χειμάρρου Μπερμπαδιώτη (Κλεισούρας)	45
2.2.4.6 Λεκάνη χειμάρρου Δερβενაკιώτη	46
2.3 Γεωλογία	47
2.2.1 Γεωλογία – Στρωματογραφία	47
2.2.2 Τεκτονική – Νεοτεκτονική	56
2.4 Υδρογεωλογία	58
2.4.1 Εισαγωγή	58
2.4.2 Υδρολιθολογική συμπεριφορά γεωλογικών σχηματισμών	58
2.4.3 Υδροφόροι ορίζοντες	66
2.4.2.1 Γενικά	66
2.4.2.2 Κοκκώδεις υδροφόροι ορίζοντες	67
2.4.2.3 Καρστικοί υδροφόροι ορίζοντες	73

2.4.2.4 Υδραυλικές παράμετροι υδροφόρων οριζόντων	81
2.4.4 Πιεζομετρία Αργολικού πεδίου	82
2.4.5 Υφαλμύρωση Αργολικού πεδίου	85
2.4.6 Εφαρμογή τεχνητού εμπλουτισμού στο Αργολικό πεδίο.....	87
3. Ανάλυση Πλημμυρικού Ιστορικού.....	95
3.1 Ιστορικές πλημμύρες.....	95
3.2 Συχνότητα πλημμυρών	100
3.3 Οριοθέτηση ιστορικά ευαίσθητων περιοχών	101
3.4 Εποχικότητα πλημμυρών	104
3.5 Χαρακτηριστικά πλημμυρών	105
3.6 Πιθανοτικό καθεστώς καταιγίδων	106
4. Εκτίμηση Πλημμυρικού Κινδύνου και Επικινδυνότητας.....	107
4.1 Γεωμορφολογική ανάλυση πλημμυρών	107
4.2 Υδραυλική προσομοίωση	112
4.2.1 Υπολογισμός χρόνου συρροής.....	115
4.2.2 Κατάρτιση καταιγίδων σχεδιασμού.....	116
4.2.3 Προσδιορισμός συντελεστή καμπύλης.....	117
4.2.4 Προσδιορισμός παροχών σχεδιασμού	119
4.2.5 Διαστασιολόγηση υδατορευμάτων – Συλλογή υδραυλικών δεδομένων	120
4.2.6 Ανάπτυξη ψηφιακού μοντέλου	123
4.2.7 Πλημμυρικός κίνδυνος.....	126
4.2.8 Τρωτότητα γεωπεριβάλλοντος και υποδομών.....	127
4.2.9 Επικινδυνότητα	130
5. Συμπεράσματα για τον πλημμυρικό κίνδυνο	132
5.1 Εισαγωγή	132
5.1.1 Περιοχή κλειστής υδρολογικής λεκάνης Αλέας – Σκοτεινής	132
5.1.2 Ευρύτερη περιοχή ΔΚ Κουτσοποδίου	133
5.1.3 Ευρύτερη περιοχή χειμάρρου Μπερμπαδιώτη (ΤΚ Λιμνών – Πρόσυμνας – Κουρτακίου – Λάλουκα – Δαλαμανάρας).....	133
5.1.4 Ευρύτερη περιοχή ΤΚ Ινάχου – Ήρας – Κουρτακίου – Λάλουκα	136
5.1.5 Ευρύτερη περιοχή ΔΚ Άργους.....	138
5.1.6 Ευρύτερη περιοχή πλημμυρικού πεδίου χειμάρρων Ξεριά και Ινάχου	141
5.1.7 Ευρύτερη περιοχή ΤΚ Ελληνικού – Σκαφιδακίου – Μύλων.....	145
5.1.8 Ευρύτερη περιοχή ΤΚ Κιβερίου – Μύλων – Ανδρίτσας	146

1. Εισαγωγή στον Δήμο Άργους – Μυκηνών

1.1 Εισαγωγή

Ο Δήμος Άργους – Μυκηνών, εφεξής και χάρη συντομίας «ο Δήμος», διοικητικά ανήκει στη Περιφέρεια Πελοποννήσου και αυτή στην Αποκεντρωμένη Διοίκηση Πελοποννήσου, Δυτικής Ελλάδας και Ιονίων Νήσων.

Ο Δήμος, είναι ένα από τους τέσσερις Δήμους της Περιφερειακής Ενότητας Αργολίδος, όπως αυτοί προέκυψαν έπειτα από την εφαρμογή των διατάξεων του «Καλλικράτη» (Ν. 3852/2010, ΦΕΚ 87Α/07-06-2010). Συστάθηκε, λοιπόν σύμφωνα με το Πρόγραμμα «Καλλικράτης» και το ακριβές κείμενο του νόμου στο άρθρο 1 αναφέρει: «**Δήμος Άργος – Μυκηνών** με έδρα το Άργος και ιστορική έδρα τις Μυκήνες αποτελούμενος από τους δήμους α. Αργούς β. Νέας Κίου γ. Λέρνας δ. Μυκηναίων ε. Κουτσοποδίου στ. Λυρκείας και τις κοινότητες α. Αχλαδόκαμπου β. Αλέας οι οποίες καταργούνται».

Από τη παραπάνω εφαρμογή των διατάξεων του «Καλλικράτη», και τους τέσσερις Δήμους που προέκυψαν στη Περιφερειακή Ενότητα Αργολίδος, ο μεγαλύτερος σε έκταση και σε πληθυσμό είναι ο Δήμος Άργους – Μυκηνών, ενώ πληθυσμιακά ακολουθούν, με φθίνουσα σειρά, οι Δήμοι Ναυπλίων, Ερμιονίδας και Επιδαύρου.

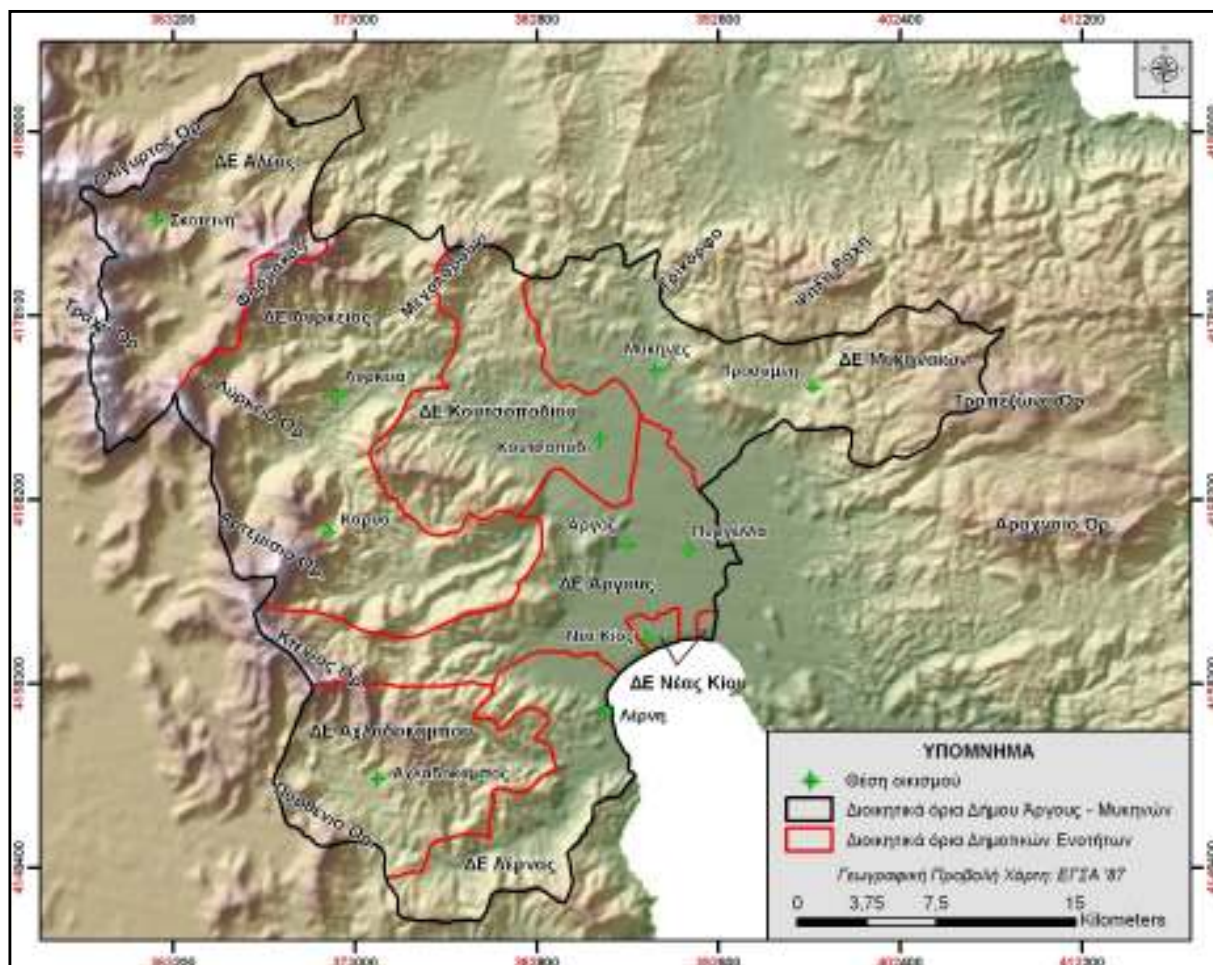
Από την εφαρμογή των διατάξεων του άρθρου 4, του Ν.4071/2012 (ΦΕΚ 85Α/11-04-2012), και ειδικότερα της παραγράφου 1, προκύπτει ότι ο Δήμος χαρακτηρίζεται ως ορεινός με αποτέλεσμα να προκύπτουν και να τυγχάνουν εφαρμογής οι αρμοδιότητες της παραγράφου του ιδίου άρθρου. Συγκεκριμένα, προκύπτουν άμεσα αρμοδιότητες σχετικά με τον «...έλεγχο της διαχείρισης υπογείων και επιφανειακών αρδευτικών υδάτων» αλλά και τον «...καθαρισμό και αστυνόμευση ρεμάτων». Οι αρμοδιότητες αυτές ασκούνται κατά περίπτωση, είτε αυτοτελώς είτε σε συνεργασία με την οικεία περιφέρεια.

Ο Δήμος Άργους – Μυκηνών συνορεύει διοικητικά με το Δήμο Τριπόλεως στα δυτικά, τους Δήμους Σικωνίων και Νεμέας στα βόρεια, τους Δήμους Κορινθίων και Ναυπλίων στα ανατολικά και τέλος το Δήμο Βόρειας Κυνουρίας στα νότια (Εικ. 1.1).



Εικόνα 1.1. Διοικητικά όρια Περιφερειακής Ενότητας Αργολίδας (έντονο μαύρο χρώμα) και όμοροι Δήμοι του Δήμου Άργους – Μυκηνών.

Φυσικογεωγραφικό όριο αποτελούν οι κορυφογραμμές των βουνών και οι λοφοσειρές που περικλείουν το Δήμο στα δυτικά, βόρεια και ανατολικά, ενώ στα νότια, μέρος του Αργολικού κόλπου, είναι το φυσικό όριο στο οποίο εκτείνεται ο Δήμος Άργους – Μυκηνών (**Εικ. 1.2**).



Εικόνα 1.1. Τρισδιάστατο μοντέλο αναγλύφου (DEM) της ευρύτερης περιοχής του Δήμου Άργους – Μυκηνών, όπου αποτυπώνονται τα διοικητικά όρια του Δήμου και των επιμέρους Δημοτικών Ενοτήτων, καθώς και οι θέσεις των κυριότερων οικισμών.

Έτσι, ξεκινώντας από τα δυτικά συναντάμε τις κορυφογραμμές του Παρθενίου όρους, του Κτενιά, του Αρτεμισίου (ή Μαλεβός), του Λύρκειου και του όρους Τραχύ. Στα βόρεια συναντούμε το όρος Φαρμακάς, που οριοθετεί το τμήμα των κλειστών λεκανών Αλέας – Σκοτεινής με το βόρειο κλάδο του Ινάχου ποταμού, ανατολικότερα το Μεγαλοβούνι, το Τρίκορφο (περιοχή Δερβενακίων) και Ψηλή Ράχη, βόρεια της Πρόσυμνας. Στα ανατολικά οριοθετείται από τον ορεινό όγκο της Τραπεζώνας και μερικώς από το Αραχναίο.

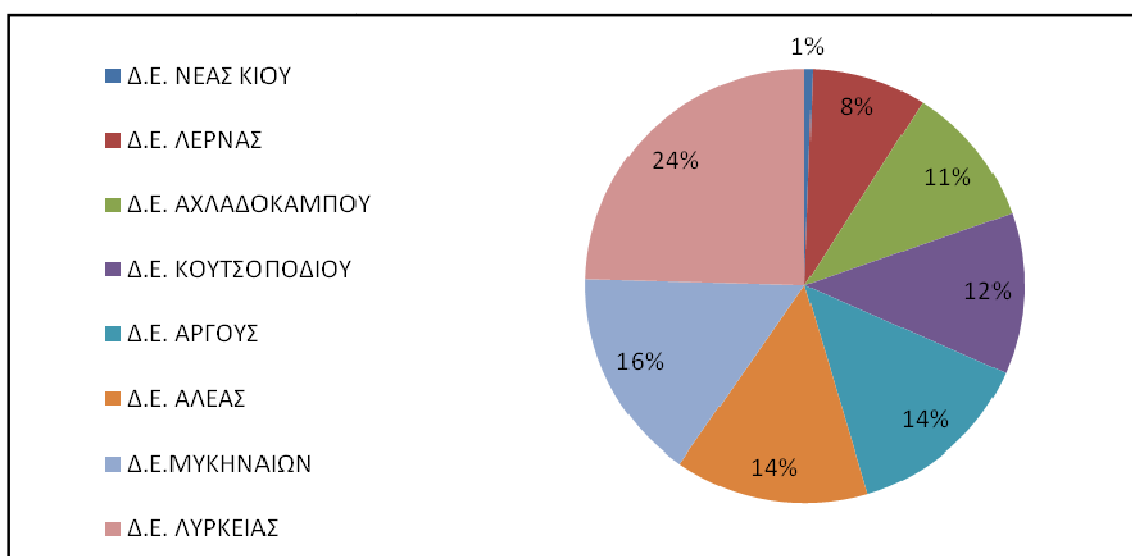
Από τον **Πίνακα 1.1** και την **Εικόνα 1.3** προκύπτει, ότι η ΔΕ Ενότητα Λυρκείας καταλαμβάνει τη μεγαλύτερη έκταση του Δήμου, ενώ η ΔΕ Νέας Κίου τη μικρότερη. Η ΔΕ Άργους κατατάσσεται στη πέμπτη θέση, όσον αφορά στην έκταση που καταλαμβάνει στο σύνολο του Δήμου.

1.2 Πληθυσμιακά στοιχεία

Από τον **Πίνακα 1.2** και την **Εικόνα 1.4** φαίνεται, ότι οι περισσότεροι κάτοικοι διαμένουν στη ΔΕ Άργους, αντιπροσωπεύοντας μάλιστα το 64% του συνολικού πληθυσμού του Δήμου. Αντίθετα, η μικρότερη πληθυσμιακή ομάδα κατοίκων, παρατηρείται στην ΔΕ Αχλαδοκάμπου, καταλαμβάνοντας μόνο το 1% του συνολικού πληθυσμού.

Πίνακας 1.1. Κατανομή των ΔΕ του Δήμου Άργους – Μυκηνών σε αύξουσα σειρά με βάση την έκταση που καταλαμβάνουν (Επεξεργασμένα στοιχεία από ΕΛΣΤΑΤ).

α/α	Δημοτική Ενότητα	Έκταση (km ²)
1.	Δημοτική Ενότητα ΝΕΑΣ ΚΙΟΥ	5,62
1.	Δημοτική Ενότητα ΛΕΡΝΑΣ	84,43
3.	Δημοτική Ενότητα ΑΧΛΑΔΟΚΑΜΠΟΥ	106,07
4.	Δημοτική Ενότητα ΚΟΥΤΣΟΠΟΔΙΟΥ	120,33
5.	Δημοτική Ενότητα ΑΡΓΟΥΣ	137,51
6.	Δημοτική Ενότητα ΑΛΕΑΣ	142,67
7.	Δημοτική Ενότητα ΜΥΚΗΝΑΙΩΝ	158,06
8.	Δημοτική Ενότητα ΛΥΡΚΕΙΑΣ	245,49
Σύνολο: ΔΗΜΟΣ ΑΡΓΟΥΣ – ΜΥΚΗΝΩΝ		1.000,18

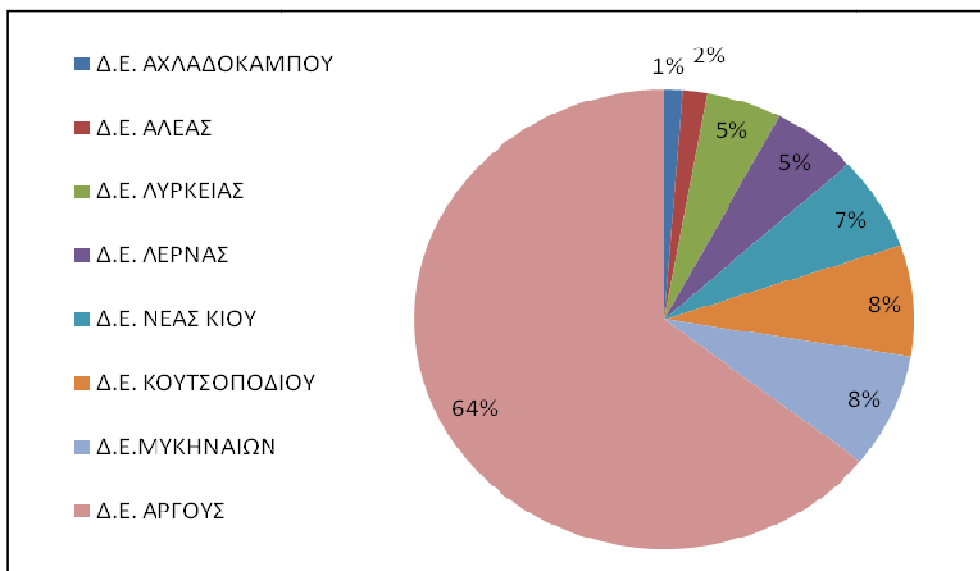


Εικόνα 1.3. Ποσοστιαία απεικόνιση της έκτασης των ΔΕ που αποτελούν το Δήμο Άργους – Μυκηνών.

Πίνακας 1.1. Κατανομή των ΔΕ του Δήμου Άργους – Μυκηνών σε αύξουσα σειρά, με βάση τον αριθμό των μόνιμων κατοίκων κατά την απογραφή του 2011 (Επεξεργασμένα στοιχεία από ΕΛΣΤΑΤ).

α/α	Δημοτική Ενότητα	Μόνιμος Πληθυσμός
1.	Δημοτική Ενότητα ΑΧΛΑΔΟΚΑΜΠΟΥ	497
1.	Δημοτική Ενότητα ΑΛΕΑΣ	660
3.	Δημοτική Ενότητα ΛΥΡΚΕΙΑΣ	1.058
4.	Δημοτική Ενότητα ΛΕΡΝΑΣ	1.319
5.	Δημοτική Ενότητα ΝΕΑΣ ΚΙΟΥ	1.778
6.	Δημοτική Ενότητα ΚΟΥΤΣΟΠΟΔΙΟΥ	3.272
7.	Δημοτική Ενότητα ΜΥΚΗΝΑΙΩΝ	3.388
8.	Δημοτική Ενότητα ΑΡΓΟΥΣ	27.050
Σύνολο: ΔΗΜΟΣ ΑΡΓΟΥΣ – ΜΥΚΗΝΩΝ		41.022

Ειδικότερα, και όσον αφορά στην κατανομή των κατοίκων στη ΔΕ Άργους, από τον Πίνακα 1.3 προκύπτει, ότι το συντριπτικό ποσοστό των μόνιμων κατοίκων της ΔΕ Άργους κατοικούν στη Δημοτική Κοινότητα Άργους, φθάνοντας στο 83,56%.



Εικόνα 1.4. Ποσοστιαία απεικόνιση του αριθμού των μόνιμων κατοίκων, ανά ΔΕ του Δ. Άργους – Μυκηνών.

Επιπλέον, το 98% των κατοίκων της Δημοτικής Κοινότητας Άργους κατοικεί στον οικιστικό ιστό της πόλης του Άργους. Από τα παραπάνω πληθυσμιακά στοιχεία συμπεραίνουμε, ότι η Δημοτική Ενότητα Άργους αν και καταλαμβάνει τη μέση θέση σε έκταση σε σχέση με τις υπόλοιπες του Δ. Άργους – Μυκηνών, συγκεντρώνει το μεγαλύτερο πληθυσμό επί του συνόλου του Δήμου.

Πίνακας 1.3. Κατανομή των Δημοτικών και Τοπικών Κοινοτήτων της Δημοτικής Ενότητας Άργους σε αύξουσα σειρά, με βάση τον αριθμό των μόνιμων κατοίκων κατά την απογραφή του 2011 (Επεξεργασμένα στοιχεία από ΕΛΣΤΑΤ).

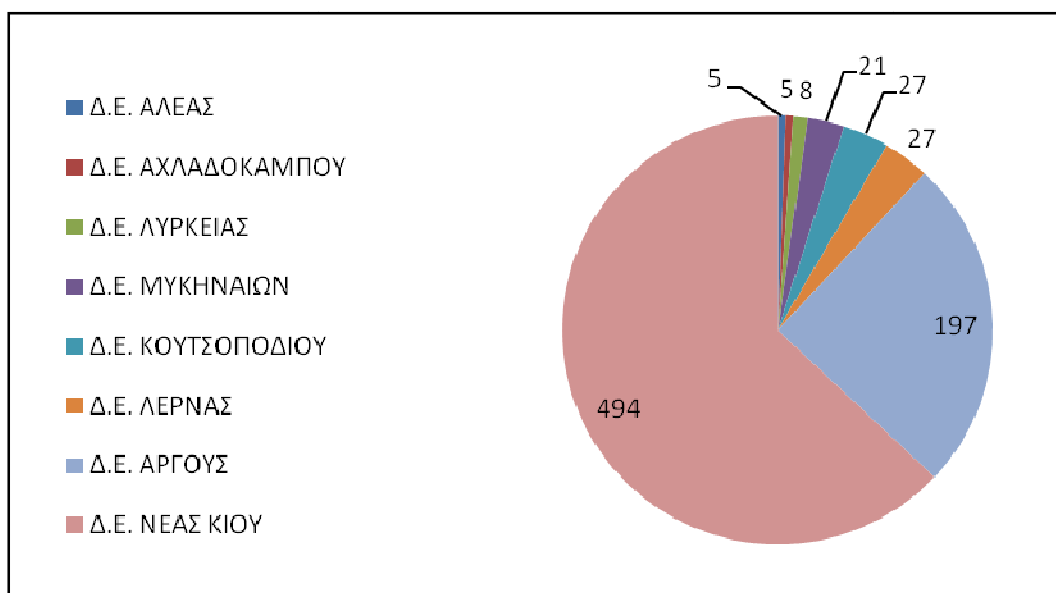
α/α	Δημοτική/Τοπική Κοινότητα	Μόνιμος Πληθυσμός	% επί του συνόλου της ΔΕ
1.	Τοπική Κοινότητα Κουρτακίου	296	1,09
1.	Τοπική Κοινότητα Ήρας	369	1,36
3.	Τοπική Κοινότητα Ελληνικού	410	1,52
4.	Τοπική Κοινότητα Πυργέλλας	418	1,55
5.	Τοπική Κοινότητα Λάλουκα	540	2,00
6.	Τοπική Κοινότητα Ινάχου	738	2,73
7.	Τοπική Κοινότητα Κεφαλαρίου	800	2,96
8.	Τοπική Κοινότητα Δαλαμανάρας	877	3,24
9.	Τοπική Κοινότητα Άργους	21.602	83,56
Σύνολο: Δημοτική Ενότητα Άργους		27.050	100,00

Επιπλέον, η Δημοτική Ενότητα Νέας Κίου (Πίν. 1.4 & Εικ. 1.5) φαίνεται να είναι η πιο πυκνοκατοικημένη περιοχή του συνόλου του Δήμου με τη μεγαλύτερη πυκνότητα πληθυσμού (κάτοικοι/τετρ. χιλ.). Όμως αν ανάγουμε σε πραγματικά δεδομένα με βάση την πραγματική κάλυψη κατοικημένων περιοχών στο σύνολο της έκτασης της ΔΕ, τότε η πόλη του Άργους είναι εμφανώς η πιο πυκνοκατοικημένη περιοχή του Δήμου.

Με βάση λοιπόν την πυκνότητα του πληθυσμού, μπορούμε να πούμε ότι με διαφορά οι ΔΕ Άργους, και Νέας Κίου συγκεντρώνουν τη μεγαλύτερη τιμή. Με δεδομένο, ότι πρόκειται για δυο περιοχές που βρίσκονται σε άμεση γειτνίαση με κύριους κάδους του υδρογραφικού δικτύου, τους χείμαρρους (ή/και ποταμούς) Ξεριά ή Χάραδρο και Ίναχο ή Πάνιτσα, το στοιχείο της πυκνότητας του πληθυσμού θα μας δώσει σημαντικά στοιχεία για την εκτίμηση του πλημμυρικού κινδύνου.

Πίνακας 1.4. Κατανομή των Δημοτικών Ενοτήτων του Δήμου Άργους – Μυκηνών, σε αύξουσα σειρά, με βάση τον αριθμό των μόνιμων κατοίκων/τετραγωνικό χιλιόμετρο έκτασης. (Επεξεργασμένα στοιχεία από ΕΛΣΤΑΤ).

α/α	Δημοτική Ενότητα	Κάτοικοι/τετραγωνικό χιλιόμετρο
1.	Δημοτική Ενότητα ΑΛΕΑΣ	5
1.	Δημοτική Ενότητα ΑΧΛΑΔΟΚΑΜΠΟΥ	5
3.	Δημοτική Ενότητα ΛΥΡΚΕΙΑΣ	8
4.	Δημοτική Ενότητα ΜΥΚΗΝΑΙΩΝ	21
5.	Δημοτική Ενότητα ΚΟΥΤΣΟΠΟΔΙΟΥ	27
6.	Δημοτική Ενότητα ΛΕΡΝΑΣ	27
7.	Δημοτική Ενότητα ΑΡΓΟΥΣ	197
8.	Δημοτική Ενότητα ΝΕΑΣ ΚΙΟΥ	494
Σύνολο: ΔΗΜΟΣ ΑΡΓΟΥΣ – ΜΥΚΗΝΩΝ		42



Εικόνα 1.5. Απεικόνιση του αριθμού των μόνιμων κατοίκων/τετραγωνικό χιλιόμετρο επιφάνειας, σε κάθε ΔΕ του Δήμου Άργους – Μυκηνών.

1.3 Περιοχές ιδιαίτερου πολιτιστικού και περιβαλλοντικού ενδιαφέροντος

Η Αργολίδα από την αρχαιότητα υπήρξε ένα από τα σημαντικότερα κέντρα της Πελοποννήσου. Κατά την Προϊστορική εποχή, οι πρώτοι εποικιστές της περιοχής ήταν οι Πελασγοί, ενώ κατά τη Μυκηναϊκή εποχή η περιοχή άκμασε και οι οικισμοί του Άργους, των Μυκηνών και της Τίρυνθας αποτέλεσαν σημαντικές εγκαταστάσεις με στρατηγικές θέσεις στην εύφορη Αργολική πεδιάδα.

Ο Δήμος είναι ένας από τους σημαντικότερους Δήμους στην Ελλάδα σε ότι αφορά την πολιτιστική και αρχαιολογική κληρονομιά. Στην περιοχή υπάρχουν ο αρχαιολογικός χώρος των Μυκηνών, τα αρχαιολογικά μουσεία του Άργους και των Μυκηνών, το κάστρο της Λάρισας και πληθώρα άλλων αρχαιολογικών ευρημάτων και μνημείων.

Τα κυριότερα αρχαιολογικά ευρήματα και μνημείων παρουσιάζονται παρακάτω:

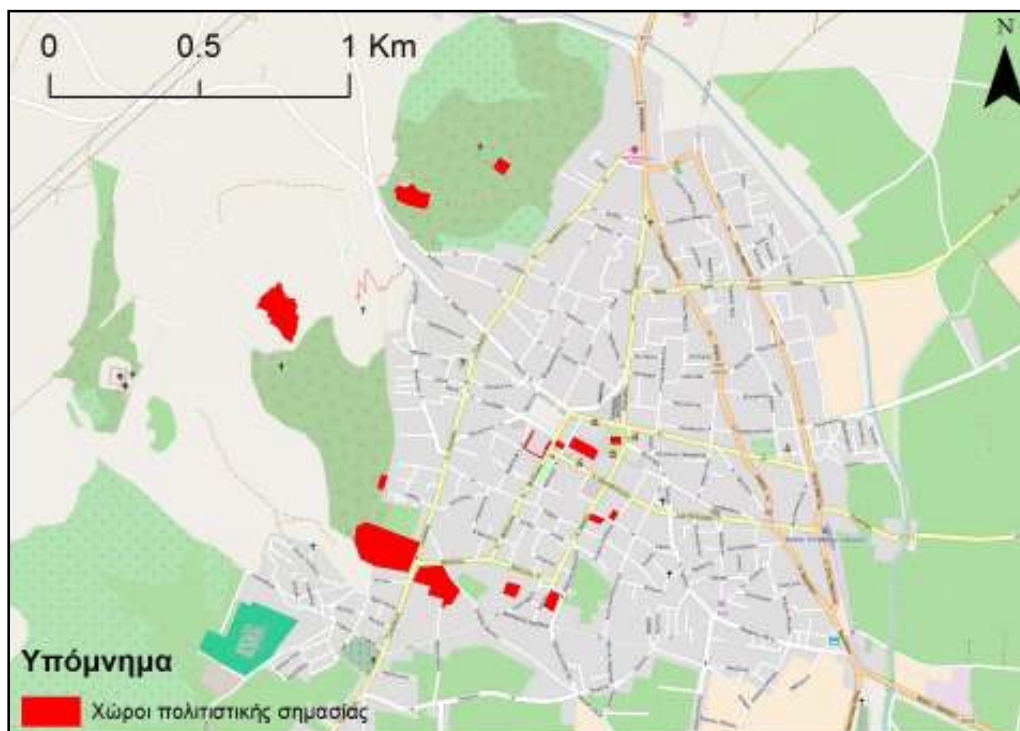
- Ο **αρχαιολογικός χώρος των Μυκηνών**, που είναι ο σημαντικότερος του Δήμου βρίσκεται περίπου 10χλμ από την πόλη του Άργους και φιλοξενεί σειρά εντυπωσιακών κατασκευών.

- Η **Αρχαία Αγορά του Άργους** βρίσκεται στα νότια της πόλης και πλησίον του Αρχαίου Θεάτρου. Η Αγορά άρχισε να οργανώνεται από τον 6^ο πχ Αιώνα και ολοκληρώθηκε τον 4^ο. Στο σημείο αυτό κατέληγαν οι οδοί από το Ηραίο, την Κόρινθο και την Τεγέα. Κατά την Κλασσική εποχή η Αγορά διαμορφωνόταν από στοές και κτίρια συμπεριλαμβανομένων του Βουλευτηρίου, του Ιερού του Λυκείου Απόλλωνα και της Παλαίστρας.
- Το **Αρχαίο Θέατρο του Άργους** αποτελεί ένα από τα κορυφαία πολιτιστικά μνημεία του Άργους και βρίσκεται σε κεντρικό σημείο της πόλης και είναι χωρητικότητας 20.000 ατόμων. Κατασκευάστηκε στα τέλη του 5^{ου} πχ Αιώνα και θεωρείται σημαντικό αρχιτεκτονικό επίτευγμα λαξευμένο πάνω σε φυσικό βράχο.
- Οι **Στρατώνες του Καποδίστρια** αποτελούν διατηρητέο κτίριο με μακρά ιστορία. Κατασκευάστηκαν τη δεκαετία του 1690 επί Ενετοκρατίας και αργότερα χρησιμοποιήθηκαν ως αγορά και ως ταχυδρομείο (επί Τουρκοκρατίας). Το 1829 επισκευάστηκαν από τον Καποδίστρια από σοβαρές ζημιές που είχαν υποστεί κατά τη διάρκεια της επανάστασης και έκτοτε το κτίσμα μετατράπηκε σε στρατώνα, σχολείο, εκθεσιακό χώρο, μονάδα πεζικού, χώρο στέγασης προσφύγων και χώρο ανακρίσεων. Σήμερα χρησιμοποιούνται κυρίως ως εκθεσιακός χώρος και για τη στέγαση τοπικών σωματείων.
- Το **Κάστρο του Άργους** είναι από τα παλαιότερα ιστορικά κάστρα της Ελλάδας και έχει ανακηρυχθεί διατηρητέο μνημείο από το 1991. Το κάστρο έχει οικοδομηθεί στο λόφο ανατολικά της πόλης (σε υψόμετρο 289m) κατά τους προϊστορικούς χρόνους.
- Οι **λόφοι Προφήτη Ηλία ή Ασπίδα και Λάρισα**.

Σε ότι αφορά νεότερα μνημεία βάσει των Νόμων 5351/1932 (ΦΕΚ 275Α/24-08-1932) και 1496/1950, στο **Ν. Αργολίδας μέχρι το 1995 έχουν κηρυχθεί:**

- **17 νεότερα μνημεία και**
- **7 ιστορικοί και ιδιαίτερου φυσικού κάλλους τόποι.**

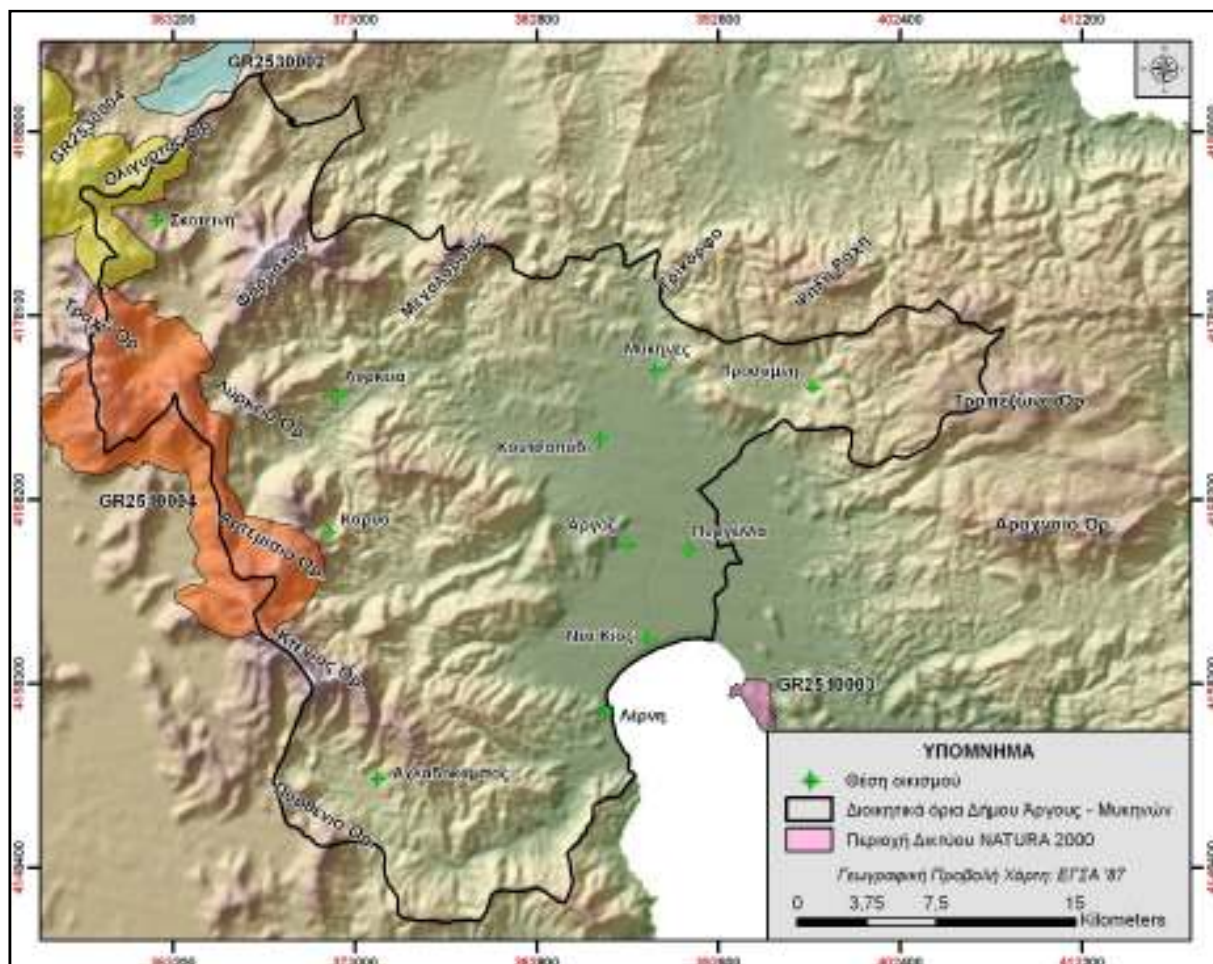
Ιδιαίτερα για την περιοχή του Άργους, νεότερα μνημεία που ανήκουν σε αυτή την κατηγορία είναι το Ωδείο, το Δημαρχείο και το κτίριο του Εμπορικού και Βιομηχανικού Επιμελητηρίου. Επίσης η πλατεία του Άργους έχει κηρυχθεί βάσει του ίδιου θεσμικού πλαισίου ως ιστορικός τόπος. Στην **Εικόνα 1.6** αποτυπώνονται οι κυριότεροι χώροι πολιτισμού και τα κυριότερα μνημεία της πόλης του Άργους.



Εικόνα 1.6. Χάρτης με περιοχές ιδιαίτερου πολιτιστικού και περιβαλλοντικού ενδιαφέροντος του Δήμου Άργους – Μυκηνών, εντός της πόλης του Άργους.

Επιπρόσθετα, στην περιφέρεια του Δήμου Άργους – Μυκηνών έχουν οριοθετηθεί περιοχές ιδιαίτερου περιβαλλοντικού ενδιαφέροντος NATURA 2000. Συγκεκριμένα εντός των ορίων του Δήμου καταγράφονται οι περιοχές (**Εικ. 1.7**):

- «Όροι Αρτεμίσιο και Λύρκειο» με κωδικό GR2510004, η οποία αποτελεί Ζώνη Ειδικής Προστασίας (SPA),
- «Ακροναυπλία και Παλαμήδι» με κωδικό GR2510003, η οποία αποτελεί Τόπο Κοινοτικής Σημασίας (SCI),
- «Όρος Ολίγυρτος» με κωδικό GR2530004, η οποία αποτελεί Τόπο Κοινοτικής Σημασίας (SCI) και
- «Λίμνη Στυμφαλίας» με κωδικό GR2530002, η οποία είναι ταυτόχρονα Ζώνη Ειδικής Προστασίας (SPA) και Τόπος Κοινοτικής Σημασίας (SCI),



Εικόνα 1.7. Χάρτης με περιοχές NATURA 2000 στην ευρύτερη περιοχή του Δήμου Άργους – Μυκηνών.

1.4 Υποδομές

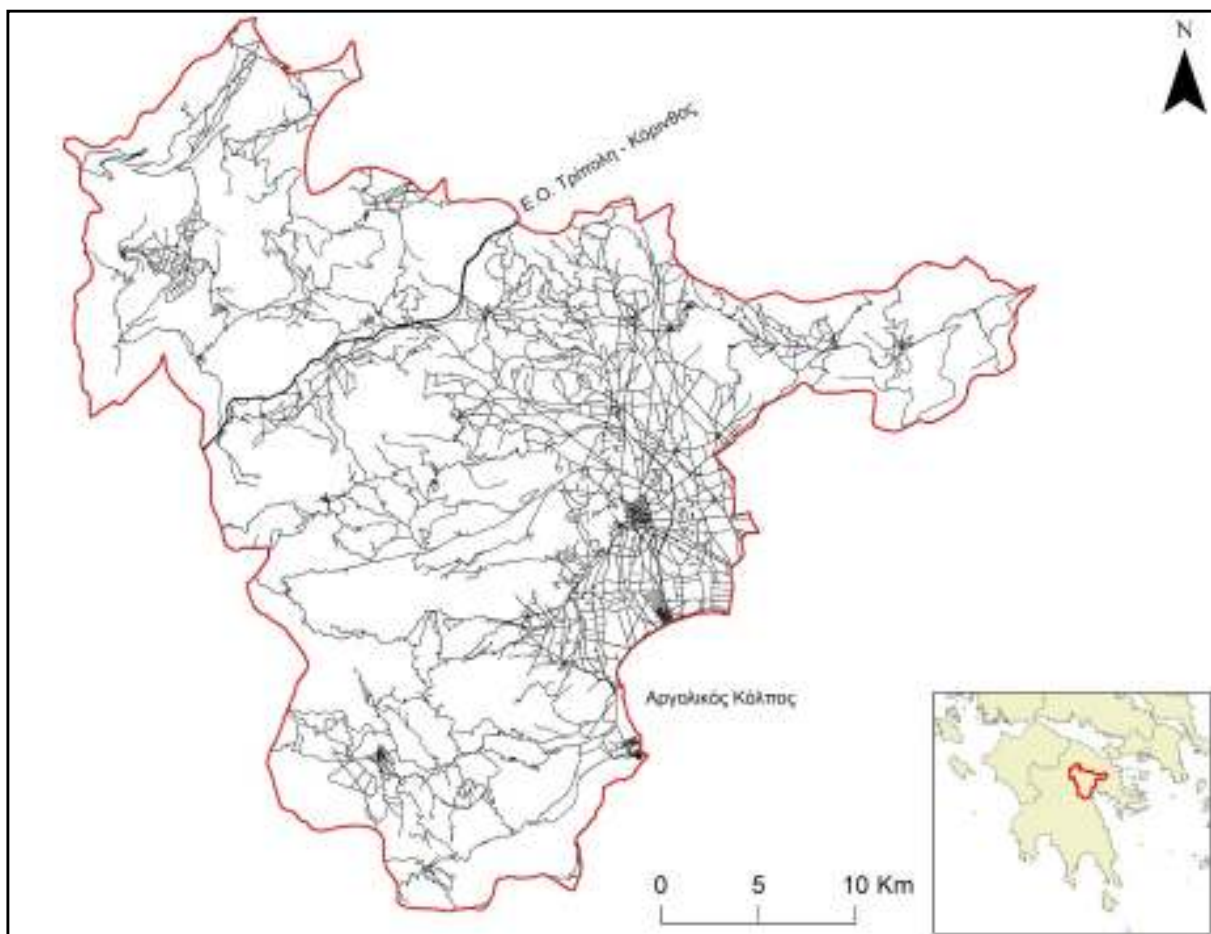
Ο Δήμος Άργους – Μυκηνών φιλοξενεί μια σειρά από κρίσιμες υποδομές στις οποίες περιλαμβάνονται:

- Οδικό δίκτυο (επαρχιακό δίκτυο, ιρλανδικές διαβάσεις, γέφυρες, υποδομές οδικού δικτύου, όπως σήμανση, υποδομές ασφαλείας, φωτισμός κα.).
- Σιδηροδρομικό δίκτυο.
- Εγκαταστάσεις σωμάτων ασφαλείας (αστυνομικά τμήματα, πυροσβεστικοί σταθμοί, εγκαταστάσεις λιμενικού σώματος).
- Εγκαταστάσεις τοπικής αυτοδιοίκησης (Δημαρχείο, ΚΕΠ, εγκαταστάσεις Περιφέρειας).
- Εγκαταστάσεις υγείας (Νοσοκομείο, κέντρα υγείας)
- Εγκαταστάσεις παραγωγής ενέργειας (ΔΕΗ, Σταθμοί μεταφόρτωσης, κα.) και τηλεπικοινωνίας (κεραίες).
- Εγκαταστάσεις ύδρευσης και αποχέτευσης (ΔΕΥΑΡΜ).
- Χώροι εκπαίδευσης (Σχολεία, νηπιαγωγεία, φροντιστήρια, κα.).
- Χώροι εμπορίου με αυξημένη συγκέντρωση πληθυσμού (Λαϊκή αγορά, Super market).
- Τερματικοί σταθμοί μεταφορών.
- Βιομηχανικές εγκαταστάσεις (βιομηχανική ζώνη, εργοστάσια, κα.).
- Εγκαταστάσεις εμπορίας και αποθήκευσης καυσίμων.
- Χώροι διάθεσης απορριμμάτων (ΧΥΤΑ, ΧΥΤΗ, ΧΑΔΑ).

- Χώροι επεξεργασίας λυμάτων (βιολογικός καθαρισμός).
- Αποθήκες λιπασμάτων και άλλων χημικών για τη γεωργία.
- Δίκτυα υδάτων.

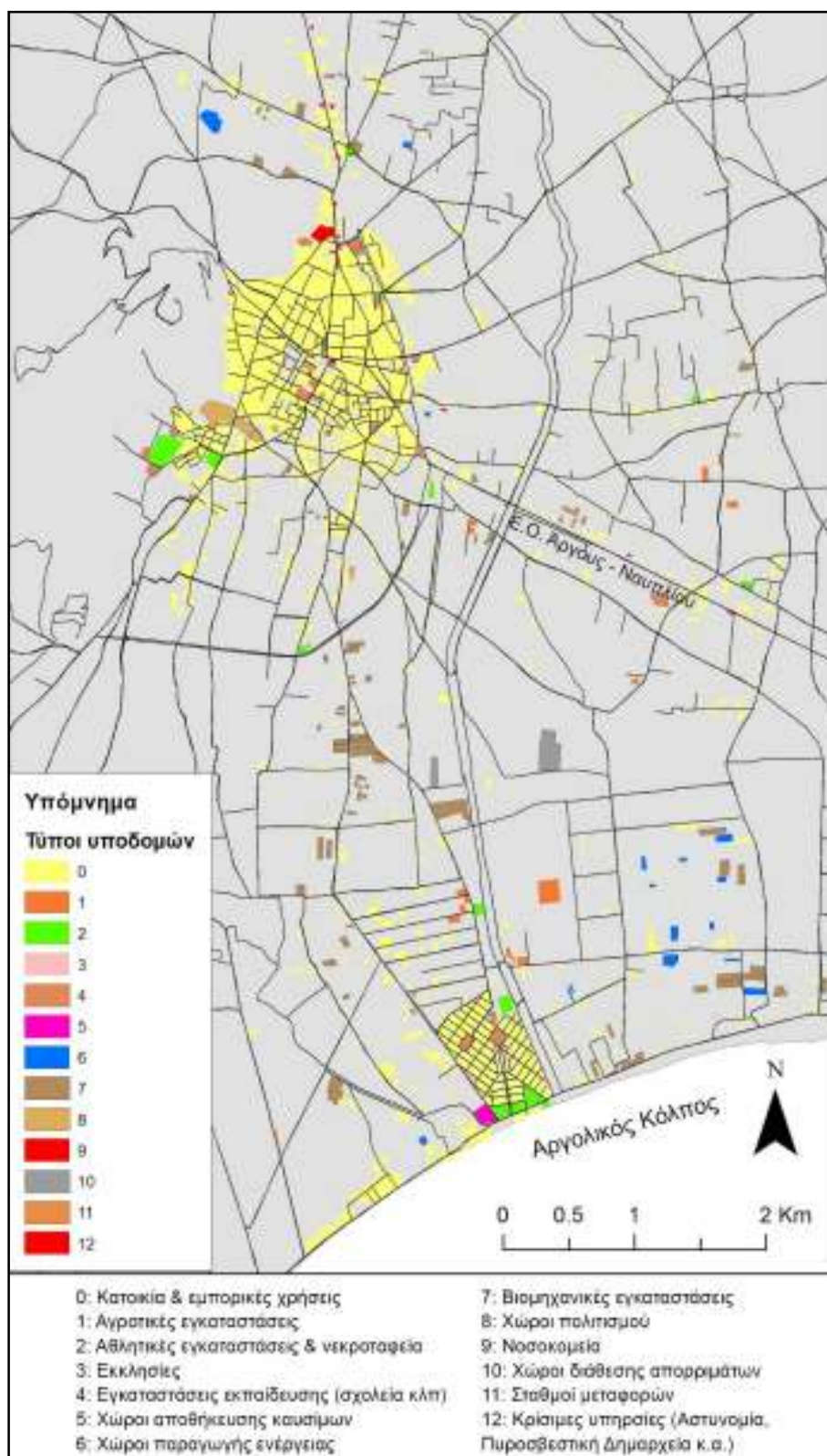
Το οδικό δίκτυο του Δήμου παρουσιάζεται στην **Εικόνα 1.8** και στο **Παράρτημα Α1**. Κύρια στοιχεία του που βρίσκονται στο Αργολικό πεδίο αποτελούν:

- η ΕΟ Κορίνθου – Τριπόλεως που είναι ο βασικός άξονας της Περιφέρειας Πελοποννήσου,
- η ΕΟ Κορίνθου – Άργους – Ναυπλίου που αποτελεί πολύ σημαντικό άξονα για την περιοχή διερχόμενη από την περιοχή των Μυκηνών και διακλαδιζόμενη προς την παραλιακή ζώνη Ναυπλίου, Πορτοχελίου, Ερμιονίδας και Παράλιου Άστρους με μεγάλο φόρτο κυρίως κατά την τουριστική περίοδο και
- οι επαρχιακές οδοί που ξεκινούν από το Άργος και κατευθύνονται στα πέριξ χωριά (Χούνη, Δαλαμανάρα, Πυργέλλα, Νέα Κίος κλπ.).



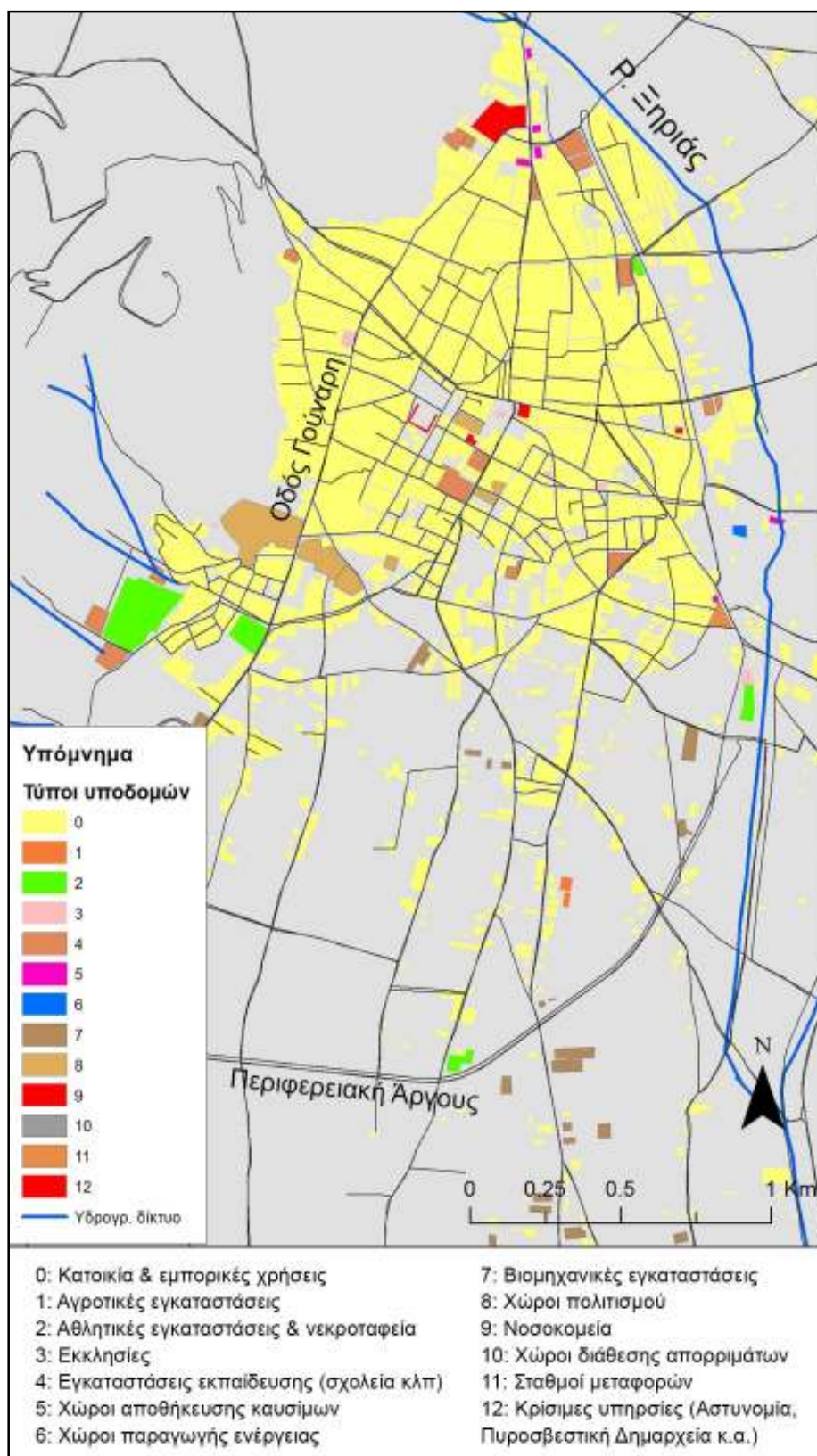
Εικόνα 1.8. Χάρτης οδικού δικτύου Δήμου Άργους – Μυκηνών.

Σε ότι αφορά το σιδηροδρομικό δίκτυο της περιοχής, αν και τμήματά του αλλά και ο Σιδηροδρομικός σταθμός βρίσκονται κοντά στον Ποταμό Ξεριά, είναι ανενεργό. Στα βορειοανατολικά του Άργους η γέφυρα του σιδηροδρόμου διασχίζει τον Ξεριά και τον Ίναχο. Κατά το παρελθόν υπερχειλίσεις της κοίτης είχαν σε μεμονωμένες περιπτώσεις δημιουργήσει πρόβλημα στη διέλευση συρμών.

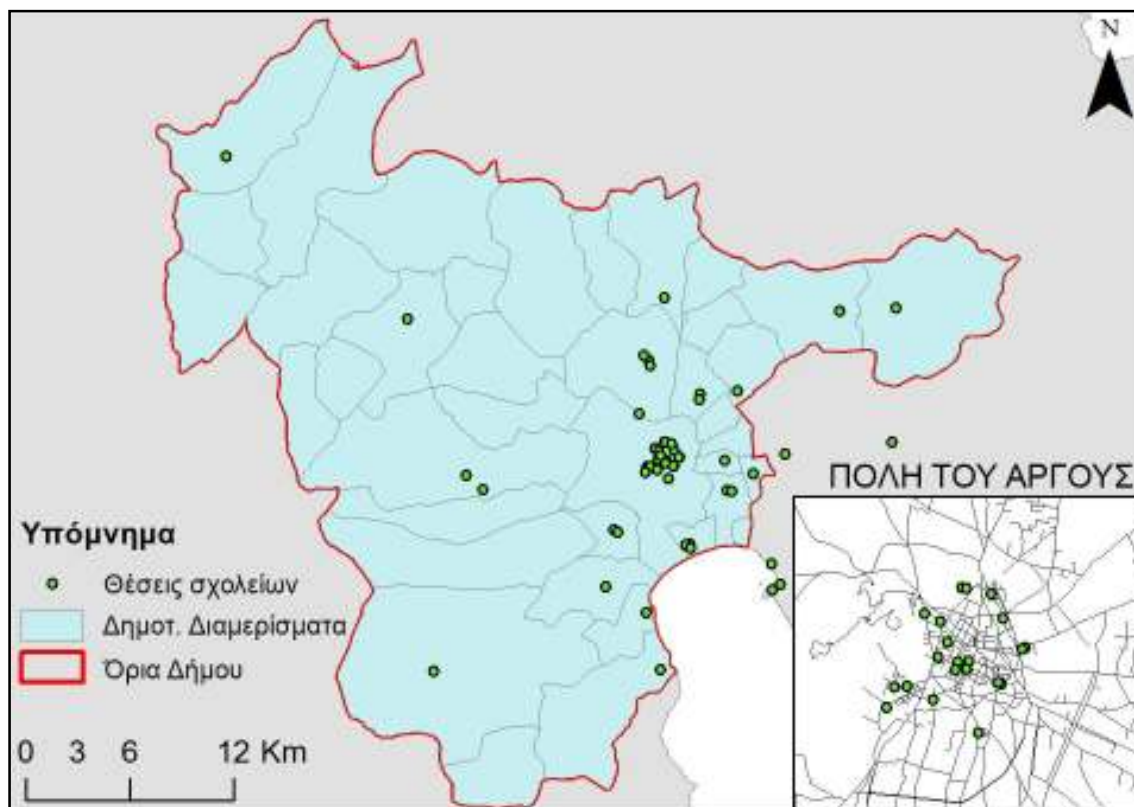


Εικόνα 1.9. Χάρτης με τις υποδομές στον Δήμο Άργους – Μυκηνών μεταξύ της πόλης του Άργους και της Νέας Κίου κατηγοριοποιημένες σε τύπους.

Η κατανομή των προαναφερθέντων υποδομών του Δήμου Άργους – Μυκηνών κατηγοριοποιημένες σε τύπους μεταξύ της πόλης του Άργους και της Νέας Κίου και του Άργους παρουσιάζονται στις **Εικόνες 1.9 & 1.10** αντίστοιχα. Οι υποδομές εκπαίδευσης για το σύνολο του Δήμου αποτυπώνονται στην **Εικόνα 1.11**.



Εικόνα 1.10. Χάρτης με τις υποδομές της πόλης του Άργους κατηγοριοποιημένες σε τύπους.



Εικόνα 1.11. Θέσεις σχολικών εγκαταστάσεων εντός των ορίων του Δήμου Άργους Μυκηνών.

Σε ότι αφορά αντιπλημμυρικά έργα, στους χειμάρρους Χάραδρο και Ίναχο έχουν διεξαχθεί από τη δεκαετία του 1940 και μετά έργα διάνοιξης και διευθέτησης τμημάτων των κοιτών στο Αργολικό πεδίο. Μάλιστα κατά τμήματα έχουν αναπτυχθεί και τραπεζοειδή αναχώματα.

Η κοίτη του χειμάρρου Χαράδρου από την συμβολή του με τον Ίναχο διαθέτει διευθετημένη κοίτη μήκους περίπου 2,5 km, μέχρι την γέφυρα Κουρτακίου, στη συνέχεια και για μήκος 1,5 km μέχρι τη γέφυρα της εθνικής οδού Άργους – Κορίνθου, η κοίτη του έχει επενδυθεί ολικώς στη δεξιά όχθη για προστασία της πόλης του Άργους (Εικ. 1.12), και μερικώς στην αριστερή όχθη.



Εικόνα 1.11. Άποψη των έργων διευθέτησης της κοίτης του χειμάρρου Ξεριά στην περιοχή του Νέου Κόσμου, κατάντη της γέφυρας της σιδηροδρομικής γραμμής Άργους – Κορίνθου. Διακρίνονται το τοίχιο της αρμολογημένης με τσιμεντοκονίαμα λιθοδομής κατασκευής του 1966 (στο βάθος, έμπροσθεν των οικιών) και τα μεταγενέστερα συρματοκιβώτια.

Πάντως, τα παραπάνω έργα κατά καιρούς δεν αποδείχθηκαν επαρκή για την αποτελεσματική αντιπλημμυρική προστασία της περιοχής, δεδομένου ότι στο μεν Ίναχο, λόγω ρηγμάτωσης των αναχωμάτων, προκλήθηκε υπερχειλίση της αριστερής όχθης του στο παρελθόν, από τη γέφυρα Κουρτακίου μέχρι την γέφυρα της εθνικής οδού Άργους – Κορίνθου, στο δε Ξεριά σημειώθηκαν επανειλημμένες υπερχειλίσεις, ιδιαίτερα δε στο τμήμα από τη συμβολή του στον Ίναχο μέχρι την γέφυρα Κουρτακίου, με αποτέλεσμα την κατάκλυση οικισμών του Άργους και την πρόκληση σημαντικών ζημιών.

1.5 Χρήσεις γης

Με βάση τα στοιχεία από την ΕΛΣΤΑΤ (Πίν. 1.5), που αφορούν στις χρήσεις γης που είναι επεξεργασμένες (περίοδος 1999-2000) προκύπτει, ότι η Δημοτική Ενότητα Άργους κατέχει την πρώτη θέση στη χρήση γης που αφορά σε εκτάσεις που καλύπτονται από οικισμούς, δρόμους και εκτάσεις που είναι διαμορφωμένες για οικιστική η/και βιομηχανική, βιοτεχνική χρήση.

Στην τελευταία θέση στην κατηγορία αυτή κατατάσσεται η Δημοτική Ενότητα Νέας Κίου, η οποία καταλαμβάνει έκταση μικρότερη του μισού τετραγωνικού χιλιομέτρου, όποτε και στο συγκεκριμένο πίνακα εμφανίζεται ως μηδενική. Αντίστοιχα, η Δημοτική Ενότητα Λυρκείας έχει τη μέγιστη κάλυψη σε δασικές εκτάσεις, ενώ την ελάχιστη καταλαμβάνει και πάλι η ΔΕ Ενότητα Νέας Κίου. Επισημαίνεται, ότι η κατανομή χρήσεων γης που παρουσιάζεται στον Πίνακα 1.5 προκύπτει από στατιστικά στοιχεία και δεν είναι η πλέον αντιπροσωπευτική.

Πίνακας 1.5. Κατανομή χρήσεων γης (σε τ.χ.) ανά Δημοτική Ενότητα και στο σύνολο του Δ. Άργους – Μυκηνών (Επεξεργασμένα στοιχεία από ΕΛΣΤΑΤ).

α/α	Δημοτική Ενότητα	Σύνολο	Καλλιεργούμενες εκτάσεις & αγροναπαύσεις	Βοσκότοποι	Δάση	Εκτάσεις καλυπτόμενες από νερά	Εκτάσεις οικισμών (κτίρια, δρόμοι, κλπ.)	Άλλες εκτάσεις
1.	ΝΕΑΣ ΚΙΟΥ	6,0	0,0	6,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1.	ΛΕΡΝΑΣ	84,4	31,3	9,4	41,2	0,0	0,9	1,6
3.	ΑΧΛΑΔΟΚΑΜΠΟΥ	106,0	29,9	16,7	47,3	0,0	1,2	10,9
4.	ΚΟΥΤΣΟΠΟΔΙΟΥ	120,4	69,1	5,9	42,0	0,3	1,6	1,5
5.	ΑΡΓΟΥΣ	137,4	83,3	14,9	26,3	0,8	5,3	6,8
6.	ΑΛΕΑΣ	142,5	35,1	6,0	84,2	0,0	0,5	16,7
7.	ΜΥΚΗΝΑΙΩΝ	158,1	78,8	26,7	49,9	0,0	1,4	1,3
8.	ΛΥΡΚΕΙΑΣ	245,4	69,9	23,1	134,6	0,0	1,2	16,6
	ΣΥΝΟΛΟ:	1.000,2	397,4	108,7	425,5	1,1	12,1	55,4

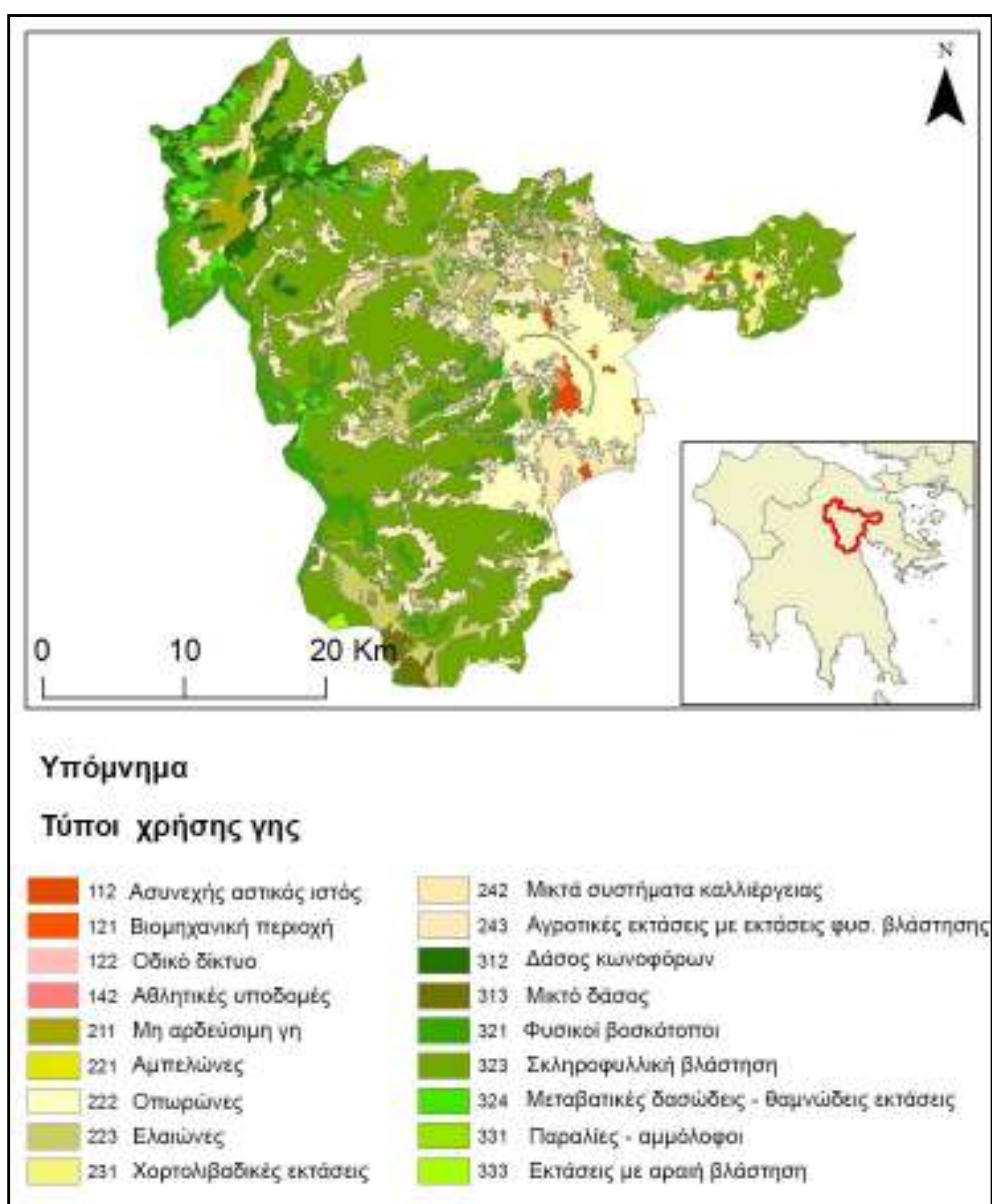
Στη συνέχεια ακολουθούν στοιχεία που αφορούν τις χρήσεις γης που προκύπτουν από το ευρωπαϊκό σύστημα CORINE LandCover (2012) αλλά και στοιχεία για λογαριασμό του ΟΠΕΚΕΠΕ. Τα στοιχεία αυτά είναι πιο λεπτομερή και θα χρησιμοποιηθούν για τον υπολογισμό παραμέτρων σχετικών (δείκτης CN).

Οι κυρίαρχες χρήσεις γης στο Αργολικό πεδίο είναι κυρίως γεωργικού χαρακτήρα. Με βάση το Ευρωπαϊκό σύστημα κατανομής χρήσεων γης CORINE 2000, κυριαρχούν οι οπωρώνες οι οποίοι στην ουσία αποτελούν αγροτεμάχια που έχουν φυτευτεί με οπωροφόρα δέντρα, συνήθως ως μονοκαλλιέργεια και σε ορισμένες περιπτώσεις μικτή που συνδέονται με μόνιμα καλυπτόμενες από ποώδη βλάστηση επιφάνειες. Παράλληλα, καταγράφονται περιοχές φυτεμένες με ελαιόδεντρα και

σύνθετα συστήματα καλλιέργειας (μωσαϊκό από μικρά αγροτεμάχια με διάφορες ετήσιες καλλιέργειες, λιβάδια ή και μόνιμες καλλιέργειες).

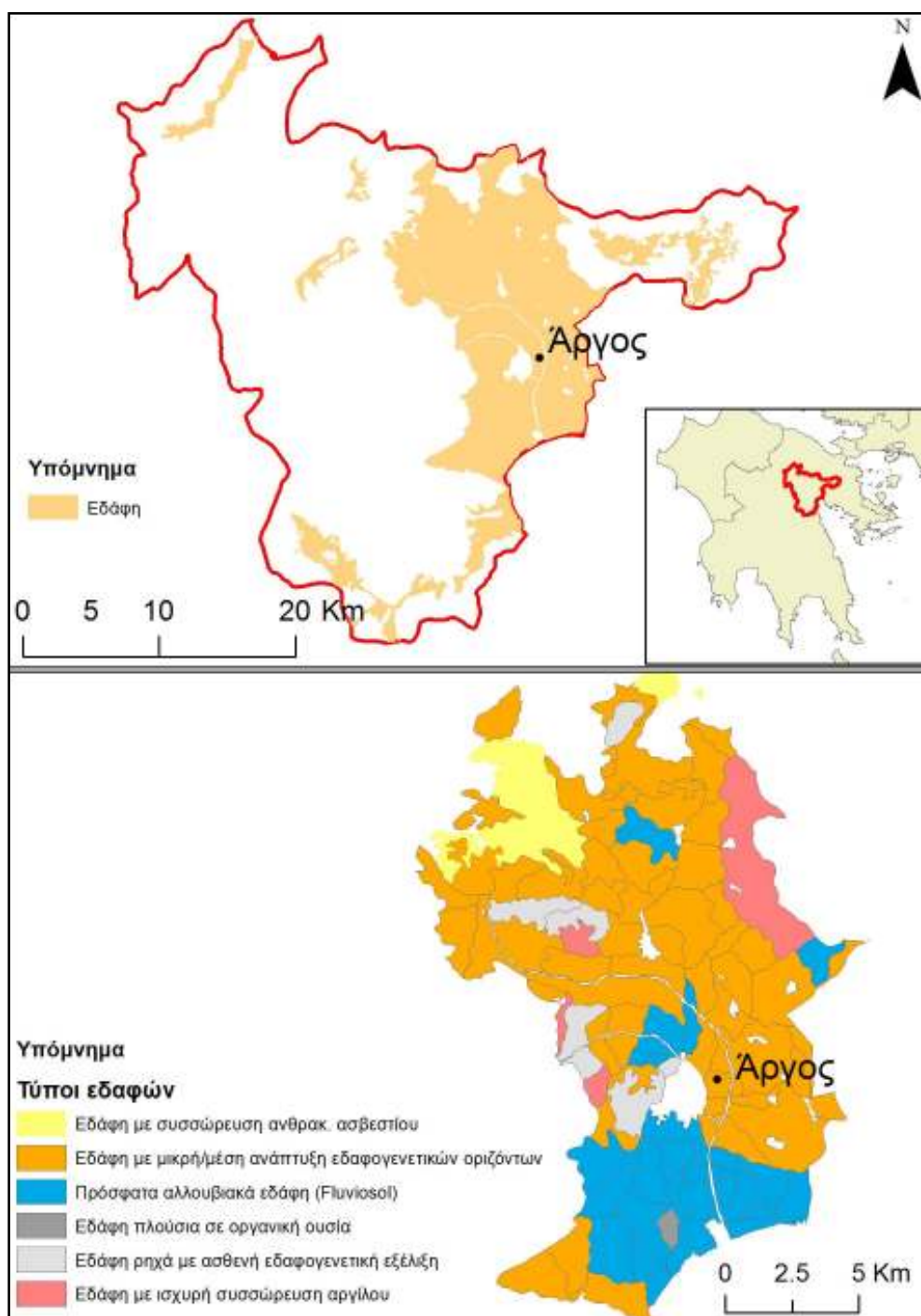
Επιπρόσθετα, καταγράφονται τεχνητές επιφάνειες με κυρίαρχη την διακεκομμένη αστική οικοδόμηση, όπου το μεγαλύτερο τμήμα της έκτασης γης καλύπτεται από κτίσματα, συμπεριλαμβανομένου κτιρίων, δρόμων, ζωνών τεχνητών επιφανειών, σε συνδυασμό με ζώνες βλάστησης και γυμνού εδάφους που καλύπτουν ασυνεχείς αλλά εκτενείς επιφάνειες. Παράλληλα εντός των μεγάλων οικισμών (πχ Άργος) παρουσιάζονται τμήματα συνεχούς αστικής δόμησης.

Στις ορεινές και τις λοφώδεις περιοχές γύρω από το Αργολικό πεδίο, επικρατούν εκτάσεις φυσικών βοσκότοπων, χαμηλής παραγωγικότητας, συχνά σε περιοχές με ανώμαλο, ανισόπεδο έδαφος, οι οποίες συχνά περιλαμβάνουν βραχώδεις περιοχές, με φρύγανα και χερσότοπους. Επίσης παρουσιάζονται εκτεταμένες περιοχές θαμνώδους, σκληροφυλλικής βλάστησης. Τέλος υπάρχουν εκτάσεις γης που καλύπτεται κυρίως από γεωργία με σημαντικά τμήματα φυσικής βλάστησης (Εικ. 1.13).



Εικόνα 1.13. Χάρτης των χρήσεων γης του Δήμου Άργους – Μυκηνών με βάση το Ευρωπαϊκό σύστημα κατανομής CORINE 2011.

Οι εκτάσεις με εδαφικούς ορίζοντες απαντούν, όπως είναι αναμενόμενο κυρίως στο πεδινό τμήμα του Δήμου, με μεγάλη ποικιλία τύπων εδαφών διαφορετικού βάθους, κοκκομετρικής σύστασης, παρουσίας αδρόκοκκων υλικών, βαθμού διάβρωσης, μητρικού υλικού και άλλων ιδιοτήτων. Τα εδάφη αυτά μπορούν να διαιρεθούν σε κατηγορίες με βάση τη βασική χημική τους σύσταση (ΟΠΕΚΕΠΕ, 2015) (Εικ. 1.14).



Εικόνα 1.14. Εδαφολογικός χάρτης του Δήμου Άργους – Μυκηνών με βάση τον τύπο καλλιέργειας (Πηγή: ΟΠΕΚΕΠΕ, 2015)

2. Μετεωρολογικά Στοιχεία & Γεωπεριβαλλοντικές Συνθήκες

2.1 Μετεωρολογικά στοιχεία

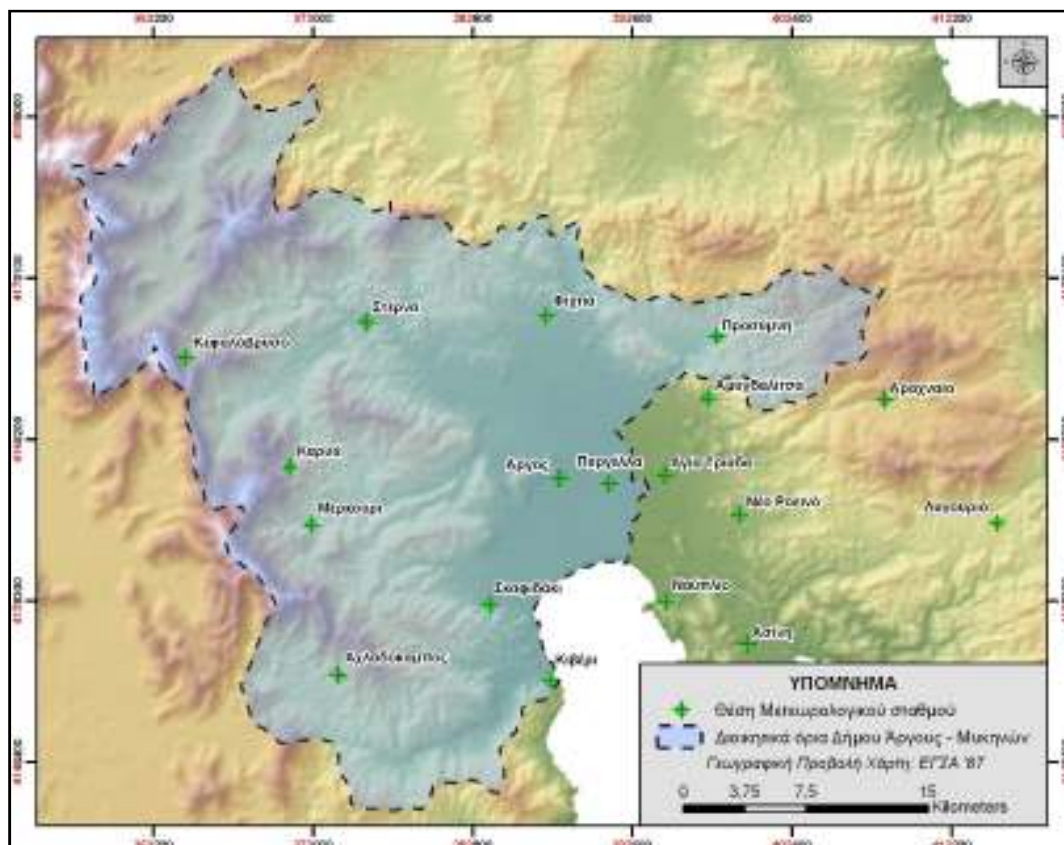
2.1.1 Εισαγωγή

Το κλίμα της ευρύτερης περιοχής του Δήμου Άργους – Μυκηνών μπορεί να περιγραφεί ως «**Μεσογειακό**», με χαρακτηριστικούς τους ήπιους υγρούς χειμώνες και τα ζεστά και ξηρά καλοκαίρια, σε μια μεταβατική περιοχή μεταξύ της εύκρατης κλιματικής ζώνης στο βορρά και της τροπικής στο νότο.

Ο ΜΑΡΙΟΛΟΠΟΥΛΟΣ (1936), αναφέρει χαρακτηριστικά για το κλίμα της Αργολίδας: «*Η Αργολίδα βρίσκεται στην Ανατολική Πελοπόννησο, ανατολικά της οροσειράς των Αργολιδοαρκαδικών βουνών και γι' αυτό έχει κλίμα ξηρό και μικρές βροχοπτώσεις. Υπολογίζεται μαζί με την Αττική μεταξύ των πλέον ξηρών περιοχών, που επίσης έχουν τις περισσότερες ηλιόλουστες μέρες του χρόνου από όλη την Ελλάδα*».

Κατά το σύστημα KÖPPEN (ΚΑΡΡΑΣ, 1973), η περιοχή ανήκει στον κλιματικό τύπο Csa δηλαδή, «*χερσαίο μεσογειακό ξηρού και θερμού θέρους*». Στην ταξινόμηση αυτή, τα δύο πρώτα σύμβολα (Cs) χαρακτηρίζουν το κλίμα ως εύκρατο με ξηρό καλοκαίρι, ενώ το τρίτο σύμβολο (a) δηλώνει, ότι η μέση θερμοκρασία του αέρα το θερμότερο μήνα είναι μεγαλύτερη από 22°C.

Κατά THORNTHWAITE, (ΚΑΡΡΑΣ, 1973) το κλίμα της περιοχής ανήκει στα ξηρά κλίματα τύπου DdB3'b4'. Ο συμβολισμός αυτός δηλώνει, ότι το κλίμα είναι ημίξηρο με δείκτη υγρασίας $-40 < I_m < -20$, με μικρό πλεόνασμα ύδατος κατά το χειμώνα, με δείκτη υγρότητας $I_h < 16,7$ και ανήκει στο μεσόθερμο B3' τύπο θερμικού κλίματος. Επισημαίνεται η επίδραση της θάλασσας (Αργολικός κόλπος) στη διαμόρφωση του θερμικού του χαρακτήρα.



Εικόνα 2.1. Θέσεις Μετεωρολογικών σταθμών (συνολικά 18) στην ευρύτερη περιοχή του Δήμου Άργους – Μυκηνών (ΓΙΑΝΝΟΥΛΟΠΟΥΛΟΣ, 2000).

2.1.2 Μετεωρολογικά δεδομένα

Στην ευρύτερη περιοχή του Δήμου Άργους – Μυκηνών έχουν εγκατασταθεί κατά το παρελθόν 18 μετεωρολογικοί σταθμοί (Εικ. 2.1). Οι σταθμοί αυτοί δεν ήταν όλοι πλήρως εξοπλισμένοι, ενώ οι περισσότεροι διέθεταν μόνο βροχόμετρο.

Στον Πίνακα 2.1 περιγράφονται τα χαρακτηριστικά τους, καθώς και η περίοδος λειτουργίας τους. Επισημαίνεται, πως οι περισσότεροι από τους ανωτέρω σταθμούς τοποθετήθηκαν σε αντιπροσωπευτικές θέσεις της ευρύτερης περιοχής στα πλαίσια ενός αρχικού σχεδιασμού για τη μελέτη των υδρολογικών χαρακτηριστικών του Αργολικού πεδίου (ΣΤΑΣΙΝΟΠΟΥΛΟΣ & ΠΟΥΛΟΒΑΣΙΛΗΣ, 1965).

Πίνακας 2.1. Χαρακτηριστικά Μετεωρολογικών σταθμών στην ευρύτερη περιοχή του Δήμου Άργους – Μυκηνών (ΓΙΑΝΝΟΥΛΟΠΟΥΛΟΣ, 2000).

Σταθμός	Γεωγραφικό Μήκος	Γεωγραφικό πλάτος	Υψόμετρο (m)	Βροχόμετρο	Βροχογράφος	Εξατμισιόμετρο	Θερμοκρασία Αέρα	Περίοδος Λειτουργίας
Αγία Τριάδα	37°90'	22°48'	28	V	V	V	V	2/1963-8/1985
Αχλαδόκαμπος	37°32'	22°34'	520	V	V	V	V	12/1963-Σήμερα
Αμυγδαλίτσα	37°41'	22°50'	210	V				12/1963-Σήμερα
Αραχναίο	37°41'	22°58'	620	V				12/1963-Σήμερα
Άργος	37°38'	22°44'	20	V	V			9/1949-Σήμερα
Ασίνη	37°33'	22°52'	7	V	V	V		3/1961-Σήμερα

Φίχτια	37°43'	22°44'	92	V			V	1/1961-10/1986
Καρυά	37°39'	22°33'	625/553	V				1/1963-Σήμερα
Κεφαλόβρυσο	37°42'	22°48'	965	V				9/1962-Σήμερα
Κιβέρι	37°31'	22°43'	10	V				12/1963-Σήμερα
Λυγουριό	37°37'	22°02'	380	V				9/1962-Σήμερα
Μερκούρι	37°36'	22°34'	395/340	V			V	12/1963-8/1986
Ναύπλιο	37°34'	22°48'	2	V			V	1/1961-Σήμερα
Νέο Ροεινό	37°37'	22°52'	120	V				12/1963-Σήμερα
Προσύμνη	37°43'	22°50'	240	V				9/1962-Σήμερα
Πυργέλλα	37°38'	22°47'	20	V		V	V	1/1981-Σήμερα
Σκαφιδάκι	37°34'	22°41'	80	V			V	12/1963-Σήμερα
Στέρνα	37°43'	22°36'	140	V				1/1963-Σήμερα

Από τον **Πίνακα 2.1** προκύπτει, πως οι σταθμοί με τη μεγαλύτερη περίοδο λειτουργίας είναι αυτοί του Ναυπλίου, του Άργους, του Κεφαλόβρυσου, του Λυγουριού, του Μερκουρίου και της Προσύμνης, ενώ οι υπόλοιποι είναι σχετικά νεότεροι και άρχισαν να λειτουργούν από το 1963-1964 και μετά.

Σύμφωνα με τις μέσες μηνιαίες βροχοπτώσεις (mm) για τα έτη 1965-1985 (**Πίν. 2.2**), το 86% των βροχοπτώσεων λαμβάνουν χώρα την περίοδο Οκτωβρίου – Απριλίου (ΓΙΑΝΝΟΥΛΟΠΟΥΛΟΣ, 2000). Οι υψηλότερες βροχοπτώσεις παρατηρούνται κατά τους μήνες Δεκέμβριο και Ιανουάριο, ενώ οι ελάχιστες τον Αύγουστο. Επισημαίνεται, πως ο πιο υγρός μήνας είναι ο Δεκέμβριος ακολουθούμενος από τον Ιανουάριο, ενώ οι πιο ξηροί ο Αύγουστος και ο Ιούνιος.

Πίνακας 2.2. Μέση μηνιαία βροχόπτωση (mm) για τα έτη 1964-1985 στους μετεωρολογικούς σταθμούς της ευρύτερης περιοχής του Δήμου Άργους – Μυκηνών (ΓΙΑΝΝΟΥΛΟΠΟΥΛΟΣ, 2000).

Μετεωρ/κός Σταθμός	Μέση μηνιαία βροχόπτωση (mm) για τα έτη 1964-1985												
	Ι	Φ	Μ	Α	Μ	Ι	Ι	Α	Σ	Ο	Ν	Δ	ΣΥΝΟΛΟ
Αγία Τριάδα	64,0	48,4	39,8	30,2	17,2	8,1	9,2	6,9	13,9	59,5	60,8	78,5	436,5
Άργος	148,5	95,2	71,3	49,2	31,2	16,3	14,9	9,5	20,0	74,8	80,4	129,7	741,0
Φίχτια	72,0	54,9	46,4	36,7	22,9	10,9	10,2	68,0	19,0	63,8	73,0	77,1	493,9
Καρυά	76,6	57,6	49,2	27,3	20,2	12,9	13,7	5,5	21,1	74,1	61,6	72,9	492,7
Κεφαλόβρυσο	150,6	122,6	113,2	89,8	54,6	29,6	36,6	17,7	40,5	107,4	148,2	143,7	1054,4
Μερκούρι	156,9	119,7	96,7	71,0	41,8	20,9	21,6	12,7	24,2	91,1	124,2	169,9	950,7
Ναύπλιο	141,8	101,2	77,8	58,5	35,7	18,9	17,2	8,5	23,6	80,2	115,8	132,7	811,9
Νέο Ροεινό	78,0	57,3	49,1	37,5	23,5	10,8	72,0	4,8	21,2	74,4	75,5	86,0	525,2
Προσύμνη	61,2	53,0	44,0	31,7	19,4	10,3	12,5	9,9	13,3	59,4	67,7	72,5	454,8
Σκαφιδάκι	77,7	60,1	54,3	34,6	31,9	10,4	18,2	15,4	22,5	58,1	66,2	85,5	534,8
Στέρνα	93,3	70,9	50,6	38,1	20,0	14,4	8,4	13,4	18,4	67,4	72,6	102,1	569,7
Στέρνα	93,3	70,9	50,6	38,1	20,0	14,4	8,4	13,4	18,4	67,4	72,6	102,1	569,7

Η μέση ετήσια βροχόπτωση για τα έτη 1965-2000 ανέρχεται σε 598,8mm (ΓΙΑΝΝΟΥΛΟΠΟΥΛΟΣ, 2000). Το 1968 ήταν το πλέον υγρό έτος, καθώς η ετήσια βροχόπτωση έφτασε τα 941,2mm, ενώ το πλέον ξηρό ήταν το 1990 με 271,7mm.

Σχετικά με το θερμοκρασιακό καθεστώς της ευρύτερης περιοχής του Δήμου Άργους – Μυκηνών και αξιολογώντας τα δεδομένα των μετεωρολογικών σταθμών Αγίας Τριάδας, Αχλαδόκαμπου,

Μερκουρίου, Ναυπλίου και Σκαφιδακίου για την περίοδο 1964-1985 (**Πίν. 2.3**) προκύπτει, ότι οι μέγιστες θερμοκρασίες αέρα παρατηρούνται συνήθως τους μήνες Ιούλιο και Αύγουστο και οι ελάχιστες τον Ιανουάριο και Φεβρουάριο, με τη μέση ετήσια θερμοκρασία αέρα να διαμορφώνεται στους 16,8°C (ΓΙΑΝΝΟΥΛΟΠΟΥΛΟΣ, 2000).

Πίνακας 2.2. Μέση μηνιαία θερμοκρασία (°C) για τα έτη 1964-1985 στους μετεωρολογικούς σταθμούς της ευρύτερης περιοχής του Δήμου Άργους – Μυκηνών (ΓΙΑΝΝΟΥΛΟΠΟΥΛΟΣ, 2000).

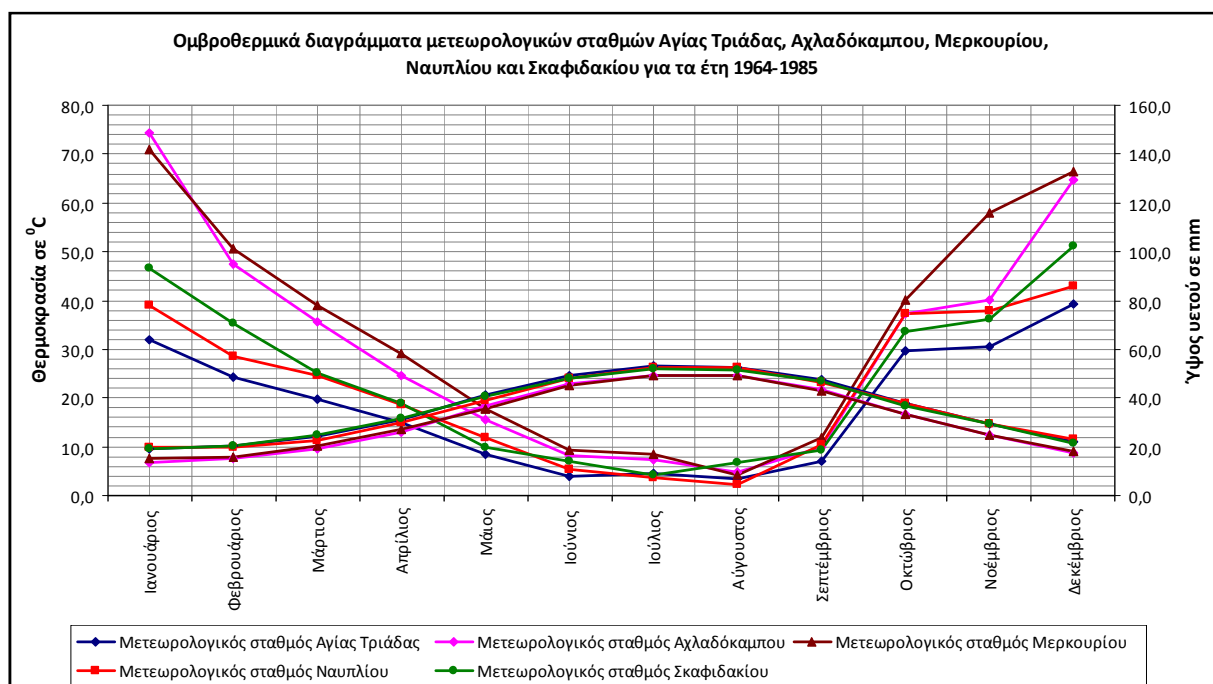
Μετεωρ/κός Σταθμός	Μέση μηνιαία θερμοκρασία (°C) για τα έτη 1964-1985											
	Ι	Φ	Μ	Α	Μ	Ι	Ι	Α	Σ	Ο	Ν	Δ
Αγία Τριάδα	9,7	10,3	12,2	15,6	20,5	24,6	26,7	26,4	23,7	18,9	14,6	11,1
Αχλαδόκαμπος	6,8	7,7	9,6	13,1	18,5	22,8	24,7	24,6	21,8	16,6	12,4	8,7
Μερκούρι	7,6	7,9	10,1	13,6	17,9	22,5	24,5	24,5	21,5	16,7	12,3	9,1
Ναύπλιο	9,8	10,0	11,2	14,9	19,6	23,9	26,4	26,2	23,2	18,9	14,6	11,5
Σκαφιδάκι	9,7	10,3	12,5	15,8	20,3	24,0	26,1	25,6	23,4	18,5	14,6	10,8

Η εξάτμιση (από εξατμισίμετρο) ποικίλει από θέση σε θέση. Οι μέσες ετήσιες τιμές για τους σταθμούς Αχλαδόκαμπου, Αγίας Τριάδας και Ασίνης είναι 1.380,1mm, 1.251,9mm και 1.438,7mm αντίστοιχα (**Πίν. 2.4**). Οι μέσες υψηλότερες τιμές παρατηρούνται κατά το μήνα Ιούλιο, ενώ οι ελάχιστες το μήνα Ιανουάριο (ΓΙΑΝΝΟΥΛΟΠΟΥΛΟΣ, 2000).

Στην **Εικόνα 2.2** παρουσιάζονται τα ομβροθερμικά διαγράμματα των μετεωρολογικών σταθμών Αγίας Τριάδας, Αχλαδόκαμπου, Μερκουρίου, Ναυπλίου και Σκαφιδακίου για τα έτη 1964-1985, σύμφωνα με τα μετεωρολογικά δεδομένα (βροχοπτώσεις και θερμοκρασίες) (**Πίν. 2.2 & Πίν. 2.3**).

Πίνακας 2.4. Μέση μηνιαία εξάτμιση (mm) για τα έτη 1964-1985 στους μετεωρολογικούς σταθμούς της ευρύτερης περιοχής του Δήμου Άργους – Μυκηνών (ΓΙΑΝΝΟΥΛΟΠΟΥΛΟΣ, 2000).

Μετεωρ/κός Σταθμός	Μέση μηνιαία εξάτμιση (mm) για τα έτη 1964-1985												
	Ι	Φ	Μ	Α	Μ	Ι	Ι	Α	Σ	Ο	Ν	Δ	ΣΥΝΟΛΟ
Αγία Τριάδα	39,9	46,4	69,9	90,5	136,7	174,3	202,6	178,7	130,3	85,4	55,4	41,8	1.251,9
Αχλαδόκαμπος	33,0	39,8	66,9	94,2	152,7	204,9	235,4	220,2	154,0	91,7	49,2	38,1	1.380,1
Ασίνη	38,6	44,1	72,6	107,0	165,0	210,0	251,5	238,0	170,0	97,3	50,0	39,2	1.483,7



Εικόνα 2.2. Ομβροθερμικά διαγράμματα μετεωρολογικών σταθμών Αγίας Τριάδας, Αχλαδόκαμπου, Μερκουρίου, Ναυπλίου και Σκαφιδακίου για τα έτη 1964-1985 (μετεωρολογικά δεδομένα από ΓΙΑΝΝΟΥΛΟΠΟΥΛΟ, 2000).

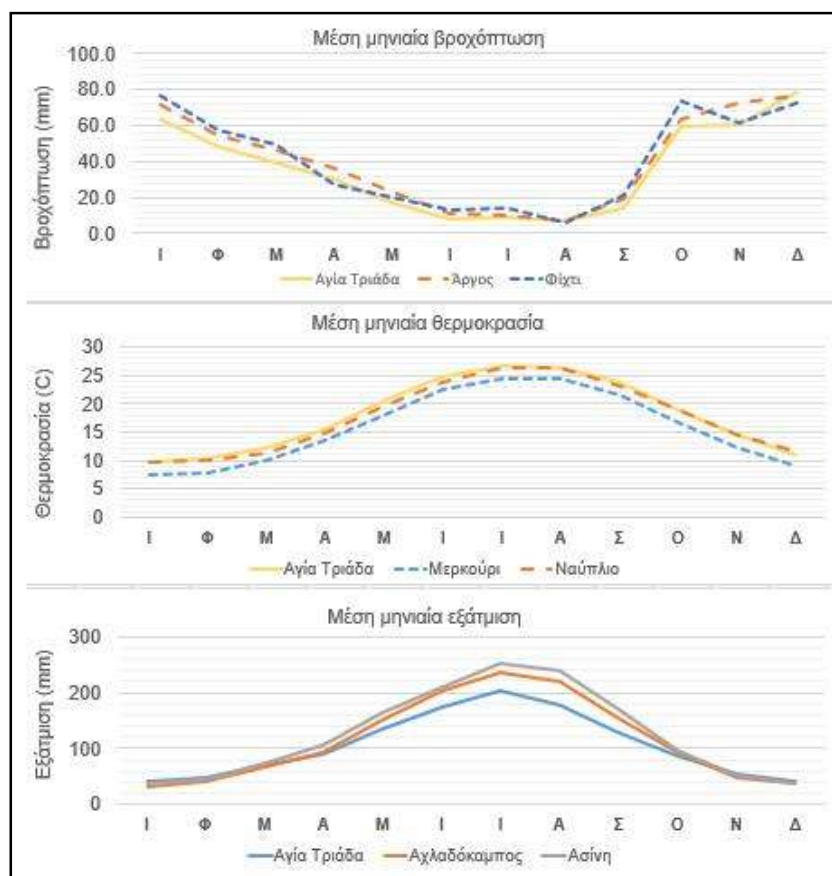
Η ισχυρή εποχικότητα στις μεταβολές των μέσων μηνιαίων βροχοπτώσεων, της μέσης μηνιαίας εξάτμισης και των μέσων μηνιαίων θερμοκρασιών αέρα αποτελούν απόδειξη για τον χαρακτηρισμό του κλίματος της Αργολίδας ως «Μεσογειακό», ήτοι ξηρό και θερμό καλοκαίρι και ήπιος χειμώνας (Εικ. 2.3).

2.1.3 Ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα (Ρ)

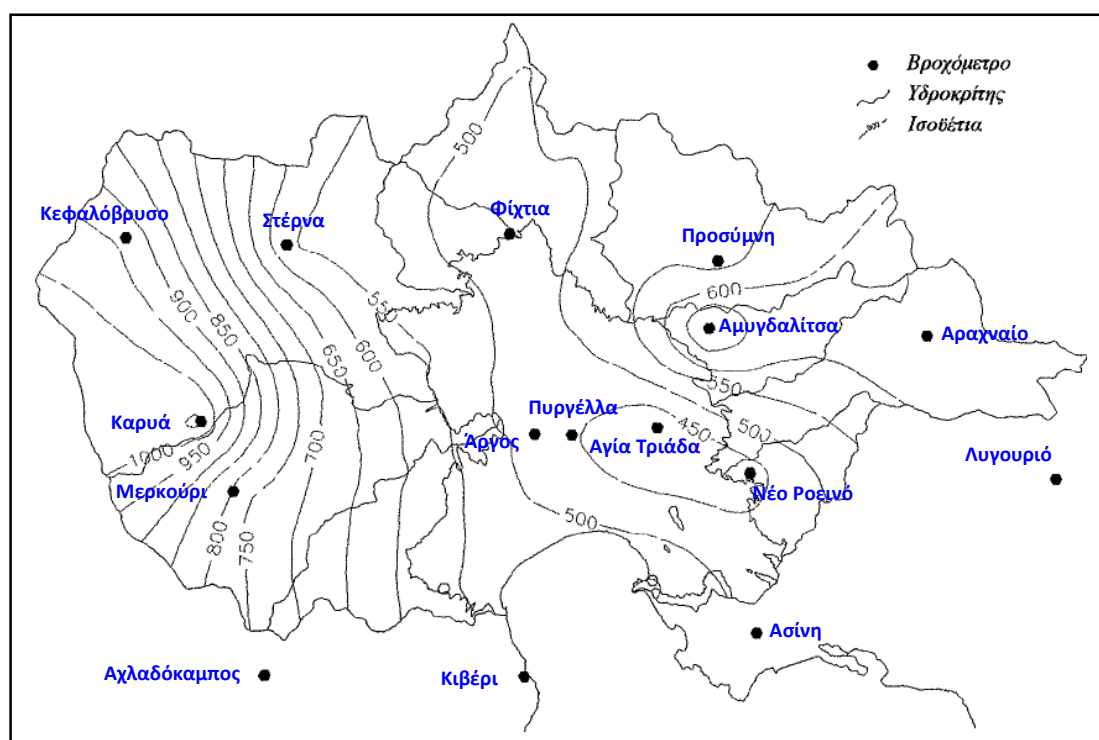
Ο ΓΙΑΝΝΟΥΛΟΠΟΥΛΟΣ (2000) έχει σχεδιάσει τις ισοϋέτιες καμπύλες για την ευρύτερη περιοχή του Αργολικού πεδίου από τις οποίες προκύπτει, πως το μέσο ετήσιο ύψος βροχής διαφοροποιείται ανάλογα με τη θέση και το υψόμετρο στις επιμέρους υδρολογικές λεκάνες (Εικ. 2.4).

Χαρακτηριστικά, στο δυτικό τμήμα στο σταθμό της Καρυάς ξεπερνάει τα 1.000mm, στην πεδιάδα κυμαίνεται μεταξύ (450-500)mm και ανατολικά στο Αραχναίο μεταξύ (600-650)mm (Εικ. 2.4). Προκύπτει επίσης, ότι το ύψος των βροχοπτώσεων ελαττώνεται από τα δυτικά προς τα ανατολικά, όπως προκύπτει και από τις αντίστοιχες εξισώσεις της βροχοβαθμίδας (Εικ. 2.5) (ΓΙΑΝΝΟΥΛΟΠΟΥΛΟΣ, 2000).

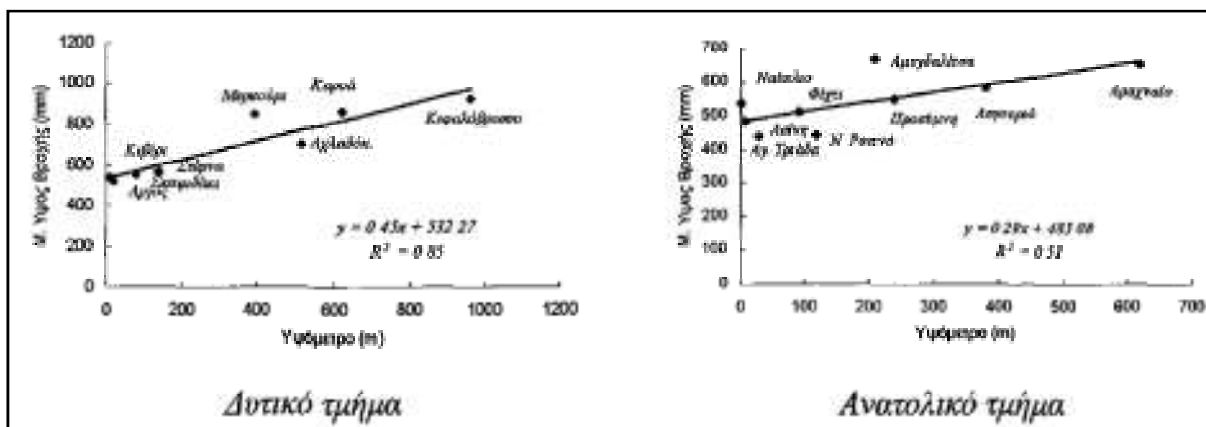
Δυτικά, οι βροχοπτώσεις έχουν άμεση σχέση με το υψόμετρο κάτι που δε συμβαίνει ανατολικά, όπου η μεγαλύτερη μέση βροχόπτωση παρατηρείται στον μετεωρολογικό σταθμό της Αμυγδαλίτσας σε υψόμετρο 210m και όχι σε αυτόν του Αραχναίου, ο οποίος βρίσκεται σε υψόμετρο 620m. Η συσχέτιση ύψους βροχής – υψόμετρου είναι σχετικά υψηλή για το δυτικό τμήμα, ενώ για το ανατολικό ο συντελεστής συσχέτισης είναι χαμηλός (ΓΙΑΝΝΟΥΛΟΠΟΥΛΟΣ, 2000).



Εικόνα 2.2. Μέση βροχόπτωση, θερμοκρασία και εξάτμιση στην ευρύτερη περιοχή του Δήμου Άργους – Μυκηνών (μετεωρολογικοί σταθμοί Αγίας Τριάδας, Αχλαδόκαμπος, Άργους, Ασίνης, Μερκουρίου, Ναυπλίου και Φιχτίων) (μετεωρολογικά δεδομένα από ΓΙΑΝΝΟΥΛΟΠΟΥΛΟ, 2000).



Εικόνα 2.4. Ισοϋέτιες καμπύλες στην ευρύτερη περιοχή του Αργολικού πεδίου (ΓΙΑΝΝΟΥΛΟΠΟΥΛΟΣ, 2000).



Εικόνα 2.5. Εξισώσεις της Βροχοβαθμίδας των δυτικών και ανατολικών επιμέρους υδρολογικών λεκανών της ευρύτερης περιοχής του Αργολικού πεδίου (ΓΙΑΝΝΟΥΛΟΠΟΥΛΟΣ, 2000).

2.1.4 Πραγματική εξατμισοδιαπνοή (ΑΕ)

Ο υπολογισμός της εξατμισοδιαπνοής (δυνητικής και πραγματικής) έχει γίνει αντικείμενο πολλών ερευνών από τις οποίες έχουν προκύψει διάφορες σχέσεις που ποικίλουν από εμπειρικές (πχ. THORNTHWAITE, TÜRCH κλπ.) μέχρι μοντέρνες αναλυτικές που εξετάζουν το ισοζύγιο της ενέργειας στο υπό μελέτη σύστημα και απαιτούν μια πληθώρα από λεπτομερή κλιματολογικά δεδομένα και μετρήσεις (πχ μέθοδος PENMAN, PENMAN – MONTEITH κλπ.).

Ο ΓΙΑΝΝΟΥΛΟΠΟΥΛΟΣ (2000) υπολόγισε την ετήσια πραγματική εξατμισοδιαπνοή για την ευρύτερη περιοχή του Αργολικού πεδίου με την προσέγγιση των ΠΟΥΛΟΒΑΣΙΛΗ και συν. (1993) και BURDON – PAPAΚIS (1963), η οποία ανέρχεται σε (60-75)% και (66-68)% αντίστοιχα.

2.1.5 Κατείσδυση (RCH)

Μια άλλη βασική συνιστώσα στον υπολογισμό του υδατικού ισοζυγίου σε υδρολογικές λεκάνες είναι η κατείσδυση, δηλαδή το νερό της βροχής που κατεισδύει, διηθείται μέσα στα πετρώματα και τροφοδοτεί τους υδροφόρους ορίζοντες. Το μέγεθος αυτό είναι αρκετά δύσκολο να υπολογιστεί για μεγάλες λεκάνες απορροής, γιατί στον υπολογισμό του υπεισέρχονται αρκετοί παράγοντες, όπως το κλίμα, η βλάστηση, η μορφολογία η λιθολογία κλπ., και επιπλέον χρειάζονται μακροχρόνια και λεπτομερή δεδομένα και μετρήσεις. Έτσι συνήθως, μόνο εκτιμήσεις ή προσεγγίσεις μπορούν να γίνουν.

Σύμφωνα με τον ΓΙΑΝΝΟΥΛΟΠΟΥΛΟ (2000), η κατείσδυση στην ευρύτερη περιοχή του Αργολικού πεδίου ποικίλει από έτος σε έτος ανάλογα με το καθεστώς των βροχοπτώσεων και τις ανάγκες της ατμόσφαιρας σε νερό. Για μέσα υδρολογικά έτη, ο μέσος συντελεστής κατείσδυσης κυμαίνεται μεταξύ 20-25%.

2.1.6 Επιφανειακή απορροή (RO)

Η εκτίμηση της επιφανειακής απορροής προϋποθέτει λεπτομερείς και ακριβείς μετρήσεις της παροχής ποταμών ή χειμάρρων και στη συνέχεια κατάλληλη επεξεργασία τους. Ο ακριβής υπολογισμός των χαρακτηριστικών της επιφανειακής απορροής απαιτεί ανάλυση των σχετικών υδρογραμμάτων, καθώς και πληθώρα λεπτομερών υδρολογικών παρατηρήσεων, όπως ένταση βροχής στη λεκάνη κλπ. και στη συνέχεια επεξεργασία τους με μοντέρνα υπολογιστικά πρότυπα «βροχής – απορροής».

Σχετικές μετρήσεις για την περιοχή απουσιάζουν σχεδόν παντελώς και για την εκτίμηση της συνολικής ετήσιας απορροής πιθανά μόνο εμπειρικές σχέσεις ή ενιαία μοντέλα μπορούν να εφαρμοστούν. Οι μοναδικές συστηματικές μετρήσεις έγιναν από την ΥΕΒ, την περίοδο 1968-1975, στους χειμάρρους Ξεριά, Ίναχο και Δερβενάκιωτη, όπου είχαν εγκατασταθεί κατάλληλα όργανα (σταθμηγράφοι και σταθμήμετρα).

Σύμφωνα με τον ΓΙΑΝΝΟΥΛΟΠΟΥΛΟ (2000), η ποιότητα των δεδομένων που καταγράφηκαν είναι σε πολύ κακή κατάσταση, και επίσης, δε βρέθηκαν αντίστοιχες μετρήσεις παροχής, έτσι ώστε να καταστεί εφικτή η συσχέτιση στάθμης – παροχής. Τα μόνα στοιχεία που θεωρούνται σχετικά αξιόπιστα για την εκτίμηση της επιφανειακής απορροής είναι αυτά που προέκυψαν από τις σχετικές μετρήσεις στη θέση «γέφυρα Σχινοχωρίου» του χείμαρρου Ινάχου (Πίν. 2.5).

Πίνακας 2.5. Ετήσιες απορροές του Ινάχου στη θέση «γέφυρα Σχινοχωρίου» (δεδομένα από ΓΙΑΝΝΟΥΛΟΠΟΥΛΟ, 2000).

Υδρολογικό έτος	Συν. όγκος βροχής (m ³)	Συν. απορροή (m ³)	Συν. απορροή (%)
1968-1969	169.287.000,0	12.900.000,0	7,6
1969-1970	172.619.109,0	770.000,0	0,5
1970-1971	139.191.385,0	2.320.000,0	1,6
1971-1972	211.342.156,0	8.370.000,0	4,0

Από τα στοιχεία του Πίνακα 2.5 προκύπτει, ότι η συνολική ετήσια απορροή του Ινάχου κυμάνθηκε από 0,5% το υδρολογικό έτος 1969-1970 (κανονικό – ξηρό υδρολογικό έτος) μέχρι 7,5% το υδρολογικό έτος 1968-1969 (υγρό υδρολογικό έτος), ενώ το υδρολογικό έτος 1971-1972 (μέσο υδρολογικό έτος) ανήλθε σε 4,0%. Εκτιμάται, ότι οι παραπάνω απορροές αντιπροσωπεύουν αντίστοιχα τα ξηρά, μέσα και υγρά υδρολογικά έτη (ΓΙΑΝΝΟΥΛΟΠΟΥΛΟΣ, 2000).

Η επιφανειακή απορροή της Αργολικής πεδιάδας στα ξηρά υδρολογικά έτη θεωρείται μηδαμινή. Σε υγρά όμως υδρολογικά έτη παρατηρούνται απορροές, οι οποίες διοχετεύονται προς τη θάλασσα δια μέσου αποστραγγιστικών καναλιών (ΓΙΑΝΝΟΥΛΟΠΟΥΛΟΣ, 2000).

2.1.7 Υδρολογικό ισοζύγιο υδρολογικών λεκανών Αργολικού πεδίου

Ο ΓΙΑΝΝΟΥΛΟΠΟΥΛΟΣ (2000) υπολόγισε το συνολικό υδρολογικό ισοζύγιο των υδρολογικών λεκανών που πλαισιώνουν το Αργολικό πεδίο με βάση τους ανωτέρω υπολογισμούς και εκτιμήσεις των επιμέρους παραμέτρων που υπεισέρχονται σε αυτό (ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα, πραγματική εξατμισοδιαπνοή, κατείσδυση και επιφανειακή απορροή).

Το μέσο συνολικό μέσο ύψος βροχής στο σύνολο της λεκάνης απορροής του Αργολικού πεδίου ανέρχεται σε περίπου 600×10^6 m³/έτος, από τα οποία 415×10^6 m³/έτος απορροφώνται από το μηχανισμό της πραγματικής εξατμισοδιαπνοής, 16×10^6 m³/έτος απορρέουν επιφανειακά, ενώ 180×10^6 m³/έτος αποτελούν περίσσειμα ύδατος, το οποίο στην πλειοψηφία του κατεisdύει και εμπλουτίζει τα υπόγεια νερά (κοκκώδεις και καρστικοί υδροφόροι ορίζοντες) στην ευρύτερη περιοχή του Αργολικού πεδίου (ΓΙΑΝΝΟΥΛΟΠΟΥΛΟΣ, 2000).

2.2 Γεωμορφολογία

2.2.1 Εισαγωγή

Η ευρύτερη περιοχή του Αργολικού πεδίου έχει αποτελέσει, από την αρχαιότητα έως και σήμερα, πόλο έλξης, τόσο περιηγητών και ιστορικών όσο και φυσικών επιστημόνων. Έτσι, ο περιηγητής και γεωγράφος Παυσανίας και ο γεωγράφος Στράβων κατά την αρχαιότητα, αλλά και σύγχρονοι, όπως ο αρχαιολόγος και ζωγράφος Edward Dodwell, λίγο πριν την επανάσταση του '21, είναι μερικοί από αυτούς που μας δίνουν στοιχεία για τη φυσικογεωγραφική εξέλιξη της ευρύτερης περιοχής του Αργολικού πεδίου. Ο ΤΑΤΑΡΗΣ (1964), χαρτογραφώντας σε κλίμακα 1:5.000 και φωτογραφίζοντας συγχρόνως τις περιοχές αυτές, μας δίνει σημαντικά στοιχεία για την τότε ανάπτυξη των καλλιεργειών στη περιοχή και το ρόλο που έπαιζαν στη διαμόρφωση του τοπίου (Εικ. 2.6). Στη διάρκεια των ετών και με το πέρασμα από τη παραδοσιακή στη συστηματική, εκτατική, μηχανική καλλιέργεια εσπεριδοειδών, δημιουργήθηκε ένα νέο τοπίο. Το νέο αυτό τοπίο, έχει ουσιαστικά «απορροφήσει» το προϋπάρχον, μεταβάλλοντας σημαντικά την κατανομή των χρήσεων γης στο σύνολο της περιοχής του αργολικού πεδίου και των παρυφών αυτού.



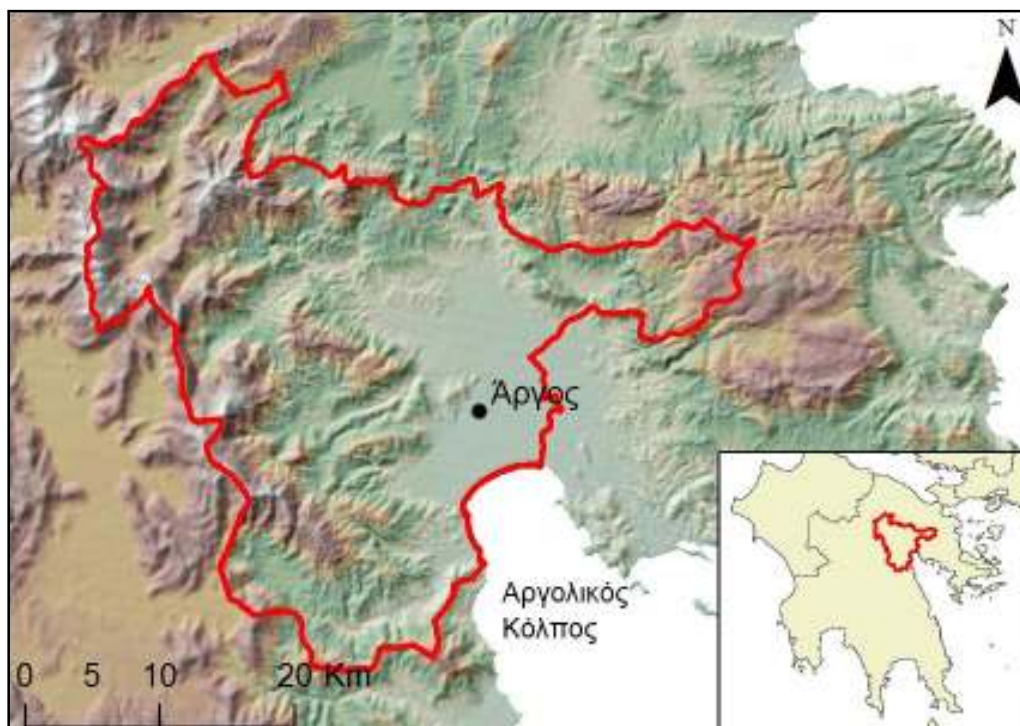
Εικόνα 2.6. Χαρακτηριστική αλλαγή στο τοπίο, οφειλόμενη στην εντατικοποίηση των καλλιεργειών, στα βόρεια της κοιλάδας του Ξεριά – Χάραδρου, στη θέση Αγ. Ανάληψη. Οι φωτογραφίες είναι του 1964 (αριστερά) και του 2016 (δεξιά).

Διάφοροι ξένοι (KELLETTAT et al., 1976; VAN ANDEL et al, 1990; FINKE, 1988; ZANGGER, 1993) αλλά και Έλληνες (ΘΕΟΔΩΡΟΠΟΥΛΟΣ & ZAMANH, 1970; KOUTSOUNELI, 1980; ΓΑΚΗ – ΠΑΠΑΝΑΣΤΑΣΙΟΥ, 1991; ΔΕΡΜΙΤΖΑΚΗΣ & ΚΟΥΛΗ, 1993; ΓΑΚΗ κ.α., 1994; GAKI – PAPANASTASSIOU et al., 2010), γεωλόγοι και γεωαρχαιολόγοι έχουν μελετήσει την περιοχή εστιάζοντας στη γεωμορφολογική της εξέλιξη τόσο στη διάρκεια του γεωλογικού χρόνου όσο και των προϊστορικών και ιστορικών χρόνων.

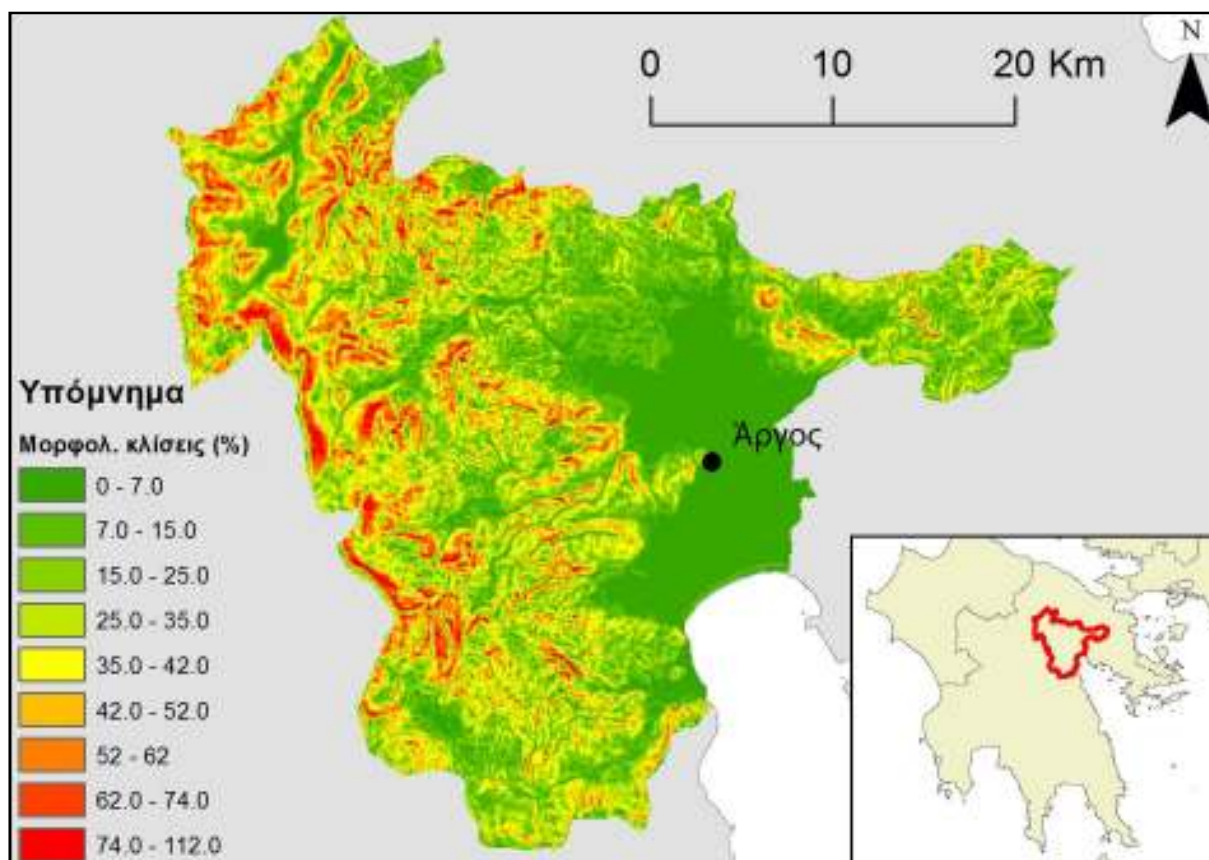
2.2.2 Υδρολογικές λεκάνες

Όπως έχει ήδη αναφερθεί (§2.1), ο Δήμος Άργους – Μυκηνών περιβάλλεται από όρη και λοφοσειρές, που αποτελούν σε γενικές γραμμές τα διοικητικά του όρια, στα δυτικά, βόρεια και ανατολικά, ενώ στα νότια, μέρος του Αργολικού κόλπου, είναι το φυσικό όριο στο οποίο εκτείνεται ο Δήμος Άργους – Μυκηνών (Εικ. 2.2). Έτσι, ξεκινώντας από τα δυτικά συναντάμε τις κορυφογραμμές του Παρθενίου όρους, του Κτενιά, του Αρτεμισίου (ή Μαλεβός), του Λύρκειου και του όρους Τραχύ. Στα βόρεια απαντώνται τα όρη Ολίγυρτος, Φαρμακάς και Μεγαλοβούνι, στα βορειοανατολικά το Τρίκορφο (περιοχή Δερβενακίων) και η Ψηλή Ράχη (βόρεια της Πρόσυμνας) και στα ανατολικά οι ορεινοί όγκοι της Τραπεζώνας και του Αραχναίου (Εικ. 2.2).

Για την ακριβέστερη απεικόνιση της μορφολογίας της ευρύτερης περιοχής του Δήμου κατασκευάστηκε το ψηφιακό μοντέλο αναγλύφου (DEM) σε περιβάλλον GIS (Εικ. 2.2 & Εικ. 2.7) από το οποίο προέκυψε ο χάρτης μορφολογικών κλίσεων για το σύνολο του Δήμου (Εικ. 2.8).



Εικόνα 2.7. Χάρτης ψηφιακού αναγλύφου (DEM) της ευρύτερης περιοχής του Δήμου Άργους – Μυκηνών.



Εικόνα 2.8. Χάρτης μορφολογικών κλίσεων του Δήμου Άργους – Μυκηνών.

Από την ανάλυση των μορφολογικών κλίσεων (Εικ. 2.8) προκύπτει, ότι στο δυτικό τμήμα του Δήμου κυριαρχούν οι υψηλές κλίσεις, οι οποίες εξελίσσονται σε μέσες και μέσες προς υψηλές στο κεντρικό τμήμα του Δήμου, όπου παρατηρούνται και χαμηλότερα υψόμετρα. Στο ανατολικό τμήμα του Δήμου οι κλίσεις καταγράφουν πολύ μικρές τιμές για ένα σημαντικό ποσοστό του Δήμου που αποτελεί το Αργολικό Πεδίο.

Συνεκτιμώντας όλα τα παραπάνω, προκύπτει, πως στο δυτικό τμήμα του Δήμου αναπτύσσονται ορεινοί όγκοι με σημαντικό υψόμετρο, υψηλά ποσά κατακρημνισμάτων και πυκνό υδρογραφικό δίκτυο. Το τμήμα αυτό κυριαρχείται από μεγάλες μορφολογικές κλίσεις και έντονη διάβρωση. Αντίθετα το ανατολικό τμήμα κυριαρχείται από το Αργολικό πεδίο με τις μικρές μορφολογικές κλίσεις στο οποίο είναι εγκατεστημένες οι περισσότερες δραστηριότητες. Ανατολικότερα των ορίων του Δήμου παρουσιάζονται ορεινοί όγκοι, επίσης με σημαντικό υψόμετρο, μεγάλες μορφολογικές κλίσεις και διάβρωση αλλά σαφώς λιγότερα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα.

Οι βασικότερες υδρολογικές λεκάνες στην ευρύτερη περιοχή του Δήμου Άργους – Μυκηνών είναι οι ακόλουθες με αύξουσα σειρά με βάση την έκταση (**Εικ. 2.9**):

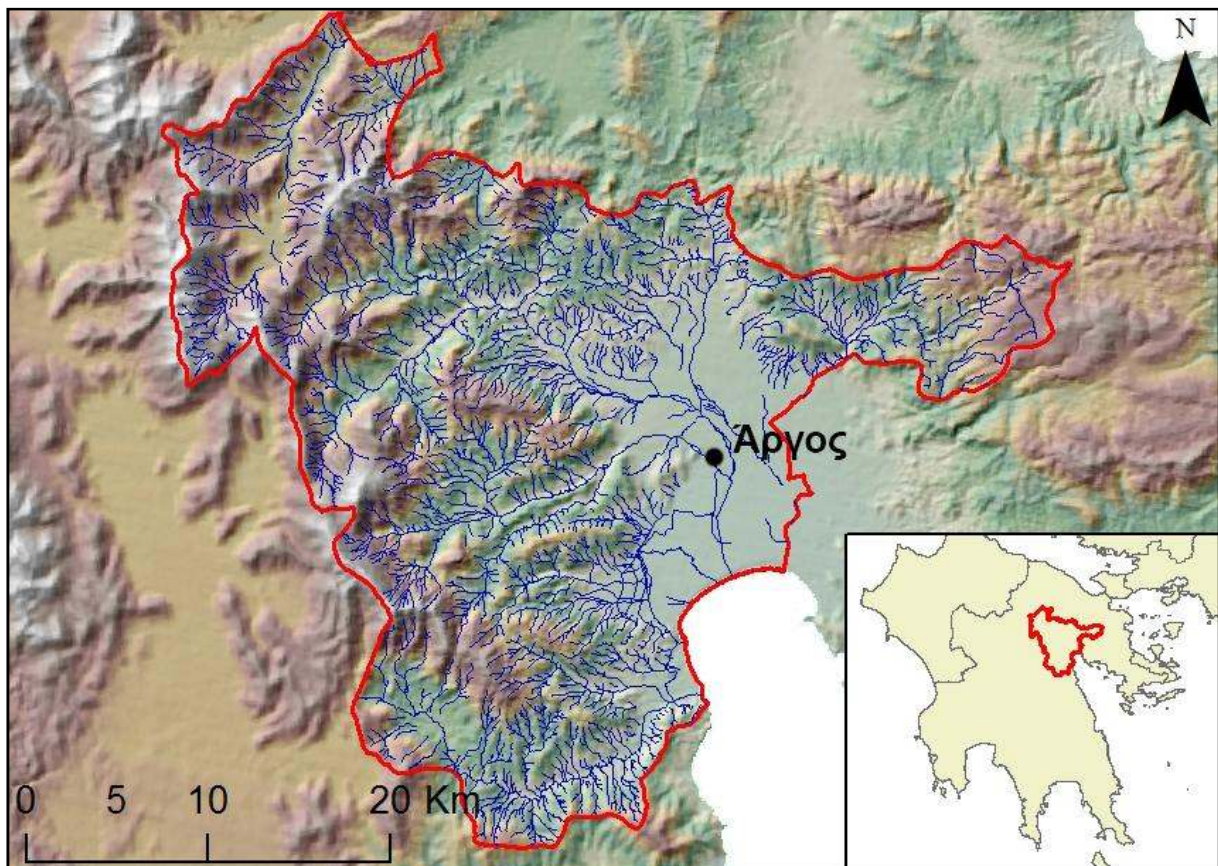
- του Ινάχου με έκταση 345,9 km²,
- του Ξοβριού με έκταση 172,1 km²,
- του Ξεριά με έκταση 127,1 km²,
- η κλειστή υδρολογική λεκάνη Αλέας – Σκοτεινής έκτασης 115,7 km².
- του Μπερμπαδιώτη (Κλεισούρας) με έκταση 96,5 km²,
- του Δερβενακιώτη με έκταση 83,4 km² και
- η ευρύτερη υδρολογική λεκάνη του Ερασίνου και του Κιρίμι έκτασης.



Εικόνα 2.9 Κύριες υδρολογικές λεκάνες της περιοχής έρευνας και η έκτασή τους σε συνδυασμό με τους κύριους κλάδους, τα ονόματα των αντίστοιχων ποταμών.

2.2.3 Υδρογραφικό δίκτυο

Το υδρογραφικό δίκτυο της ευρύτερης περιοχής είναι δενδριτικής μορφής (**Εικ. 2.10**) και είναι στο σύνολο του παροδικής ροής με μικρές ποσότητες ή και καθόλου απορροή για το μεγαλύτερο μέρος του υδρολογικού έτους. Εξάιρεση αποτελεί, στα νότια του Αργολικού πεδίου, ο Ερασίνο, ο οποίος τροφοδοτείται από την πηγή του Κεφαλαρίου (**Εικ. 2.9**).



Εικόνα 2.10. Χάρτης υδρογραφικού δικτύου εντός των διοικητικών ορίων του Δήμου Άργους – Μυκηνών.

Με βάση την ταξινόμηση των υδρογραφικών δικτύων κατά STRAHLER προκύπτει, ότι ο Ίναχος καταγράφει την υψηλότερη τάξη στην περιοχή (6^η) και ακολουθούν στην 5^η τάξη οι Ξεριάς, Δερβενακιώτης και Μπερμπαδιώτης.

Στην περίπτωση των χειμάρρων του ανατολικού περιθωρίου του Αργολικού πεδίου, όπως ο Μπερμπαδιώτης, δεν υπάρχει διαμορφωμένη κοίτη προς τη θάλασσα με συνέπεια, να εκφυλίζονται μορφολογικά και τα ύδατα να κατεισδύουν στις αδρομερείς αποθέσεις των ανατολικών παρυφών του πεδίου.

Σε ότι αφορά στον Ίναχο πηγάζει από τις υπώρειες του Λυρκείου και Αρτεμισίου, κοντά στο χωριό Καπαρέλι. Δεν έχει νερό όλο το χρόνο και ιδιαίτερα από Ιούνιο – Οκτώβριο ξεραίνεται. Η λεκάνη απορροής του ορίζεται από τα όρη Κτενιάς – Αρτεμίσιο – Λύρκιο – Φαρμακάς – Μεγαβούνι – Χάον και έχει έκταση 345,9 km², ενώ μαζί με το κατάντη του σημείου συμβολής του Ξεριά (Χάραδρος) μέχρι τη θάλασσα, η όλη λεκάνη ανέρχεται σε 473,0 km², με φαινόμενα ρύπανσης κατά τόπους κατά μήκος του υδρογραφικού δικτύου.

Ο Ξεριάς πηγάζει από τις υπώρειες του Αρτεμισίου και του Κτενιά και διαρρέεται από λιγοστό νερό σε ορισμένα διαστήματα του έτους (κατά τους χειμερινούς μήνες) και ανάλογα με την ποσότητα των βροχοπτώσεων, ενώ συμβάλλει με τον Ίναχο νοτιοανατολικά του Άργους. Η λεκάνη απορροής του Ξεριά ορίζεται από το Αρτεμίσιο, το Μπαχριάμι και το Χάον.

2.2.4 Γεωμορφολογικές παρατηρήσεις ανά λεκάνη απορροής

Οι επιμέρους υδρολογικές λεκάνες που περιλαμβάνονται στα διοικητικά όρια του Δήμου, μπορούν να διαχωριστούν σε δυο βασικές κατηγορίες, σε κλειστές και σε ανοικτές υδρολογικά. Η κλειστή υδρολογική λεκάνη της Αλέας – Σκοτεινής, η οποία βρίσκεται στο βορειοδυτικό άκρο του Δήμου έχει

πτωχά ανεπτυγμένο υδρογραφικό δίκτυο με κλάδους κυρίως 1^{ης} και 2^{ης} τάξης. Το σύνολο των κατακρημνισμάτων «απορρέουν», μέσω τριών κυρίως καταβοθρών (MORFIS & ZOJER, 1986), υπόγεια προς τις πηγές του Κεφαλαρίου (Εικ. 2.11). Κατά τη χειμερινή περίοδο και έπειτα από έντονες βροχοπτώσεις παρατηρείται συγκέντρωση επιφανειακών νερών, που πολλές φορές διαρκεί έως τους πρώτους μήνες της άνοιξης, δυσχεραίνοντας την καλλιέργεια της γης.



Εικόνα 2.11. Η περιοχή της κλειστής λεκάνης Αλέας – Σκοτεινής (αριστερά), όπως φαίνεται από τη διαδρομή Κεφαλόβρυσο – Φρουσιούνα (όψη προς τα βορειοανατολικά). Ο κώνος κορημάτων (κόκκινη διαγράμμιση), κατάντη του οικισμού Άγιος Νικόλαος που διαχωρίζει την κλειστή λεκάνη Αλέας – Φρουσιούνας – Εξοχής από αυτή της Σκοτεινής.

Οι υπόλοιπες, ανοικτές υδρολογικά λεκάνες, απορρέουν στον Αργολικό κόλπο, μέσω ενός αρκετά ανεπτυγμένου υδρογραφικού δικτύου. Επιπλέον, στο πεδινό τμήμα και ιδιαίτερα στην περιοχή του Αλμυρού και του Τημενίου, αναπτύσσεται εκτεταμένο δίκτυο τεχνητών αποστραγγιστικών τάφρων, που συγκεντρώνουν και οδηγούν προς τη θάλασσα ποσότητες νερού, οι οποίες δεν απορρέουν μέσω του υδρογραφικού δικτύου. Αντίστοιχες τάφροι αποστραγγίζουν τα επιφανειακά ύδατα στην περιοχή νότια των ΤΚ Δαλαμανάρας, Πυργέλας και Λάλουκα.

Οι παραπάνω υδρολογικές λεκάνες μπορούν γεωμορφολογικά να διαχωριστούν σε τέσσερις βασικές γεωμορφολογικές ενότητες (ΓΑΚΗ – ΠΑΠΑΝΑΣΤΑΣΙΟΥ, 1991). Η πρώτη περιλαμβάνει κυρίως το πεδινό τμήμα του αργολικού πεδίου αποτελούμενο από λεπτομερείς αλλουβιακές αποθέσεις, που δίνουν την αίσθηση περιοχών με σχεδόν μηδενική κλίση. Η δεύτερη αποτελείται από τα αλλουβιακά ριπιδία με ποικιλομορφία λιθολογιών και διαφορεική συνεκτικότητα, σε υψόμετρα που φθάνουν έως και τα παλιά αλλουβιακά ριπιδία των Ινάχου και του Ξεριά, εκτεινόμενα έως και την ισοϋψή των εκατό (100) μέτρων. Η τρίτη κατηγορία περιλαμβάνει τα εσωτερικά τμήματα των υδρολογικών λεκανών εκτεινόμενα από το υψόμετρο των διακοσίων (200) και εξακοσίων (600) μέτρων. Τέλος, η τέταρτη κατηγορία περιλαμβάνει το τμήμα από τα εξακόσια (600) μέτρα και πάνω, που είναι και το κυρίως ορεινό τμήμα της περιοχής.

Το σύνολο των γεωμορφών που απαντώνται στα διοικητικά όρια του Δήμου (ΓΑΚΗ – ΠΑΠΑΝΑΣΤΑΣΙΟΥ, 1991), μπορεί να διαχωριστεί σε επιμέρους ομάδες. Έτσι, διακρίνουμε κοιλάδες με οξύληκτο πυθμένα, που σχηματίζει σε μια εγκάρσια τομή το χαρακτηριστικό σχήμα «V» και κοιλάδες με πυθμένα αποστρογγυλωμένο, που σχηματίζει το σχήμα «U».

Επίσης, χαρακτηριστικές γεωμορφές είναι τα φαράγγια, που προκύπτουν από έντονη κατά βάθος διάβρωση ακόμη και συμπαγών σχηματισμών, όπως ο ασβεστόλιθος, αλλά και οι επιγενετικές και οι ξηρές, καρστικές κοιλάδες.

Οι επιφάνειες επιπέδωσης που αναπτύσσονται επάνω σε ανθρακικά πετρώματα, ασβεστόλιθους, και οφείλουν τη γένεση τους σε έναν πιο παλιό κύκλο διάβρωσης. Οι χαρακτηριστικές γεωμορφές των κλιτύων, με διάκριση σε κυρτές, κοίλες ή/και εντελώς ομαλοποιημένες, ελεγχόμενες τόσο από τη διάβρωση όσο και από τη τεκτονική. Οι κώνοι κορημάτων, που είναι κατά θέσεις αρκετά

συνεκτικοί και στην επιφάνεια τους απαντάται μια συμπαγής ασβεστολιθική κρούστα, αλλά και τα αλλουβιακά ριπίδια, με χαρακτηριστικότερο αυτό του Ξεριά στην εκβολή του από το χωριό Χούνη προς την περιοχή της Άκοβας και του αεροδρομίου.

Επίσης χαρακτηριστική γεωμορφή, που απαντάται συχνά στην περιοχή, είναι οι καρστικές, διαλυσιγενείς μορφές, σε ανθρακικά πετρώματα, με χαρακτηριστική μορφή τις δολίνες και τα σπήλαια. Ακόμη, χαρακτηριστική είναι και η διαφοροποίηση που παρατηρείται στον παράκτιο χώρο, με ακτές απότομες και βραχώδεις, ακτές με κροκάλες, αλλά και ακτές με άμμο. Η παρουσία διαφορετικών μορφών ακτών, οφείλεται τόσο στη παρουσία διαφορετικού μητρικού πετρώματος (ανθρακικοί σχηματισμοί, αλλούβια, κλπ.), όσο και στην έντονη κυματική δράση που ευνοεί τη διαφορική στρεομεταφορά κατά μήκος της παραλιακής ζώνης. Χαρακτηριστική είναι η περίπτωση της παραλίας Τημενίου και της παραλίας του Αγίου Παντελεήμονα, στα δυτικά και ανατολικά αντίστοιχα, της εκβολής του Ινάχου στη θάλασσα. Αν και ο γεωλογικός σχηματισμός και στις δυο περιπτώσεις είναι ο ίδιος, σχετικά σύγχρονες αλλουβιακές αποθέσεις, αποτελούμενες από ασύνδετα υλικά προσχώσεων κλπ., παρά ταύτα, η παραλία του Τημενίου είναι χαρακτηριστική για την παρουσία πεπλατυσμένων ασβεστολιθικών κροκαλών, ενώ αντίθετα η παραλία του Αγίου Παντελεήμονα χαρακτηριστική για την εκτεταμένη αμμουδιά της. Επιπρόσθετα, και σύμφωνα με πρόσφατες δημοσιεύσεις (GAKI – PAPANASTASSIOU et al., 2010), το παραλιακό μέτωπο στην περιοχή από το Κιβέρι έως και τον Άγιο Παντελεήμονα στη Νέα Κίο, εμφανίζει αυξημένη τρωτότητα στη διάβρωση ακτών, σε παράγοντες, όπως ο γεωλογικός σχηματισμός από τον οποίο αποτελείται, όσο και από την κυματική δράση.

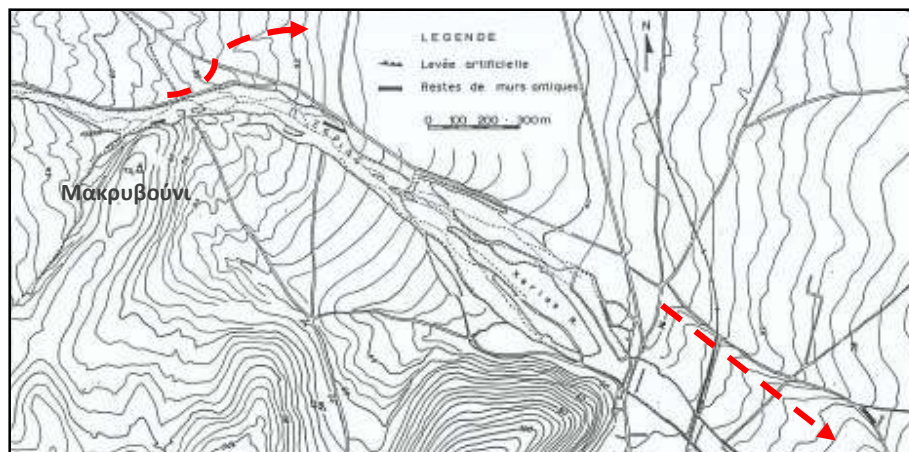
Τέλος, δε θα πρέπει να αγνοούνται δυο ακόμη παράγοντες που διαμόρφωσαν σημαντικά και διαμορφώνουν ακόμη και σήμερα την εικόνα του τοπίου στην ευρύτερη περιοχή. Ο ένας παράγοντας είναι η τεκτονική δράση μεγάλων ρηξιγενών δομών, ενώ ο άλλος η συστηματική παρουσία του ανθρώπου και οι παρεμβάσεις που αυτός έχει επιφέρει στο τοπίο.

Η διάταξη και μόνο των Άνω Πλειοκαινικών έως και Ολοκαινικών αποθέσεων μας δίνει μια εικόνα για τη κύρια διεύθυνση των ρηξιγενών δομών στη περιοχή. Αυτή δε μπορεί παρά να είναι η διεύθυνση βορειοδυτικά – νοτιοανατολικά, με μικρές αποκλίσεις προς τα δυτικά και τα ανατολικά αντίστοιχα. Οι δομές αυτές αν και δεν εμφανίζονται με χαρακτηριστικά ρήγματα στη χέρσο, αποτυπώθηκαν με μεγάλη λεπτομέρεια σε όλη την έκταση του αργολικού κόλπου (PAPANIKOLAOU et al., 1988; PAPANIKOLAOU et al., 1994). Το πλέον χαρακτηριστικό αυτών των μελετών είναι η παρουσία ρηξιγενών δομών με διεύθυνση ανατολή – δύση που ταυτίζεται πλήρως με την διεύθυνση ανάπτυξης του παραλιακού μετώπου από τους Μύλους έως και ανατολικότερα από τα όρια του Δήμου Ναυπλιέων.

Σχετικά με τις ανθρωπογενείς παρεμβάσεις, αυτές διακρίνονται χρονικά σε παρεμβάσεις κατά την αρχαιότητα και σε παρεμβάσεις στη σύγχρονη εποχή. Χαρακτηριστικότερο παράδειγμα παρέμβασης είναι η κατασκευή του Μυκηναϊκού φράγματος εκτροπής, στη περιοχή του Μεγάλου ρέματος, βόρεια του σημερινού οικισμού Αγίου Ανδριανού του Δήμου Ναυπλιέων. Αντίστοιχο φράγμα που χρονολογείται περίπου στον 5^ο – 4^ο πΧ αιώνα εντός του βόρειου (αριστερού) τμήματος της κοίτης του Ξεριά, στη θέση Μακρυβούνι, στη περιοχή του σημερινού υποσταθμού της ΔΕΗ στα βόρεια της πόλης του Άργους (ZAMANI et al., 1991) (Εικ. 2.12).

Επίσης σημαντική είναι και η κατασκευή έργων υδροδότησης της πόλης του Άργους, με σημαντικότερη παρέμβαση αυτή του αυτοκράτορα Αδριανού στα Ρωμαϊκά χρόνια. Κατάλοιπα του Αδριανείου, όπως ονομάζεται υδραγωγείου σώζονται σε όλη τη περιοχή του Δήμου, με χαρακτηριστικότερο το τμήμα γέφυρας, στην εκβολή του Ξεριά στη θέση Λιβαδιτέικα, μεταξύ Άκοβας και Χούνης (Εικ. 2.13).

Στη σύγχρονη εποχή, η πιο εντυπωσιακή ανθρωπογενής παρέμβαση είναι αυτή που προκλήθηκε, όπως αναφέρθηκε, μετά την εντατικοποίηση και εκμηχάνιση των καλλιεργειών. Περιοχές που πριν τη δεκαετία του '60 ήταν άνυδρες, πλαγιές με γεωλογικό υπόβαθρο από συνεκτικά και μη κορήματα, καλλιεργήθηκαν και φυτεύτηκαν με εσπεριδοειδή και οπωροφόρα, που λειτουργούν πλέον ως ενδείξεις για τη γεωλογική χαρτογράφηση και τη διάκριση μεταξύ αλπικών και μεταλπικών σχηματισμών (Εικ. 2.6).



Εικόνα 2.12. Με μαύρο συμπαγές πολύγωνο απεικονίζονται τα υπολείμματα, του φράγματος στη κοίτη του Ξεριά (ZAMANI et al., 1991). Με κόκκινο βέλος σημειώνονται οι πιθανές διαδρομές στις οποίες βρισκόταν η κοίτη της εποχής εκείνης.



Εικόνα 2.12. Τμήμα από τις κολώνες του Αδριάνειου υδραγωγείου. Στη βάση διακρίνεται σωρός από κλαδιά δένδρων, που μεταφέρθηκαν από τα ανάντη τμήματα της λεκάνης του Ξεριά, κατά τη διάρκεια του πλημμυρικού φαινομένου το Δεκέμβριο του 2012.

2.2.4.1 Λεκάνη ποταμού/χειμάρρου Ινάχου ή Πάνιτσα

Ο ποταμός/χειμάρρος Ίναχος ή Πάνιτσα, έχει τη μεγαλύτερη υδρολογική λεκάνη στην περιοχή, φθάνοντας τα 345,9 km². Η υδρολογική λεκάνη του μπορεί να διαχωριστεί σε πέντε επιμέρους τμήματα στα οποία περιλαμβάνονται:

- Ο βόρειος κλάδος που διαρρέεται από το Δουκιώτικο ρέμα.
- Το δυτικότερο τμήμα του νότιου κλάδου που περιλαμβάνει και τη λεκάνη του Καπαρελίου.
- Η λεκάνη της Λυρκείας, στο τμήμα κάτω από τη συμβολή με το Καρυώτικο ρέμα.

- Η περιοχή της Στέρνας και η συμβολή με το Δουκιώτικο ρέμα.
- Η περιοχή από το Σχινοχώρι προς τα κατάντη, μέχρι την έξοδο προς τα θάλασσα.

Βόρειος κλάδος που διαρρέεται από το Δουκιώτικο ρέμα

Η περιοχή του βόρειου κλάδου, διαρρέεται από το τμήμα εκείνο του ποταμού, που ονομάζεται Δουκιώτικο ρέμα. Ξεκινά από τη πηγή Κεφαλόβρυσο, στον ομώνυμο οικισμό και αφού διασχίσει νότια τον οικισμό Δούκα Βρύση, εισέρχεται σε ένα τμήμα με έντονη κατά βάθος διάβρωση, μέσα σε ανθρακικούς σχηματισμούς της ενότητας Τρίπολης. Τέλος, διαβρώνοντας Πλειο – Πλειστοκαινικά ιζήματα, συμβάλλει με τον νότιο, κύριο κλάδο του Ινάχου στη περιοχή νοτίως του σημερινού κόμβου της Στέρνας (**Εικ. 2.14 & Εικ. 2.15**). Χαρακτηριστική είναι η μεγάλη μορφολογική κλίση στα ανάντη τμήματά του και το εκτεταμένο αλλουβιακό ριπίδιο που δημιουργεί.



Εικόνα 2.14. Άποψη του Δουκιώτικου ρέματος από τα ανάντη του οικισμού Κεφαλόβρυσο, με όψη προς τα ανατολικά (αριστερά). Το σημείο ανάβλυσης της πηγής Κεφαλοβρύσου, Ιούνιος '16 (δεξιά).



Εικόνα 2.15. Η έξοδος του Δουκιώτικου ρέματος στην περιοχή του κόμβου της Στέρνας. Δεξιά και αριστερά, τα τμήματα των Πλειο – Πλειστοκαινικών σχηματισμών, με έντονη κατά βάθος διάβρωση.

Δυτικότερο τμήμα του νότιου κλάδου που περιλαμβάνει και τη λεκάνη του Καπαρελίου

Το τμήμα αυτό του Ινάχου, καθώς και το ανατολικότερο της λεκάνης της Λυρκείας φαίνεται με βάση τα γεωμορφολογικά τους χαρακτηριστικά να είχαν διαμορφωθεί ήδη από την περίοδο του Κάτω Πλειστοκαινού. Τότε το επίπεδο βάσης της κοίτης του Ινάχου ήταν τα κροκαλοπαγή που συναντούμε στην έξοδο του ποταμού στον οδικό κόμβο της Στέρνας. Η αρχική ροή του ποταμού πρέπει να ήταν σε μεγαλύτερα υψόμετρα, πράγμα που μαρτυρούν επιφάνειες επιπέδωσης σε ανθρακικά πετρώματα, στα τριακόσια μέτρα υψόμετρο αλλά και χαρακτηριστική αναβαθμίδα απόθεσης κατά μήκος του Καρυώτικου ρέματος (**Εικ. 2.16 & Εικ. 2.17**).

Όπως αναφέρει η ΓΑΚΗ – ΠΑΠΑΝΑΣΤΑΣΙΟΥ (1991), το πέρασμα από τη λεκάνη του Καπαρελίου προς τη λεκάνη των Λυρκείων έγινε με «επιγένεση». Άλλαξε το βασικό επίπεδο, είτε λόγω αλλαγής στάθμης της θάλασσας, είτε λόγω ανοδικών τεκτονικών κινήσεων.



Εικόνα 2.16. Άποψη της κοιλάδας του Καρυώτικου ρέματος από τον υδροκρίτη της λεκάνης του Ινάχου, με όψη προς τα βόρεια. Διακρίνεται στο βάθος η κορυφή Μελιδόνη του Λύρκειου όρους.



Εικόνα 2.17. Άποψη της κοίτης του Ινάχου κατάντη της συμβολής με το Καρυώτικο ρέμα και όψη προς τα δυτικά (αριστερά). Οι αποθέσεις του Καρυώτικου ρέματος (στικτή κόκκινη γραμμή) στη θέση Άγιοι Θεόδωροι και όψη προς τα νότια (δεξιά).

Λεκάνη Λυρκείας στο τμήμα κάτω από τη συμβολή με το Καρυώτικο ρέμα

Η λεκάνη της Λυρκείας βρίσκεται κατάντη της λεκάνης του Καπαρελίου και ουσιαστικά ρέει στα νότια του ομώνυμου οικισμού με κατεύθυνση προς τα ανατολικά. Σε όλο της το μήκος δεν παρατηρείται αναβαθμίδα του ποταμού Ινάχου και σε περιόδους ραγδαιότητας βροχοπτώσεων συχνά παρατηρούνται πλημμυρικά φαινόμενα (ΓΑΚΗ – ΠΑΠΑΝΑΣΤΑΣΙΟΥ κ.α, 1994) μιας και η κοίτη έχει βάθος από δύο έως και τρία μέτρα (Εικ. 2.18).

Στην έξοδο του στη περιοχή του Αγίου Νικολάου σχηματίζει κοιλάδα με σχεδόν κατακόρυφα πρανή και διαβρώνει πλέον κατά βάθος τα ανθρακικά πετρώματα της ενότητας Πίνδου. Κώνοι κορημάτων στη νότια πλευρά της λεκάνης των Λυρκείων, ενώνονται μεταξύ τους και σχηματίζουν τη χαρακτηριστική γεωμορφή Bahadas (Εικ. 2.19).

Περιοχή Στέρνας και συμβολή με το Δουκιώτικο ρέμα

Ο νότιος, κύριος κλάδος του Ινάχου, συμβάλλει δυτικά από τον οικισμό Στέρνα, με το Δουκιώτικο ρέμα και συνεχίζει να ρέει προς τα ανατολικά, νοτιοανατολικά στη περιοχή του Σχινοχωρίου. Μετά την έξοδό του από το στενό του Αγίου Νικολάου, εμφανίζεται να διαβρώνει κατά βάθος

αναβαθμίδα με ύψος περίπου πέντε μέτρα. Στα κατάντη σχηματίζονται κατά θέσεις υπολειμματικές μαιανδρικές μορφές, αυξάνεται η κατά βάθος διάβρωση και σε μερικές θέσεις σχηματίζεται εσωτερική αναβαθμίδα που κυμαίνεται σε ύψη μεταξύ ενός και δύο μέτρων.



Εικόνα 2.18. Άποψη της κοίτης του Ινάχου ανάντη της θέσης Άγιος Νικόλαος, πριν τη συμβολή με το Δουκιώτικο ρέμα. Το βάθος της κοίτης δε ξεπερνά τα δύο μέτρα, ενώ διακρίνονται οι εναλλαγές αδρομερών λεπτομερών ιζημάτων, από παλαιότερες πλημμυρικές απορροές.



Εικόνα 2.19. Άποψη του οικισμού της Λυρκείας και της θέσης Αγ. Νικόλαος με τη χαρακτηριστική ταπεινώση του αναγλύφου, κοιτώντας προ τα κατάντη (αριστερά). Οι ενωμένοι κώνοι κορημάτων στη νότια πλαγιά της λεκάνης της Λυρκείας (δεξιά).

Περιοχή από το Σχινοχώρι προς τα κατάντη, μέχρι την έξοδο προς τη θάλασσα

Από τη περιοχή του Σχινοχωρίου έως και τον κόμβο του Κουτσοποδίου, ο Ίναχος αποκτά μικρή κλίση, η κοίτη είναι κατά θέσεις διακλαδιζόμενη και εμφανίζονται τμήματα ανενεργής κοίτης προς τα κατάντη (Εικ. 2.20).



Εικόνα 2.20. Άποψη της κοιλάδας του Ινάχου από τον οικισμό Χαντάκια, νότια του Σχινοχωρίου (αριστερά). Η γέφυρα του Ινάχου, στη διασταύρωση προς Σχινοχώρι, με εμφανή σημεία διάθρωσης της κοίτης και υποσκαφή του τοίχου αντιστήριξης, από τη πλημμύρα του 2013 (δεξιά).

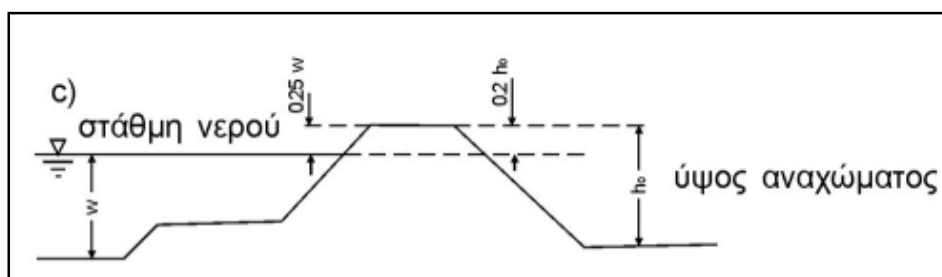
Σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωση της κοίτης σε αυτή τη περιοχή, πρέπει να έχει παίξει η χρονική περίοδος δημιουργίας του μεγάλου αλλουβιακού ριπιδίου του Ξεριά που φαίνεται να έχει «σπρώξει» τη κοίτη του Ινάχου προς τα ανατολικά (Εικ. 2.21).



Εικόνα 2.21. Άποψη της πεδιάδας του Άργους με όψη προς τα δυτικά, από τον αρχαιολογικό χώρο του Ηραίου. Διακρίνεται το ίχνος της κοίτης του Ινάχου (διακεκομμένη μαύρη γραμμή) και η έκταση που καταλαμβάνει το αλλουβιακό ριπίδιο του Ξεριά (κόκκινα βέλη).

Το τμήμα της ανενεργής κοίτης του Ινάχου παρατηρείται ανατολικά του Κουτσοποδίου και διέρχεται δυτικά των οικισμών Τρίστρατο και Ίναχος. Αν και φαίνεται να είναι ανενεργή κοίτη, εντούτοις με μια προσεκτικότερη παρατήρηση της περιοχής ο υπολειμματικός αυτός κλάδος, συνεχίζει και ρέει στο Αργολικό πεδίο πλησίον του οικισμού Ήρα, ενώ συνεχίζει προς τα κατάντη μέσω τεχνικών έργων αλλά και τμημάτων με φυσική κοίτη. Στη διαδρομή έως τη θάλασσα διέρχεται των οικισμών Κουρτάκι και Λάλουκας, ενώ ενώνεται με τμήμα κλάδου από τον οικισμό του Δήμου Ναυπλιέων, Αργολικό.

Το τμήμα του ποταμού από τη γέφυρα του Κουτσοποδίου έως και την έξοδο του στη θάλασσα, έχει διαμορφωθεί με μια σειρά από τεχνικές παρεμβάσεις που έχουν τροποποιήσει σημαντικά τη μορφή της αρχικής κοίτης. Βασική παρέμβαση αποτελεί η εκβάθυνση (Εικ. 2.22), σε συνδυασμό μιας ή και δύο σειρών αναχωμάτων με αποτέλεσμα να αυξάνεται η επιφάνεια της διατομής και να προφυλάσσεται, στο μέτρο του δυνατού, από πλημμυρικές απορροές του Ινάχου.



Εικόνα 2.22. Σχηματική απεικόνιση της εγκάρσιας διατομής σε μια πλευρά του αναχώματος του Ινάχου ποταμού, όπως έχει διαμορφωθεί μετά από τεχνικές παρεμβάσεις διευθέτησης και εκβάθυνση τη κοίτης του (σχήμα από ΧΡΥΣΑΝΘΟΥ, 2015).

Επίσης σε συγκεκριμένες θέσεις έχουν κατασκευαστεί τεχνικά έργα αποτελούμενα από αναβαθμούς με υπερχειλιστή εξόδου και λεκάνη ηρεμίας (Εικ. 2.23). Το σύνολο των έργων που έχουν κατασκευαστεί στον Ίναχο φθάνει έως και της εξόδου του στη θάλασσα, όπου πλέον αυξάνεται σημαντικά και το εμβαδό της διατομής αλλά συγχρόνως μειώνεται ή και μηδενίζεται η κλίση της. Το τμήμα του Ινάχου μετά την ένωσή του με τον Ξεριά, στη θέση Διπόταμα, είναι διαμορφωμένο

σχεδόν σε ευθεία γραμμή. Το τμήμα παράλληλα στον οικισμό της Νέας Κίου είναι κατά τους χειμερινούς μήνες κατακλυσμένο με νερό, προερχόμενο από τη βαλτώδη περιοχή περιμετρικά της κοίτης.



Εικόνα 2.22. Τεχνικό έργο (αναβαθμός με υπερχειλιστή) εντός της κοίτης του Ινάχου σε θέση κατάντη της γέφυρας της επαρχιακής οδού Άργος – Ινάχου.

2.2.4.2 Λεκάνη ποταμού/χειμάρρου Ξεριά ή Χάραδρου

Ο Ξεριάς ή Χάραδρος, είναι ο κύριος «παραπόταμος» Ινάχου. Είναι καθαρά περιοδικής ροής, δίνοντας πλημμυρικά φαινόμενα στην κατάντη περιοχή πλησίον της πόλης του Άργους. Λόγω αυτού του χαρακτηριστικού του απέκτησε και το προσωνύμιο Χάραδρος αλλά και από το γεγονός, ότι διασχίζει μια στενή κοιλάδα πριν την έξοδό του στο Αργολικό πεδίο (Εικ. 2.21). Έτσι είναι πιο σύνηθες να μιλάμε για τον χείμαρρο Ξεριά παρά για τον ποταμό, μιας και το υδατικό δυναμικό των πηγών στην υδρολογική του λεκάνη δεν επαρκεί ποτέ για να έχει μόνιμη ροή.

Από μορφολογικής άποψης ο Ξεριάς μπορεί να χωριστεί σε τρία διαφορετικά τμήματα (ΓΑΚΗ – ΠΑΠΑΝΑΣΤΑΣΙΟΥ, 1991):

- Την ορεινή λεκάνη απορροής και την ενδοορεινή πεδιάδα.
- Την περιοχή που διασχίζει την ρηξιγενή κοιλάδα.
- Την περιοχή που εξέρχεται στην αργολική πεδιάδα.

Ορεινή λεκάνη απορροής και ενδοορεινή πεδιάδα

Το τμήμα της ορεινής λεκάνης απορροής καθώς και η ενδοορεινή πεδιάδα που σχηματίζεται πέριξ των οικισμών Μερκούρι, Φρέγκαينا στα δυτικά και Γαλάτι και Αग्रιλίτσα στα ανατολικά, έχει ιδιαίτερα γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά που είναι συνδυασμός τεκτονικών, λιθολογικών και κλιματικών παραγόντων.

Τα ανώτερα ορεινά και με απότομες κλίσεις πρηνή της λεκάνης στη περιοχή της κορυφογραμμής του Κτενιά (Εικ. 2.24), αποτελούνται από εναλλαγές ασβεστολίθων και ραδιολαριτών της ενότητας Πίνδου, φλύσχη και ασβεστολίθους της ενότητας Τρίπολης στα κατάντη, καθώς και φυλλιτικό υπόβαθρο της ενότητας Φυλλιτών – Χαλαζιτών στην περιοχή του Μερκουρίου (Εικ. 2.24), της Αρίας (Μάζι) και της Φρέγκαϊνας.

Το επίπεδο τμήμα της λεκάνης αυτής αποτελείται από Πλειστοκαινικές αποθέσεις, οι οποίες βρίσκονται σε καθεστώς διάβρωσης και κατά θέσεις αποκαλύπτεται το αλπικό υπόβαθρο της περιοχής (Εικ. 2.25). Το πάχος των Πλειοπλειστοκαινικών αποθέσεων ποικίλλει από μερικά μέτρα έως και δεκαπέντε – είκοσι μέτρα στη περιοχή κατάντη του Μερκουρίου και της Φρέγκαϊνας, με χαρακτηριστικές επάλληλες φάσεις αποθέσεων αδρομερών και λεπτομερών υλικών.

Περιοχή που διασχίζει την ρηξιγενή κοιλάδα

Η περιοχή κατάντη από τον οικισμό Σπαναίικα έως και τον οικισμό Λιβαδιταίικα, περιλαμβάνει τη ρηξιγενή κοιλάδα μέσα στην οποία ρέει, στο βαθύτερο τμήμα της, ο Ξεριάς. Η δημιουργία και εξέλιξη αυτής της κοιλάδας ελέγχεται από ρηξιγενή ζώνη με διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ (ΓΑΚΗ – ΠΑΠΑΝΑΣΤΑΣΙΟΥ, 1991). Οι επιφάνειες επιπέδωσης στο βόρειο τμήμα της κοιλάδας βρίσκονται στα (600-700)m, ενώ στο νότιο τμήμα στα (300-400)m.



Εικόνα 2.24. Η κοιλάδα του κύριου κλάδου του υδρογραφικού δικτύου (Μερκούρι ρ.) που κατέρχεται από την ορεινή περιοχή της λεκάνης του Ξεριά, οικισμός Τουρνίκι (αριστερά). Η λοφώδης καλλιεργήσιμη περιοχή νότια του Μερκουρίου, αποτελούμενη από το μεταμορφωμένο υπόβαθρο της ενότητας Φυλλιτών – Χαλαζιτών.



Εικόνα 2.25. Το αλπικό υπόβαθρο της ενότητας Πίνδου, κάτω από τις Πλειστοκαινικές αποθέσεις (αριστερά), με έντονη κατά βάθος διάθρωση (δεξιά), κατάντη και ανάντη αντίστοιχα, της γέφυρας της επαρχιακής οδού που συνδέει τη Χούνη με το Μερκούρι.

Το χαρακτηριστικό της περιοχής είναι ότι η αρχική κοιλάδα έχει σχήμα «U» με ασβεστολίθους στα υψηλότερα τμήματα και Πλειοπλειστοκαινικές αποθέσεις στα βαθύτερα τμήματα. Η κοίτη του Ξεριά σε αυτή τη περιοχή, έχει πολύ απότομα, σχεδόν κατακόρυφα, πρανή σχηματίζοντας μια ανώτερη αναβαθμίδα πάχους περίπου είκοσι μέτρων και μια ιστορική, εσωτερική, η οποία όπου απαντάται ανέρχεται έως και τα τρία μέτρα περίπου και αποτελεί τη λεγόμενη ενεργή αναβαθμίδα ή αναβαθμίδα διάθρωσης (Εικ. 2.26).

Στα ανάντη της αναβαθμίδας των 20m παρατηρούνται συνεκτικά λατυποπαγή, αποτελούμενα συνήθως από ασβεστολιθικές λατύπες, ενώ στα κατώτερα τμήματα απαντώνται κροκαλοπαγή με ασβεστολιθικές λατύπες και συνδετικό υλικό αποτελούμενο από ερυθρογή (Εικ. 2.27). Εντός των Πλειοπλειστοκαινικών αποθέσεων ο Ξεριάς σχηματίζει μαιανδρικές μορφές, έχοντας διαβρώσει έντονα κατά βάθος την αναβαθμίδα των 20m. Στη διάρκεια δημιουργίας των μαιάνδρων,

σχηματίστηκαν οι κατώτερες αναβαθμίδες των 3m με χαρακτηριστικές θέσεις απόθεσης και διάβρωσης υλικού αντίστοιχα. (Εικ. 2.27).

Εκατέρωθεν του τμήματος αυτού της κοιλάδας σχηματίζονται κώνοι κορημάτων, οι οποίοι ενώνονται μεταξύ τους και σχηματίζουν τη χαρακτηριστική γεωμορφή Bahadas.



Εικόνα 2.26. Οι δύο αναβαθμίδες της κοίτης του Ξεριά κατάντη της συμβολής με το ρέμα Αγ. Στεφάνου. Με κόκκινο χρώμα η αναβαθμίδα των 20m και με πορτοκαλί αυτή των 3m. Τα μαύρα βέλη δείχνουν την έκταση που καταλαμβάνει ο συνεκτικός κώνος κορημάτων στη βόρεια πλευρά της κοίτης.



Εικόνα 2.27. Οι συνεκτικοί, πλευρικοί κώνοι κορημάτων, κατάντη του οικισμού Χούνη (αριστερά). Χαρακτηριστική «στροφή» της ροής του Ξεριά στη διαδρομή κατάντη του οικισμού Μποζιονελέικα (δεξιά).

Περιοχή που εξέρχεται στην αργολική πεδιάδα

Κατάντη του οικισμού Λιβαδιταίικα, ο Ξεριάς εξέρχεται της κλειστής κοιλάδας και ρέει διαβρώνοντας το ριπιδιό του (Εικ. 2.21). Μια προσεκτικότερη ματιά στα κατακόρυφα πρανή της κοίτης, όπου απαντώνται ιζήματα με χαρακτηριστικές μορφές διασταυρούμενης κοίτης, καταδεικνύει, ότι η γεωμορφολογική εξέλιξη του αλλουβιακού ριπιδίου ήταν αρκετά πιο πολύπλοκη

από αυτή που αρχικά φαίνεται (**Εικ. 2.28**). Προχωρώντας προς τα κατάντη και λίγο πριν τη πόλη του Άργους στη θέση Μακρυβούνι, απαντούμε τα υπολείμματα του φράγματος που χρονολογείται περίπου στο 5^ο - 4^ο πΧ αιώνα (**Εικ. 2.28**).



Εικόνα 2.28. Τμήμα με διασταυρούμενες κοίτες στα κατακόρυφα πρηνή της κοίτης του Ξεριά στη θέση Αεροδρόμιο (αριστερά). Τμήμα από το φράγμα εκτροπής του Ξεριά όπως διατηρείται εντός εσωτερικής αναβαθμίδας βόρεια από το Μακρυβούνι (δεξιά).

Από το Μακρυβούνι και έως τη γέφυρα του Άργους (ΕΟ Άργους – Κορίνθου), η σχέση ύψους κατακόρυφων πρηνών/πλάτος κοίτης, μεταβάλλεται σημαντικά, με μεγάλη αύξηση του πλάτους της κοίτης και σημαντική μείωση του ύψους των πρηνών. Επίσης δημιουργείται μια χαρακτηριστική νησίδα, όπου η κοίτη του Ξεριά διαχωρίζεται σε δύο και ενώνεται ξανά λίγο πριν από τη γέφυρα. Ο βόρειος κάδος που δημιουργείται, είναι σήμερα ανενεργός για την αποφυγή εκδήλωσης πλημμύρας σε παρακείμενες οικίες και βιοτεχνικές εγκαταστάσεις.

Από τη γέφυρα της εθνικής οδού Άργους – Κορίνθου έως και τη θέση Διπτόταμα, όπου συμβάλλει στον Ίναχο, η κοίτη του Ξεριά είναι πολλαπλά τροποποιημένη σε διάφορες περιόδους στη διάρκεια του τελευταίου αιώνα. Διατέμενεται από μια σειρά από γέφυρες που ενώνουν την πόλη του Άργους με τους οικισμούς του Δήμου και πριν από τη θέση Διπτόταμα, στον Άγιο Βασίλειο, διατέμενεται σε πολύ μικρή απόσταση από οδική και σιδηροδρομική γέφυρα. Οι διαστάσεις της κοίτης του Ξεριά στη γέφυρα της ΕΟ Άργους – Κορίνθου ξεπερνούν τα 90m σε μήκος και φθάνουν τα 3,5m σε ύψος. Αντίθετα στη περιοχή του Αγίου Βασιλείου η κοίτη είναι διαμορφωμένη σε διατομή τραπεζίου με βάση μικρή 18,9m (πυθμένας), βάση μεγάλη 26,1m, ενώ το ύψος στην οδική γέφυρα φθάνει τα 3,7m και στη γέφυρα του τρένου τα 3,3m. Η σημαντική αυτή μείωση της ωφέλιμης διατομής του Ξεριά δημιουργεί σε συνδυασμό με ακραίες βροχοπτώσεις πλημμυρικά φαινόμενα. Από γεωμορφολογικής άποψης, το τμήμα αυτό του Ξεριά, αποτελεί ένα ενεργό αλλουβιακό ριπίδιο, το οποίο διαμορφώνεται ήδη από τους ιστορικούς χρόνους. Σύμφωνα με τους (FOUACHE & GAKI – PAPANASTASSIOU, 1997) και (ZAMANI et al., 1991), οι ρυθμοί απόθεσης του σύγχρονου αλλουβιακού ριπιδίου του Ξεριά στη περιοχή του Αγίου Βασιλείου στην περίοδο των Ρωμαϊκών χρόνων φθάνουν τα 3,1 χιλ./έτος. Η τιμή αυτή υπολογίστηκε με βάση τα θαμμένα ερείπια γεφυρών των Ρωμαϊκών χρόνων σε βάθη 7m (2^{ος} - 3^{ος} αιώνας μΧ) και 5,5m (4^{ος} αιώνας μΧ).

Όπως αντιλαμβάνεται εύκολα κάποιος, ο ρυθμός απόθεσης σε χιλιοστά/έτος, δε διατηρείται σταθερός. Η τάση όμως καταδεικνύει, πως ο Ξεριάς βρίσκεται σε δυναμικό καθεστώς απόθεσης με υψηλούς ρυθμούς, πάνω από 2.000 χρόνια. Οι αποθέσεις αυτές δημιούργησαν το σημερινό του ριπίδιο, το οποίο δεν είναι ορατό εύκολα, δεδομένου ότι διαχέεται στο Αργολικό πεδίο. Όμως η πόλη του Άργους, που βρίσκεται δυτικά της κοίτης του Ξεριά, είναι συστηματικά σε χαμηλότερα υψόμετρα, δημιουργώντας μια ξεχωριστή υδρολογική λεκάνη, η οποία μέσω τάφρων διοχετεύει τα

νερά της στα κατάντη, στη περιοχή της λεκάνης του Ερασίνου. Η κοίτη του Ξεριά, από τη γέφυρα της ΕΟ Άργους – Κορίνθου έως και τα Διπτόταμα, όπως έχει διαμορφωθεί κατά θέσεις, αποτελεί το σχετικό όριο (υδροκρίτη) των επιφανειακών υδάτων. Έτσι σε κανονικές περιόδους βροχοπτώσεων, όσο δεν υπερχειλίζει ο Ξεριάς, το δίκτυο των τάφρων νότια του Άργους, έχει την ικανότητα να μεταφέρει τα επιφανειακά νερά στα κατάντη, έστω και με αργούς ρυθμούς. Σε περιόδους όμως ακραίων και ραγδαίων βροχοπτώσεων, όταν η κοίτη του υπερχειλίζει, ο όγκος του νερού που διοχετεύεται προς τη πόλη του Άργους είναι τέτοιος που τόσο το αποχετευτικό σύστημα ομβρίων, όσο και οι τάφροι στη κατάντη περιοχή αδυνατούν να το οδηγήσουν γρήγορα στη θάλασσα, με άμεσο αποτέλεσμα τη πλημμύρα σε περιοχές εντός της πόλης του Άργους.

2.2.4.3 Ευρύτερη λεκάνη Ερασίνου ποταμού και ρέματος Κιρίμι

Η ευρύτερη αυτή λεκάνη εκτείνεται από το Μεγαβούνι ή Χάον Όρος νοτιοδυτικά του Άργους και φθάνει έως και το Γιαννοβούνι ή Πόντινον Όρος στη περιοχή του οικισμού Μύλοι (Εικ. 2.29). Η κοίτη του Κιρίμι, η οποία είναι εμφανώς διευθετημένη, προς τα κατάντη (Εικ. 2.30) συμβάλει στη κοίτη του Ερασίνου ανατολικά του οικισμού Μαγούλα.



Εικόνα 2.29. Άποψη του πεδινού τμήματος της ευρύτερης λεκάνης του Ερασίνου και του Κιρίμι, όπως διακρίνονται από το Πόντινον όρος. Με διακεκομμένη κόκκινη γραμμή, το ίχνος της κύριας διώρυγας του αρδευτικού δικτύου της υποθαλάσσιας πηγής Κιβερίου (Ανάβαλος).



Εικόνα 2.30. Λεπτομέρεια από τη διατομή του πλακοσκεπούς αγωγού στον οποίο ρέει το Κιρίμι, στη διασταύρωση του με την ΠΕΟ Άργους – Τριπόλεως, ύψους 1,2m (αριστερά). Η κοίτη του ρέματος Κιρίμι, ανάντη της συμβολής με τον Ερασίνο (δεξιά).

Νότια του ρέματος Κιρίμι, σχηματίζεται το ρέμα Δάφνη, το οποίο εκφυλίζεται και δεν είναι πλέον διακριτό στη περιοχή Διχάλια, μεταξύ Μύλων και Κεφαλαρίου. Νότια του Σκαφιδακίου, ξεκινούν κλάδοι υδρογραφικού δικτύου 1^{ης} τάξης, οι οποίοι διαβρώνουν τους υπάρχοντες κώνους κορημάτων και διέρχονται μέσα από τον οικισμό. Μεταξύ των ράχων Συκιά και Μαγούλα κατέρχεται κλάδος, για συντομία «Ανώνυμο ρέμα Σκαφιδακίου 1», οποίος εγκιβωτίζεται με μικρό τεχνικό και καταλήγει σε τοπική τάφρο βόρεια του Σκαφιδακίου. Μεταξύ των ράχων Μαγούλα και Σπληθάρι κατέρχεται κλάδος, για συντομία «Ανώνυμο ρέμα Σκαφιδακίου 2», που και αυτός με τη σειρά του καταλήγει σε τοπική τάφρο. Σε περιόδους έντονων βροχοπτώσεων τα μικρά τεχνικά δεν είναι ικανά να αποχετεύουν τις ποσότητες του νερού, με αποτέλεσμα να ρέει επιφανειακά, στο οδικό δίκτυο με μεγάλη ορμή, παρασύροντας και φερτά υλικά.

Το τμήμα της λεκάνης, ανατολικά της ΠΕΟ Άργους – Τριπόλεως, στις περιοχές Αλμύρες και Τημένιο, είναι σχεδόν επίπεδο με πάρα πολύ μικρές κλίσεις. Στη περιοχή αυτή, στο πρόσφατο σχετικά γεωλογικό χρόνο, υπήρχε η παλαιολίμνη της Λέρνης (VAN ANDEL & ZANGGER, 1990; ZANGGER, 1991). Σε περιόδους υψηλών βροχοπτώσεων σε όλη τη περιοχή αναβλύζουν νερά από το υπέδαφος, τα οποία δίνουν ακόμη και στις μέρες μας την αίσθηση «λίμνης». Η περιοχή αποκαλείται από τους ντόπιους «βάλτος».

2.2.4.4 Λεκάνη ρέματος Ξοβριό

Το Ξοβριό, είναι ο κύριος χείμαρρος που βρίσκεται στη νοτιότερη λεκάνη του Δήμου Άργους – Μυκηνών. Αποτελείται από δύο κλάδους, το βόρειο και τον νότιο. Ο βόρειος κλάδος ονομάζεται Ξεριάς ρέμα, ενώ ο νότιος που έχει και τη μεγαλύτερη λεκάνη απορροής, ονομάζεται Ξοβριό.

Ο βόρειος κλάδος, ο Ξεριάς, μπορεί να διαχωριστεί μορφολογικά σε τρεις χαρακτηριστικές περιοχές ανάλογα με τη μορφολογία και το γεωλογικό σχηματισμό μέσα στον οποίο ρέει. Έτσι στην ανάντη – ορεινή περιοχή έχει έντονη την εικόνα ενός φαραγγιού, ο κύριος κλάδος του οποίου διαβρώνει ασβεστόλιθους της ενότητας Πίνδου (Εικ. 2.31). Το μεσαίο τμήμα το οποίο διαβρώνει κατά βάθος το Πλειοπλειστοκαινικό του ριπίδιο δίνοντας την εικόνα που έχει ο Ξεριάς στο Άργος στην περιοχή της ρηξιγενούς κοιλάδας στη Χούνη. Μορφολογικά έχουμε μια ανώτερη αναβαθμίδα στα 20 με 25 m και εσωτερικά μια αναβαθμίδα που φθάνει στα 3m (Εικ. 2.31). Στο κατώτερο τμήμα, που ξεκινά από τη γέφυρα της ΠΕΟ Άργους – Τριπόλεως, έως και τη συμβολή του με το Ξοβριό, εμφανίζει έντονη κατά βάθος διάβρωση με απότομα πρηνή και στενή κοίτη. Στρίβει απότομα από κατεύθυνση δύση – ανατολή, σε κατεύθυνση βορράς – νότος. Φαίνεται πως το βασικό του επίπεδο είναι πλέον το Ξοβριό, ενώ παλαιότερα έρρεε σε διαφορετική κοίτη με κατεύθυνση δύση – ανατολή (Εικ. 2.32).



Εικόνα 2.31. Έντονη κατά βάθος διάβρωση στη κοίτη του Ξεριά, στο ανώτερο τμήμα του (αριστερά). Η ανώτερη (κόκκινη διαγράμμιση) και η κατώτερη αναβαθμίδα του (πορτοκαλί διαγράμμιση), στο ενδιάμεσο τμήμα της κοίτης του (δεξιά).

Ο νότιος κλάδος καταλαμβάνει τη μεγαλύτερη έκταση στο σύνολο της υδρολογικής λεκάνης. Ξεκινά από την περιοχή της κορυφής Μουχλί, του Παρθένιου όρους και κατευθύνεται νοτιοανατολικά έως και τον οικισμό Ανδρίτσα. Από εκεί στρίβει προς τα βορειοανατολικά και μέσω κοιλάδας κατευθύνεται προς τον οικισμό Σπηλιωτάκη. Από εκεί, ρέοντας προς τα ανατολικά απορρέει στον Αργολικό κόλπο βόρεια από το Κιβέρι. Διαχωρίζεται και αυτός σε τρεις βασικές μορφολογικές μονάδες. Το ανάντη τμήμα στη περιοχή της κοιλάδας του Αχλαδοκάμπου, το ενδιάμεσο τμήμα, όπου σχηματίζει στενή κοιλάδα βορειοδυτικά από την Ανδρίτσα έως και τον οικισμό Σπηλιωτάκη και το κατάντη πεδινό τμήμα.



Εικόνα 2.32. Η γέφυρα της ΠΕΟ Άργους – Τριπόλεως στη περιοχή του οικισμού Καλαμάκι (αριστερά). Η έντονη κατά βάθος διάβρωση στο κατώτερο τμήμα της κοίτης του Ξεριά, λίγο πριν συμβάλλει με το Ξοβριό.

Η κοιλάδα του Αχλαδοκάμπου στα υψηλότερα τμήματά της έχει απότομες κλίσεις, σχηματίζοντας κλάδους 3^{ης} τάξης, οι οποίοι περνώντας στο επίπεδο τμήμα σχηματίζουν ένα κύριο κλάδο 4^{ης} τάξης. Σε αυτόν συμβάλουν προς τα κατάντη κλάδοι έως και 2^{ης} τάξης χωρίς μεγάλη δυναμική αλλά με απότομα πρανή. Ο κύριος κλάδος εισρέοντας στη κοιλάδα του Αχλαδοκάμπου, χάνει τη δυναμική του και αποκτά εκ νέου υπόσταση στη περιοχή της περιοδικής καρστικής πηγής Μπινίκοβι.

Στα κατάντη ακολουθεί η κοιλάδα με τα απότομα πρανή και την έντονη κατά βάθος διάβρωση. Κατά θέσεις εμφανίζονται υπολειμματικές αναβαθμίδες με επικρεμάμενους κώνους κορημάτων, ενώ ανάντη του οικισμού Βελανιδιά, σε χαρακτηριστική μαιανδρική μορφή του Ξοβριού, εμφανίζεται στη βάση της κοίτης μικρή αναβαθμίδα διάβρωσης (Εικ. 2.33).



Εικόνα 2.32. Η κοιλάδα του Ξοβριού, ανάντη του οικισμού Βελανιδιά (αριστερά). Η εσωτερική αναβαθμίδα (πορτοκαλί χρώμα) και η μισγάγγεια (κόκκινο) στην ίδια θέση (δεξιά).

Τέλος, στην έξοδό του από τον οικισμό Σπηλιωτάκη προς τα κατάντη, το Ξοβριό διαβρώνει άμμους και ψαμμίτες της Πλειστοκαινικής θαλάσσιας αναβαθμίδας. Είναι εγκιβωτισμένο, με κατακόρυφα πρανή και απουσιάζει η εσωτερική αναβαθμίδα. Μετά τη συμβολή του με το ρέμα του Ξεριά

αποκτά μεγαλύτερη ποσότητα νερού και δημιουργεί διαβρώσεις στην κοίτη, καθώς και σε τεχνικά έργα της κύριας διώρυγας του αρδευτικού δικτύου της υποθαλάσσιας πηγής Κιβερίου (Ανάβαλος) (Εικ. 2.34).



Εικόνα 2.34. Καταστροφές σε τοίχους αντιστήριξης και επένδυσης των πρανών, στη συμβολή του Ξοβριού με τεχνικά έργα της κύριας διώρυγας του αρδευτικού δικτύου της υποθαλάσσιας πηγής Κιβερίου, έπειτα από τα πλημμυρικά φαινόμενα του 2013 (αριστερά). Διεύρυνση της κοίτης (νεροφάγωμα), με χαρακτηριστική εμφάνιση πλινθόκτιστου πηγαδιού εντός αυτής (δεξιά).

2.2.4.5 Λεκάνη χειμάρρου Μπερμπαδιώτη (Κλεισούρας)

Το ρέμα Μπερμπαδιώτης ή Κλεισούρας, αποστραγγίζει την υδρολογική λεκάνη των οικισμών Λίμνες και Πρόσυμνα, ενώ εκβάλλει στο Αργολικό πεδίο, μεταξύ των οικισμών Νέο Ηραίο και Ανυφί, στη θέση Κατεβασίες. Πριν την εκβολή του διέρχεται από ένα φαράγγι με έντονη κατά βάθος διάβρωση με την ονομασία Κλεισούρα. Γεωμορφολογικά, η περιοχή των Λιμνών έχει φθάσει στο στάδιο ωριμότητας (ΓΑΚΗ – ΠΑΠΑΝΑΣΤΑΣΙΟΥ, 1991).

Η κοιλάδα των Λιμνών είναι μια ξηρή καρστική κοιλάδα, σχήματος «U» με ομαλές κλιτείς (Εικ 2.35). Στη διαδρομή από Λίμνες προς Πρόσυμνα παρατηρείται χαρακτηριστική οπισθοδρομούσα διάβρωση. Αυτή η διάβρωση καταδεικνύει, ότι η υδρολογική λεκάνη των Λιμνών είχε ως βασικό επίπεδο, τη χαμηλότερη υψομετρικά, υδρολογική λεκάνη της Πρόσυμνας κατά τη περίοδο του Πλειοπλειστοκαίνου. Για λόγους, που ελέγχονται και από την τεκτονική της περιοχής, το φαράγγι του Μπερπαδιώτη άνοιξε προς το Αργολικό πεδίο, οπότε αυτόματα άλλαξε και το επίπεδο βάσης των ανάντη υδρολογικών λεκανών.



Εικόνα 2.35. Άποψη από την ανάντη περιοχή των Λιμνών προς νότο. Διακρίνονται οι αναβαθμοί για τη συγκράτηση του εδάφους πάνω σε ομαλές κλιτείς και κοιλάδες σχήματος «U» (αριστερά). Έντονη κατά βάθος διάβρωση στο ρέμα Βαθύκι ανάντη του οικισμού της Πρόσυμνας (δεξιά).

Η υδρολογική λεκάνη της Πρόσυμνας με τη σειρά της, συνδέεται με αυτή των Λιμνών, μέσω της ρεματιάς που διέρχεται από τον οικισμό και ονομάζεται Βαθύκι (Εικ. 2.36). Μεγάλη έκταση καταλαμβάνει και ο δυτικός κλάδος του υδρογραφικού δικτύου που ονομάζεται Κεφαλάρι. Μάλιστα

το ρέμα αυτό διαβρώνει Πλειοπλειστοκαινικές αποθέσεις που φθάνουν έως και το υψόμετρο των οκτακοσίων (800) μέτρων στη περιοχή του Στεφανίου στο βόρειο άκρο της λεκάνης. Στο ρέμα Κεφαλάρι, παρατηρείται έντονη κατά βάθος διάβρωση, η οποία είναι Πλειστοκαινικής – Ολοκαινικής ηλικίας. Στην έξοδο της λεκάνης συναντούμε το ομώνυμο φαράγγι της Κλεισούρας (**Εικ. 2.37**), το οποίο προφανώς δημιουργήθηκε από τεκτονικά αίτια.



Εικόνα 2.36. Η έξοδος της κοίτης του εγκιβωτισμένου ρέματος Βαθύκι, κάτω από τη πλατεία της Πρόσουμνας (αριστερά) και η διαδρομή μέσα από τον οικισμό, με όψη προς τα ανάντη (δεξιά).



Εικόνα 2.37. Η κοίτη του Μπερμπαδιώτη μετά την έξοδο της από το φαράγγι Κλεισούρα. (στη διασταύρωση με το δρόμο των αρχαιοτήτων Μυκήνες – Επίδαυρος).

2.2.4.6 Λεκάνη χειμάρρου Δερβενακιώτη

Ο Δερβενακιώτης, παρά τα γεγονότα ότι καταλαμβάνει μικρή σχετικά έκταση, φθάνει να σχηματίζει πριν συμβάλει στον Ίναχο, υδρογραφικό δίκτυο 5^{ης} τάξης. Είναι καλά ανεπτυγμένος, σχηματίζοντας χαρακτηριστική μορφή δενδριτικού δικτύου. Αυτό οφείλεται κυρίως στο γεγονός, ότι διαβρώνει μεταλπικούς σχηματισμούς αποτελούμενους από μια ποικιλία λιθολογιών όπως, θαλάσσια κροκαλοπαγή, ψαμμίτες, ψαμμιτόμαργες κλπ. Στο σύνολο τους οι σχηματισμοί αυτοί διαβρώνονται εύκολα, δημιουργώντας ιδανικές συνθήκες για την ανάπτυξη πολυσχιδούς δενδριτικού υδρογραφικού δικτύου. Εξάιρεση αποτελεί το ανατολικό τμήμα της λεκάνης στην οποία απαντάται ο κλάδος που απορρέει πλέον βόρεια του κάστρου των Μυκηνών, ενώ στα Μυκηναϊκά χρόνια έρρεε προς τα νότια, δημιουργώντας το φαράγγι του Χάβου (**Εικ. 2.38**) (PAPANASTASSIOU et al., 1993).



Εικόνα 2.38. Η κοίτη – δρόμος που καταλήγει εντός του οικισμού των Μυκηνών από το φαράγγι του Χάθου (αριστερά). Η διαμόρφωση της κοίτης με τεχνικό λίγο πριν το δρόμο Μυκηνών – Μοναστηρακίου, όπου υπάρχει μικρή γέφυρα.

2.3 Γεωλογία

2.2.1 Γεωλογία – Στρωματογραφία

Ο γεωλογικός χάρτης της ευρύτερης περιοχής του Δήμου Άργους – Μυκηνών έχει βασιστεί στη γεωλογική χαρτογράφηση των γεωλογικών φύλλων «ΑΡΓΟΣ», «ΑΣΤΡΟΣ», «ΚΑΝΔΗΛΑ», «ΝΑΥΠΛΙΟ», «ΝΕΜΕΑ» και «ΤΡΙΠΟΛΗ» έκδοσης ΙΓΜΕ, κλίμακας 1:50.000, (ΠΑΠΑΣΤΑΜΑΤΙΟΥ κ.α., 1970; ΤΑΤΑΡΗΣ, 1970; DE WEVER, 1982; ΤΑΤΑΡΗΣ κ.α., 1970; ΤΑΤΑΡΗΣ & ΜΑΡΑΓΚΟΥΔΑΚΗΣ, 1970; ΕΞΗΝΤΑΒΕΛΩΝΗΣ & ΤΑΚΤΙΚΟΣ, 1988; αντίστοιχα).

Η ευρύτερη περιοχή του Δήμου Άργους – Μυκηνών αποτελείται από αλπικούς σχηματισμούς που εμφανίζονται στα ορεινά τμήματά της και από μεταλπικές αποθέσεις, ηλικίας Ανωτέρου Πλειόκαινου – Ανωτέρου Πλειστοκαίνου, που απαντούν σε χαμηλά τοπογραφικά περιοχές περιφερειακά της λεκάνης του Άργους, και από σχετικά σύγχρονες αποθέσεις ηλικίας Ανωτέρου Πλειστοκαίνου – Ολοκαίνου που καλύπτουν τις επίπεδες περιοχές της λεκάνης και τις παράκτιες περιοχές.

Τα αλπικά πετρώματα της περιοχής μελέτης ομαδοποιούνται σε μία σειρά από γεωτεκτονικές ενότητες, ο αριθμός των οποίων διαφέρει ανάλογα με την ερευνητική ομάδα. Η περιοχή δυτικά της λεκάνης του Άργους αποτελείται από ενότητες που ανήκουν στις Εξωτερικές Ελληνίδες, ενώ η περιοχή ανατολικά της λεκάνης από ενότητες που ανήκουν στις Εσωτερικές Ελληνίδες. Η σχέση μεταξύ των Εξωτερικών και Εσωτερικών Ελληνίδων διακρίνεται στο βορειοανατολικό τμήμα της περιοχής μελέτης (Δερβενάκια) και στην περιοχή της πόλης του Άργους (Λάρισα), και αντιστοιχεί σε μία σημαντική τεκτονική επαφή που φέρνει τις Εσωτερικές πάνω στις Εξωτερικές Ελληνίδες. Πρόκειται για μία επώθηση που έλαβε χώρα την περίοδο Ολιγοκαίνου – Κατωτέρου Μειοκαίνου (DERCOURT, 1964; FLEURY, 1980).

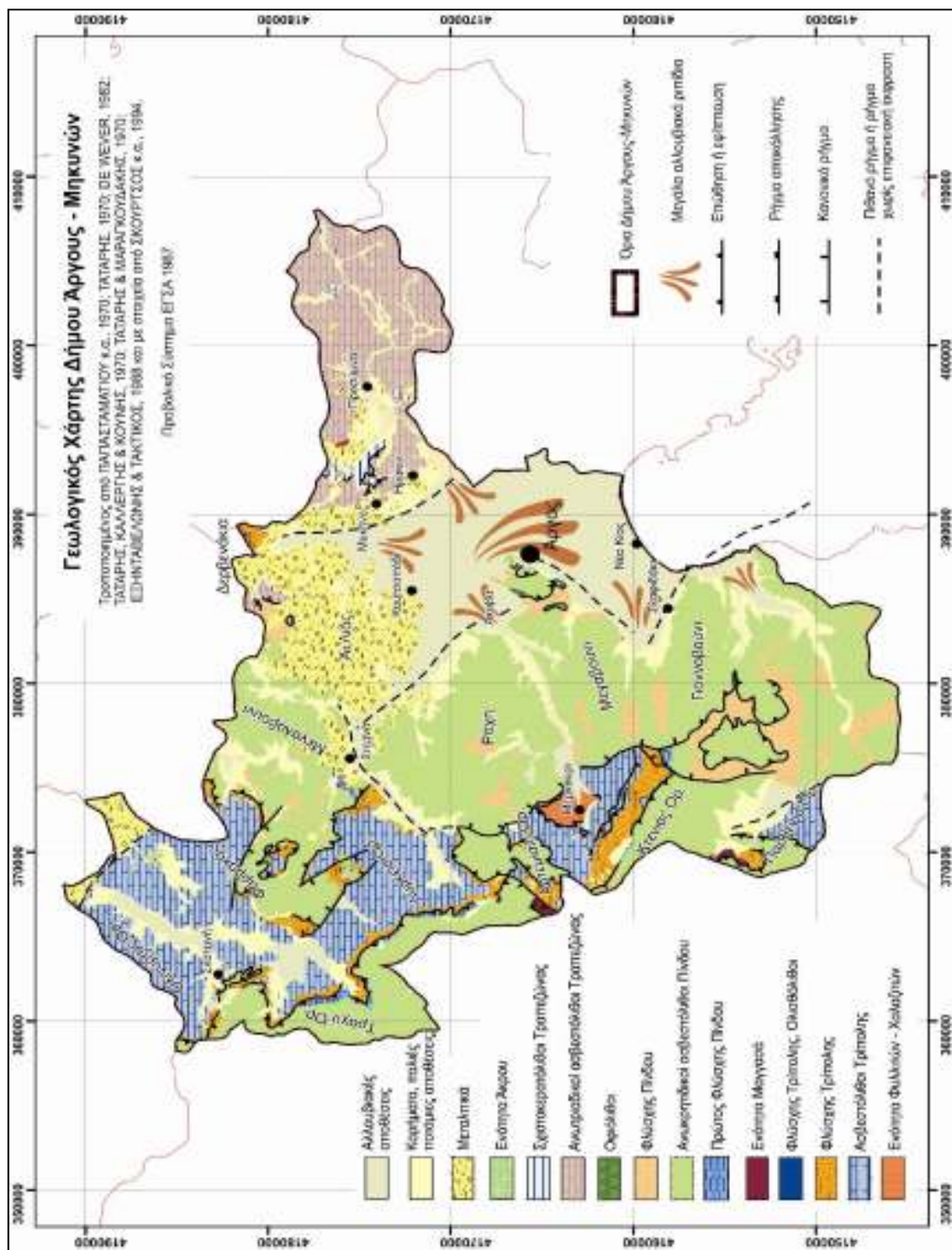
Πιο συγκεκριμένα, οι ενότητες που δομούν τις περιοχές γύρω από το Αργολικό πεδίο, είναι από κάτω προς τα πάνω (Εικ. 2.39):

- Η ενότητα Φυλλιτών – Χαλαζιτών.
- Η ενότητα της Τρίπολης.
- Η ενότητα της Μαγγασά.
- Η ενότητα της Πίνδου.
- Η ενότητα της Τραπεζώνας.
- Η ενότητα Άκρος.

Από αυτές τις ενότητες, αυτή της Τραπεζώνας και του Άκρους ανήκουν στις Εσωτερικές Ελληνίδες και όλες οι υπόλοιπες στις Εξωτερικές. Ασύμφωνα πάνω στους αλπικούς κάθονται οι μεταλικοί σχηματισμοί του Ανωτέρου Πλειοκαίνου – Ολοκαίνου.

Ενότητα Φυλλιτών Χαλαζιτών

Η ενότητα των Φυλλιτών – Χαλαζιτών συνιστά τη βαθύτερη τεκτονική ενότητα της περιοχής έρευνας. Εμφανίζονται με τη μορφή τεκτονικού παραθύρου καταλαμβάνοντας μία σημαντική έκταση στην ευρύτερη περιοχή του Μερκουρίου, στη βάση των νότιων και νοτιοανατολικών πρανών του Όρους Αρτεμισίου (BLUMENTHAL, 1933; DERCOURT, 1964; ΤΑΤΑΡΗΣ & ΜΑΡΑΓΚΟΥΔΑΚΗΣ, 1970; KUNZ, 1977; DE WEVER, 1982; ΣΚΟΥΡΤΣΟΣ κ.α., 1994). Οι Φυλλίτες – Χαλαζίτες υπόκεινται τεκτονικά ανθρακικών πετρωμάτων της ενότητας της Τρίπολης, ηλικίας Ανωτέρου Κρητιδικού. Στα νοτιοανατολικά, η ενότητα υπόκειται ασύμφωνα ποταμοχερσαίων αποθέσεων του Μέσου – Ανωτέρου Πλειστοκαίνου του υδρορέματος του Ξεριά.



Εικόνα. 2.39. Ο γεωλογικός χάρτης της περιοχής μελέτης (τροποποιημένος από ΠΑΠΑΣΤΑΜΑΤΙΟΥ κ.α., 1970; ΤΑΤΑΡΗΣ, 1970; DE WEVER, 1982; ΤΑΤΑΡΗΣ κ.α., 1970; ΤΑΤΑΡΗΣ & ΜΑΡΑΓΚΟΥΔΑΚΗΣ, 1970; ΕΞΗΝΤΑΒΕΛΩΝΗΣ & ΤΑΚΤΙΚΟΣ, 1988).

Πρόκειται για μία μεταμορφωμένη κλαστική ακολουθία σε συνθήκες υψηλών πιέσεων/χαμηλών θερμοκρασιών (HP/LT), η οποία αποτελείται από μαρμαρυγικούς σχιστόλιθους (Εικ. 2.40), χαλαζίτες και λεπτές ενδιαστρώσεις από μάρμαρα (KUNZ, 1977; ΣΚΟΥΡΤΣΟΣ κ.α., 1994).



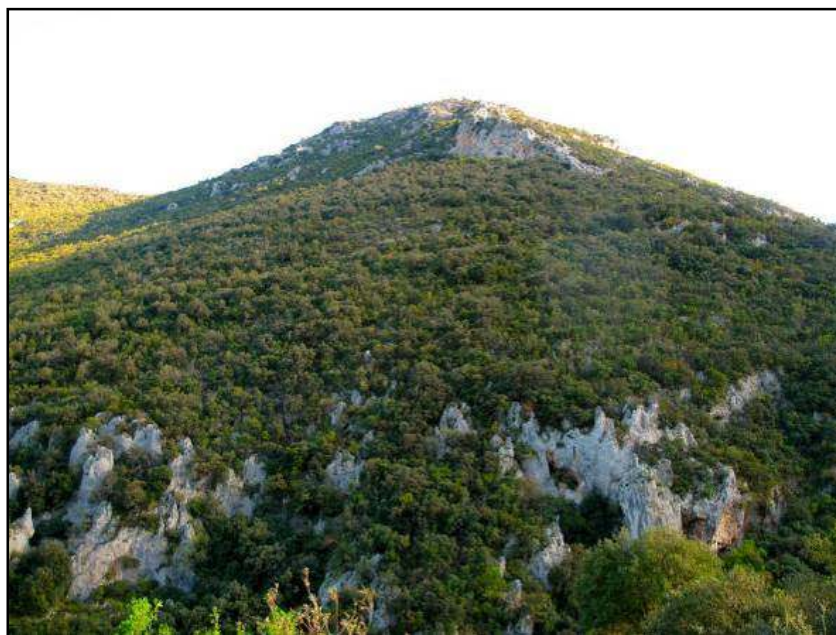
Εικόνα. 2.40. Μαρμαρυγιακοί σχιστόλιθοι της ενότητας Φυλλιτών – Χαλαζιτών ανάντη του οικισμού Αρία.

Οι σχιστόλιθοι είναι γκριζοπράσινοι, ροδόχροοι έως ερυθρωποί και κυανότεφροι, πλούσιοι σε χλωριτοειδές και χλωρίτη και γρανάτη. Οι ερυθρωποί σχιστόλιθοι οφείλουν το χρώμα τους στην παρουσία αιματίτη. Οι χαλαζίτες παρεμβάλλονται ανάμεσα στους σχιστόλιθους και είναι πλούσιοι σε χαλαζία και μικρά ποσά αιματίτη. Τα μάρμαρα είναι ισχυρά ανακρυσταλλωμένα, γκριζόμαυρα και παρουσιάζονται ως πολύ λεπτές ενδιαστρώσεις στους σχιστόλιθους της σειράς. Η παραμόρφωση των πετρωμάτων της ενότητας είναι έντονη σε μικροσκοπική και μεσοσκοπική κλίμακα και εκφράζεται με τη δημιουργία διαφόρων γενιών φυλλώσεων, με ισοκλινείς και κλειστές πτυχές, ημιπλαστικές διατμητικές ζώνες και ρήγματα (ΣΚΟΥΡΤΣΟΣ κ.α., 1994).

Ενότητα Τρίπολης

Τεκτονικά υπερκείμενη της ενότητας Φυλλιτών – Χαλαζιτών είναι η ενότητα της Τρίπολης, η οποία στην περιοχή μελέτης απαρτίζεται από δύο μέρη (ΠΑΠΑΣΤΑΜΑΤΙΟΥ κ.α. 1970; ΤΑΤΑΡΗΣ, 1970; ΣΚΟΥΡΤΣΟΣ κ.α., 1994). Το κατώτερο αποτελείται από ανθρακικά πετρώματα που σχηματίζουν μία μονότονη σειρά από ασβεστόλιθους και δολομίτες ηλικίας Ανωτέρου Ιουρασικού – Ανωτέρου Ηωκαίνου. Πρόκειται για βιτουμενιούχους, παχυστρωματώδεις έως άστρωτους ασβεστόλιθους και δολομίτες, κατά θέσεις λατυποποιημένους, που το βασικό στοιχείο που τους διαφοροποιεί είναι τα απολιθώματα (**Εικ. 2.41**). Οι ανθρακικοί σχηματισμοί της ενότητας της Τρίπολης δομούν τους ορεινούς όγκους του Μαυροβουνίου και Γαϊδουροβουνίου νότια του Μερκουρίου (**Εικ. 2.39**), τις χαμηλότερες κλιτείς του Όρους Αρτεμίσιο, το Λύρκειο Όρος, κλπ.

Ο ανώτερος σχηματισμός της ενότητας της Τρίπολης είναι μία κλαστική ακολουθία από εναλλαγές ψαμμιτών και πηλιτών με λίγα κροκαλοπαγή, ηλικίας Ανωτέρου Ηωκαίνου – Ολιγοκαίνου. Πρόκειται για τον φλύσχη της ενότητας, το πάχος του οποίου κυμαίνεται από μερικά έως και 1000m, όπως πχ στην περιοχή του οικισμού Τουρνίκι στις βόρειες κλιτείς του όρους Κτενιά (DERCOURT, 1964; ΤΑΤΑΡΗΣ & ΜΑΡΑΓΚΟΥΔΑΚΗΣ, 1970; ΣΚΟΥΡΤΣΟΣ κ.α., 1994). Τα ανώτερα στρώματα του φλύσχη χαρακτηρίζονται από την παρουσία ολισθολίθων ηφαιστειακών, κερατολιθικών και ασβεστολιθικών πετρωμάτων που συνιστούν τον «άγριο» φλύσχη της ενότητας, υποκείμενο της ενότητας της Πίνδου.



Εικόνα 2.41. Νηριτικοί, παχυστρωματώδεις έως άστρωτοι ασβεστόλιθοι της ενότητας Τρίπολης έντονα καρστικοποιημένοι, νοτιοδυτικά του οικισμού Μερκούρι (δεξιά).

Ενότητα Μαγγασά

Η ενότητα αυτή απαντά με τη μορφή σφήνας ανάμεσα στην υποκείμενη ενότητα της Τρίπολης και την υπερκείμενη ενότητα της Πίνδου. Οι εμφανίσεις της ενότητας περιορίζονται στην ευρύτερη περιοχή του Αρτεμισίου και του Κτενιά και έχουν περιορισμένη έκταση (LEKKAS & ZAMBETAKIS – LEKKAS, 1980; ΣΚΟΥΡΤΣΟΣ κ.α., 1994) (**Εικ. 2.39**). Πρόκειται για λατυποπαγείς ασβεστολίθους από νηριτικές και πελαγικές ανθρακικές λατύπες, κλάστες από ραδιολαρίτες και πράσινους ψαμμίτες, συνδεδεμένους με ανθρακικό υλικό. Η ηλικία του σχηματισμού είναι Ανώτερο Κρητιδικό έως Μέσο Ηώκαινο (LEKKAS & ZAMBETAKIS – LEKKAS, 1980; ΣΚΟΥΡΤΣΟΣ κ.α., 1994).

Ενότητα Πίνδου

Η ενότητα της Πίνδου στην ευρύτερη περιοχή ταυτίζεται με την «Αρκαδική Τράπεζα», όπως την όρισε ο DERCOURT (1964). Οι σχηματισμοί της Πίνδου καταλαμβάνουν πολύ μεγάλη έκταση στα δυτικά και νοτιοδυτικά τμήματα του Δήμου Άργους – Μυκηνών (**Εικ. 2.39**). Πρόκειται για πελαγικούς σχηματισμούς και από τον κατώτερο προς τον ανώτερο είναι ο σχηματισμός των ραδιολαριτών και του καλούμενου «πρώτου φλύσχη» της ενότητας (DERCOURT, 1964; FLEURY, 1980), ο σχηματισμός των πλακωδών ασβεστολίθων, τα μεταβατικά στρώματα προς τον φλύσχη και ο σχηματισμός του φλύσχη (ΠΑΠΑΣΤΑΜΑΤΙΟΥ κ.α, 1970; ΤΑΤΑΡΗΣ, 1970; KUNZ, 1977; ΣΚΟΥΡΤΣΟΣ κ.α., 1994).

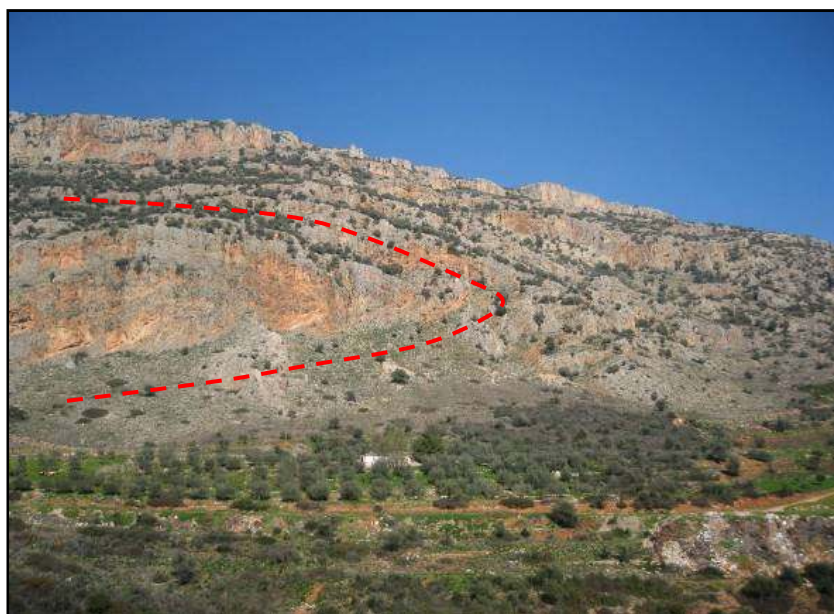
Στη βάση του καλύμματος της Πίνδου, κυρίως στο όρος Κτενιάς, και ακριβώς πάνω από την επώθηση της ενότητας στον φλύσχη της ενότητας της Τρίπολης, παρατηρείται μία ερυθρή, κυρίως, έως σκούρα πράσινη ακολουθία, που διακρίνεται εύκολα από τους όμορους σχηματισμούς. Αποτελείται από ερυθρούς πηλινικούς ορίζοντες και ερυθρούς και πράσινους ραδιολαρίτες, κλαστικούς ασβεστολίθους και από εναλλαγές πράσινων αδρόκοκκων ψαμμιτών και πηλιτών στα κορυφαία στρώματα. Η ηλικία του σχηματισμού είναι Ανώτερο Ιουρασικό – Ανώτερο Κρητιδικό (Κενομάνιο) (**Εικ. 2.42**).

Υπερκείμενος του προηγούμενου σχηματισμού απαντά ο σχηματισμός των πλακωδών ασβεστολίθων, οι οποίοι καταλαμβάνουν και τη μεγαλύτερη έκταση από τους σχηματισμούς του πινδικού καλύμματος (**Εικ. 2.39**). Δομούν, συνήθως, τις κορυφαίες περιοχές των ορεινών όγκων, δυτικά του αργολικού πεδίου, όπως του Κτενιά, του Αρτεμισίου, του Μεγαλοβουνίου, κλπ.

Παρουσιάζονται πολυπτυχωμένοι τόσο σε μεσοσκοπική όσο και σε μακροσκοπική κλίμακα, με πολύ κλειστές έως κλειστές πτυχές, κατά θέσεις ρηγματωμένοι και αποτελούνται από εναλλαγές πλακωδών, λεπτοπλακωδών, γκρίζων έως ροδόχρωων ασβεστολίθων, μαργαϊκών ασβεστολίθων και καστανοπράσινων πηλितών, περιέχοντας πελαγικά απολιθώματα του Ανωτέρου Κρητιδικού (**Εικ. 2.43**). Το πάχος του σχηματισμού είναι αρκετά μεγάλο, πχ στο όρος Κτενιάς μπορεί να φτάνει τα χίλια μέτρα, αλλά αυτό οφείλεται σε επαναλήψεις των στρωματογραφικών οριζόντων του σχηματισμού λόγω της έντονης πτύχωσης και των εφιπτεύσεων.



Εικόνα 2.42. Ερυθροί πηλιτικοί ορίζοντες της ενότητας Πίνδου, ηλικίας Ανώτερο Ιουρασικό – Ανώτερο Κρητιδικό (Κενομάνιο), ανάντη του οικισμού Βελανιδιά.



Εικόνα 2.42. Πολυπτυχωμένοι πλακώδεις ασβεστόλιθοι της ενότητας Πίνδου, δυτικά του οικισμού Ελληνικό.

Ο φλύσξης της ενότητας συνιστά το κορυφαίο στρώμα της ενότητας αλλά πολλές φορές, λόγω φαινομένων εφιπτεύσεων και μεγάλης κλίμακας πτυχώσεων, φαίνεται να υπόκειται των πλακωδών ασβεστολίθων (ΣΚΟΥΡΤΣΟΣ κ.α., 1994). Αποτελείται από εναλλαγές ψαμμτικών και πηλιτικών οριζόντων, που σχηματίζουν οριζοντες πάχους μερικών εκατοστών έως ενός μέτρου. Συνήθως, η επαφή του φλύσχη με τον υποκείμενο σχηματισμό των πλακωδών ασβεστολίθων είναι στρωματογραφική με τη μεσολάβηση μεταβατικών στρωμάτων από ερυθρούς πηλίτες και ροδόχρους ασβεστόλιθους, πάχους από μερικά έως και 150 μέτρα.

Ενότητα Τραπεζώνας

Η ενότητα της Τραπεζώνας καλείται, επίσης, και Υποπελαγονική απαντά κυρίως στο ανατολικό τμήμα της περιοχής έρευνας, στις Μυκήνες και στο, δομώντας τον ομώνυμο ορεινό όγκο της Τραπεζώνας. Αποτελείται κυρίως από νηρητικούς ασβεστόλιθους, λευκούς, γκριζόλευκους έως ελαφρά ροδόχρους, σε πάγκους πάχους από 0,3 μέτρα έως άστρωτους, που περιέχουν απολιθώματα του Ανωτέρου Τριαδικού – Κατωτέρου Ιουρασικού. Από την περιοχή των Λιμνών και προς τα δυτικά μεταβαίνουν σε πλακώδεις ασβεστόλιθους με κονδύλους και ενδιαστρώσεις πυριτιολίθων και κατά θέσεις κλασικών ιζημάτων (Εικ. 2.44). Τα πελαγικά απολιθώματα που περιέχουν δίνουν εν μέρει ηλικία Κατώτερο – Μέσο Ιουρασικό. Το σύστημα αυτό είναι πολυπτυχωμένο (DERCOURT, 1964; ΤΑΤΑΡΗΣ, ΚΑΛΛΕΡΓΗΣ & ΚΟΥΝΗΣ, 1970).

Ανατολικά των Μυκηνών απαντά μία κλαστική ακολουθία που καλείται σχιστοψαμμιτοκερατολιθική διάπλαση, λόγω των λιθολογιών που κυριαρχούν. Πρόκειται για ψαμμίτες και πηλίτες που εναλλάσσονται ρυθμικά και στη βάση τους παρατηρούνται μικρού πάχους ραδιολαρίτες. Ο σχηματισμός αυτός άλλοτε υπέρκειται των ανθρακικών ιζημάτων της ενότητας, πχ βορειοδυτικά των Λιμνών και άλλοτε υπόκειται αυτών, πχ στην περιοχή των Μυκηνών.



Εικόνα 2.44. Ανωτριάδικοί ασβετόλιθοι της ενότητας Τραπεζώνας επωθημένοι σε σχιστοκερατολίθους της ίδιας ενότητας στα δυτικά του οικισμού της Πρόσυμνας.

Ενότητα Άκρος

Η ενότητα αυτή παρουσιάζει περιορισμένη έκταση δυτικά του Άργους, όπου δομεί τον λόφο του κάστρου Λάρισα (Εικ. 2.39). Μεγάλες εμφανίσεις της ενότητας απαντούν στην περιοχή του Ναυπλίου και του Λυγουριού, όπου καταλαμβάνει την κορυφαία θέση στην καλυμματική στήλη της χερσονήσου της Αργολίδας. Αντιστοιχεί στην ενότητα Δυτικής Θεσσαλίας – Βοιωτίας των ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ & ΛΟΖΙΟΥ (199?). Στο λόφο του κάστρου Λάρισα, αποτελείται από μεσοπλακώδεις έως παχυπλακώδεις, γκριζόλευκους ασβεστόλιθους, μερικές φορές λατυποπαγείς ασβεστόλιθους με πράσινες και ερυθρές λατύπες και μαργαϊκών στρωμάτων (Εικ. 2.45).



Εικόνα 2.45. Επωθημένοι ασβεστόλιθοι της ενότητας Άκρος, επάνω σε πολυπτυχωμένους ασβεστολίθους της ενότητας Πίνδου στη δυτική πλαγιά του λόφου Λάρισα (Κάστρο) στο Άργος.

Η ηλικία του σχηματισμού είναι Κενομάνιο. Ο σχηματισμός αυτός είναι επωθημένος στον φλύσχη της ενότητας της Πίνδου ενώ στην επαφή αυτών παρεμβάλλονται τεκτονικές σφήνες από οφιολιθικά πετρώματα.

Σχηματισμοί Ανωτέρου Πλειοκαίνου – Ανωτέρου Πλειστοκαίνου

Οι σχηματισμοί αυτοί παρουσιάζουν εκτεταμένη επιφανειακή εξάπλωση, κυρίως στα βορειοδυτικά, βόρεια και βορειοανατολικά τμήματα του Δήμου. Πρόκειται για λιμναίες και ποταμοχερσαίες αποθέσεις που αποτελούνται από εναλλαγές μαργών, άμμων και λεπτόκοκκων κροκαλοπαγών, ενώ στα ανώτερα μέλη τους από αδρομερή κροκαλοπαγή. Στις περιοχές της Στέρνας (**Εικ. 2.46**) και Φιχτών, τα κροκαλοπαγή σχηματίζουν παχιούς πάγκους, είναι αρκετά συνεκτικά, με κροκάλες που φτάνουν και τα 20 cm, προερχόμενες κυρίως από τη διάβρωση των πινδικών σχηματισμών και λιγότερο της Πίνδου (ΓΑΚΗ – ΠΑΠΑΝΑΣΤΑΣΙΟΥ, 1991; ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ κ.α., 1996).



Εικόνα 2.46. Σχηματισμοί Ανωτέρου Πλειοκαίνου – Ανωτέρου Πλειστοκαίνου, με χαρακτηριστικούς πάγκους από κροκαλοπαγή, στην περιοχή εξόδου του Δουκιώτικου ρέματος, ανάντη του κόμβου Στέρνας, στον αυτοκινητόδρομο Αθήνα – Τρίπολη.

Στην περιοχή του ρέματος του Μπερμπαδιώτη, οι σχηματισμοί αυτοί παρατηρούνται σε υψόμετρα μέχρι τα 800 m (πχ βόρεια της Προσύμνας). Η διεύθυνση των στρωμάτων τους είναι κυρίως ΒΔ-ΝΑ έχοντας κατά θέσεις υψηλές κλίσεις που φτάνουν και τις 40° μαρτυρώντας ισχυρές στρέψεις ρηξιτεμαχών προς τα ΝΔ. Το πάχος τους δεν είναι σταθερό αλλά στα βόρεια και βορειοδυτικά φτάνουν τα 600m, όπως μαρτυρούν γεωτρήσεις που έχουν διανοιχθεί σε αυτούς. Όπως αναφέρθηκε, η ηλικία των σχηματισμών αυτών θεωρείται κυρίως Ανώτερο Πλειόκαινο και τα ανώτερα μέλη τους μπορεί να φτάνουν και το Ανώτερο Πλειστόκαινο.

Μεσοπλειστοκαινικές – Ολοκαινικές αποθέσεις

Πρόκειται για τους νεότερους και σχετικά σύγχρονους σχηματισμούς της περιοχής μελέτης που αντιπροσωπεύουν προϊόντα διάβρωσης των παλιότερων πετρωμάτων. Ομαδοποιούνται σε μικρής έκτασης θαλάσσια κροκαλοπαγή (**Εικ. 2.47**), ποταμοχερσαίες αποθέσεις, πλευρικά κορήματα και κώνους κορημάτων, ποταμοχερσαία δελταϊκά ριπίδια και σε αλλουβιακές αποθέσεις.

Στην περιοχή του Κιβερίου έχει αναφερθεί θαλάσσιο κροκαλοπαγές που περιέχει το χαρακτηριστικό απολίθωμα *Strombus Bubonius* που χαρακτηρίζει το Τυρρήνιο (**Εικ. 2.48**). Ανάλογες εμφανίσεις έχουν αναφερθεί και στην περιοχή του Ναυπλίου (DUFAURE, 1970; ΓΕΟΔΩΡΟΠΟΥΛΟΣ & ZAMANH, 1970; KERAUDREN, 1971; KELLETAT et al., 1976; ΓΑΚΗ – ΠΑΠΑΝΑΣΤΑΣΙΟΥ, 1991).

Οι ποταμοχερσαίες αποθέσεις έχουν μεγάλη επιφανειακή εξάπλωση κατά μήκος των υδρορεμάτων του Ίναχου και του Ξεριά και αντιπροσωπεύουν αποθέσεις διλουβιακής αναβαθμίδας (ΠΑΠΑΣΤΑΜΑΤΙΟΥ κ.α., 1970; ΤΑΤΑΡΗΣ, 1970; ΣΚΟΥΡΤΣΟΣ κ.α., 1994). Αποτελούνται από ερυθροκάστανα, χειμαρρώδη αργιλοαμμώδη υλικά, χαλαρής συνοχής, και κροκαλολατυποπαγών ποικίλου μεγέθους. Στη βάση τους απαντούν κυρίως αδρομερή υλικά, κυρίως ασβεστολιθικής σύστασης, μερικά από τα οποία φτάνουν σε διαστάσεις και τα 80 cm. Αντίθετα, στα ανώτερα μέλη

αυτών των αναβαθμίδων, το μέγεθος των κροκαλολατυπών είναι αρκετά μικρότερο, της τάξης των μερικών εκατοστών. Το μέγιστο πάχος τους σε αρκετές θέσεις υπερβαίνει τα (20-30)cm.



Εικόνα 2.47. Θαλάσσιοι άμμοι και ψαμμίτες με κροκαλοπαγές απόσυρσης στην οροφή, στη περιοχή του οικισμού του Κιβερίου.



Εικόνα 2.48. Το χαρακτηριστικό απολίθωμα *Strombus Bubonius*, μέσα σε λατυποπαγή σχηματισμό στη περιοχή των υποθαλάσσιων πηγών Κιβερίου (Ανάβαλος).

Τα πλευρικά κορήματα είναι χαλαρά αδιαβάθμητα υλικά που έχουν υποστεί μικρή μεταφορά και εμφανίζονται στη βάση πλαγιών με μεγάλη κλίση. Αποτελούνται από λεπτά στρώματα αργίλων, άμμων αλλά κατά βάση από λατυποκροκαλοπαγή με λατύπες και κροκάλες ανθρακικών και κλαστικών πετρωμάτων. Τα ανθρακικά κορήματα και οι κώνοι κορημάτων είναι τις περισσότερες φορές έντονα συνεκτικά με συνδετικό υλικό αποτελούμενο από ασβεστίτη. Η ηλικία τους είναι Ανώτερο Πλειστόκαινο – Ολόκαινο. Σε πολλές θέσεις εξόδου μικρών ρεμάτων με σχετικά μεγάλη κλίση, αντί για πλευρικά κορήματα εμφανίζονται κώνοι κορημάτων (Εικ. 2.19).

Στις εξόδους των μεγάλων υδρορεμάτων στο αργολικό πεδίο, όπως πχ αυτές του Ξεριά και του Ίναχου, βόρεια και ανατολικά της πόλης του Άργους, παρατηρούνται ποταμοχερσαίες αποθέσεις που αντιπροσωπεύουν μεγάλα δελταϊκά ριπίδια (Εικ. 2.21). Τα ριπίδια αυτά σχηματίστηκαν κατά το Μέσο-Ανώτερο Πλειστόκαινο – Ολόκαινο και παρέμειναν ενεργά μέχρι και τη διευθέτηση της κοίτης των παραπάνω υδρορεμάτων. Αποτελούνται από λεπτά στρώματα αργίλων, άμμων αλλά κατά βάση από λατυποκροκαλοπαγή.

Οι σχετικά σύγχρονες αλλουβιακές αποθέσεις (Ολόκαινο) σχηματίζουν το νότιο κεντρικό τμήμα του Αργολικού πεδίου. Αποτελούνται από ασύνδετα υλικά προσχώσεων, υλικά ελουβιακού μανδύα και κλαστικές αποθέσεις στις κοίτες ποταμών και χειμάρρων, όπου μπορεί να σχηματίζουν αναβαθμίδες ύψους μέχρι και 2m. Περιλαμβάνουν κροκάλες, χαλίκια και κατά θέσεις αμμούχες αργίλους.

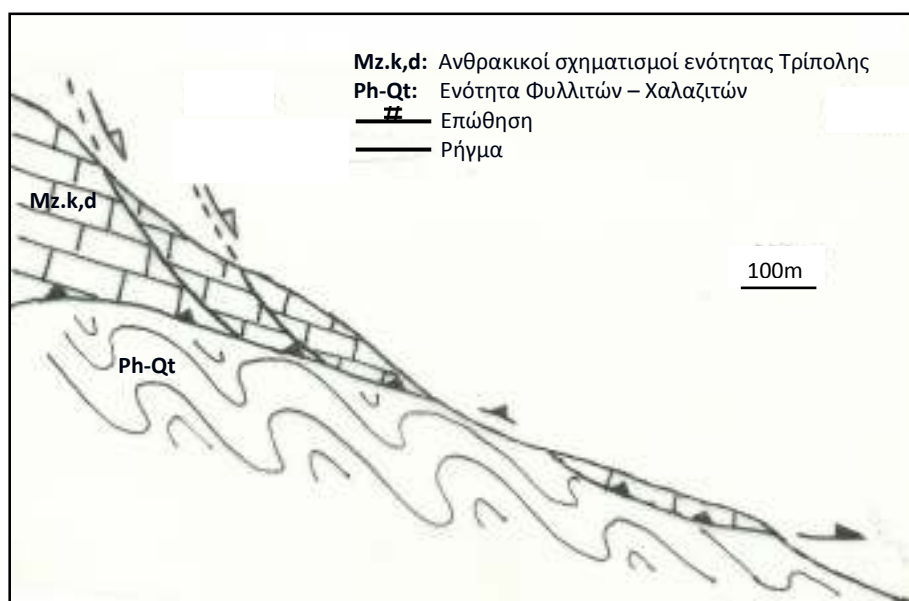
2.2.2 Τεκτονική – Νεοτεκτονική

Η περιοχή έρευνας παρουσιάζει πολύπλοκη τεκτονική δομή που χαρακτηρίζεται από επωθήσεις, πτυχώσεις και ρήγματα, τα οποία απεικονίζουν τα τεκτονικά επεισόδια που έχουν δράσει στην περιοχή σε ολόκληρη τη γεωλογική της ιστορία.

Αρχικά ένα συμπίεστικό επεισόδιο κατά το Ολιγόκαινο – Κατώτερο Μειόκαινο δημιούργησε τα αλπικά καλύμματα της περιοχής και την τοποθέτηση του ενός πάνω στο άλλο. Χαρακτηριστικό παράδειγμα της εφαιπτομενικής αυτής τεκτονικής ήταν η υπέρθεση της ενότητας της Πίνδου στο φλύσχη της ενότητας της Τρίπολης και των ενότητων της Τραπεζώνας και του Άκρου στον φλύσχη της ενότητας της Πίνδου (Εικ. 2.39). Η επώθηση της Πίνδου στην ενότητα της Τρίπολης διακρίνεται στις βόρειες πλαγίες του όρους Κτενιάς, όπου έχει δημιουργήσει μία εντυπωσιακή απότομη βουνοπλαγιά.

Σημαντικότερο ρόλο από πλευράς τεκτονικής στο δυτικό τμήμα της περιοχής μελέτης, έχει διαδραματίσει η αναθόλωση του μεταμορφωμένου υποβάθρου (Φυλλίτες – Χαλαζίτες), εξαιτίας της οποίας δημιουργήθηκε η εφελκυστική επαφή Φυλλιτών – Χαλαζιτών με την ενότητα Τρίπολης (ρήγμα αποκόλλησης), η οποία παρουσιάζεται αναθολωμένη (Εικ. 2.39). Η αναθόλωση αυτή έλαβε χώρα στο Μέσο Μειόκαινο – Κατώτερο Πλειόκαινο (ΣΚΟΥΡΤΟΣ 2002; ΣΚΟΥΡΤΟΣ & ΛΕΚΚΑΣ, 2010), με αποτέλεσμα στην περιοχή του Αρτεμισίου αυτή να κλίνει προς τα ανατολικά στις ανατολικές κλιτείς του ορεινού όγκου και προς τα νότια στις νότιες πλευρές του (ΣΚΟΥΡΤΟΣ κ.α., 1994).

Η ομόρροπη κλίση των κλιτύων και της επαφής αυτής, δημιούργησε τις απαραίτητες συνθήκες για να έχουν λάβει χώρα σημαντικές βαρυτικές ολισθήσεις, όπου οι «σκληρότερες» υπερκείμενες ανθρακικές μάζες της Τρίπολης ολισθαίνουν βαρυτικά πάνω στους «μαλακότερους» Φυλλίτες – Χαλαζίτες (βόρεια-βορειοδυτικά του Μερκουρίου) (Εικ. 2.49).



Εικόνα 2.49. Σκαριφηματική τομή, όπου διακρίνεται η τεκτονική επαφή ανάμεσα στις ενότητες Τρίπολης (Mz.k,d) και Φυλλιτών – Χαλαζιτών (Ph-Qt), η οποία έχει κλίσεις ομόρροπες προς το πρανάς με αποτέλεσμα να λαμβάνουν χώρα σημαντικές βαρυτικές ολισθήσεις (ΣΚΟΥΡΤΟΣ κ.α., 1994).

Σημαντικό ρόλο στην εξέλιξη της περιοχής έρευνας, διαδραμάτισε και το τελευταίο τεκτονικό επεισόδιο με τη δημιουργία εφελκυστικών ρηγμάτων μεγάλης κλίσης και ισχυρές στρέψεις ρηξιτεμαχών, που συνοδεύτηκε από την απόθεση του μεγάλου πάχους των Ανωπλειοκαινικών – Ανωπλειστοκαινικών αποθέσεων. Η ρηξιγενής αυτή δραστηριότητα, που ξεκίνησε στο Μέσο-Ανώτερο Πλειόκαινο, διαμόρφωσε τη λεκάνη του Αργολικού πεδίου και τη νότια προέκτασή της τον Αργολικό κόλπο.

Τα δυτικά περιθώρια του Αργολικού κόλπου και του Αργολικού πεδίου, οριοθετούνται από ρήγματα διεύθυνσης ΒΔ-ΝΑ έως ΒΒΔ-ΝΝΑ, σε κλιμακωτή διάταξη (**Εικ. 2.39**). Η παρουσία αυτών των ρηγμάτων βασίζεται περισσότερο σε στοιχεία γεωτρήσεων και γεωφυσικών διασκοπήσεων, παρά σε επιφανειακές παρατηρήσεις, καθώς δεν έχει χαρτογραφηθεί κάποιο ίχνος των ρηγμάτων αυτών στην επιφάνεια. Νοτιοδυτικά της πόλης του Άργους πιστοποιήθηκε η ύπαρξη ενός ρήγματος διεύθυνσης ΒΔ-ΝΑ (Κιβέρι – Λέρνη – Κεφαλάρι). Στη δράση αυτού του ρήγματος αποδίδεται η γραμμική διεύθυνση τεσσάρων καρστικών πηγών, που από βορρά προς νότο εμφανίζονται σε ελαττούμενα υψόμετρα (Κεφαλάρι Άργους, Λέρνης, Κιβερίου και Ανάβαλου Άστρους) (ΓΑΚΗ – ΠΑΠΑΝΑΣΤΑΣΙΟΥ, 1991). Η ύπαρξη κάποιας τεκτονικής δομής στην έξοδο του υδρορέματος του Ξεριά, πιστοποιείται από γεωτρήσεις στην περιοχή Άκοβα, όπου δεν εντοπίστηκε το αλπικό υπόβαθρο (από ΓΑΚΗ – ΠΑΠΑΝΑΣΤΑΣΙΟΥ, 1991). Το ρήγμα έχει διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ και εκτείνεται μέχρι την περιοχή της Στέρνας (ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ κ.α., 1996). Στην περιοχή αυτή φαίνεται να διασταυρώνεται από ένα άλλο ρήγμα διεύθυνσης ΒΑ-ΝΔ, στην περιοχή της Λύρκειας, κατά μήκος του Ίναχου και του Βελανδοπόταμου, οριοθετώντας προς τα νοτιοανατολικά τις ορεινές μάζες του Μεγαλοβουνίου και του Λύρκειου Όρους.

Στο δυτικό τμήμα της περιοχής έρευνας, έχει χαρτογραφηθεί ένα μεγάλο ρήγμα διεύθυνσης ΒΔ-ΝΑ, παράλληλο με τα ρήγματα που οριοθετούν το Αργολικό πεδίο, το οποίο εκτείνεται από την περιοχή της Λύρκειας μέχρι τον Αχλαδόκαμπο (ΣΚΟΥΡΤΣΟΣ κ.α., 1994). Το ρήγμα οριοθετεί προς τα ανατολικά τους ορεινούς όγκους του Αρτεμισίου, του Μαυροβουνίου και του Κτενιά, που αποτελούν το υποκείμενο τέμαχος του ρήγματος. Λόγω της δράσης αυτού, έχουν εξαφανιστεί προς τα ανατολικά οι εμφανίσεις των ενοτήτων Τρίπολης και Φυλλιτών – Χαλαζιτών. Το υπερκείμενο τέμαχος του ρήγματος αποτελείται αποκλειστικά από πινδικούς σχηματισμούς που δομούν τα όρη Ράχη, Μεγαβούνι και Γιαννοβούνι. Το άλμα του ρήγματος υπολογίζεται να είναι μεγαλύτερο από 500m στην περιοχή Άνω Πεντασούφλι και Μανδράκι (ΣΚΟΥΡΤΣΟΣ κ.α., 1994).

Τα ανατολικά περιθώρια του Αργολικού πεδίου οριοθετούνται, επίσης, με κανονικά ρήγματα, σύμφωνα με γεωηλεκτρικές μετρήσεις του ΙΓΜΕ (από ΓΑΚΗ – ΠΑΠΑΝΑΣΤΑΣΙΟΥ, 1991). Οι ΘΕΟΔΩΡΟΠΟΥΛΟΣ & ΖΑΜΑΝΗ (1970) δέχονται ότι στο κέντρο του αργολικού πεδίου λαμβάνουν χώρα καθοδικές κινήσεις, ενώ στις παρυφές του ανοδικές.

Αν και η περιοχή θεωρείται σεισμικά ενεργή, παρουσιάζει περιορισμένη σεισμική δραστηριότητα σε σύγκριση με την όμορη περιοχή του Κορινθιακού κόλπου. Οι σεισμοί είναι κυρίως ενδιάμεσου βάθους, (50-100) km, και λιγότερο μικρού βάθους (<20 km). Ιστορικά αναφέρονται οι σεισμοί του 387 πΧ με μέγεθος 6,3 και του 1421 μΧ με μέγεθος 6,0 στην περιοχή του Άργους και ο σεισμός του 1876 στη Νεμέα με μέγεθος 6,0.

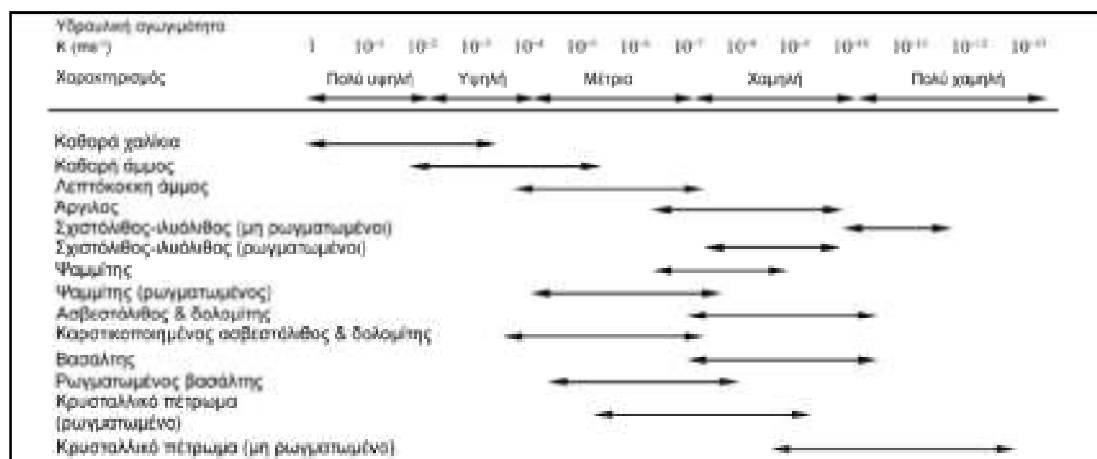
2.4 Υδρογεωλογία

2.4.1 Εισαγωγή

Η υδροπερατότητα ή υδραυλική αγωγιμότητα (K) αντιπροσωπεύει την ικανότητα ενός γεωλογικού σχηματισμού να επιτρέπει τη διείσδυση και την κυκλοφορία του νερού μέσα σε αυτόν. Εξαρτάται από μια σειρά φυσικών παραγόντων, οι οποίοι συνδέονται τόσο με τα χαρακτηριστικά του μέσου (πορώδες) όσο και με τις ιδιότητες του ρευστού (πυκνότητα και ιξώδες).

Το πορώδες μπορεί να είναι πρωτογενές ή και δευτερογενές. Στην πρώτη περίπτωση εξαρτάται από το σχήμα, τη διάταξη και το μέγεθος των κόκκων που αποτελούν τον γεωλογικό σχηματισμό ή πέτρωμα. Στη δεύτερη περίπτωση εξαρτάται από την πυκνότητα, και το άνοιγμα των πάσης φύσεως ασυνεχειών. Στις περιπτώσεις που συνυπάρχουν πρωτογενές και δευτερογενές πορώδες, γίνεται λόγος για την παρουσία «διπλού πορώδους».

Σχηματισμοί που χαρακτηρίζονται από την παρουσία πόρων (κενών) είναι γνωστοί ως μικροπερατοί (ή πορώδεις) σχηματισμοί. Στους μικροπερατούς σχηματισμούς, διαγενετικές διαδικασίες, όπως συμπίεση, συμπύκνωση και συγκόλληση, μπορεί να οδηγήσουν σε μείωση του πρωτογενούς πορώδους και ταυτόχρονα σε ανάπτυξη δευτερογενούς. Τους σχηματισμούς στους οποίους αναπτύσσονται πάσης φύσεως ασυνέχειες τους χαρακτηρίζουμε ως μακροπερατούς σχηματισμούς. Σε αμφότερες τις περιπτώσεις, η υδραυλική αγωγιμότητα, αλλά και η αποθηκευτική τους ικανότητα, είναι συνάρτηση του βαθμού διασύνδεσης των πόρων και των ασυνεχειών μεταξύ τους. Επιπλέον, η υδροπερατότητα των μακροπερατών πετρωμάτων είναι συνάρτηση του βαθμού διάλυσής τους από το νερό. Στην **Εικόνα 2.50** δίνεται η υδραυλική αγωγιμότητα διαφόρων γεωλογικών σχηματισμών (πετρωμάτων), σύμφωνα με τους SINGHAL & GUPTA (2010).

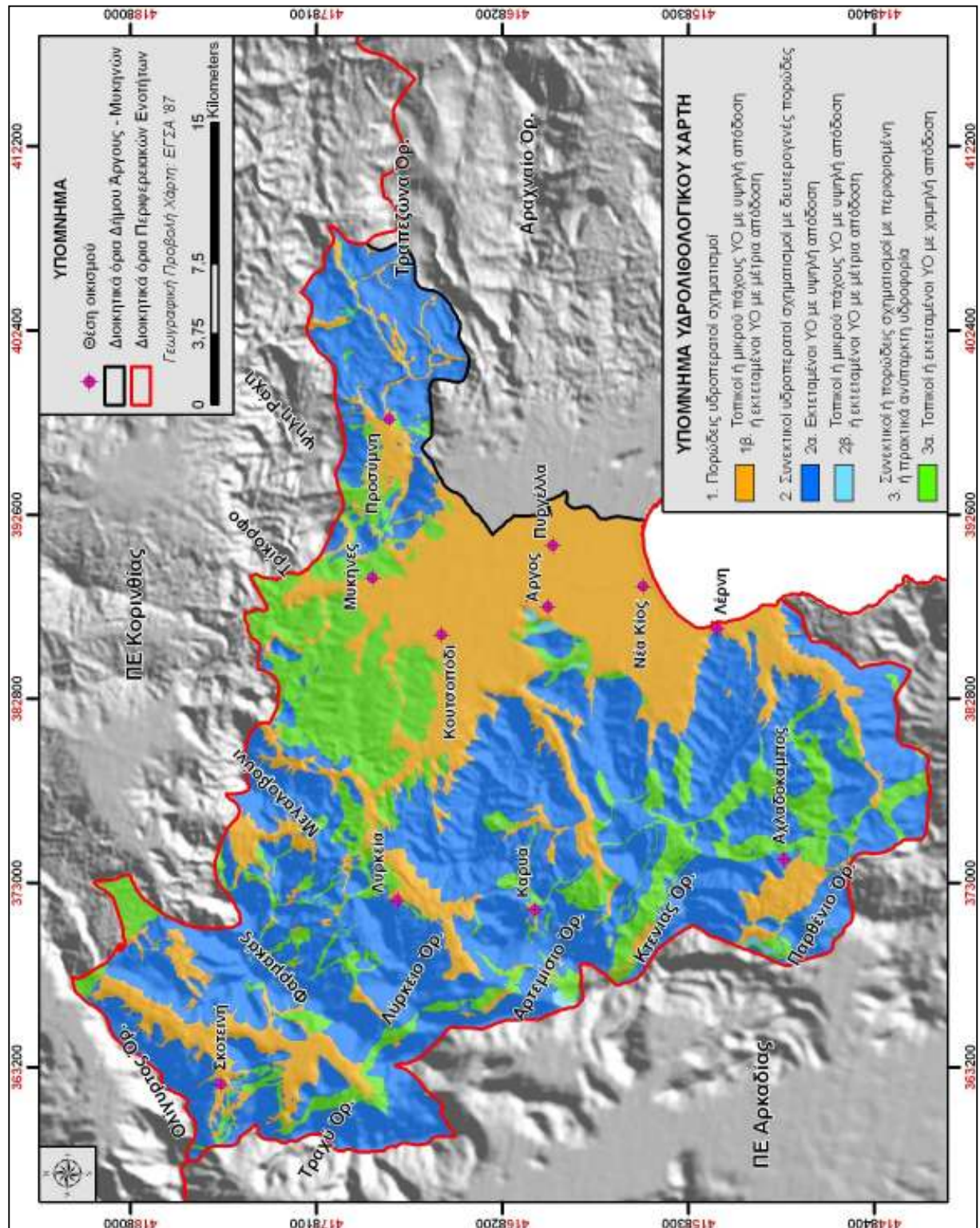


Εικόνα 2.50. Η υδραυλική αγωγιμότητα (K) διαφόρων γεωλογικών σχηματισμών που φιλοξενούν υπόγεια υδροφορία. (SINGHAL & GUPTA, 2010).

2.4.2 Υδρολιθολογική συμπεριφορά γεωλογικών σχηματισμών

Η υδρολιθολογική συμπεριφορά των γεωλογικών σχηματισμών, εξαρτάται κυρίως από τη λιθολογική τους σύσταση, τον τεκτονισμό τους, το βαθμό αποσάθρωσης και από το βαθμό καρστικοποίησης (για τους ανθρακικούς σχηματισμούς).

Με τη βοήθεια του γεωλογικού χάρτη του Δήμου Άργους – Μυκηνών (Εικ. 2.39) και σε συνδυασμό με επιτόπου γεωλογικές και υδρογεωλογικές παρατηρήσεις, κατασκευάστηκε ο υδρολιθολογικός – υδρογεωλογικός χάρτης του Δήμου (Εικ. 2.51). Η υδρολιθολογική ταξινόμηση των επιμέρους γεωλογικών σχηματισμών βασίστηκε στην πρότυπη κατάταξη της Διεθνούς Ένωσης Υδρογεωλόγων (STRUCKMEIER & MARGAT, 1995; NIKAS et al., 2010) με μικρές τροποποιήσεις (ΜΑΤΙΑΤΟΣ, 2010).



Εικόνα. 2.51. Υδρολιθολογικός – υδρογεωλογικός χάρτης του Δήμου Άργους – Μυκηνών. Η υδρολιθολογική ταξινόμηση των επιμέρους γεωλογικών σχηματισμών βασίστηκε στην πρότυπη κατάταξη της Διεθνούς Ένωσης Υδρογεωλόγων (STRUCKMEIER & MARGAT, 1995; NIKAS et al., 2010) με τροποποιήσεις (ΜΑΤΙΑΤΟΣ, 2010).

Σύμφωνα με το πρότυπο της Διεθνούς Ένωσης Υδρογεωλόγων (IAH), το σύνολο των γεωλογικών σχηματισμών δύναται να καταταγεί σε έξι επιμέρους υδρογεωλογικούς τύπους (τρεις κύριους τύπους με δύο υποκατηγορίες έκαστος), με βάση την παραγωγικότητα – αποδοτικότητα των υδροφόρων, την γεωγραφική και στρωματογραφική τους ευρύτητα, το είδος της υδροπερατότητας (πρωτογενής, δευτερογενής, κλπ.) και βέβαια τα λιθολογικά – ιζηματολογικά τους χαρακτηριστικά (Εικ. 2.52).



Εικόνα 2.52. Κατηγορίες υδρολιθολογικής κατάταξης των γεωλογικών σχηματισμών με βάση το πρότυπο της Διεθνούς Ένωσης Υδρογεωλόγων (STRUCKMEIER & MARGAT, 1995; NIKAS et al., 2010) με τροποποιήσεις από ΜΑΤΙΑΤΟ, 2010.

Στις επόμενες παραγράφους πραγματοποιείται υδρολιθολογική κατάταξη των γεωλογικών σχηματισμών της περιοχής έρευνας με βάση την ανωτέρω ταξινόμηση, καθώς και περιγραφή των υδρογεωλογικών και υδραυλικών χαρακτηριστικών κάθε σχηματισμού.

Επισημαίνεται, πως στην κατηγοριοποίηση της απόδοσης των διαφόρων υδροφόρων οριζόντων λήφθηκαν υπόψη δεδομένα δοκιμαστικών αντλήσεων, το ύψος βροχής που πέφτει στην περιοχή, η έκταση, το πάχος των επιμέρους γεωλογικών σχηματισμών και βιβλιογραφικά η τυπική υδραυλική αγωγιμότητα (K) και ο συντελεστής εναποθήκευσης (S) του κάθε σχηματισμού.

Κατηγορία 1: Πορώδεις υδροπερατοί σχηματισμοί

Επισημαίνεται, πως στην κατηγορία αυτή εντάσσονται σχηματισμοί, των οποίων η υδροφορία οφείλεται κατά κύριο λόγο στο πρωτογενές πορώδες.

➤ Υποκατηγορία 1α: Εκτεταμένοι υδροφόροι ορίζοντες με υψηλή απόδοση

Στην υποκατηγορία αυτή δεν εντάχθηκε κάποιος από τους γεωλογικούς σχηματισμούς που απαντούν εντός των διοικητικών ορίων του Δήμου Άργους – Μυκηνών.

➤ Υποκατηγορία 1β: Τοπικοί ή μικρού πάχους υδροφόροι ορίζοντες με υψηλή απόδοση ή εκτεταμένοι υδροφόροι ορίζοντες με μέτρια απόδοση

Στην κατηγορία αυτή εντάσσονται οι εξής γεωλογικοί σχηματισμοί:

- **1β.1 Αλλουβιακές αποθέσεις**

Πρόκειται για κοκκώδεις σχηματισμούς μεγάλης έως μέτριας περατότητας, καθώς αποτελούνται από ασύνδετα υλικά προσχώσεων, υλικά ελουβιακού μανδύα και κλαστικές αποθέσεις στις κοίτες ποταμών και χειμάρρων. Περιλαμβάνουν κροκάλες, χαλίκια και κατά θέσεις αμμούχες αργίλους καταλαμβάνοντας το νότιο κεντρικό τμήμα του Αργολικού πεδίου (**Εικ. 2.39**). Επιτρέπουν στην περιοχή έρευνας την ανάπτυξη εκτεταμένων φρεάτιων υδροφόρων οριζόντων, λόγω μεγάλης επιφανειακής ανάπτυξης, υποκείμενων όμως στις εποχιακές μεταβολές, μέτριας δυναμικότητας και σε μικρό βάθος.

- **1β.2 Κορήματα και παλιές ποτάμιες αποθέσεις**

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, αποτελούνται από λεπτά στρώματα αργίλων, άμμων αλλά κατά βάση από λατυποκροκαλοπαγή με λατύπες και κροκάλες ανθρακικών και κλαστικών πετρωμάτων και εμφανίζονται στη βάση πλαγιών με μεγάλη κλίση (**Εικ. 2.39**). Χαρακτηρίζονται από μικρή έως μέτρια περατότητα, ανάλογα με την προέλευση, κλαστική ή ανθρακική, των λατυπών και κροκάλων των λατυποκροκαλοπαγών. Τα ανθρακικά κορήματα και οι κώνοι κορημάτων είναι τις περισσότερες φορές έντονα συνεκτικά με συνδετικό υλικό αποτελούμενο από ασβεστίτη με αποτέλεσμα να συνυπάρχουν πόροι και ασυνέχειες, οπότε γίνεται λόγος για σχηματισμό με «διπλό πορώδες». Σχηματίζουν τοπικής σημασίας υδροφόρους ορίζοντες μικρής έως μέτριας δυναμικότητας, ενώ συχνά μεταβιβάζουν το νερό τους σε υποκείμενα υδατικά συστήματα, λόγω υδραυλικής επικοινωνίας.

Κατηγορία 2: Συνεκτικοί υδροπερατοί σχηματισμοί με δευτερογενές πορώδες

Πρόκειται για συμπαγείς λιθολογίες των οποίων η υδροφορία οφείλεται κατά κύριο λόγο στο δευτερογενές πορώδες. Αποτελούνται αποκλειστικά από ανθρακικά πετρώματα και οι παράγοντες που καθορίζουν και ελέγχουν την υδρολιθολογική – υδρογεωλογική τους συμπεριφορά είναι:

1. ο ρηγματογόνος τεκτονισμός,
2. η γεωμετρία της επιφάνειας, τεκτονικής κυρίως, των ανθρακικών αυτών πετρωμάτων με τους υποκείμενους υδροπερατούς ή αδιαπέρατους σχηματισμούς,
3. οι πάσης φύσεως ασυνέχειες (επιφάνειες στρώσης – διακλάσεις),
4. ο βαθμός καρστοποίησης και
5. η μερική πλήρωση των καρστικών εγκοίλων με ερυθρογή.

➤ **Υποκατηγορία 2α: Εκτεταμένοι υδροφόροι ορίζοντες με υψηλή απόδοση**

Στην κατηγορία αυτή εντάσσονται οι εξής γεωλογικοί σχηματισμοί:

- **2α.1 Ανωτριάδικοί ασβεστόλιθοι ενότητας Τραπεζώνας**

Πρόκειται κυρίως για νηρητικούς ασβεστόλιθους πάχους μερικών εκατοντάδων μέτρων, οι οποίοι εμφανίζονται στην ευρύτερη περιοχή Μυκηνών – Προσύμνης – Λιμνών (**Εικ. 2.39**), εντός των οποίων αναπτύσσονται καρστικοί υδροφόροι ορίζοντες μεγάλης δυναμικότητας. Χαρακτηρίζονται από μεγάλη περατότητα, καθώς εμφανίζονται κατακερματισμένοι και έντονα καρστοποιημένοι.

- **2α.2 Ανωκρητιδικοί ασβεστόλιθοι ενότητας Πίνδου**

Περιλαμβάνουν πλακώδεις ασβεστόλιθους που δομούν, κυρίως, τις κορυφαίες περιοχές των ορεινών όγκων, δυτικά του Αργολικού πεδίου, όπως του Κτενιά, του Αρτεμισίου, του

Μεγαλοβουνίου κλπ. (**Εικ. 2.39**). Κατά θέσεις παρουσιάζονται ρηγματωμένοι, ενώ το πάχος του σχηματισμού είναι αρκετά μεγάλο. Χαρακτηρίζονται από μεγάλη περατότητα, καθώς εμφανίζονται κατακερματισμένοι και έντονα καρστοποιημένοι, εντός των οποίων αναπτύσσονται μεγάλης δυναμικότητας καρστικοί υδροφόροι ορίζοντες. Επισημαίνεται η εκδήλωση σημαντικής δυναμικότητας πηγαίων εκφορτίσεων (πηγές Κεφαλαρίου, Λέρνης, Κρόης, Κιβερίου κλπ.), οι οποίες εκφορτίζουν τόσο τους ανθρακικούς σχηματισμούς της ενότητας Τρίπολης, όσο και τους ανωκρητιδικούς ασβεστόλιθους της ενότητας Πίνδου, οι οποίοι βρίσκονται σε υδραυλική επικοινωνία.

- **2α.3 Ανθρακικοί σχηματισμοί ενότητας Τρίπολης**

Πρόκειται για ανθρακικά πετρώματα (ασβεστόλιθοι, δολομιτικοί ασβεστόλιθοι, δολομίτες) ιδιαίτερα μεγάλου πάχους, κατά θέσεις ξεπερνά τα 600m, που δομούν τους ορεινούς όγκους του Μαυροβουνίου και Γαϊδουροβουνίου νότια του Μερκουρίου, τις χαμηλότερες κλιτείς του Όρους Αρτεμίσιο, το Λύρκειο Όρος κλπ. (**Εικ. 2.39**), εντός των οποίων αναπτύσσονται καρστικοί υδροφόροι ορίζοντες μεγάλης δυναμικότητας. Χαρακτηρίζονται από μεγάλη περατότητα, καθώς εμφανίζονται κατακερματισμένοι και έντονα καρστοποιημένοι. Επισημαίνεται η παρουσία όλων των τυπικών καρστικών γεωμορφών με πληθώρα καταβολών.

- **Υποκατηγορία 2β: Τοπικοί ή μικρού πάχους υδροφόροι ορίζοντες με υψηλή απόδοση ή εκτεταμένοι υδροφόροι ορίζοντες με μέτρια απόδοση**

Στην κατηγορία αυτή εντάσσονται οι εξής γεωλογικοί σχηματισμοί:

- **2β.1 Ενότητα Άκρου**

Πρόκειται κυρίως για μεσοπλακώδεις έως παχυπλακώδεις ασβεστόλιθους και ενίοτε λατυποπαγείς ασβεστόλιθους, οι οποίοι παρουσιάζουν περιορισμένη έκταση δυτικά του Άργους, όπου δομούν το λόφο του κάστρου Λάρισα (**Εικ. 2.39**). Μεγάλου πάχους και έκτασης εμφανίσεις της ανωτέρω ενότητας απαντούν στην περιοχή του Ναυπλίου και του Λυγουριού, εντός των οποίων αναπτύσσονται μεγάλης δυναμικότητας καρστικοί υδροφόροι ορίζοντες, καθώς χαρακτηρίζονται από μεγάλη περατότητα, εξαιτίας του κατακερματισμού και της καρστοποίησης που έχουν υποστεί. Παρόλα αυτά, το μικρό πάχος και οι περιορισμένης έκτασης εμφανίσεις της ανωτέρω ενότητας στην περιοχή του λόφου του κάστρου Λάρισα δεν καθιστούν την αναπτυσσόμενη καρστική υδροφορία ως ιδιαίτερας αξιόλογη.

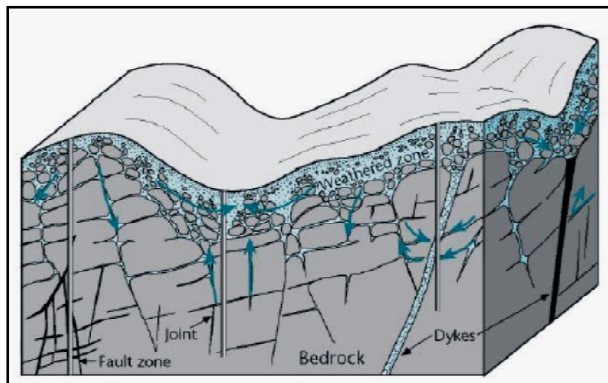
- **2β.2 Ενότητα Μαγγασά**

Ο σχηματισμός περιλαμβάνει λατυποπαγείς ασβεστόλιθους σε εμφανίσεις περιορισμένης έκτασης στην ευρύτερη περιοχή του Αρτεμίσίου και του Κτενιά (**Εικ. 2.39**). Χαρακτηρίζεται από σχετικά μεγάλη περατότητα, καθώς εμφανίζεται κατακερματισμένος, εξαιτίας και της εμφάνισής του με τη μορφή σφήνας ανάμεσα στην υποκείμενη ενότητα της Τρίπολης και την υπερκείμενη ενότητα της Πίνδο και κατά θέσεις καρστοποιημένος. Αναπτύσσουν μέτριας δυναμικότητας καρστικούς υδροφόρους ορίζοντες, εξαιτίας της λιθολογίας, του μικρού πάχους και της περιορισμένης έκτασης των εμφανίσεων του σχηματισμού.

Κατηγορία 3: Συνεκτικοί ή πορώδεις σχηματισμοί με περιορισμένη ή πρακτικά ανύπαρκτη υδροφορία

Κατά κανόνα, οι σχηματισμοί αυτοί έχουν υποστεί έντονη τεκτονική καταπόνηση, με αποτέλεσμα οι διαρρήξεις τους να έχουν δημιουργήσει δευτερογενείς πορώδες. Η κίνηση

του νερού περιορίζεται κατά μήκος των επιφανειακών αποσαθρωμένων τμημάτων και των τεκτονισμένων ζωνών με συνέπεια την ανάπτυξη τοπικών και σχετικά περιορισμένης δυναμικότητας υδροφόρων οριζόντων (**Εικ. 2.53**).



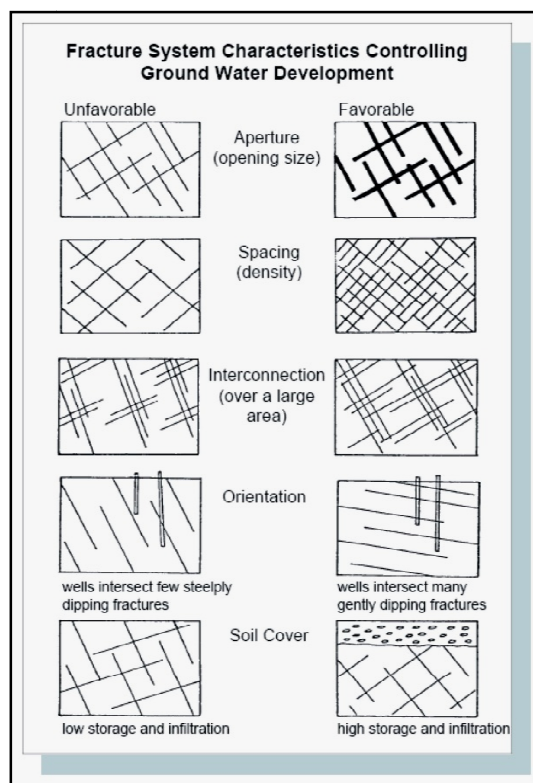
Εικόνα 2.52. Υδροφόροι ορίζοντες μέσου ασυνεχειών σε σκληρά – διερρηγμένα πετρώματα. Το νερό κινείται και αποθηκεύεται στις πάσης φύσεως διακλάσεις του πετρώματος (DAVIS & DE WIEST, 1966).

Η υδρογεωλογική συμπεριφορά τέτοιων σχηματισμών, έχει ως εξής:

- Δεν υπάρχει απλή γραμμική σχέση ανάμεσα στην αντλούμενη παροχή και στην πτώση στάθμης των υδροληπτικών έργων, γιατί στην αρχή το αντλούμενο νερό προέρχεται κατά κύριο λόγο από τις ρωγμές και στη συνέχεια από το ασήμαντο ενεργό πορώδες. Αρχικά δηλαδή έχουμε μεγάλη μεταβιβαστικότητα (T) και μικρή υδροχωρητικότητα (S), ενώ στη συνέχεια ασήμαντη μεταβιβαστικότητα (T) και σημαντικότερη υδροχωρητικότητα (S). Έτσι, οι αποδόσεις μειώνονται συναρτήσει του χρόνου σε αντίθεση με την πτώση στάθμης (MATTHESS & UBELL, 1983).
- Η τοποθέτηση των υδρομαστευτικών έργων πρέπει να γίνεται σε ζώνες έντονης ρωγμάτωσης και ρηγμάτωσης και σε επίπεδες περιοχές.
- Η αποσάθρωση και ο τεκτονισμός των πετρωμάτων βελτιώνει τις υδροφόρες ιδιότητές τους.
- Τις μικρότερες παροχές δίνουν οι φυλλίτες και τα άλλα φυλλώδη πετρώματα (σχιστόλιθοι, σχιστογενέσιλοι). Σε αυτά οι διαρρήξεις, οι ρωγμές και οι αρμοί κλείνουν γρήγορα με το βάθος. Η υδροπερατότητα τέτοιων πετρωμάτων είναι μεγαλύτερη παράλληλα προς τη σχιστότητα και αρκετά μικρότερη κάθετα προς αυτήν.

Στην **Εικόνα 2.54** διακρίνεται ο ρόλος των συστημάτων διακλάσεων που υπάρχουν στη βραχομάζα σκληρών – διερρηγμένων πετρωμάτων στη δημιουργία ευνοϊκών (δεξιά στήλη) ή μη (αριστερή στήλη) συνθηκών για την ανάπτυξη υδροφόρων οριζόντων μέσου ασυνεχειών. Η παρουσία αποσαθρωμένου μανδύα πάνω από το μητρικό πέτρωμα προσδίδει στο δεύτερο υψηλή κατείσδυση και αποθηκευτική ικανότητα σε αντίθεση με την απουσία.

Προκύπτει επιπλέον, πως αυξανόμενου του πάχους και της έκτασης των λιθολογιών που παίζουν θετικό ρόλο μεγαλώνει περαιτέρω η δυναμικότητα των υδροφόρων οριζόντων, καθώς αυξάνεται η πυκνότητα και η συχνότητα των πάσης φύσεως διακλάσεων, με τις τελευταίες να παρουσιάζουν και μεγαλύτερο βαθμό διασύνδεσης μεταξύ τους.



Εικόνα 2.54. Συστήματα διακλάσεων που ελέγχουν τη δημιουργία μη ευνοϊκών (αριστερή στήλη) και ευνοϊκών συνθηκών (δεξιά στήλη) για την ανάπτυξη υδροφόρων οριζόντων σε σκληρά – διερρηγμένα πετρώματα σε σχέση με το άνοιγμα των πάσης φύσεως διακλάσεων, την πυκνότητα, την διασύνδεση και τον προσανατολισμό των παραπάνω διακλάσεων και τέλος την ύπαρξη αποσαθρωμένου μανδύα πάνω από το μητρικό πέτρωμα (CALIFORNIA DEPARTMENT OF WATER RESOURCES, 1990).

➤ **Υποκατηγορία 3α: Τοπικοί ή εκτεταμένοι υδροφόροι ορίζοντες με χαμηλή απόδοση**

Στην κατηγορία αυτή εντάσσονται οι εξής γεωλογικοί σχηματισμοί:

- **3α.1 Μεταλλικά**

Πρόκειται για λιμναίες και ποταμοχερσαίες αποθέσεις που αποτελούνται από εναλλαγές μαργών, άμμων και κροκαλοπαγών, οι οποίες παρουσιάζουν εκτεταμένη επιφανειακή εξάπλωση, κυρίως στα βορειοδυτικά, βόρεια και βορειοανατολικά τμήματα του Δήμου (**Εικ. 2.39**). Το πάχος του ανωτέρω σχηματισμού φτάνει έως και 600m, σύμφωνα με γεωτρητικά δεδομένα. Η ιδιαιτερότητα των εν λόγω ιζημάτων έγκειται στο γεγονός, ότι η αναπτυσσόμενη υδροφορία είναι συνάρτηση των λιθολογιών που συμμετέχουν. Έτσι, εκτεταμένη αλλά χαμηλής απόδοσης κοκκώδης υδροφορία αναπτύσσεται μόνο στις περιοχές εκείνες, όπου υπερτερούν οι άμμοι και τα κροκαλοπαγή (περιοχής Στέρνας και Φιχτίων). Αντίθετα στις περιοχές, όπου επικρατούν οι μάργες, η υδροπερατότητα μειώνεται σημαντικά, καθιστώντας το σχηματισμό πρακτικά αδιαπέρατο.

- **3α.2 Σχιστοκερατόλιθοι ενότητας Τραπεζώνας**

Εμφανίζονται στα ανατολικά των Μυκηνών και περιλαμβάνουν ψαμμίτες και πηλίτες που εναλλάσσονται ρυθμικά, όπου στη βάση τους παρατηρούνται μικρού πάχους ραδιολαρίτες (**Εικ. 2.39**). Πρόκειται για σχηματισμό με μεγάλη ποικιλία ως προς τη λιθολογία του, ο οποίος έχει υποστεί τεκτονική καταπόνηση, με αποτέλεσμα οι διαρρήξεις του να έχουν δημιουργήσει δευτερογενείς πορώδες. Το νερό κατεισδύει μέσα στις διαρρήξεις, αν και

πρακτικά θεωρείται αδιαπέρατος σχηματισμός, δημιουργώντας τοπικούς και μικρής δυναμικότητας κατά θέσεις υδροφόρους ορίζοντες μέσου ασυνεχειών.

- **3α.3 Οφιολίθοι**

Τεκτονικές σφήνες από οφιολιθικά πετρώματα μεταξύ του υποκείμενου φλύσχη της ενότητας Πίνδου και της υπερκείμενης ενότητας Άκρου εμφανίζονται στο λόφο του κάστρου Λάρισα (**Εικ. 2.39**). Η κίνηση του νερού περιορίζεται κατά μήκος των επιφανειακών αποσαθρωμένων τμημάτων και των τεκτονισμένων ζωνών με συνέπεια την ανάπτυξη τοπικών φρεάτιων υδροφόρων οριζόντων, υποκείμενων στις εποχιακές μεταβολές, μικρής δυναμικότητας και σε μικρό βάθος, εξαιτίας κυρίως της περιορισμένης έκτασης που καταλαμβάνουν και του μικρού πάχους τους. Κατά θέσεις αναπτύσσονται τοπικοί και πολύ μικρής δυναμικότητας υδροφόρων οριζόντων μέσου ασυνεχειών.

- **3α.4 Φλύσχης ενότητας Πίνδου**

Αποτελείται από εναλλαγές ψαμμιτικών και πηλιτικών οριζόντων και εμφανίζεται στα δυτικά του Άργους και στα δυτικά της οροσειράς Μεγαλοβούνι – Ράχη – Μεγαβούνι – Γιαννοβούνι (**Εικ. 2.39**). Πρόκειται για σχηματισμό με μεγάλη ποικιλία ως προς τη λιθολογία του, ο οποίος έχει υποστεί τεκτονική καταπόνηση, με αποτέλεσμα οι διαρρήξεις του να έχουν δημιουργήσει δευτερογενές πορώδες. Το νερό κατεισδύει μέσα στις διαρρήξεις, αν και πρακτικά θεωρείται αδιαπέρατος σχηματισμός, δημιουργώντας τοπικούς και μικρής δυναμικότητας κατά θέσεις υδροφόρους ορίζοντες μέσου ασυνεχειών.

- **3α.5 Πρώτος Φλύσχης ενότητας Πίνδου**

Περιλαμβάνει πηλιτικούς ορίζοντες και ραδιολαρίτες, κλαστικούς ασβεστόλιθους και εναλλαγές αδρόκοκκων ψαμμιτών και πηλιτών και εμφανίζεται σε επιμήκεις διατάξεις περιορισμένου πλάτους στο δυτικό τμήμα του Δήμου κατά μήκος της οροσειράς Τραχύ – Λύρκειο – Αρτεμίσιο – Κτενιάς (**Εικ. 2.39**). Πρόκειται για σχηματισμό με μεγάλη ποικιλία ως προς τη λιθολογία του, ο οποίος έχει υποστεί τεκτονική καταπόνηση, με αποτέλεσμα οι διαρρήξεις του να έχουν δημιουργήσει δευτερογενές πορώδες. Η συμμετοχή ραδιολαριτών, ασβεστόλιθων και ψαμμιτών ευνοεί την κατείσδυση του μετεωρικού νερού, ενώ η παρουσία αδιαπέρατων λιθολογιών, όπως οι πηλίτες, συμβάλλει περιοριστικά στην αναπτυσσόμενη υδροφορία. Εν κατακλείδι, εντός του σχηματισμού αναπτύσσονται τοπικοί και μικρής δυναμικότητας κατά θέσεις υδροφόροι ορίζοντες μέσου ασυνεχειών.

- **3α.6 Φλύσχης ενότητας Τρίπολης, Ολισθόλιθοι**

Τα ανώτερα στρώματα του φλύσχη της ενότητας Τρίπολης χαρακτηρίζονται από την παρουσία ολισθολίθων ηφαιστειακών, κερατολιθικών και ασβεστολιθικών πετρωμάτων που συνιστούν τον «άγριο» φλύσχη της ενότητας. Ο ανωτέρω σχηματισμός εμφανίζεται επίσης σε επιμήκεις διατάξεις περιορισμένου πλάτους στο δυτικό τμήμα του Δήμου κατά μήκος της οροσειράς Τραχύ – Λύρκειο – Αρτεμίσιο – Κτενιάς (**Εικ. 2.39**). Πρόκειται για σχηματισμό με μεγάλη ποικιλία ως προς τη λιθολογία του, ο οποίος έχει υποστεί έντονη τεκτονική καταπόνηση, με αποτέλεσμα οι διαρρήξεις του να έχουν δημιουργήσει δευτερογενές πορώδες. Παρόλα αυτά, το μικρό πάχος και οι περιορισμένης έκτασης εμφανίσεις του σχηματισμού καθιστούν την αναπτυσσόμενη υδροφορία ως ιδιαιτέρως χαμηλής απόδοσης. Επισημαίνεται η ύπαρξη μικροπηγών πολύ μικρής δυναμικότητας που εκφορτίζουν ολισθόλιθους ασβεστολιθικών πετρωμάτων, οι οποίες εξυπηρετούν κυρίως μεμονωμένες κτηνοτροφικές ανάγκες.

- **3α.7 Φλύσχης ενότητας Τρίπολης**

Πρόκειται για εναλλαγές ψαμιτών και πηλινών με λίγα κροκαλοπαγή κυμαινόμενου πάχους από λίγα έως και 1.000 μέτρα. Ο φλύσχος της ενότητας Τρίπολης εμφανίζεται κατά μήκος της οροσειράς Ολίγυρτος – Τραχύ – Λύρκειο – Αρτεμίσιο – Κτενιάς – Παρθένιο και στα Δερβενάκια (Εικ. 2.39). Η συμμετοχή ψαμιτών και κροκαλοπαγών ευνοεί την κατείσδυση του μετεωρικού νερού, ενώ η παρουσία αδιαπέρατων λιθολογιών, όπως οι πηλίτες, συμβάλλει περιοριστικά στην αναπτυσσόμενη υδροφορία. Εν κατακλείδι, εντός του σχηματισμού αναπτύσσονται τοπικοί και μικρής δυναμικότητας κατά θέσεις υδροφόροι ορίζοντες μέσου ασυνεχειών.

• 3α.8 Ενότητα Φυλλινών – Χαλαζιτών

Πρόκειται για μεταμορφωμένη κλαστική ακολουθία, η οποία αποτελείται από μαρμαρυγιακούς σχιστόλιθους, χαλαζίτες και λεπτές ενδιαστρώσεις μαρμάρων και εμφανίζεται στην ευρύτερη περιοχή του Μερκουρίου (Εικ. 2.39). Ο σχηματισμός αυτός δεν παρουσιάζει ενιαία υδρογεωλογική συμπεριφορά, εξαιτίας της ποικιλίας της λιθολογίας του και θεωρείται πρακτικά αδιαπέρατος. Παρόλα αυτά μέσα στο σχηματισμό αυτό αναπτύσσονται τοπικοί και μικρής δυναμικότητας υδροφόροι ορίζοντες μέσου ασυνεχειών, καθώς έχει αναπτύξει σημαντικό δευτερογενές πορώδες και ικανοποιητικού πάχους μανδύα αποσάθρωσης.

➤ Υποκατηγορία 3β: Σχηματισμοί με πρακτικά ανύπαρκτη υδροφορία

Στην υποκατηγορία αυτή δεν εντάχθηκε κάποιος από τους γεωλογικούς σχηματισμούς που απαντούν εντός των διοικητικών ορίων του Δήμου Άργους – Μυκηνών.

2.4.3 Υδροφόροι ορίζοντες

2.4.2.1 Γενικά

Η ταχεία ανάπτυξη του πρωτογενούς τομέα στην ευρύτερη περιοχή του Αργολικού πεδίου στη δεκαετία του 1960 οδήγησε στην αναζήτηση υδατικών πόρων για την κάλυψη των τεράστιων αρδευτικών αναγκών.

Στο πλαίσιο αυτό, η Ελληνική Κυβέρνηση με την αρωγή, οικονομική και επιστημονική, Διεθνών Οργανισμών (FAO) κατήρτισε ένα γενικό πρόγραμμα ερευνητικών εργασιών και μελετών για τον προσδιορισμό των υδατικών πόρων της ευρύτερης περιοχής του Αργολικού πεδίου αλλά και την αντιμετώπιση της υφαλμύρωσης των υδροφόρων οριζώντων στο παράκτιο τμήμα.

Μετά από διάφορες προκαταρκτικές εργασίες, τον Απρίλιο του 1962 συστήθηκε ομάδα εργασίας αποτελούμενη από εκπρόσωπους των ενδιαφερόμενων Υπουργείων (Συντονισμού, Δημοσίων Έργων και Γεωργίας), του ΙΓΕΥ, καθώς και από εμπειρογνώμονες του UN Special Fund Project και της TAHAL Ltd, η οποία κατήρτισε το σχετικό πρόγραμμα.

Οι βασικές κατευθύνσεις του ανωτέρω προγράμματος περιγράφονται σε σχετική έκθεση των ΣΤΑΣΙΝΟΠΟΥΛΟΥ & ΠΟΥΛΟΒΑΣΙΛΗ (1965) στην οποία αναφέρεται και η πρόοδος των τότε ερευνητικών εργασιών.

Το πρόγραμμα αυτό μεταξύ των άλλων περιελάμβανε την εκτέλεση 60 ερευνητικών γεωτρήσεων ή «Δεσμών» (ΠΟΥΛΟΒΑΣΙΛΗΣ, 1963) με σκοπό τη λεπτομερή στρωματογραφική έρευνα των αλλουβιακών αποθέσεων, τον καθορισμό περιοχών τροφοδοσίας των υδροφόρων σχηματισμών και των υδραυλικών τους ιδιοτήτων (S, Sy, T,

Κ). Η εκτέλεση των παραπάνω γεωτρήσεων έγινε υπό την επίβλεψη των γεωλόγων κκ. Γαλέου, Θάνου και Ζέρβα (ΥΠ.ΓΕ, 1966), οι οποίοι ασχολήθηκαν επιμελώς με την συλλογή, αναγνώριση και αξιολόγηση των λιθολογικών δειγμάτων και τη σύνταξη των σχετικών στρωματογραφικών τομών των παραπάνω γεωτρήσεων.

Τελικώς, πραγματοποιήθηκαν 59 γεωτρήσεις (Οκτώβριος 1962 – Μάιος 1964), ενώ έλαβε χώρα 938 δειγμάτων τα οποία εξετάστηκαν μακροσκοπικά και εν μέρει μικροσκοπικά. Οι παραπάνω γεωτρήσεις έφταναν σε βάθος (60-70)m περίπου και σε σύγκριση με τα σημερινά δεδομένα εκμετάλλευσης των υδροφόρων σχηματισμών μπορούν να χαρακτηριστούν στην πλειοψηφία τους, ως αβαθείς, ενώ συγκεντρώνονταν κυρίως στην παραλιακή και στην κεντρική ζώνη του Αργολικού πεδίου. Συνεπώς προκύπτει, ότι η τότε στρωματογραφική έρευνα ήταν μεν λεπτομερής αλλά περιοριζόταν κυρίως στην παραλιακή και κεντρική ζώνη και σε βάθος μέχρι (60-70)m.

Επιπλέον, το ανωτέρω γενικό πρόγραμμα περιελάμβανε μια σειρά από γεωτρήσεις στις δυτικές παρυφές του Αργολικού πεδίου, καθώς και πειράματα ιχνηθέσεων σε Αρκαδία, Κορινθία και Αργολίδα, προκειμένου να διερευνηθούν τα χαρακτηριστικά του καρστικού συστήματος, να αποσαφηνιστούν οι μηχανισμοί τροφοδοσίας των μεγάλων πηγών εκφορτίσεων (Κεφαλάρι, Λέρνη, Κρόη και Κιβέρι) του δυτικού Αργολικού πεδίου και να οριοθετηθούν στο μέγιστο δυνατό βαθμό οι υδρογεωλογικές τους λεκάνες (FAO, 1964).

2.4.2.2 Κοκκώδεις υδροφόροι ορίζοντες

Ο ΓΙΑΝΝΟΥΛΟΠΟΥΛΟΣ (2000) συνθέτοντας τις λιθοστρωματογραφικές τομές περίπου 150 γεωτρήσεων αποτελούμενες από:

- τις 59 ερευνητικές γεωτρήσεις ή «Δέσμες» (ΠΟΥΛΟΒΑΣΙΛΗΣ, 1963; ΣΤΑΣΙΝΟΠΟΥΛΟΣ & ΠΟΥΛΟΒΑΣΙΛΗΣ, 1965; ΥΠ.ΓΕ, 1966; ΓΑΛΕΟΣ, 1967),
- υδρογεωτρήσεις της Υπηρεσίας Εγγείων Βελτιώσεων (ΥΕΒ),
- 10 ερευνητικές γεωτρήσεις του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών (ΠΟΥΛΟΒΑΣΙΛΗΣ κ.α., 1996) και
- 10 γεωτρήσεις εμπλουτισμού που εκτελέστηκαν το 1994 κατά μήκος της διώρυγας του Κιβερίου,

και συνεκτιμώντας πληροφορίες 55 τομών υδρογεωτρήσεων από γεωτρυπανιστές (**Εικ. 2.55**), κατέληξε, ότι στο Αργολικό πεδίο αναπτύσσεται μια αλληλουχία υδροφόρων σχηματισμών (**Εικόνες 2.56 & 2.57**) διαχωριζομένων από αργιλικά και αργιλώδη ιζήματα.

Φρεάτιο υδροφόρο σύστημα

Αναπτύσσεται σε μια στενή λωρίδα κατά μήκος της παραλιακής ζώνης και εισέρχεται μέχρι και (200-300)m προς την πεδιάδα. Εκτείνεται από το Ναύπλιο μέχρι τη μέση περίπου του Αργολικού κόλπου. Αποτελείται κυρίως από λεπτόκοκκες άμμους με ποικίλη συμμετοχή αργιλικών υλικών, το μέγιστο βάθος του φθάνει κοντά στη θάλασσα τα (7-8)m, και αναπτύσσεται πάνω από το αργιλικό κάλυμμα.

Πρώτο υδροφόρο σύστημα

Συναντάται από τη βάση του αργιλικού καλύμματος (15-20)m μέχρι και βάθος 28m περίπου και δομείται από ψηφίδες, συγκρίματα, αμμοχάλικα, κροκάλες και τοπικά (δυτικά) από πωρόλιθο. Η συνεκτικότητα των υλικών που το απαρτίζουν είναι μεταβαλλόμενη αλλά

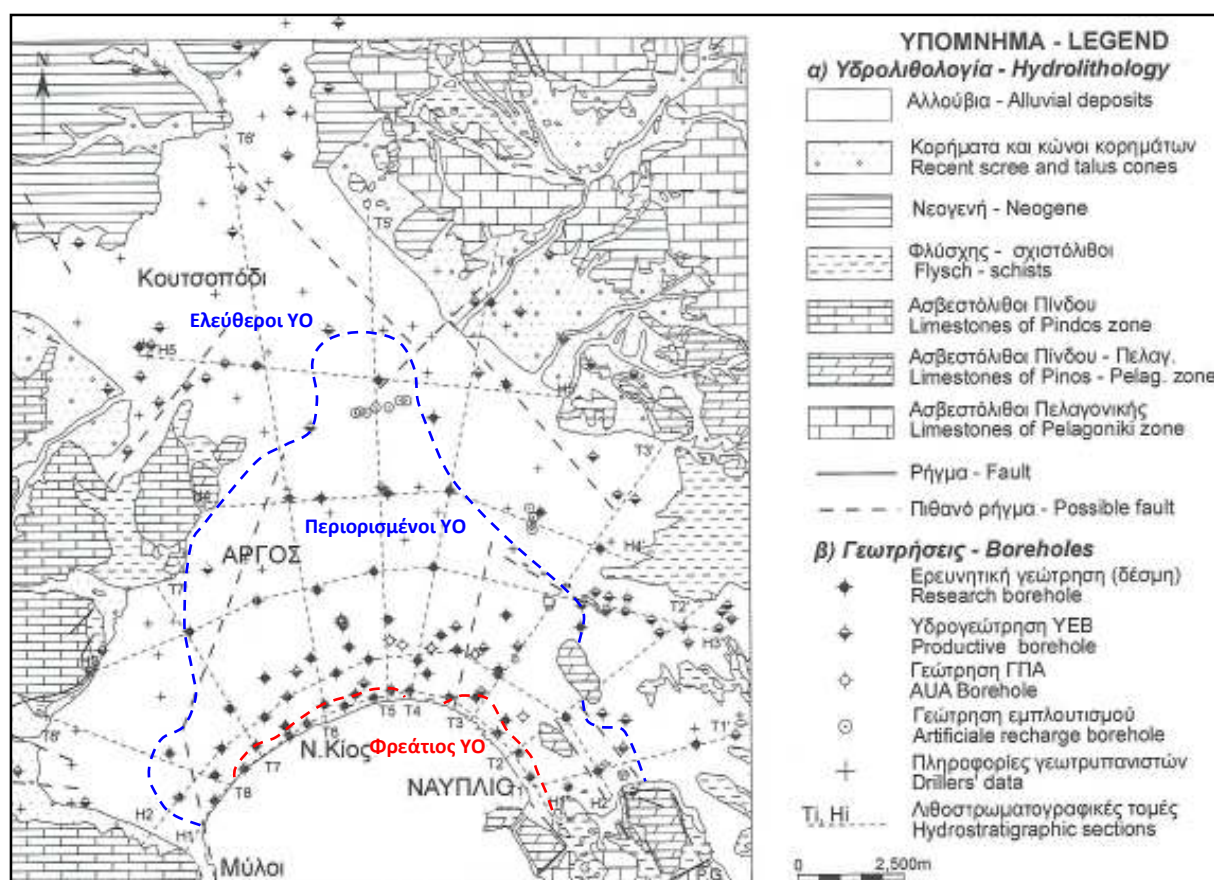
επικρατούν κυρίως οι χαλαροί έως ημισυνεκτικοί σχηματισμοί, ενώ παρατηρούνται εκτεταμένες εναλλαγές των παραπάνω με αργίλους.

Δεύτερο υδροφόρο σύστημα

Αναπτύσσεται σε βάθος από (50-70)m συνίσταται από ασβεστολιθικά αμμοχάλικα και κροκάλες με συνδετικό υλικό ερυθρά άργιλο και φαιά απολιθωματοφόρο μάργα. Περιέχει επίσης στρώσεις ποικίλης σύστασης από υπόλευκους ψαμμίτες κροκαλοπαγή και χαλικοπαγή.

Τρίτο υδροφόρο σύστημα

Αποτελείται από ασβεστολιθικά απολιθωματοφόρα κροκαλοπαγή με παρεμβολές ψαμμιτικών κροκάλων. Πρόκειται για μια αλληλουχία υδροφόρων στρωμάτων που εναλλάσσονται με καστανή άργιλο και μάργα. Τα σημαντικότερα από αυτά συναντώνται σε βάθη από (80-90)m και (100-112)m.

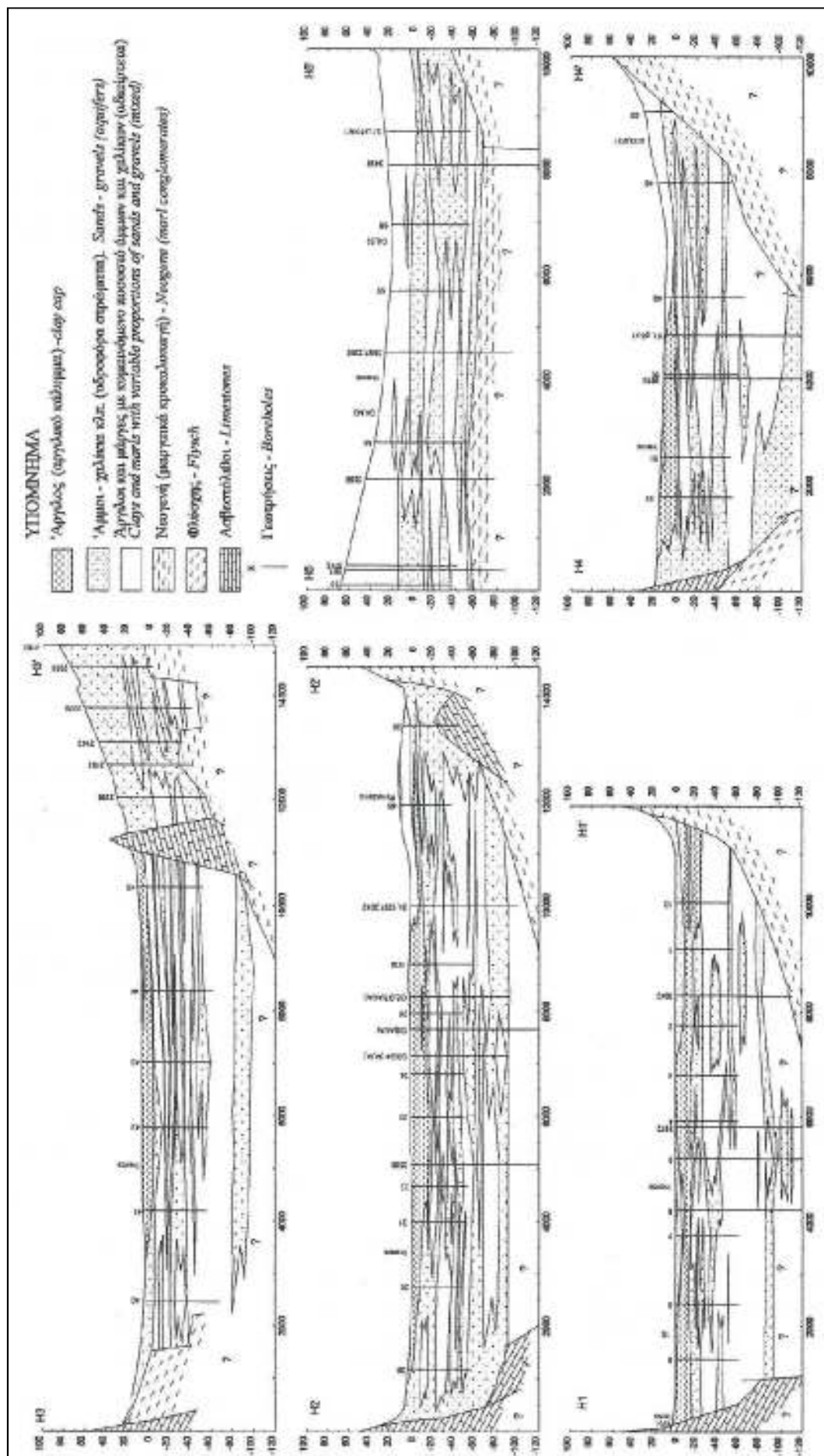


Εικόνα 2.55. Απλοποιημένος γεωλογικός χάρτης με τις θέσεις των γεωτρήσεων που χρησιμοποιήθηκαν για τη μελέτη των Τεταρτογενών ιζημάτων του Αργολικού πεδίου. Διακρίνονται τα ίχνη των λιθοστρωματογραφικών τομών που προέκυψαν από την σύνθεση των δεδομένων (ΓΙΑΝΝΟΥΛΟΠΟΥΛΟΣ, 2001).

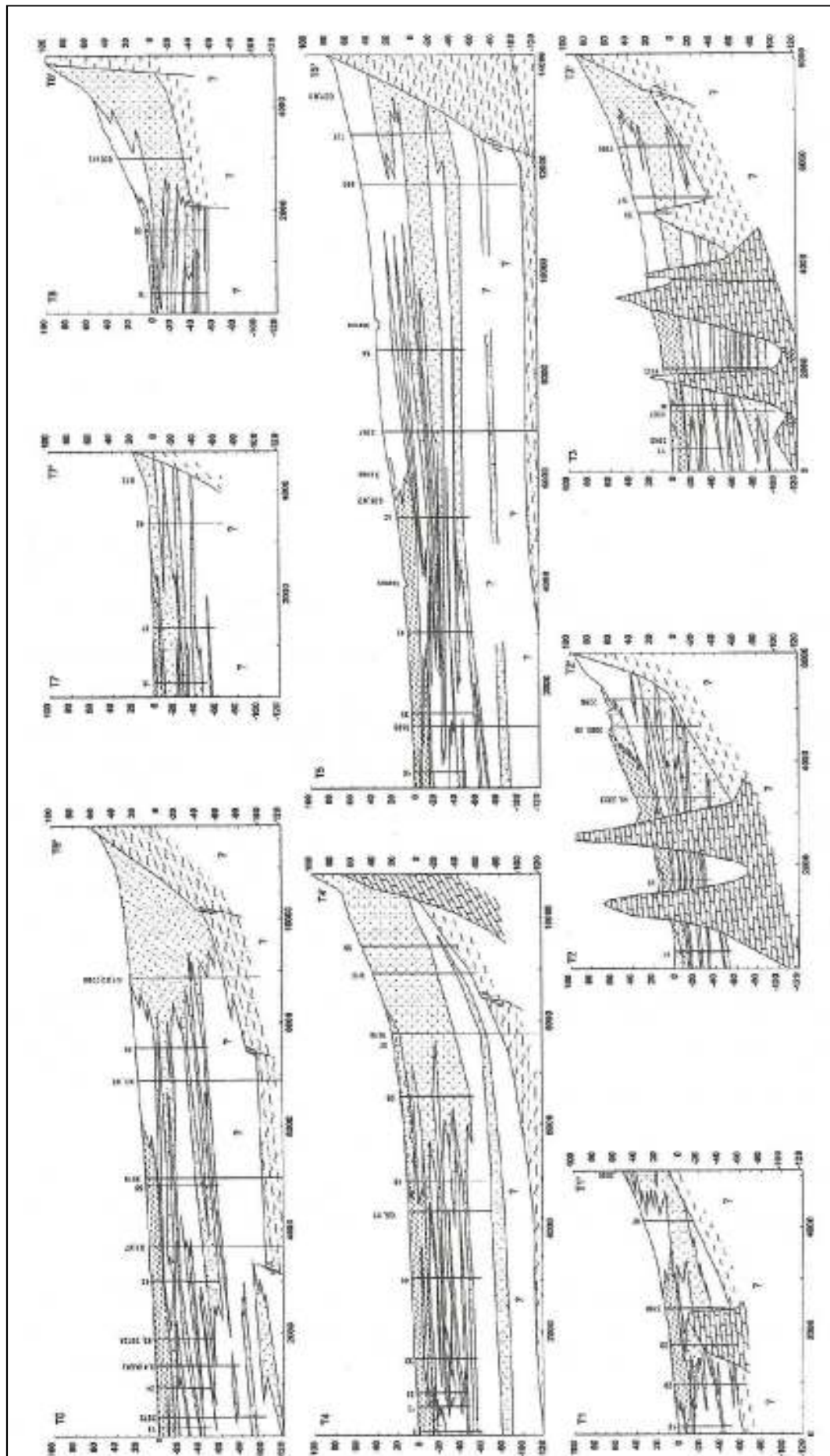
Θα πρέπει να σημειωθεί, πως η ανωτέρω περιγραφή των υδροφόρων οριζόντων δεν είναι η πραγματική εικόνα που επικρατεί στο Αργολικό πεδίο αλλά μόνο ένα τμήμα της. Για την ακρίβεια ο διαχωρισμός αυτός ισχύει για μια ζώνη (3-7)km περίπου από την ακτή. Βορειότερα, οι τρεις αυτοί υδροφόροι τείνουν να ενοποιηθούν. Σε περιοχές όπου παρεμβάλλονται εκτεταμένα αργιλικά στρώματα μπορούν να χαρακτηριστούν ως υπό πίεση αλλά εκεί όπου επικρατούν αδρομερέστερα υλικά χαρακτηρίζονται από μερικώς υπό

πίεση έως ελεύθεροι. Συμβατικά, μπορούμε να δεχτούμε ότι η ανάπτυξη των υπό πίεση υδροφόρων εκτείνεται μέχρι τα όρια του αργιλικού καλύμματος, όπου σταδιακά αντικαθίσταται από ελεύθερους.

Οι ελεύθεροι υδροφόροι εκτείνονται στη ζώνη μεταξύ των ορίων του αργιλικού καλύμματος και των περιθωρίων της πεδιάδας, όπου αναπτύσσονται αλπικοί σχηματισμοί. Η βάση τους είναι ο φλύσχης ή εκτεταμένα αργιλικά στρώματα και η οροφή τους προσεγγίζεται από τις ανώτερες διακυμάνσεις της ελεύθερης επιφάνειας του υπόγειου νερού.



Εικόνα 2.56. Λιθοστρωματογραφικές τομές Αργολικού πεδίου διεύθυνσης Β-Ν (ΓΙΑΝΝΟΥΛΟΠΟΥΛΟΣ, 2000).



Εικόνα 2.57. Λιθοστρωματογραφικές τομές Αργολικού πεδίου διεύθυνσης Α-Δ (ΓΙΑΝΝΟΥΛΟΠΟΥΛΟΣ, 2000).

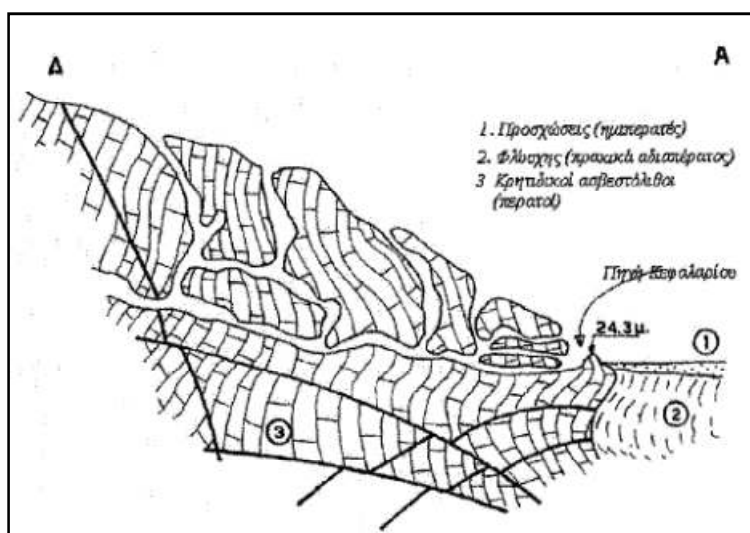
2.4.2.3 Καρστικοί υδροφόροι ορίζοντες

Σύμφωνα με το γεωλογικό χάρτη (Εικ. 2.39), το μεγαλύτερο τμήμα του Δήμου Άργους – Μυκηνών αποτελείται από ανθρακικούς σχηματισμούς των ενοτήτων Τρίπολης και Πίνδου στα δυτικά και της ενότητας Τραπεζώνας στα ανατολικά. Οι σχηματισμοί αυτοί χαρακτηρίζονται από μεγάλη περατότητα, καθώς εμφανίζονται κατακερματισμένοι και έντονα καρστοποιημένοι, εντός των οποίων αναπτύσσονται μεγάλης δυναμικότητας καρστικοί υδροφόροι ορίζοντες (Εικ. 2.51).

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, το καρστικό σύστημα του δυτικού περιθωρίου του Αργολικού πεδίου έχει μελετηθεί διεξοδικά τόσο με σειρά γεωτρήσεων όσο και με πειράματα ιχνηθετήσεων σε Αρκαδία, Κορινθία και Αργολίδα, προκειμένου να διερευνηθούν τα χαρακτηριστικά του, να αποσαφηνιστούν οι μηχανισμοί τροφοδοσίας των μεγάλων πηγαίων εκφορτίσεων (Κεφαλάρι, Λέρνη, Κρόη και Κιβέρι) και να οριοθετηθούν στο μέγιστο δυνατό βαθμό οι υδρογεωλογικές τους λεκάνες (FAO, 1964). Επισημαίνεται, πως οι ανωτέρω πηγές αποτελούσαν διαχρονικά τις βασικές συνιστώσες του υδατικού δυναμικού του Αργολικού πεδίου από πλευράς παροχής, ποιότητας και θέσης.

Αξίζει να αναφερθεί, πως στην ευρύτερη περιοχή του καρστικού συστήματος του δυτικού περιθωρίου του Αργολικού πεδίου εκδηλώνεται μια σειρά μικροπηγών στη Δούκα Βρύση, στο Κεφαλόβρυσσο, στον Αχλαδόκαμπο («Εκκλησιά» και «Κάτω»), στο Νεοχώριο, στο Καπαρέλι, στη Φρουσιούνα, στη Σκοτεινή, στην Καρυά κα. Πρόκειται για πηγές πολύ μικρότερης δυναμικότητας σε σχέση με τις ανωτέρω αλλά μεγάλης τοπικής σημασίας, καθώς χρησιμοποιούνται κυρίως για την κάλυψη των υδρευτικών αναγκών επιμέρους οικισμών.

Η πηγή του **Κεφαλαρίου** είναι μια καρστική πηγή υπερπλήρωσης που αναβλύζει σε υψόμετρο +24,3m μέσα από Κρητιδικούς ασβεστόλιθους της ενότητας Πίνδου (Εικόνες 2.58 & 2.59). Ο αδιαπέρατος σχηματισμός στη θέση αυτή που δικαιολογεί την παρουσία της πηγής είναι ο φλύσχος της ομώνυμης ενότητας. Οι παροχές της παρουσιάζουν έντονες διακυμάνσεις που σχετίζονται άμεσα με τις βροχοπτώσεις στην περιοχή τροφοδοσίας της (Αρκαδικό οροπέδιο και κυρίως στην περιοχή Στυμφαλίας – Σκοτεινής – Αλέας). Από την επεξεργασία των υδρογραφημάτων των παροχών της πηγής προέκυψε, ότι οι συνολικές ετήσιες παροχές της πηγής του Κεφαλαρίου, για τα έτη που υπήρχαν επαρκή δεδομένα, κυμαίνονται μεταξύ $(25-140) \times 10^6 \text{ m}^3$, ενώ η μέση παροχή της ανέρχεται σε $2,42 \text{ m}^3/\text{sec}$ (ΓΙΑΝΝΟΥΛΟΠΟΥΛΟΣ, 2000).



Εικόνα 2.58. Γεωλογικό σκαρίφημα της πηγής του Κεφαλαρίου (ΔΟΥΝΑΣ κ.α., 1978).

Η πηγή της **Λέρνης** πηγάζει σε απόλυτο υψόμετρο +0,6m από Κρητιδικούς ασβεστόλιθους της ενότητας της Πίνδου στο όριο μεταξύ των καρστικών αυτών ασβεστόλιθων και των σύγχρονων Τεταρτογενών αποθέσεων και χαρακτηρίζεται ως πηγή υπερπλήρωσης (**Εικόνες 2.60 & 2.61**).



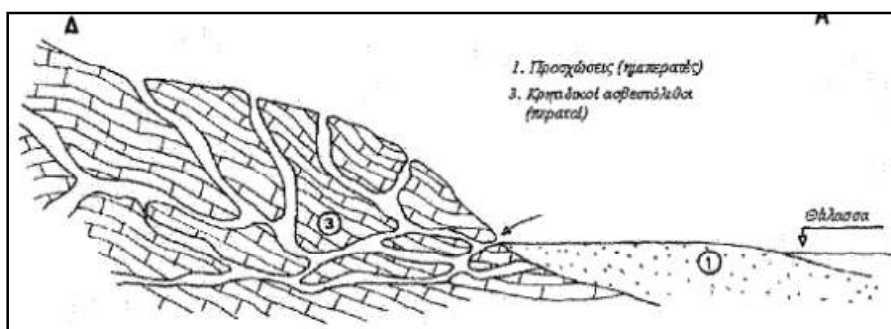
Εικόνα 2.59. Άποψη της ποσότητας νερού που εκφορτίζεται στην πηγή του Κεφαλαρίου στις 22-05-2008 (αριστερά) και στις 16-04-2015 (δεξιά).

Εκδηλώνεται στον οικισμό Μύλοι κοντά στην εκκλησία του Αγίου Δημητρίου. Οι παροχές της σε ετήσια βάση είναι ανάλογες με αυτές της πηγής του Κεφαλαρίου αλλά παρουσιάζουν σαφώς μικρότερες διακυμάνσεις. Από την επεξεργασία των υδρογραφημάτων της πηγής της Λέρνης προέκυψε, ότι οι συνολικές ετήσιες παροχές της κυμαίνονται μεταξύ $(37-63,5) \times 10^6 \text{ m}^3$, ενώ η μέση παροχή της ανέρχεται σε $1,58 \text{ m}^3/\text{sec}$ (ΓΙΑΝΝΟΥΛΟΠΟΥΛΟΣ, 2000).



Εικόνα 2.60. Άποψη της ποσότητας νερού που εκφορτίζεται στην πηγή της Λέρνης στις 22-05-2008. Διακρίνονται οι εγκαταστάσεις για την άντληση νερού για την ύδρευση του Ναυπλίου και του Άργους.

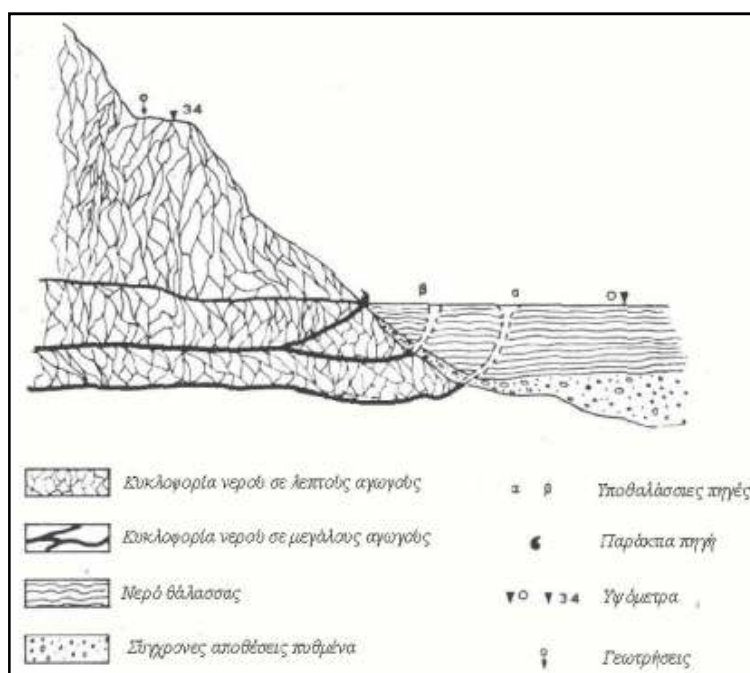
Η πηγή της **Κρόης ή Αμυμώνης** πηγάζει και αυτή από Κρητιδικούς ασβεστόλιθους της ενότητας της Πίνδου στο όριο μεταξύ των Κρητιδικών ασβεστόλιθων και των σύγχρονων Τεταρτογενών αποθέσεων λίγο βορειότερα της πηγής της Λέρνης στον οικισμό Μύλοι (Εικ.10-3). Χαρακτηρίζεται και αυτή ως καρστική πηγή υπερπλήρωσης (**Εικ. 2.61**). Από την στατιστική επεξεργασία των υδρογραφημάτων της προέκυψε, ότι οι συνολικές ετήσιες παροχές της, κυμαίνονται μεταξύ $(3,8-11,3) \times 10^6 \text{ m}^3$, ενώ η μέση παροχή της ανέρχεται σε $0,22 \text{ m}^3/\text{sec}$ παρουσιάζοντας μικρές διακυμάνσεις (ΓΙΑΝΝΟΥΛΟΠΟΥΛΟΣ, 2000).



Εικόνα 2.61. Γεωλογικό σκαρίφημα των πηγών Λέρνης και Κρόης (ΔΟΥΝΑΣ κ.α. 1978).

Οι πηγές **Κιβερίου (Ανάβαλος)** αποτελούν μια ομάδα καρστικών πηγών που αναβλύζουν σε απόλυτο υψόμετρο μεταξύ $+0,25 \text{ m}$ και $-7,5 \text{ m}$ και χαρακτηρίζονται στο σύνολο τους ως παράκτιες – υποθαλάσσιες πηγές (**Εικόνες 2.62 & 2.63**). Πηγάζουν από καρστικούς Κρητιδικούς ασβεστόλιθους της ενότητας της Πίνδου. Μέχρι το 1970 οι πηγές αυτές έρεαν ελεύθερα στη θάλασσα, ενώ από το 1970 και μετά ρέουν μέσα σε ημικυκλικό φράγμα. Η κατασκευή του φράγματος αυτού αποσκοπούσε στην προστασία των πηγαίων νερών από την απευθείας ανάμειξη τους με το θαλασσινό νερό, στην ευκολότερη υδρομάστευσή τους και σε πιθανή βελτίωση της ποιότητάς τους με τη διατήρηση μιας σχετικά ανυψωμένης στάθμης μέσα στο χώρο του φράγματος.

Μετρήσεις παροχών στην πηγή αυτή είναι δύσκολο να γίνουν και τα μόνα διαθέσιμα στοιχεία είναι της περιόδου 1970-1971, όπου οι μηχανισμοί του φράγματος (θυρίδες) ήταν λειτουργικά σε καλύτερη κατάσταση και επέτρεπαν τη διεξαγωγή τέτοιων μετρήσεων. Από τα στοιχεία αυτά προκύπτει, ότι για την περίοδο εκείνη η μέση παροχή των πηγών αυτών ήταν $13,58 \text{ m}^3/\text{sec}$ (ΓΙΑΝΝΟΥΛΟΠΟΥΛΟΣ, 2000).



Εικόνα 2.62. Γεωλογικό σκαρίφημα των πηγών Κιβερίου (ΠΑΠΑΚΗΣ, 1966).



Εικόνα 2.62. Άποψη τμήματος των ποσοτήτων νερού που εκφορτίζονται στις πηγές του Κιβερίου (αριστερά) και του εξωτερικού χώρου των εγκαταστάσεων άντλησης νερού (δεξιά) στις 16-04-2015.

Τόσο τα πρώτα πειράματα ιχνηθετήσεων σε Αρκαδία, Κορινθία και Αργολίδα της δεκαετίας του 1960 (ΔΗΜΗΤΡΟΥΛΙΑΣ κ.α., 1962; ΛΕΟΝΤΙΑΔΗΣ & ΔΗΜΗΤΡΟΥΛΙΑΣ; FAO, 1962), όσο και τα μεταγενέστερα που έλαβαν χώρα το Μάρτιο του 1984 και στα οποία χρησιμοποιήθηκαν κυρίως φθορίζοντες ιχνηθέτες, διαφορετικοί για κάθε καταβόθρα (BEHRENS et al., 1986; KASS et al., 1986; BRICELI et al., 1986; ALTHAUS et al., 1986; DIMITROULIAS et al., 1986) κατέδειξαν τις παρακάτω υδραυλικές επικοινωνίες και σχέσεις (GOSPODARIC & LEIBUNDGUT, 1986) (Εικ. 2.64):

- Οι καταβόθρες του Φενεού και της λεκάνης Χωτούσας – Κανδήλας επικοινωνούν με τις πηγές του Λάδωνα δυτικά.
- Η κύρια κατεύθυνση αποστράγγισης από όλες τις άλλες καταβόθρες είναι προς τις πηγές του Αργολικού κόλπου.
- Υπάρχει άμεση σχέση επικοινωνίας των πηγών Κεφαλαρίου, Κρόης, Λέρνης και Κιβερίου με τις καταβόθρες της Στυμφαλίας, της Σκοτεινής, της Αλέας, του Κάψια και του Κανατά.

- Οι καταβόθρες Σκαφίδια και Μεγαγιάννη επικοινωνούν με τις πηγές που βρίσκονται στην λεκάνη της Στυμφαλίας.
- Η καταβόθρα του Κανατά, η οποία δέχεται τα υγρά αστικά απόβλητα της πόλης της Τρίπολης ανήκει στο ίδιο σύστημα αποστράγγισης των Αρκαδικών οροπεδίων, όπως και οι καταβόθρες Μηλιά και Νεσάνη.
- Ανάλογα με τις υδρολογικές συνθήκες που επικρατούν στη περιοχή της Τρίπολης, (2-4)% από το νερό το οποίο τροφοδοτεί αυτό το σύστημα αποστράγγισης εκβάλλει στις πηγές του Ξοβριού και το υπόλοιπο εκφορτίζεται αποκλειστικά στο Κιβέρι.
- Ο μέσος χρόνος παραμονής του ιχνηθέτη κατά τη διάρκεια του πειράματος ήταν (207-214) ώρες που αντιστοιχεί σε μια ταχύτητα κίνησης του νερού (3,59-2,24)km/d (DIMITROULIAS et al., 1986).

Πρέπει να σημειωθεί, ότι υπάρχουν ενδείξεις επικοινωνίας της καταβόθρας του Κανατά με τις πηγές Λέρνης και Κρόης (ALTAUS et al., 1986). Αποδείχθηκε επίσης η επικοινωνία της καταβόθρας Καψιά με τις πηγές του Κιβερίου. Οι μέγιστες ταχύτητες ροής του νερού στο καρστικό σύστημα και ο πρώτος χρόνος άφιξης του ιχνηθέτη συνοψίζονται στον **Πίνακα 2.6** (GOSPODARIC & LEIBUNDGUT, 1986).

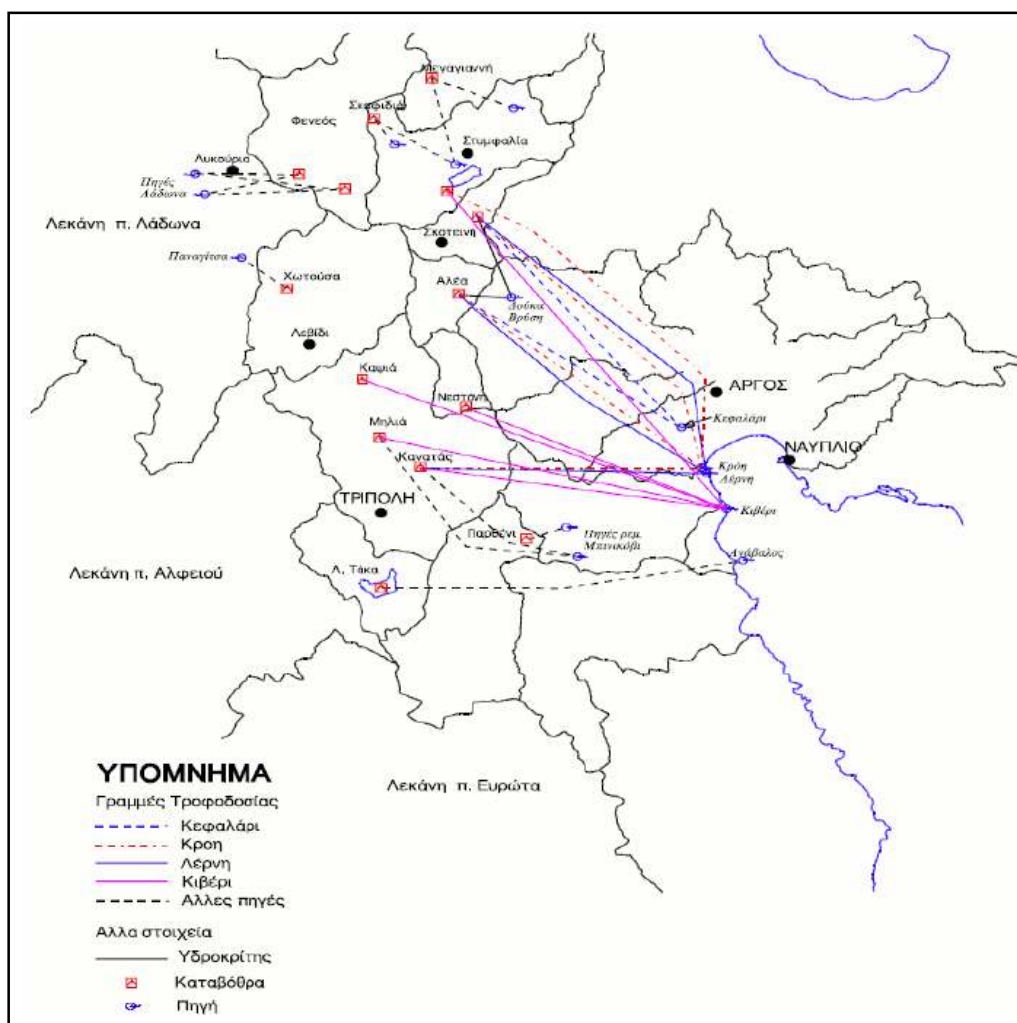
Πίνακας 2.6. Είδη ιχνηθετών, υδραυλικές επικοινωνίες καταβόθρων και πηγών, ταχύτητες ροής του υπόγειου νερού και χρόνοι παραμονής στο καρστικό σύστημα (GOSPODARIC & LEIBUNDGUT, 1986).

Ιχνηθέτης	Καταβόθρα	Πηγή	Vmax (m/d)	t (h)
Naphtionate	Αλέα	Κεφαλάρι	2.138,0	264
Rhodamone	Στυμφαλία	Λέρνη	-	-
		Κιβέρι	-	-
Chromide-51	Κανατάς	Κιβέρι	5.470,0	136
Fluorescent spores Tinopal	Αλέα	Κεφαλάρι	911,0	672
		Λέρνη	941,0	816
		Κρόη	941,0	816
Phagus H5	Κάψια	Κιβέρι	4.875,0	192
Coliphage "G", f2	Κανατάς	Κιβέρι	5.314,0	140
		Λέρνη	5.800,0	120
		Κρόη	4.971,0	140
Coliphage "G", f2	Νεσάνη	Κιβέρι	2.288,0	190
³ H	Νεσάνη	Κιβέρι	2.720,0	168
⁵¹ Cr	Μηλιά	Κιβέρι	6.140,0	125
	Νεσάνη	Κιβέρι	4.590,0	136
	Σκοτεινή	Κεφαλάρι	1.210,0	597
		Λέρνη	1.200,0	761
		Κρόη	1.410,0	613

Ποσοτικά αποτελέσματα των ιχνηθετήσεων έδειξαν, ότι τα νερά της καταβόθρας του Κανατά καταλήγουν κατά το (90-100)% στις πηγές του Κιβερίου, κατά (1-5)% στην πηγή του Ξοβριού και κατά (1-9)% σε όλες τις άλλες πηγές συμπεριλαμβανομένων και αυτών της Λέρνης και Κρόης.

Οι διάφορες υδραυλικές επικοινωνίες των πηγών του Αργολικού πεδίου με τις καταβόθρες και γενικότερα τις πόλγες που αναπτύσσονται στο Αρκαδικό οροπέδιο, στην κλειστή

υδρολογική λεκάνης της Αλέας – Σκοτεινής και στην Στυμφαλία παρουσιάζονται σχηματικά στην **Εικόνα 2.64**.

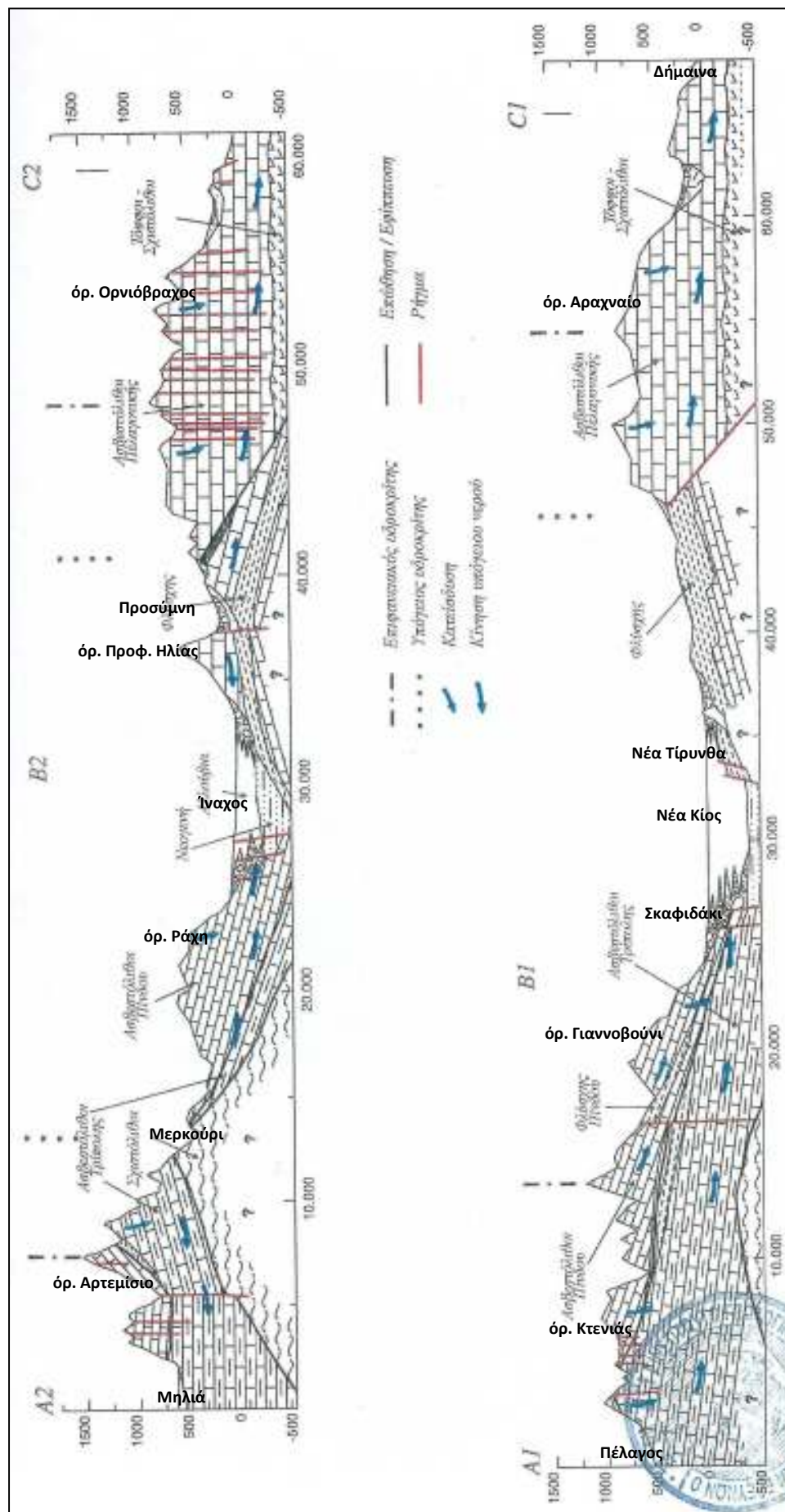


Εικόνα 2.64. Σχέσεις τροφοδοσίας των πηγών του Αργολικού πεδίου από τις καταβόθρες και τις πόλγες των Αρκαδικών οροπεδίων, της ορεινής Αργολίδας και της ορεινής Κορινθίας (GOSPODARIC & LEIBUNDGUT, 1986) με τροποποιήσεις από ΓΙΑΝΝΟΥΛΟΠΟΥΛΟ (2000).

Εν κατακλείδι, προκύπτει, πως αναπτύσσονται τρεις κύριες καρστικές ζώνες:

- Το σύστημα Φενεού – Χωτούσας, το οποίο εκφορτίζεται δυτικά στις πηγές που βρίσκονται στη λεκάνη απορροής του Λάδωνα.
- Το καρστικό σύστημα νότια της Τρίπολης, το οποίο αντιπροσωπεύεται από την περιοχή της λίμνης Τάκας και εκφορτίζεται νότια της πηγής Κιβερίου στην πηγή του Μεγάλου Ανάβαλου.
- Το κύριο καρστικό σύστημα που τροφοδοτεί τις πηγές του Αργολικού πεδίου από το Κεφαλάρι μέχρι το Κιβέρι (Κεφαλάρι, Κρήνη, Λέρνη, Κιβέρι) και περιλαμβάνει τις πόλγες της Τρίπολης, της Νεστώνης, της Αλέας, της Σκοτεινής και της Στυμφαλίας.

Επισημαίνεται, πως η κίνηση του υπόγειου νερού στις επιμέρους υδρολογικές λεκάνες του Αργολικού πεδίου ελέγχεται τόσο από την τεκτονική δομή των σχηματισμών που αναπτύσσονται όσο και από την υδρολιθολογική τους συμπεριφορά (**Εικ. 2.65**).



Εικόνα 2.65. Υδρογεωλογικές τομές στην ευρύτερη περιοχή του Αργολικού πεδίου (ΓΙΑΝΝΟΥΛΟΠΟΥΛΟΣ & ΜΑΡΑΒΕΓΙΑΣ, 2008).

Η ανάπτυξη των σχιστόλιθων της Άρνας στην περιοχή του Μερκουρίου συνιστά και το αδιαπέρατο υπόβαθρο των ανθρακικών πετρωμάτων στο δυτικό τμήμα και διαμορφώνει έναν υπόγειο υδροκρίτη. Ο υπόγειος αυτός υδροκρίτης εκτιμάται, ότι έχει διεύθυνση ανάλογη με την επικρατέστερη διεύθυνση των πτυχώσεων στο τμήμα αυτό (ΒΒΔ-ΝΝΑ) και βυθίζεται προς το νότο. Ο ρόλος του σχηματισμού αυτού στην κίνηση του υπόγειου νερού φαίνεται στις αντίστοιχες υδρογεωλογικές τομές στην **Εικόνα 2.65** (ΓΙΑΝΝΟΥΛΟΠΟΥΛΟΣ & ΜΑΡΑΒΕΓΙΑΣ, 2008).

Στο ανατολικό τμήμα οι ασβεστόλιθοι του Αραχναίου εκτείνονται μέχρι τον Σαρωνικό κόλπο και σε βάθος εκτιμάται, ότι αναπτύσσονται και σε αρνητικά υψόμετρα (**Εικ. 2.65**). Μεταξύ των ασβεστόλιθων αυτών και των αλλουβιακών ιζημάτων του Αργολικού πεδίου επικρατούν φλυσικοί σχηματισμοί που εμποδίζουν πιθανότατα την οριζόντια ανταλλαγή νερού μεταξύ των ασβεστόλιθων αυτών και των αλλουβιακών ιζημάτων. Πιθανόν να υπάρχει κάποια υδραυλική επικοινωνία σε περιοχές, όπου απουσιάζει ο φλύσχος και ανάλογα αργιλικά υλικά, όπως στην περιοχή της Κλεισούρας, όταν βέβαια οι τοπικές υδραυλικές συνθήκες το επιτρέπουν ή σε θέσεις που επικρατούν ιδιαίτερα τεκτονικά και δομικά χαρακτηριστικά (πχ ρήγματα, λιθολογικές μεταβολές κλπ). Οι ασβεστόλιθοι του Αραχναίου οριοθετούνται νότια από την τάφρο Ναυπλίου - Λυγουριού και ακόμη νοτιότερα από τους τόφφους και σχιστόλιθους που συνιστούν και το υπόβαθρο της Πελαγονικής. Περιορισμένη ανάπτυξη τόφφων έχει παρατηρηθεί και στις βόρειες απολήξεις του Αραχναίου (ΓΙΑΝΝΟΥΛΟΠΟΥΛΟΣ & ΜΑΡΑΒΕΓΙΑΣ, 2008).

Το σύστημα αυτό εκτιμάται σύμφωνα με τα παραπάνω ότι δεν τροφοδοτεί πλευρικά τα Τεταρτογενή ιζήματα του Αργολικού πεδίου αφού άλλωστε εκφορτίζεται είτε στο Σαρωνικό (πχ πηγή Αλμυρή καθώς και υποθαλάσσια) είτε νότια στον Αργολικό κόλπο (πχ στις πηγές Ιρίων – Κάντιας) (ΓΙΑΝΝΟΥΛΟΠΟΥΛΟΣ & ΜΑΡΑΒΕΓΙΑΣ, 2008).

Με βάση τα παραπάνω προκύπτουν οι πιθανότερες διευθύνσεις κίνησης του υπόγειου νερού στους σχηματισμούς που περιβάλλουν το Αργολικό πεδίο που ολοκληρώνουν την εικόνα του υδρολιθολογικού χάρτη της περιοχής (**Εικ. 2.65**) (ΓΙΑΝΝΟΥΛΟΠΟΥΛΟΣ & ΜΑΡΑΒΕΓΙΑΣ, 2008).

Συνεκτιμώντας όλα τα παραπάνω, προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα σε ότι αφορά στην κίνηση του υπόγειου νερού στην ευρύτερη περιοχή του Αργολικού πεδίου:

- Οι σχηματισμοί που βρίσκονται δυτικά του Αργολικού πεδίου παρουσιάζουν τελείως διαφορετική συμπεριφορά στην κίνηση του υπόγειου νερού σε σχέση με αυτούς που βρίσκονται ανατολικά.
- Στο δυτικό τμήμα η κίνηση του νερού ελέγχεται κατακόρυφα από τις επάλληλες επωθήσεις και εφίππευσεις ενώ οριζόντια από την ανάπτυξη των περάτων σχηματισμών καθώς και από την ρηξιγενή και πτυχωσιγενή τεκτονική. Στο τμήμα αυτό, οι διάφορες πτυχές και τα ρήγματα έχουν επικρατέστερη διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ μέχρι Β-Ν. Τα δομικά αυτά χαρακτηριστικά αποδίδουν στους διάφορους σχηματισμούς μια ισχυρή ανισοτροπία με παρόμοιο προσανατολισμό. Εξαιτίας των παραπάνω χαρακτηριστικών και ιδιαίτερα εξαιτίας των κατακόρυφων μεταβολών της λιθολογίας στο τμήμα αυτό αναπτύσσεται μια πληθώρα πηγών και μικροπηγών.

- Στο ανατολικό τμήμα η τεκτονική δομή είναι τελείως διαφορετική από την προηγούμενη. Αναπτύσσεται μια παχιά ανθρακική ακολουθία, καρστικοποιημένη, χωρίς πτυχωσιγενείς δομές, ενώ παρατηρείται μια ισχυρή δέσμη εκτεταμένων ρηγμάτων ιδιαίτερα στο βόρειο τμήμα του Αραχναίου κυρίαρχης διεύθυνσης Α-Δ μέχρι ΑΒΑ-ΔΝΔ. Τα ρήγματα αυτά διαμορφώνουν σημαντικά την ανισοτροπία του συστήματος και συνεπώς ελέγχουν την κίνηση του υπόγειου νερού. Από αυτό το τμήμα απουσιάζουν σχεδόν παντελώς οι επιφανειακές πηγές.

Είναι λοιπόν σαφές, ότι στο δυτικό τμήμα η υδρογεωλογική λεκάνη τροφοδοσίας του Αργολικού πεδίου και των πηγών του καταλαμβάνει σημαντικά μεγαλύτερη έκταση από την αντίστοιχη υδρολογική λεκάνη.

2.4.2.4 Υδραυλικές παράμετροι υδροφόρων οριζόντων

Οι πρώτες προσπάθειες για τη διερεύνηση των υδραυλικών παραμέτρων των υδροφόρων σχηματισμών άρχισαν το 1964 στα πλαίσια εκτέλεσης των 59 ερευνητικών γεωτρήσεων (Δεσμών) (Εικ. 2.55). Η δεύτερη προσπάθεια διερεύνησης των υδραυλικών παραμέτρων έγινε την περίοδο 1986-1990 στο πλαίσιο του ερευνητικού προγράμματος του ΓΠΑ (ΠΟΥΛΟΒΑΣΙΛΗΣ κ.α., 1989). Στη φάση εκείνη έγιναν δοκιμαστικές αντλήσεις «κατά στάδια» σε 30 υφιστάμενες παραγωγικές υδρογεωτρήσεις με καταγραφή της μεταβολής της στάθμης μόνο στη γεώτρηση άντλησης (Εικ. 2.55). Την περίοδο 1993-96, ο ΓΙΑΝΝΟΥΛΟΠΟΥΛΟΣ (2000) συνέχισε τη διερεύνηση των υδραυλικών παραμέτρων των υδροφόρων σχηματισμών. Επαναξιολόγησε τα πρωτογενή στοιχεία της περιόδου 1986-90, ενώ πραγματοποίησε 12 δοκιμαστικές αντλήσεις σταθερής παροχής, με καταγραφή της στάθμης σε δορυφορική γεώτρηση, διάρκειας μέχρι 24 ωρών (Εικ. 2.55).

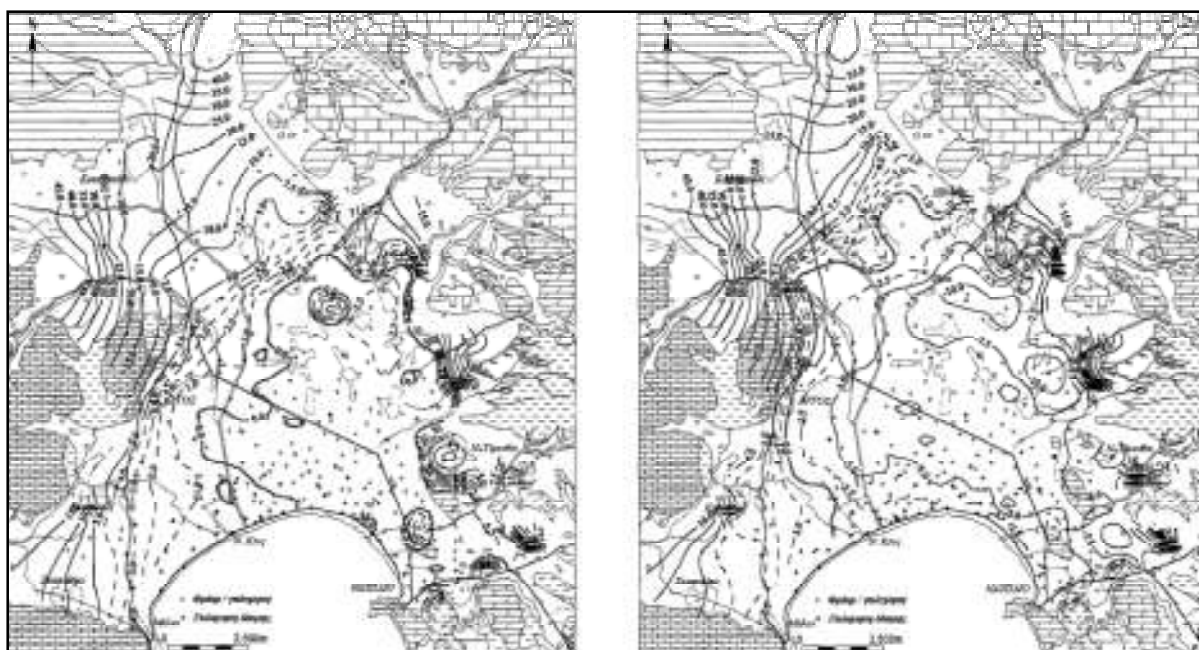
Συνεκτιμώντας όλα τα δεδομένα των δοκιμαστικών αντλήσεων, ο ΓΙΑΝΝΟΥΛΟΠΟΥΛΟΣ (2000) καταλήγει στα εξής σχετικά με τις υδραυλικές παραμέτρους των υδροφόρων οριζόντων:

- Η μεταβιβαστικότητα (T), με βάση τις δοκιμές σταθερής παροχής κυμαίνεται από $27\text{m}^2/\text{d}$ σε περιβάλλοντα μικρής μεταβιβαστικότητας, όπως στην περίπτωση των γεωτρήσεων Γ₃ και Γ₄ μέχρι $7.260\text{m}^2/\text{d}$ σε ισχυρά υδροφόρα στρώματα, όπως πχ στη γεώτρηση Ε₁ κοντά στον οικισμό Ήρα. Συνήθεις τιμές της μεταβιβαστικότητας κυμαίνονται μεταξύ $300\text{m}^2/\text{d}$ και $700\text{m}^2/\text{d}$.
- Η οριζόντια υδραυλική αγωγιμότητα (K ή Kh), υπολογίζεται από τη μεταβιβαστικότητα (T), αφού αυτή διαιρεθεί με το πάχος του υδροφόρου σχηματισμού. Το πάχος του υδροφόρου σχηματισμού σε αλλουβιακά υδρογεωλογικά περιβάλλοντα είναι δύσκολο να εκτιμηθεί, καθώς αδρομερή υλικά εναλλάσσονται με αργιλικές στρώσεις και σχηματίζουν επάλληλους υδροφόρους σχηματισμούς. Η δομή αυτή είναι πιο έντονη στο νότιο τμήμα του Αργολικού πεδίου. Σε γενικές γραμμές το πάχος των υδροφόρων σχηματισμών στο Αργολικό πεδίο για τους μεν υπό πίεση υδροφόρους σχηματισμούς υπολογίζεται από το δάπεδο του αργιλικού καλύμματος μέχρι τη βάση του υδροφόρου συστήματος, ενώ για τους ελεύθερους υδροφόρους σχηματισμούς υπολογίζεται από τις ανώτερες διακυμάνσεις της ελεύθερης επιφάνειας μέχρι τη βάση του υδροφόρου συστήματος. Για την κάθε περίπτωση δοκιμής και θεωρώντας το υδροφόρο σύστημα ενιαίο, προκύπτουν πάχη που κυμαίνονται μεταξύ (30-40)m και τιμές υδραυλικής αγωγιμότητας που ποικίλουν από τιμές μικρότερες του $1\text{m}/\text{d}$ μέχρι και υψηλές τιμές της τάξεως των $250\text{m}/\text{d}$.

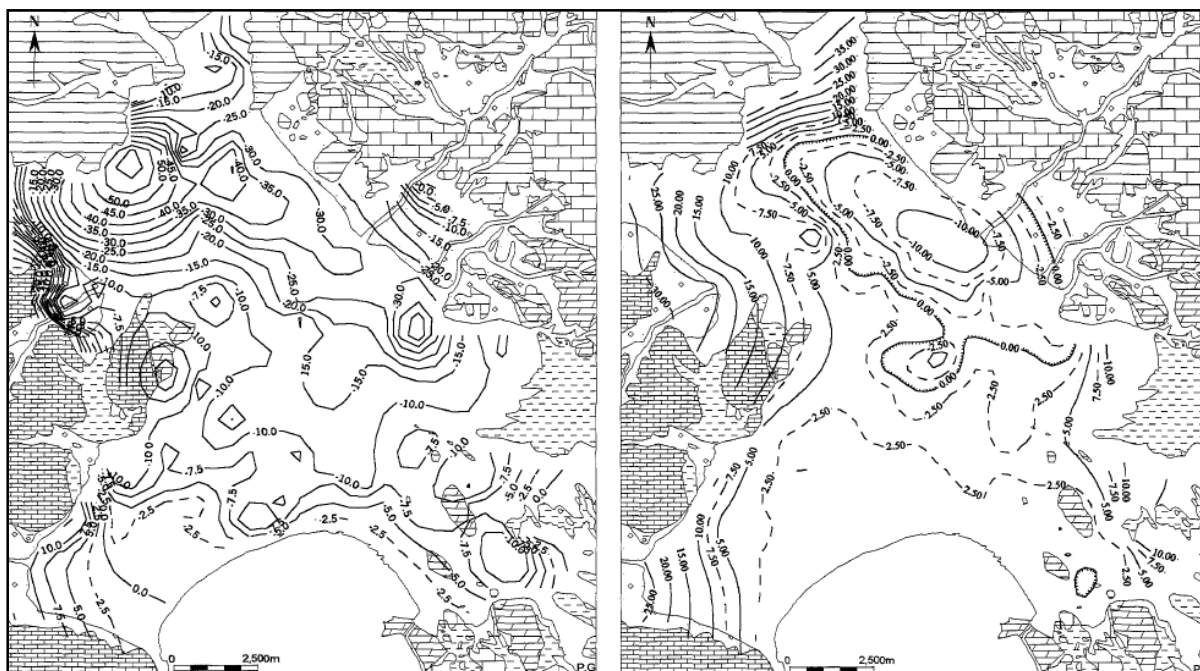
- Η κατακόρυφη υδραυλική αγωγιμότητα (K_v), εκτιμήθηκε μόνο στη δοκιμή άντλησης της γεώτρησης I_3 σύμφωνα με τη μέθοδο του Neuman. Στην περίπτωση αυτή υπολογίστηκε ίση με $0,75\text{m/d}$ που ισούται με το 4% της αντίστοιχης οριζόντιας υδραυλικής αγωγιμότητας (K_h). Η παραπάνω μέθοδος στην περίπτωση αυτή πιθανόν να υποεκτιμάει σημαντικά την κατακόρυφη υδραυλική αγωγιμότητα, γιατί σε γενικές γραμμές, σε αλλουβιακά υδρογεωλογικά περιβάλλοντα αυτή ισοδυναμεί κατά μέσο όρο με το 10% της αντίστοιχης οριζόντιας. Παρόλα αυτά, η μικρή τιμή της κατακόρυφης υδραυλικής αγωγιμότητας σε σχέση με την οριζόντια, οδηγεί στην εκτίμηση, ότι η ροή είναι βασικά οριζόντια.
- Ο συντελεστής εναποθήκευσης (S), όπως υπολογίστηκε με τη μέθοδο του Theis κυμαίνεται μεταξύ $1,7 \times 10^{-5}$ και $2,8 \times 10^{-2}$ με μέση τιμή $4,55 \times 10^{-2}$. Οι υψηλές τιμές της τάξεως του 10^{-2} προέκυψαν μόνο στη δοκιμή άντλησης της γεώτρησης I_4 , η οποία βρίσκεται στα όρια ελεύθερων και περιορισμένων υδροφόρων σχηματισμών. Οι τιμές αυτές ανταποκρίνονται σε ελεύθερους υδροφόρους σχηματισμούς και αντιπροσωπεύουν περισσότερο την ειδική απόδοση (S_y) και όχι το συντελεστή εναποθήκευσης (S) και για το λόγο αυτό δε λαμβάνονται υπόψη στο συντελεστή εναποθήκευσης. Με βάση τα δεδομένα αυτά, προκύπτει τελικά, ότι ο συντελεστής εναποθήκευσης (S) κυμαίνεται από $1,73 \times 10^{-5}$ μέχρι $8,94 \times 10^{-3}$ με μέση τιμή $2,38 \times 10^{-2}$.

2.4.4 Πιεζομετρία Αργολικού πεδίου

Η διακύμανση της στάθμης των υπόγειων νερών στο σύνολο του Αργολικού πεδίου έχει μελετηθεί ίσως περισσότερο από κάθε άλλη περιοχή στον Ελληνικό χώρο. Οι πρώτες μετρήσεις άρχισαν το 1963 και συνεχίστηκαν σε δεκαπενθήμερη ή μηνιαία βάση μέχρι το 1975. Στη συνέχεια αφού ακολούθησε μια δεκαετία χωρίς μετρήσεις, το 1985 άρχισε μια δεύτερη σειρά μετρήσεων σε εξαμηνιαία βάση, η οποία συνεχίζεται μέχρι σήμερα. Στην **Εικόνα 2.66** παρουσιάζεται η μέση πιεζομετρία της άνοιξης και του φθινοπώρου της περιόδου 1964-1975, ενώ στην **Εικόνα 2.67** οι πιεζομετρικές καμπύλες του φθινοπώρου του 1990 και της άνοιξης του 1999 αντίστοιχα (ΓΙΑΝΝΟΥΛΟΠΟΥΛΟΣ, 2000). Επισημαίνεται, ότι τα πιεζομετρικά δεδομένα της περιόδου 1964-1975 ήταν αρκετά πιο λεπτομερή.



Εικόνα 2.66. Μέση πιεζομετρία Αργολικού πεδίου άνοιξης (αριστερά) και φθινοπώρου (δεξιά) περιόδου 1964-1975 (ΓΙΑΝΝΟΥΛΟΠΟΥΛΟΣ, 2000).



Εικόνα 2.67. Πιεζομετρία Αργολικού πεδίου φθινοπώρου 1990 (αριστερά) και άνοιξης 1999 (δεξιά) (ΓΙΑΝΝΟΥΛΟΠΟΥΛΟΣ, 2000).

Οι ΠΟΥΛΟΒΑΣΙΛΗΣ κ.α. (1996) παρουσιάζουν λεπτομερείς πιεζομετρικές καμπύλες για το σύνολο της περιόδου καταγραφής από τις οποίες προκύπτει, πως μεγάλα τμήματα των υδροφόρων σχηματισμών του Αργολικού πεδίου βρίσκονταν συνεχώς υπό καθεστώς αρνητικών πιεζομετρικών φορτίων, γεγονός που ευνοούσε τη εισροή της θάλασσας.

Στις πιεζομετρικές καμπύλες του 1964 και 1969 απουσιάζουν σχεδόν παντελώς οι αρνητικές πιεζομετρίες. Οι καμπύλες αυτές εκτιμάται, ότι προσεγγίζουν μια μέση κατάσταση φυσικής ισορροπίας του συστήματος (για την περίοδο αυτή), αφού οποιαδήποτε ελλείμματα σε νερό των υδροφόρων σχηματισμών εξαιτίας των αντλήσεων καλύφθηκαν. Το γεγονός αυτό αποτυπώνεται πιο έντονα στις πιεζομετρικές καμπύλες του 1969, οι οποίες προέκυψαν από μια περίοδο έντονων βροχοπτώσεων του 1968 που είχαν ως συνέπεια την σημαντική φυσική τροφοδοσία των υδροφόρων σχηματισμών (ΓΙΑΝΝΟΥΛΟΠΟΥΛΟΣ, 2000).

Οι πιεζομετρικές καμπύλες, ιδιαίτερα της περιόδου 1964-1975 επιβεβαιώνουν πολύ καθαρά τις βασικές περιοχές τροφοδοσίας των υδροφόρων σχηματισμών. Τις περιοχές αυτές αποτελούν δυτικές περιοχές που γειτνιάζουν με καρστικούς σχηματισμούς, καθώς και τμήματα κατά μήκος των χειμάρρων που εισρέουν στην πεδιάδα (ΓΙΑΝΝΟΥΛΟΠΟΥΛΟΣ, 2000).

Σημαντική επίσης τροφοδοσία λαμβάνει χώρα στα ανατολικά κράσπεδα της πεδιάδας στις περιοχές, όπου εισρέουν οι διάφοροι χείμαρροι, οι οποίοι όπως έχει και πάλι τονιστεί διηθούνται σχεδόν αποκλειστικά στις αδρομερείς αποθέσεις των παρυφών της πεδιάδας. Η τροφοδοσία αυτή όμως από χείμαρρους που εισρέουν από ανατολικά λαμβάνει χώρα μόνο σε ιδιαίτερα υγρά υδρολογικά έτη, όπου οι επιφανειακές απορροές επαρκούν για να φτάσουν στις περιοχές διήθησης (ΓΙΑΝΝΟΥΛΟΠΟΥΛΟΣ, 2000).

Η ανάλυση όλων των δεδομένων στάθμης και πιεζομετρίας από τις «Δέσμες» των ερευνητικών γεωτρήσεων έδειξε, ότι στο νότιο τμήμα του πεδίου έχει παρατηρηθεί στο παρελθόν έντονος αρτεσιανισμός που ξεπερνούσε τοπικά και το υδραυλικό φορτίο των 3m πάνω από την επιφάνεια του εδάφους. επισημαίνεται, πως η ανωτέρω ζώνη αρτεσιανισμού ισχύει για την περίοδο μετρήσεων 1964-1975. Στο παρελθόν, είχε επισημανθεί αρτεσιανισμός βορειότερα στην περιοχή της κοινότητας Κουτσοπόδι σε υψόμετρο μεγαλύτερο από 50m (ΑΝΑΣΤΑΣΙΑΔΗΣ, 1963; ΑΝΑΓΝΩΣΤΟΠΟΥΛΟΣ & ΓΑΛΑΝΗΣ, 1938), καθώς και η εκδήλωση των Τριμεριών σε υψόμετρα μέχρι και (25-30)m περίπου.

Οι πιεζομετρικές καμπύλες σε συνδυασμό με τα υδροχημικά στοιχεία έχουν δώσει σημαντικές πληροφορίες σε ότι αφορά στις περιοχές τροφοδοσίας και την κίνηση των υπόγειων νερών. Βασικές περιοχές τροφοδοσίας αποτελούν οι ανθρακικοί σχηματισμοί των δυτικών περιθωρίων και συγκεκριμένα το μέτωπο μεταξύ των οικισμών Μύλοι – Σκαφιδάκι και αυτό βορειοδυτικά του Άργους, δυτικά του χείμαρρου Ξεριά (ΓΙΑΝΝΟΥΛΟΠΟΥΛΟΣ, 2000).

Οι υδροφόροι σχηματισμοί τροφοδοτούνται επίσης από τους πολυάριθμους χείμαρρους που εισρέουν και διηθούνται στις ανατολικές κυρίως παρυφές της πεδιάδας. Σημαντική επίσης τροφοδοσία εκτιμάται, ότι λαμβάνει χώρα από την περιοχή του Ερασίνου, ο οποίος πηγάζει από την πηγή του Κεφαλαρίου και διασχίζει το βάλτο της Νέας Κίου. Η τροφοδοσία αυτή, και γενικά οι απώλειες νερού από τους χείμαρρους προς τα υπόγεια νερά, εξαρτάται από την εκάστοτε στάθμη του νερού στο χείμαρρο και την υδραυλική αγωγιμότητα των υλικών της κοίτης του. Οι περιοχές τροφοδοσίας επιβεβαιώθηκαν και με τη συμβολή της υδροχημείας. Τα υπόγεια νερά στις παραπάνω περιοχές που λαμβάνει χώρα εισροή νερού στους υδροφόρους σχηματισμούς, παρουσιάζουν υδροχημικούς τύπους «Ca-HCO₃» και αντίστοιχα χαμηλές τιμές ηλεκτρικής αγωγιμότητας και χλωριόντων. Κατά την κίνηση τους στα Τεταρτογενή ιζήματα μεταβαίνουν σε υδροχημικό τύπο «Mg-HCO₃», ενώ στις ζώνες υφαλμύρωσης σε «Na-HCO₃» και τελικά σε τύπο «Na-Cl» (ΓΙΑΝΝΟΥΛΟΠΟΥΛΟΣ, 2000).

Επίσης οι περιοχές τροφοδοσίας χαρακτηρίζονται από νερά χαμηλής ηλεκτρικής αγωγιμότητας, διαλυμένων στερεών και χλωριόντων.

Επιμέρους υδατικά περιβάλλοντα αποτελούν ο υφιστάμενος βάλτος της Νέας Κίου και τα Τριμέρια. Ο βάλτος της Νέας Κίου έχει αναπτυχθεί σε ένα ιδιαίτερο γεωμορφολογικό περιβάλλον που τροφοδοτείται σημαντικά από τον Ερασίνο, ο οποίος πηγάζει από την πηγή του Κεφαλαρίου. Η παρουσία επάλληλων στρωμάτων τύρφης μέχρι και σε βάθος 60m στα υποκείμενα ιζήματα οδηγεί στο συμπέρασμα, ότι σημερινή θέση του δεν έχει μεταβληθεί σημαντικά στο Τεταρτογενές (ΓΙΑΝΝΟΥΛΟΠΟΥΛΟΣ, 2000).

Τα Τριμέρια αποτελούσαν ένα άλλο υδρολογικό χαρακτηριστικό της περιοχής. Η παρουσία τους στο κέντρο περίπου της πεδιάδας έχει αποδοθεί στην άνοδο της στάθμης βαθύτερων υδροφόρων σχηματισμών (ΑΝΑΓΝΩΣΤΟΠΟΥΛΟΣ & ΓΑΛΑΝΗΣ, 1938). Στα πλαίσια διερεύνησης της στρωματογραφίας διαπιστώθηκε, ότι τα Τριμέρια αναπτύσσονταν στα όρια περίπου του αργιλικού καλύμματος. Το γεγονός αυτό ερμηνεύει πλήρως την παρουσία τους, αφού σε ιδιαίτερα υγρά υδρολογικά έτη, όπου οι απορροές του χείμαρρου Μπερμπαδιώτη (ο οποίος όπως έχει τονιστεί διηθείται πλήρως στις αλλουβιακές αποθέσεις της πεδιάδας) τροφοδοτούσαν τις αδρομερείς στην ευρύτερη περιοχή των οικισμών Χώνικας – Ίναχος – Ανυφί, προκαλούσαν άνοδο της ελεύθερης επιφάνειας των υπόγειων νερών και ανάβλυσή τους στα όρια του αργιλικού καλύμματος με μορφή «πηγών» γνωστών ως Τριμέρια (ΓΙΑΝΝΟΥΛΟΠΟΥΛΟΣ, 2000).

Εκτός από τις πλευρικές τροφοδοσίες και τις διηθήσεις χειμαρρικών υδάτων, τα υπόγεια νερά τροφοδοτούνται και από την κατείσδυση του νερού, βροχής και άρδευσης, στις περιοχές όπου αναπτύσσονται ελεύθεροι υδροφόροι σχηματισμοί

Η εκφόρτιση των νερών κάτω από συνθήκες φυσική ισορροπίας γίνεται στη θάλασσα, ενώ σε ιδιαίτερα υγρά υδρολογικά έτη η άνοδος της στάθμης των υπόγειων νερών ήταν υπεύθυνη για την λειτουργία των Τριμεριών και της Γλυκιάς.

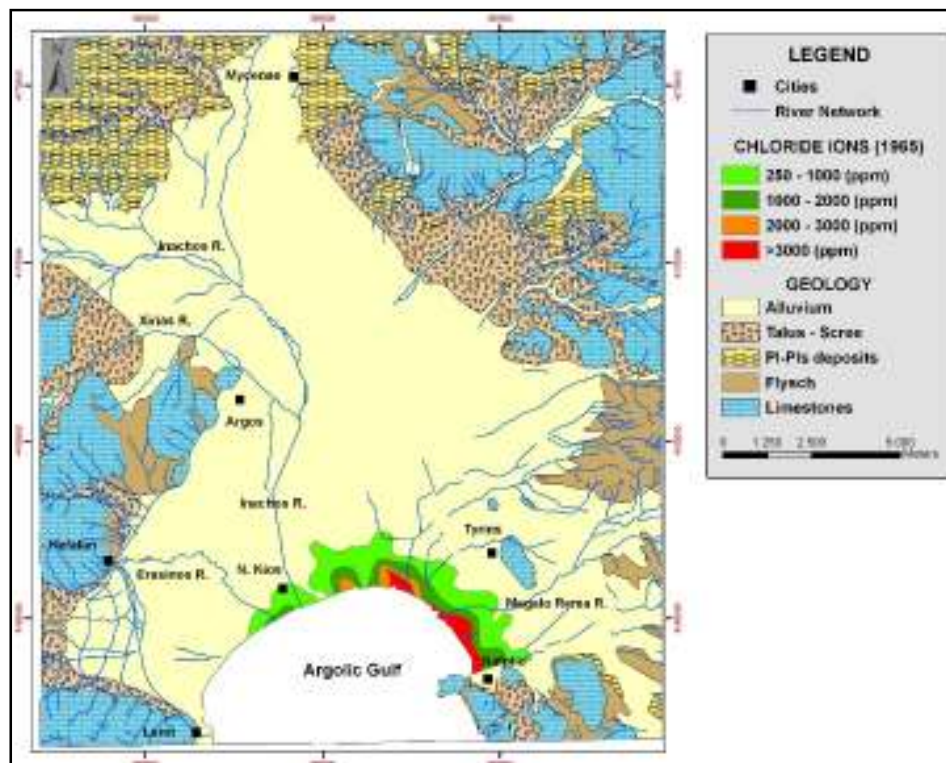
2.4.5 Υφαλμύρωση Αργολικού πεδίου

Η υφαλμύρωση του Αργολικού πεδίου άρχισε να γίνεται αισθητή στις αρχές της δεκαετίας του 1960 μετά από την αλματώδη ανάπτυξη των αρδευόμενων καλλιεργειών και ιδιαίτερα των εσπεριδοειδών. Ήταν εντονότερη στις ανατολικές περιοχές της Αργολικής πεδιάδας, στην περιοχή των οικισμών Νέα Τίρυνθα και Άρια καθώς και ανατολικότερα στην αλλουβιακή περιοχή της Ασίνης – Δρέπανου – Τολού (ΓΙΑΝΝΟΥΛΟΠΟΥΛΟΣ, 2000). Η προβολή των προσδιορισμών των χλωριόντων σε χάρτες ίσης περιεκτικότητας (ΠΟΥΛΟΒΑΣΙΛΗΣ κ.α., 1996) σκιαγραφεί ακριβώς το μέτωπο της υφαλμύρωσης και τη διαχρονική κίνηση του στους υδροφόρους σχηματισμούς.

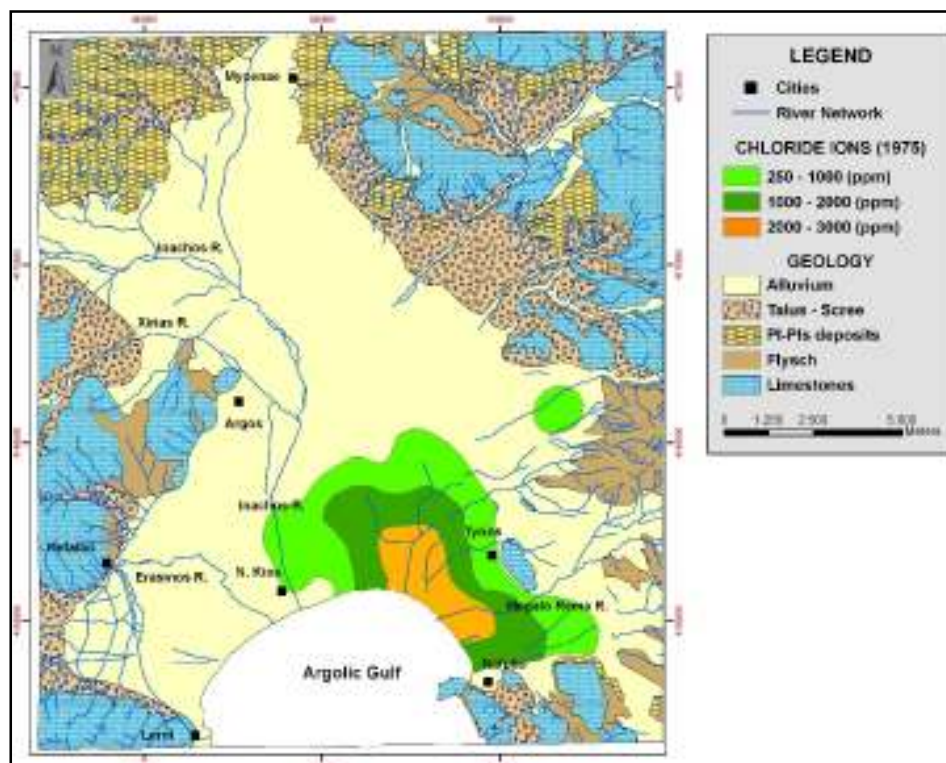
Εκτός από την υφαλμύρωση των υδροφόρων σχηματισμών του Αργολικού πεδίου επισημαίνεται, ότι στις δέσμες ερευνητικών γεωτρήσεων 1 και 2 που βρίσκονται στην παραλιακή περιοχή του Αργολικού πεδίου και ιδιαίτερα στα επιφανειακά στρώματα, έχουν καταγραφεί συγκεντρώσεις χλωριόντων που κυμαίνονται μεταξύ 35.000 και 40.000 mg/l (ΥΠ.ΓΕ 1963-1975). Δεδομένου ότι η συγκέντρωση σε χλωριόντα του θαλάσσιου ύδατος είναι περίπου 19.000mg/l (KRIEGER, 1963; HEM, 1992) προκύπτει, ότι οι παραπάνω τιμές είναι σχεδόν διπλάσιες περίπου από τις συνήθεις συγκεντρώσεις του χλωριόντων του θαλάσσιου ύδατος.

Στρωματογραφικά στοιχεία έδειξαν, ότι το παραλιακό αυτό τμήμα καλύπτεται επιφανειακά από αμμοπηλώδη εδάφη, ενώ υπόκειται ένα εκτεταμένο αργιλικό κάλυμμα. Η σύσταση των υλικών αυτών σε συνδυασμό με τις μηδαμινές εδαφικές κλίσεις και τη διακύμανση της στάθμης της θάλασσας είχε ως αποτέλεσμα την επαναλαμβανόμενη κατάκλυση των εδαφών αυτών με θαλασσινό νερό. Στη συνέχεια, αφού βέβαια η στάθμη του υπόγειου νερού βρισκόταν σε βάθος μικρότερο του μισού μέτρου ακολουθούσε έντονη εξάτμιση που είχε ως αποτέλεσμα την απομάκρυνση του νερού και τη συνεχή συσσώρευση αλάτων με συνέπεια τη συσσώρευση χλωριόντων στο εδαφικό νερό, η οποία έφτασε έτσι τις ασυνήθιστα υψηλές τιμές των (35.000-40.000)mgA (saltpan).

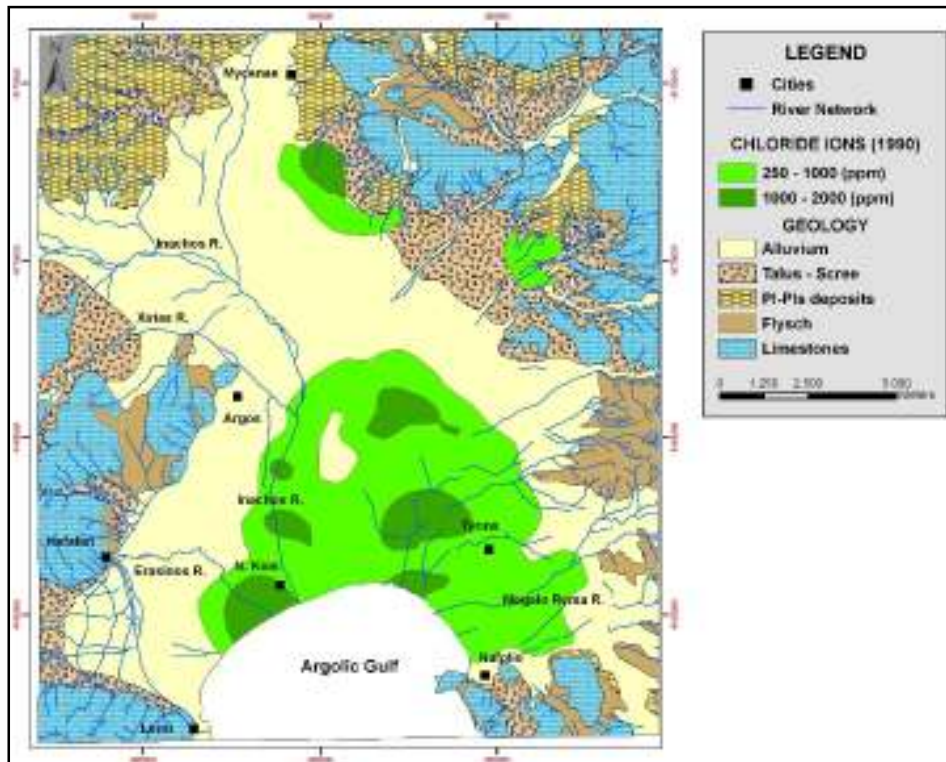
Οι ισοχλωρικές καμπύλες του Αργολικού πεδίου κατά το φθινόπωρο του 1965 και του 1975 και την άνοιξη του 1990 αποτυπώνονται στις **Εικόνες 2.68, 2.69 & 2.70** (ΓΙΑΝΝΟΥΛΟΠΟΥΛΟΣ, 2000).



Εικόνα 2.68. Ισοχλωρικές καμπύλες Αργολικού πεδίου του φθινοπώρου του 1965 (ΓΙΑΝΝΟΥΛΟΠΟΥΛΟΣ, 2000).



Εικόνα 2.69. Ισοχλωρικές καμπύλες Αργολικού πεδίου του φθινοπώρου του 1975 (ΓΙΑΝΝΟΥΛΟΠΟΥΛΟΣ, 2000).



Εικόνα 2.70. Ισοχλωρικές καμπύλες Αργολικού πεδίου κατά την άνοιξη του 1990 (ΓΙΑΝΝΟΥΛΟΠΟΥΛΟΣ, 2000).

Την δεκαετία του 1990 παρουσιάστηκε ένα νέο μέτωπο υφαλμύρωσης στο ΒΑ τμήμα του Αργολικού πεδίου στην περιοχή Μάνεσι – Μιδέα – Αμυγδαλίτσα – Μοναστηράκι, εξαιτίας της ανόρυξης υδρογεωτρήσεων μεγάλου βάθους, οι οποίες εκμεταλλεύονταν τους καρστικούς υδροφόρους ορίζοντες που αναπτύσσονται στους ανθρακικούς σχηματισμούς της ενότητας Τραπεζώνας που είναι υποκείμενοι των κοκκωδών υδροφόρων οριζόντων των Τεταρτογενών αποθέσεων του πεδίου. Η παρουσία της εκτεταμένης ρηξιγενούς ζώνης διεύθυνσης Α-Δ στο βόρειο τμήμα του Αραχναίου δικαιολογεί μια τέτοια κίνηση θαλάσσιου ύδατος από τον Σαρωνικό κόλπο πιθανόν τύπου πιστονιού (Piston flow) δια μέσου των ρηγμάτων (ΓΙΑΝΝΟΥΛΟΠΟΥΛΟΣ, 2000).

2.4.6 Εφαρμογή τεχνητού εμπλουτισμού στο Αργολικό πεδίο

Ο τεχνητός εμπλουτισμός αποτελεί διεθνώς την ενδεικνυόμενη πρακτική αντιμετώπισης ποσοτικών και ποιοτικών προβλημάτων που έχουν επέλθει από τη διατάραξη του υδατικού ισοζυγίου υπόγειων υδροφόρων σχηματισμών. Η μέθοδος αυτή παρόλο, ότι έχει υιοθετηθεί στο Αργολικό πεδίο από τις αρχές της δεκαετίας του 1960, συνεχίζει να προσελκύει το επιστημονικό και πολιτικό ενδιαφέρον (ΓΙΑΝΝΟΥΛΟΠΟΥΛΟΣ, 2000).

Κατά τη διάρκεια αναγνωριστικών εργασιών, ο ΑΡΩΝΗΣ (1962) επισημαίνει, ότι «...η λύση του αρδευτικού προβλήματος του Αργολικού πεδίου δύναται να επιτευχθεί δια της συντονισμένης εκμεταλλεύσεως των πηγαίων, επιφανειακών και υπόγειων υδάτων της περιοχής...». Με γραφικό τρόπο προτείνει, «...το ύδωρ του Κεφαλαρίου, θα διοχετεύεται, εις τα ένθεν και ένθεν φρέατα της διαδρομής Άργους – Μπέρμπακα δια των εκατέρωθεν της οδού αυλακών, οι οποίοι πρέπει να διευρυνθούν και να εκβαθυνθούν. Επειδή η οδός διέρχεται δια γεφυρών θα απαιτηθεί η κατασκευή υδρογεφυρών εις τα αντίστοιχα σημεία

δια την διοχέτευση του ύδατος. Εκ παραλλήλου προς τα ιδιωτικά φρέατα, εντός των οποίων θα γίνεται παροχέτευσις του ύδατος του Κεφαλαρίου δια βαρύτητας, θα ανορυχθούν εις την αυτήν διαδρομήν και νέα μεγάλα φρέατα μετά στούν, εις θέσεις όπου η περατότης του εδάφους είναι υψηλή...».

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, τον Απρίλιο του 1962 συστήθηκε ομάδα εργασίας αποτελούμενη από εκπρόσωπους των ενδιαφερόμενων Υπουργείων (Συντονισμού, Δημοσίων Έργων και Γεωργίας), του ΙΓΕΥ, καθώς και από εμπειρογνώμονες του UN Special Fund Project και της TAHAL Ltd, η οποία κατάρτισε ένα γενικό πρόγραμμα ερευνητικών εργασιών και μελετών για τον καθορισμό των υδατικών πόρων της λεκάνης του Αργολικού πεδίου και την αντιμετώπιση της υφαλμύρωσης των υδροφόρων οριζόντων. Ο FAO (1964) εστίασε το ερευνητικό του ενδιαφέρον στα καρστικά ύδατα που τροφοδοτούν το μέτωπο των πηγών των δυτικών παρυφών της πεδιάδας.

Ανάμεσα σε άλλες προτάσεις η TAHAL Ltd (1962) αναγνωρίζοντας, ότι η φυσική τροφοδοσία των υπόγειων υδροφόρων σχηματισμών δεν επαρκούσε για να καλύψει τις αρδευτικές ανάγκες, πρότεινε, ότι αυτή πρέπει να ενισχυθεί με τεχνητή τροφοδοσία από τις χειμερινές και εαρινές παροχές των πηγών Κεφαλαρίου και Λέρνης.

Στη συνέχεια το ΥΠ.ΓΕ (ΠΟΥΛΟΒΑΣΙΛΗΣ & ΣΤΑΣΙΝΟΠΟΥΛΟΣ, 1965) έχοντας υπόψη όλα τα χαρακτηριστικά των υδατικών συστημάτων της περιοχής, έθεσε τις βάσεις ενός σχεδιασμού αξιοποίησης τους, έτσι ώστε να καλύπτονται οι αρδευτικές ανάγκες της περιοχής αλλά παράλληλα να εξασφαλίζεται και μια βιώσιμη (sustainable) αρδευόμενη γεωργία. Ο σχεδιασμός αυτός προέβλεπε, ότι τα υπόγεια νερά με κατάλληλη διαχείριση και εμπλουτισμό θα εξακολουθούσαν να είναι η βασική πηγή νερού άρδευσης. Προέβλεπε επίσης τη χρησιμοποίηση εαρινών και θερινών παροχών των πηγών Λέρνης και Κεφαλαρίου για άρδευση, καθώς και την περιορισμένη χρήση του νερού των πηγών Κιβερίου (Αναβάλου) λόγω της αμφίβολης ποιότητάς τους.

Ο εμπλουτισμός των υδροφόρων σχηματισμών θα γινόταν με τα χειμερινά νερά του Κεφαλαρίου και η μεταφορά τους στην πεδιάδα θα γινόταν με ελεύθερη ροή, αφού η πηγή εκβάλλει σε υψόμετρο +24m περίπου, και δευτερευόντως με χειμερινά νερά της Λέρνης, που η μεταφορά τους απαιτεί ανύψωση τους με άντληση. Τα πρώτα πειράματα τεχνητού εμπλουτισμού έγιναν το 1964 στην περιοχή του Αγίου Αδριανού, Λευκακίων, Ασίνης και Δρέπανου. Για το σκοπό αυτό κατασκευάστηκε σωληνωτός αγωγός για τη μεταφορά νερών του Κεφαλαρίου και δευτερεύοντα δίκτυα παροχέτευσης του νερού σε υπάρχοντα φρέατα και γεωτρήσεις των παραπάνω περιοχών. Τα αποτελέσματα των πειραμάτων αυτών ήταν πολύ ενθαρρυντικά, ενώ η άμεση βελτίωση της ποιότητας των υπόγειων νερών είχε ευεργετική επίδραση στα εσπεριδοειδή.

Αργότερα όμως, όπως αναφέρθηκε προηγουμένα, επικράτησε η αντίληψη, ότι η κύρια πηγή νερού άρδευσης θα ήταν οι πηγές Κιβερίου και σχεδιάστηκε η διώρυγα μεταφοράς των νερών τους στην Αργολική πεδιάδα. Ο αρχικός σχεδιασμός της διώρυγας δεν προέβλεπε τη διασύνδεση της με την πηγή του Κεφαλαρίου. Με παρέμβαση ειδικών (καθ. Αλ. Πουλοβασιλίου) γύρω στο 1980 εξασφαλίστηκε η διασύνδεση αυτή και κατέστη δυνατή η μεταφορά προς την πεδιάδα και νερού άριστης ποιότητας. Από το 1990 και μετά άρχισαν και πάλι πειράματα εμπλουτισμού με νερά της πηγής του Κεφαλαρίου που μεταφέρονταν στην πεδιάδα με τη διώρυγα της Νέας Κίου (ΓΙΑΝΝΟΥΛΟΠΟΥΛΟΣ & ΠΟΥΛΟΒΑΣΙΛΗΣ, 1999). Οι λεπτομερείς εργασίες καθώς και τα αποτελέσματα από την εφαρμογή των δύο αυτών φάσεων εμπλουτισμού περιγράφονται στη συνέχεια.

1^η φάση τεχνητού εμπλουτισμού

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, πειράματα εμπλουτισμού έγιναν για πρώτη φορά το 1964 στην περιοχή του Αγίου Αδριανού, Λευκακίων, Ασίνης και Δρέπανου. Ο ΘΑΝΟΣ (1994) περιγράφει λεπτομερώς τις διάφορες φάσεις του εμπλουτισμού κατά την περίοδο αυτή (1964-1968). Για την εφαρμογή του κατασκευάστηκε σωληνωτός αγωγός για τη μεταφορά νερού του Κεφαλαρίου στις παραπάνω περιοχές. Ο αγωγός αυτός τροφοδοτούσε υπάρχοντα αρδευτικά δίκτυα από τα οποία το νερό με πλαστικούς σωλήνες κατέληγε πάντα κάτω από την υπάρχουσα στάθμη των φρεάτων για να αποφεύγεται η δημιουργία φυσαλίδων, αέρα οι οποίες θα ήταν δυνατό να εμφράζουν τους πόρους των υδροφόρων σχηματισμών στο άμεσο περιβάλλον των φρεάτων.

Ο τεχνητός εμπλουτισμός της περιόδου 1964 άρχισε από το Μάιο και ήταν μικρής διάρκειας, λόγω έλλειψης νερού εξαιτίας της χρησιμοποίησης των εαρινών παροχών του Κεφαλαρίου για αρδεύσεις. Επαναλήφθηκε το Φεβρουάριο του 1965 σε ευρύτερη κλίμακα και ήταν διάρκειας τριών μηνών περίπου. Το δίκτυο εμπλουτισμού περιελάμβανε 22 φρέατα στην περιοχή Πολυγώνου – Άριας, 6 φρέατα στα Λευκάκια και 25 φρέατα στην Ασίνη και Δρέπανο. Το 1966 ο εμπλουτισμός άρχισε πάλι το Φεβρουάριο και ήταν διάρκειας 60 ημερών. Τα εμπλουτιζόμενα φρέατα ήταν κατανομημένα στις περιοχές Πολυγώνου – Άριας (5 φρέατα), Λευκακίων (11 φρέατα) και Ασίνης – Δρέπανου (36 φρέατα). Το νερό και στην περίπτωση αυτή δεν επαρκούσε για να καλύψει την απορροφητική ικανότητα των φρεάτων. Από το Δεκέμβριο του 1966 μέχρι τον Απρίλιο του 1967 ο εμπλουτισμός επαναλήφθηκε για 120 ημέρες σε στάδιο πλέον πρακτικής εφαρμογής, με δαπάνες του ΤΟΕΒ υπό τις οδηγίες της ΥΕΒ του ΥΠ.ΓΕ, στις περιοχές Άριας, Αγίου Αδριανού, Λευκακίων, Ασίνης και Δρέπανου. Στην περίπτωση αυτή τα φρέατα εμπλουτισμού δεν ήταν σταθερά αλλά πολλά από αυτά άλλαζαν συνέχεια. Τέλος την Άνοιξη του 1968 ο ΓΟΕΒ επανέλαβε τον τεχνητό εμπλουτισμό σε επίπεδο πρακτικής εφαρμογής με οδηγίες της ΥΕΒ του ΥΠ.ΓΕ. Πριν από την έναρξη του εμπλουτισμού μετρήθηκαν οι στάθμες και η συγκέντρωση των χλωριόντων σε όλα τα φρέατα εμπλουτισμού και παρατηρήσεων. Κατά τη διάρκεια του εμπλουτισμού καταγραφόταν επίσης τακτικά η παροχή εμπλουτισμού σε κάθε φρέαρ καθώς και οι στάθμες και η συγκέντρωση των χλωριόντων στα παραπάνω φρέατα σε ημερήσια βάση. Τα δεδομένα όμως αυτά δεν βρέθηκαν (ΓΙΑΝΝΟΥΛΟΠΟΥΛΟΣ, 2000).

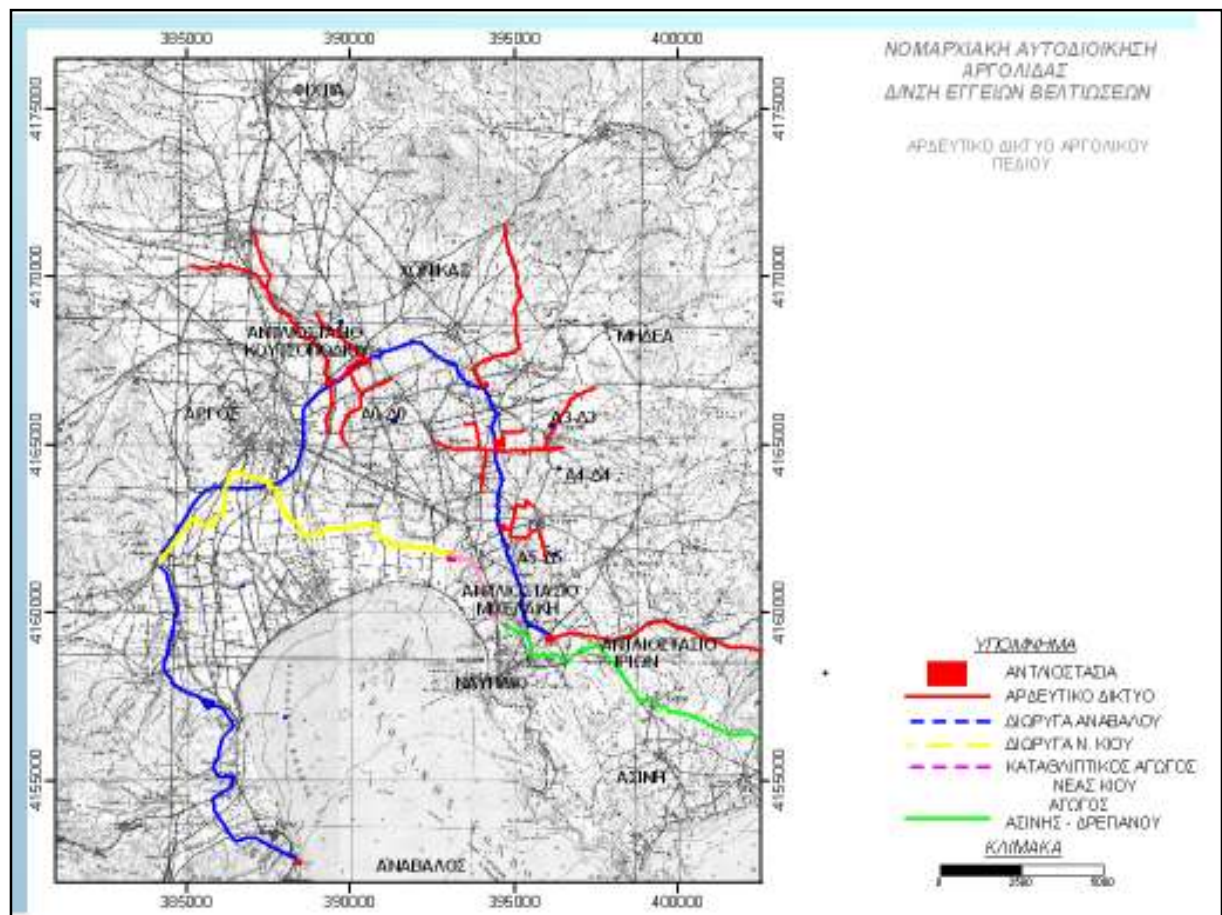
Παρατηρήθηκε, ότι τα φρέατα εμπλουτισμού στην περιοχή της Ασίνης και ιδιαίτερα στις αδρομερείς αποθέσεις του Δαφνοπόταμου στις παρυφές της πεδιάδας είχαν πολύ μεγαλύτερη απορροφητική ικανότητα από αυτά της περιοχής του Πολύγωνου. Ακόμη παρατηρήθηκε, ότι ο ρυθμός απορρόφησης σε φρέατα κοντά στην παραλία ήταν μικρότερος από αυτόν που επιτεύχθηκε σε άλλα κείμενα μακρύτερα. Επίσης παρατηρήθηκε, ότι με την πάροδο του χρόνου η απορροφητική ικανότητα των φρεάτων ελαττωνόταν. Το γεγονός αυτό οφείλεται πιθανότερα στην άνοδο της στάθμης των υπόγειων νερών και συνεπώς στην μικρότερη διαφορά δυναμικού μεταξύ της στάθμης του φρέατος και αυτής του υδροφόρου ορίζοντα και όχι στην απόφραξη των πόρων δεδομένου, ότι το νερό ήταν διαυγές. Η μέση απορροφητική ικανότητα των φρεάτων προέκυψε ότι κυμάνθηκε από 10m³/h στις περισσότερες περιοχές μέχρι 30m³/h στην περιοχή της Ασίνης και ιδιαίτερα του χείμαρρου Δαφνοπόταμου (ΓΙΑΝΝΟΥΛΟΠΟΥΛΟΣ, 2000).

2^η φάση τεχνητού εμπλουτισμού

Το καλοκαίρι του 1988 στα πλαίσια ερευνητικού προγράμματος (Πουλοβασίλης κ.α., 1996) το Εργαστήριο Γεωργικής Υδραυλικής του ΓΠΑ, διενέργησε πείραμα εμπλουτισμού σε γεώτρηση που βρίσκεται στην χαμηλή περιοχή του Αργολικού πεδίου (**Εικ. 2.71**). Στη γεώτρηση αυτή εισέρρεε νερό από την παρακείμενη διώρυγα της Νέας Κίου για διάστημα τεσσάρων μηνών περίπου. Η συνολική ποσότητα νερού που εφαρμόστηκε στη γεώτρηση αυτή ήταν 100.000 m³ περίπου. Η γεώτρηση ήταν εφοδιασμένη με υδρομετρητή και το εισρεόμενο νερό (με σιφωνισμό) ήταν μίγμα νερού των πηγών Κιβερίου και Κεφαλαρίου. Η παροχή εμπλουτισμού καταγραφόταν καθημερινά (με χρήση σταθμημέτρου), όπως επίσης και η στάθμη σε τρεις γεωτρήσεις που βρίσκονταν σε αποστάσεις 145, 215 και 275 m. Η παροχή εμπλουτισμού ήταν αρχικά 65m³/h, ενώ σύντομα μειώθηκε στα (40-50)m³/h. Το γεγονός αυτό αποδίδεται περισσότερο στην άνοδο της στάθμης των υπόγειων νερών που είχε ως αποτέλεσμα τη μείωση της υδραυλικής κλίσης μεταξύ της διώρυγας και της πιεζομετρικής επιφάνειας του υποκείμενου υδροφόρου σχηματισμού και λιγότερο σε κάποια πιθανή έμφραξη των πόρων αφού το νερό φιλτραριζόταν (ΓΙΑΝΝΟΥΛΟΠΟΥΛΟΣ, 2000).

Στα πλαίσια του παραπάνω ερευνητικού προγράμματος έγιναν επίσης 10 γεωτρήσεις κατά μήκος της διώρυγας της Νέας Κίου κατανεμημένες σε τέσσερα διαφορετικά ζεύγη γεωτρήσεων που βρίσκονται σε αποστάσεις (1.000-2.000)m μεταξύ τους από τον χείμαρρο Ίναχο μέχρι το Ραμαντάνη (**Εικ. 2.71**). Η διάνοιξη των γεωτρήσεων αυτών αποσκοπούσε στη συγκέντρωση στοιχείων σχετικά με τις υδραυλικές ιδιότητες των υδροφόρων σχηματισμών καθώς και στη δημιουργία, μετά την απομάκρυνση του υφάλμυρου νερού, ενός μετώπου υψηλών πιέσεων με εμπλουτισμό (ΓΙΑΝΝΟΥΛΟΠΟΥΛΟΣ, 2000).

Η δεύτερη ουσιαστική φάση τεχνητού εμπλουτισμού άρχισε το 1990 μετά από τις έντονες και παρατεταμένες ανομβρίες που επικράτησαν την περίοδο 1988-1990. Αρχικά εμπλουτισμός εφαρμόστηκε σε 130 ιδιωτικές γεωτρήσεις και φρέατα (**Εικ. 2.71**) σε ευρύτερη πλέον ζώνη από αυτή της πρώτης φάσης που κάλυπτε όχι μόνο τις περιοχές της Ασίνης – Δρέπανου – Λευκακίων αλλά κυρίως όλη τη χαμηλή περιοχή του Αργολικού πεδίου από το Ναύπλιο και την Νέα Τίρυνθα μέχρι τη Νέα Κίο και βορειότερα. Η τροφοδοσία των γεωτρήσεων αυτών γινόταν αποκλειστικά από τη διώρυγα της Νέας Κίου με νερό Κεφαλαρίου, με λειτουργία αντλιοστασίων και προώθηση του νερού σε γεωτρήσεις και σε φρέατα εμπλουτισμού (ΓΙΑΝΝΟΥΛΟΠΟΥΛΟΣ, 2000).



Εικόνα 2.72. Αρδευτικό δίκτυο Αργολικού πεδίου (ΖΥΜΗΣ, 2010).

Το γεγονός αυτό είχε ως αποτέλεσμα την μετατόπιση της ζώνης εμπλουτισμού βορειότερα, και την δυνατότητα εφαρμογής μεγαλύτερης ποσότητας νερού χωρίς κατανάλωση ενέργειας και συνεπώς με μηδαμινό κόστος. Η αναγκαιότητα για άμεση αύξηση της δυναμικότητας των υπόγειων νερών της περιοχής καθώς και τα πρώτα ικανοποιητικά αποτελέσματα του τεχνητού εμπλουτισμού, όχι μόνο αυτά που σχετίζονται με τις τελευταίες εργασίες αλλά και αυτά της πρώτης φάσης (1964-1968), ενθάρρυνε του τοπικούς αγροτικούς συνεταιρισμούς και προέβηκαν στη διάνοιξη 10 γεωτρήσεων εμπλουτισμού σε τρεις περιοχές κατά μήκος της νέας διώρυγας Κιβερίου στους οικισμούς Ήρας, Κουρτακίου και Αγίας Τριάδας (ΓΙΑΝΝΟΥΛΟΠΟΥΛΟΣ, 2000).

Έτσι αυξήθηκε σημαντικά η δυνατότητα τεχνητής τροφοδοσίας των υδροφόρων σχηματισμών. Ανάλογες διακυμάνσεις στην παροχή εμπλουτισμού παρατηρήθηκαν και τα επόμενα έτη, γεγονός που επιβεβαιώνει και σε αυτή την περίπτωση, ότι η μείωση της παροχής εμπλουτισμού, σε μερικές γεωτρήσεις, αποδίδεται όχι στην έμφραξη των πόρων στο άμεσο περιβάλλον των τοιχωμάτων των γεωτρήσεων αλλά στη μείωση της υδραυλικής κλίσης μεταξύ της στάθμης στη διώρυγα και της στάθμης του υδροφόρου σχηματισμού στο άμεσο περιβάλλον της γεώτρησης (ΓΙΑΝΝΟΥΛΟΠΟΥΛΟΣ, 2000).

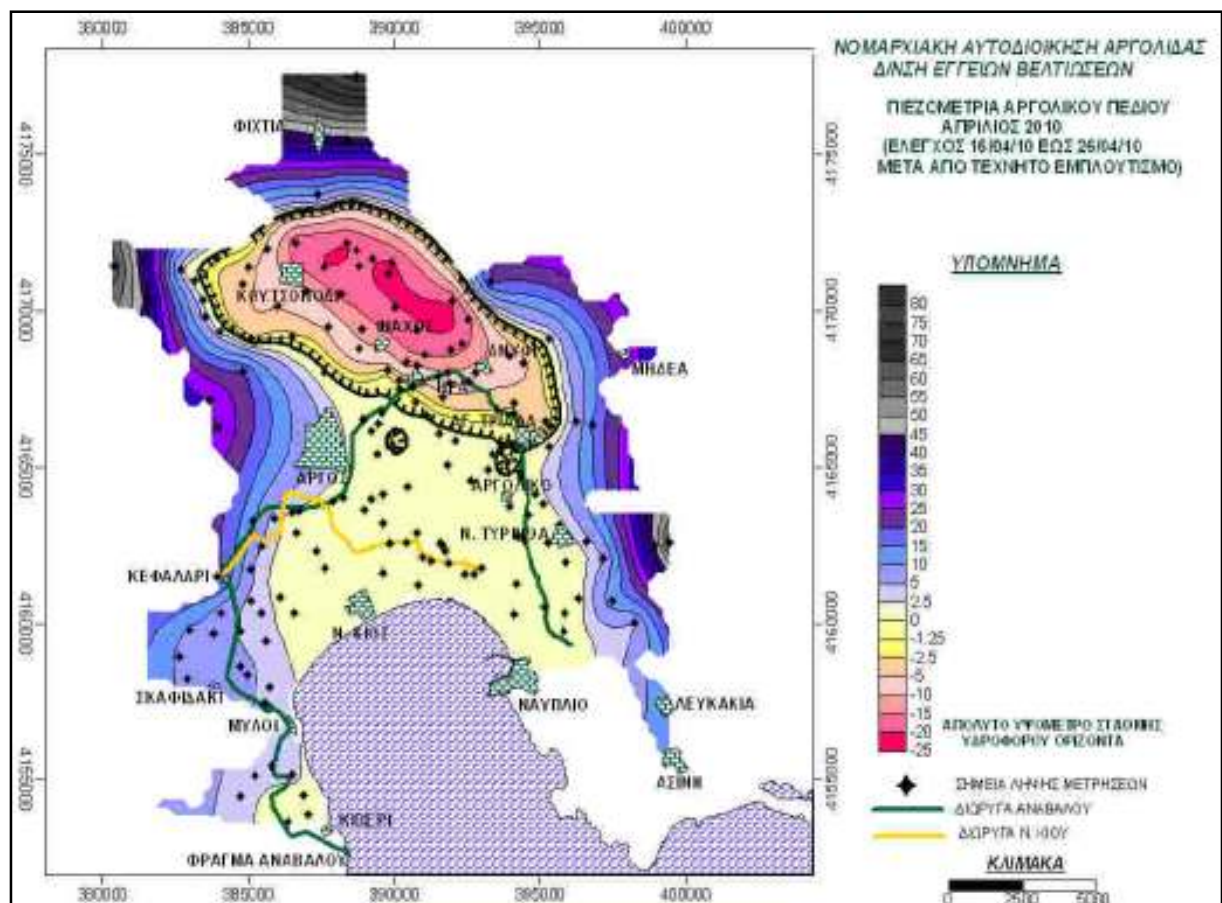
Παρόλα αυτά, εντυπωσιακή είναι η σταθερότητα της παροχής εμπλουτισμού σε διάφορες γεωτρήσεις. Επισημαίνεται, ότι σε μερικές από αυτές (πχ στη 2^η της Ήρας) οι παροχές εμπλουτισμού δεν αντιπροσωπεύουν τις μέγιστες δυνατές παροχές αλλά τις παροχές που επέτρεπε η διατομή του αγωγού τροφοδοσίας από τη διώρυγα στη γεώτρηση. Οι ποσότητες νερού που εφαρμόστηκαν την περίοδο 1990-1998 για τεχνητό εμπλουτισμό μετρήθηκαν

τόσο με χρήση υδρομετρητών που είχαν τοποθετηθεί σε αντιπροσωπευτικές γεωτρήσεις όσο και με μετρήσεις της παροχής που διοχετευόταν στην πεδιάδα από τη διώρυγα Κιβερίου (ΓΙΑΝΝΟΥΛΟΠΟΥΛΟΣ, 2000).

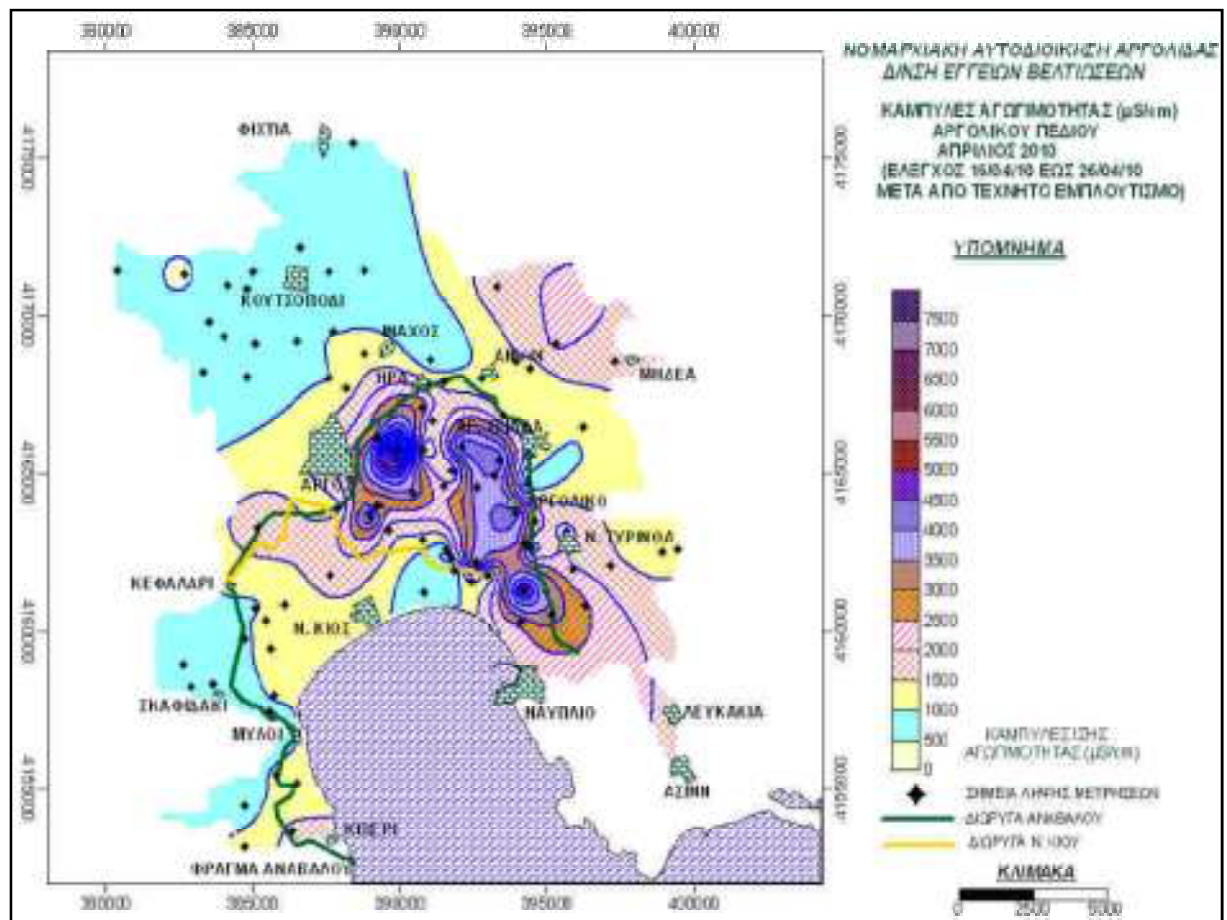
Παρατηρήθηκε, ότι η διώρυγα Κιβερίου σε διάφορα στάδια της λειτουργίας της παρουσίαζε σημαντικές απώλειες. Σχετικές μετρήσεις έδειξαν, ότι οι απώλειες αυτές μειώνονται σε σχέση με το χρόνο παρουσίας νερού στη διώρυγα και επίσης εξαρτώνται και από τη στάθμη νερού σε αυτή.

Από τα δεδομένα αυτά προκύπτει ότι από τις ποσότητες νερού που διοχετεύονται στη διώρυγα Κιβερίου ένα μόνο μέρος καταλήγει στα υπόγεια νερά μέσω γεωτρήσεων εμπλουτισμού (άμεσος εμπλουτισμός), ενώ μια εξίσου σημαντική ποσότητα αποτελεί τις διαρροές σημαντικό μέρος των οποίων καταλήγει μοιραία στα υπόγεια νερά.

Στις **Εικόνες 2.73 & 2.74** παρουσιάζονται η πιεζομετρία και οι καμπύλες ίσης ηλεκτρικής αγωγιμότητας στο Αργολικό πεδίο κατά τον Απρίλιο του 2010 ύστερα από την εφαρμογή του τεχνητού εμπλουτισμού (ΖΥΜΗΣ, 2010).



Εικόνα 2.72. Πιεζομετρία Αργολικού πεδίου κατά τον Απρίλιο του 2010 ύστερα από εφαρμογή τεχνητού εμπλουτισμού (ΖΥΜΗΣ, 2010).



Εικόνα 2.74. Καμπύλες ίσης ηλεκτρικής αγωγιμότητας Αργολικού πεδίου κατά τον Απρίλιο του 2010 ύστερα από εφαρμογή τεχνητού εμπλουτισμού (ΖΥΜΗΣ, 2010).

3. Ανάλυση Πλημμυρικού Ιστορικού

3.1 Ιστορικές πλημμύρες

Το Αργολικό πεδίο καταγράφει ένα μεγάλο αριθμό πλημμυρικών επεισοδίων και καταστροφικών πλημμυρικών συμβάντων, σε διάφορα τμήματα του, τα οποία έχουν καταγραφεί με λεπτομέρεια σε ότι αφορά τις τοποθεσίες που υπέστησαν κατάκλυση και ζημιές αλλά και τις επιπτώσεις σε υποδομές και περιουσίες.

Οι FOUACHE & GAKI – PAPANASTASSIOU (1997) περιγράφουν πλημμυρικές αποθέσεις και μεταθέσεις της κοίτης του χειμάρρου Ξεριά ήδη από τον 5^ο - 4^ο αιώνα πΧ (Κλασσική εποχή) στην ευρύτερη περιοχή του Αγίου Βασιλείου και οι ZAMANI et al. (1991) αντίστοιχες πλημμυρικές αποθέσεις στην περιοχή του Αγίου Νικολάου στη λεκάνη της Λυρκείας στο τμήμα κάτω από τη συμβολή με το Καρυωτικό ρέμα (Εικ. 3.18).

Από την ενδελεχή έρευνα σε διαφορετικές πηγές δεδομένων, όπως τους καταλόγους:

- των DIAKAKIS et al., (2012) και
- της Ειδικής Γραμματείας Υδάτων (ΕΓΥ, 2012),
- καθώς και σε άλλες πηγές, όπως βάσεις δεδομένων, οριοθετήσεις πλημμυρών, αρχεία εφημερίδων κλπ.,

καταγράφηκαν στο σύνολο 23 ξεχωριστά πλημμυρικά γεγονότα διαφορετικών εντάσεων σε ένα μεγάλο χρονικό φάσμα από το 1807 μέχρι και το 2015.

Στον Πίνακα 3.1 παρουσιάζονται οι ημερομηνίες, οι θέσεις, ο αριθμός των θυμάτων, μια περίληψη των επιπτώσεων και τα τμήματα του υδρογραφικού δικτύου που πλημμύρισαν.

Πίνακας 3.1. Κατάλογος πλημμυρικών γεγονότων που έχουν καταγραφεί στο Αργολικό πεδίο.

Ημερ/νια	Θέση	Υδατόρρευμα	Θύματα	Επιπτώσεις
1807	Παραρεμάτιες περιοχές Ξεριά βόρεια του Άργους, γύρω από τη γέφυρα της εθνικής οδού Κορίνθου-Άργους	Ξεριάς	–	Εκτεταμένες ζημιές σε καλλιέργειες και κάποιες υποδομές και κτίρια στην είσοδο της πόλης του Άργους.
1896 (Δεκ. 19)	Δαλαμανάρα	Τοπικοί χείμαρροι	1	Πλημμύρισαν περίπου 20 οικίες και γεωργικές εκτάσεις στο χωριό Δαλαμανάρα.
1907 (Αυγ. 11)	Αργολίδα	Χείμαρροι	–	Πλημμύρες σε κατοικίες (κυρίως σε υπόγεια) της ευρύτερης περιοχής του σημερινού Δήμου.
1912 (Αυγ.)	Λάλουκας	Χείμαρρος Κλεισούρας	–	Πλημμύρισαν και κατέρρευσαν σπίτια, καταστράφηκαν γεωργικές εκτάσεις (κυρίως αμπελώνες και καπνοφυτείες).
1913 (Αυγ.)	Λάλουκας	Χείμαρρος Κλεισούρας	–	Καταστράφηκαν γεωργικές εκτάσεις (κυρίως αμπελώνες και καπνοφυτείες).
1931	Εκτάσεις δίπλα στον Ξεριά	Ξεριάς & Ίναχος	–	Καταστροφή γεωργικών εκτάσεων, κυρίως λαχανικών.
1933	Εκτάσεις δίπλα στον Ξεριά και στον Ίναχο	Ξεριάς & Ίναχος	–	Καταστροφή αγροτικών εκτάσεων.

Ημερ/νια	Θέση	Υδατόρρευμα	Θύματα	Επιπτώσεις
1935	Μεγάλο τμήμα του Αργολικού πεδίου (Πυργέλλα, Κουρτάκι, Δαλαμανάρα, Νέα Κίος, Κουτσοπόδι)	Τοπικοί χείμαρροι της πεδιάδας	–	Εκτεταμένες ζημιές σε κατοικίες σε Πυργέλλα, Κουρτάκι, Δαλαμανάρα, Νέα Κίο, Κουτσοπόδι. Εκτεταμένη καταστροφή γεωργικών εκτάσεων (ξεριζώθηκαν δένδρα και σπαρτά). Πνίγηκε μεγάλος αριθμός ζώων για τα δεδομένα της εποχής.
1938	Αργολικό πεδίο	Ίναχος & Ξεριάς	–	Πλημμυρισμένες γεωργικές εκτάσεις.
1955 (Οκτ. 15)	Αργολικό πεδίο	Ίναχος & Ξεριάς	–	Πλημμυρισμένες γεωργικές εκτάσεις.
1963 (Οκτ. 11)	Οικισμός Νέου Κόσμου Άργους	–	–	Πλημμυρισμένες κατοικίες. Μικρές επιπτώσεις.
1967 (Δεκ. 1-2)	Αργολικό πεδίο, Νέα Κίος και τμήμα της πόλης του Άργους	Ξεριάς & Ίναχος	3	90 οικογένειες άστεγες, πολλές κατοικίες πλημμύρισαν ή και κατέρρευσαν και η Νέα Κίος κατακλύσθηκε από πλημμυρικά ύδατα. Ξεριζώθηκαν ελαιόδεντρα και έγιναν εκτεταμένες ζημιές στο Κουτσοπόδι.
1968	Αργολικό πεδίο	Ίναχος & Ξεριάς	–	Τμήματα της πεδιάδας καταλήφθηκαν με νερά.
1972 (Ιαν. 13)	Αργολικό πεδίο, Νέα Κίος και τμήμα της πόλης του Άργους	Ξεριάς & Ίναχος	–	Ζημιές στη σιδηροδρομική γέφυρα του Ξεριά, καθώς και σε τμήματα της σιδηροδρομικής γραμμής του Άργους και του Ναυπλίου. Ζημιές σε πλημμυρισμένες οικίες.
1980 (Οκτ 29)	Άργος και άλλες θέσεις (ορεινά της λεκάνης)	Ξεριάς	–	Περιορισμένες υλικές ζημιές στην πόλη του Άργους.
1980 (Νοε 16)	Περιοχή Άργους	Ξεριάς και τοπικοί χείμαρροι	–	Περιορισμένες υλικές ζημιές στην πόλη του Άργους.
1986	Περιοχή Άργους	–	–	Περιορισμένες υλικές ζημιές στην Δαλαμανάρα.
1990 (Νοεμ. 16)	Άργος, Παλιόπυργα, Κουφομαχαλάς, Άγιος Βασίλειος	Ίναχος & Ξεριάς	–	Καταστροφές σε αγροτικές και κτηνοτροφικές μονάδες. Πλημμύρισαν και υπέστησαν ζημιές σπίτια και καταστήματα. Αποκλείστηκαν άνθρωποι. Προκλήθηκαν προβλήματα στο οδικό δίκτυο, κατολισθήσεις σε τμήματα του σιδηροδρομικού δικτύου και έμειναν προσωρινά άστεγα περίπου 100 άτομα. Σε ορισμένες περιοχές το ύψος του νερού έφτασε τα 2,5m
1994 (Οκτ. 21)	Αργολικό πεδίο	–	–	Περιορισμένες υλικές ζημιές σε αγροτικές εκτάσεις.
1997 (Ιαν. 12)	Άργος και Αργολικό πεδίο	Ίναχος	–	Περιορισμένες υλικές ζημιές σε αγροτικές εκτάσεις.

Ημερ/νια	Θέση	Υδατόρρευμα	Θύματα	Επιπτώσεις
1997 (Νοεμ. 25)	Άργος, Άγιος Βασίλειος και άλλες θέσεις (πχ Οδός Χαλέπα), Κουτσοπόδι	Ξεριάς & Ίναχος	–	Ζημιές σε κατοικίες. Καταστροφές σε αγροτικές εκτάσεις. Αποκλεισμός οικισμών και θάνατος ζώων.
1998 (Ιουν. 20)	Αργολικό πεδίο (Ανάμεσα Δαλαμανάρα και Τίρυνθα)	–	–	Περιορισμένες υλικές ζημιές σε αγροτικές εκτάσεις.
1998 (Νοεμ. 23)	Άργος (θέση Γλυκειά)	Αστική πλημμύρα και Ίναχος	–	Πλημμύρισαν καταστήματα και σπίτια. Πνίγηκαν αρκετά ζώα στον Ίναχο.
1999 (Νοεμ. 7)	Αργολικό πεδίο	Τοπικοί χείμαρροι	–	Περιορισμένες υλικές ζημιές σε αγροτικές εκτάσεις.
2007 (Νοεμ. 17)	Αργολικό πεδίο	Τοπικοί χείμαρροι	–	Περιορισμένες υλικές ζημιές σε αγροτικές εκτάσεις και εντός του Άργους.
2010 (Σεπ. 6)	Άργος, Αργολικό πεδίο	–	–	Περιορισμένες υλικές ζημιές σε αγροτικές εκτάσεις και εντός του Άργους.
2013 (Δεκ. 2)	Άργος	Ξεριάς	1	1 νεκρή. Υλικές ζημιές σε αγροτικές εκτάσεις. Πλημμυρισμένα σπίτια και καταστήματα εντός του Άργους.

Στη συνέχεια παρουσιάζεται φωτογραφικό υλικό, κυρίως από το διαδίκτυο, της κοίτης των χειμάρρων Ξεριά και Ινάχου, αντίστοιχα, σε κρίσιμες θέσεις (διαβάσεις ιρλανδικού τύπου και γέφυρες) του οδικού και σιδηροδρομικού δικτύου κατά τα έντονα πλημμυρικά φαινόμενα που σημειώθηκαν στις 16-11-1990 (**Εικόνες 3.1, 3.2, 3.3 & 3.4**).

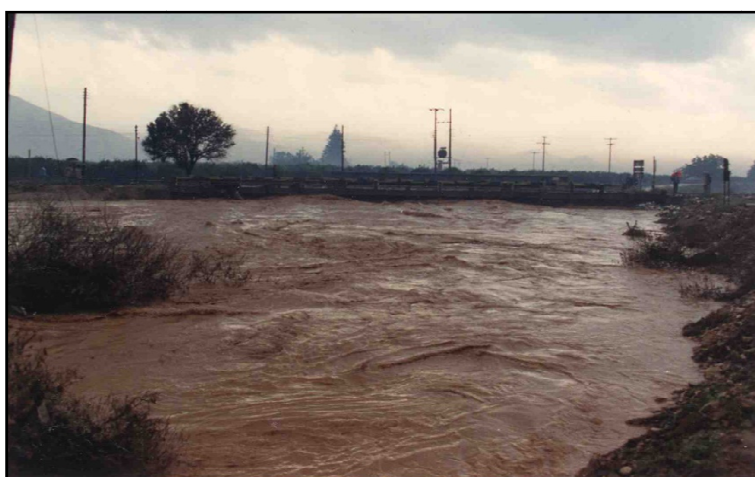


Εικόνα 3.1. Αποψη της κοίτης του χειμάρρου Ξεριά κατά τα έντονα πλημμυρικά φαινόμενα που σημειώθηκαν στις 16-11-1990 στην διάβαση ιρλανδικού τύπου της οδού Ήρας (επάνω αριστερά),

ανάντη της γέφυρας της σιδηροδρομικής γραμμής Άργους - Κορίνθου (επάνω δεξιά), στο κατάντη τμήμα της γέφυρας της επαρχιακής οδού Άργους – Κορίνθου (κάτω αριστερά) και στο ανάντη τμήμα της γεφύρας Άκοθας που της οδού Άκοθα – Χούνη (κάτω δεξιά). Πηγή: <https://www.youtube.com/watch?v=5Xq7JeZZl6I>



Εικόνα 3.2. Άποψη της κοίτης του χειμάρρου Ινάχου κατά τα έντονα πλημμυρικά φαινόμενα που σημειώθηκαν στις 16-11-1990 στο ανάντη τμήμα της γέφυρας της επαρχιακής οδού Άργους – Κορίνθου (αριστερά) και μεταξύ της ανωτέρω γέφυρας και της γέφυρας της σιδηροδρομικής γραμμής Άργους – Κορίνθου (δεξιά). Πηγή: <https://www.youtube.com/watch?v=5Xq7JeZZl6I>



Εικόνα 3.3. Άποψη της κοίτης του χειμάρρου Ινάχου κατά τα έντονα πλημμυρικά φαινόμενα που σημειώθηκαν στις 16-11-1990 στο ανάντη τμήμα της γέφυρας της επαρχιακής οδού Άργους – Κορίνθου (ΓΑΚΗ – ΠΑΠΑΝΑΣΤΑΣΙΟΥ, 1991).



Εικόνα 3.3. Άποψη της κοίτης του χειμάρρου Ινάχου, προς τα ανάντη, κατά τα έντονα πλημμυρικά φαινόμενα που σημειώθηκαν στις 16-11-1990 στη γέφυρα του Σχινοχωρίου (ΓΑΚΗ – ΠΑΠΑΝΑΣΤΑΣΙΟΥ, 1991).

Στην **Εικόνα 3.5** παρουσιάζεται η κοίτη του χειμάρρου Ξεριά κατά το χειμώνα του 2012, ο οποίος ήταν ιδιαίτερα υγρός με αρκετές χιονοπτώσεις στα ορεινά, στο ανάντη τμήμα της γέφυρας της επαρχιακής οδού Άργους – Κορίνθου (περιοχή «Νησίδας»), ενώ στην συνέχεια φωτογραφικό υλικό της γέφυρας της Άκοβας στη θέση Λιβαδιταίικα της οδού Άκοβα – Χούνη, η οποία υποχώρησε κατά τα έντονα πλημμυρικά φαινόμενα που σημειώθηκαν στις 02-12-2013 (**Εικ. 3.6**).



Εικόνα 3.5. Άποψη της κοίτης του χειμάρρου Ξεριά ανάντη της γέφυρας της επαρχιακής οδού Άργους – Κορίνθου, περιοχή «Νησίδας» κατά το χειμώνα του 2012.





Εικόνα 3.6. Άποψη της γέφυρας στη θέση Λιβαδιταίικα της οδού Άκοβα – Χούνη στις 11-12-2007 (επάνω αριστερά), στις 04-12-2013 (κάτω αριστερά και στις 31-03-2016 (επάνω δεξιά).

3.2 Συχνότητα πλημμυρών

Με βάση τις καταγραφές αυτές προκύπτει, ότι σε διάρκεια 35 ετών (από το 1980 έως και το 2015, οπότε και ο κατάλογος των πλημμυρών θεωρείται πλήρης) έχουν συμβεί 10 σημαντικά πλημμυρικά γεγονότα.

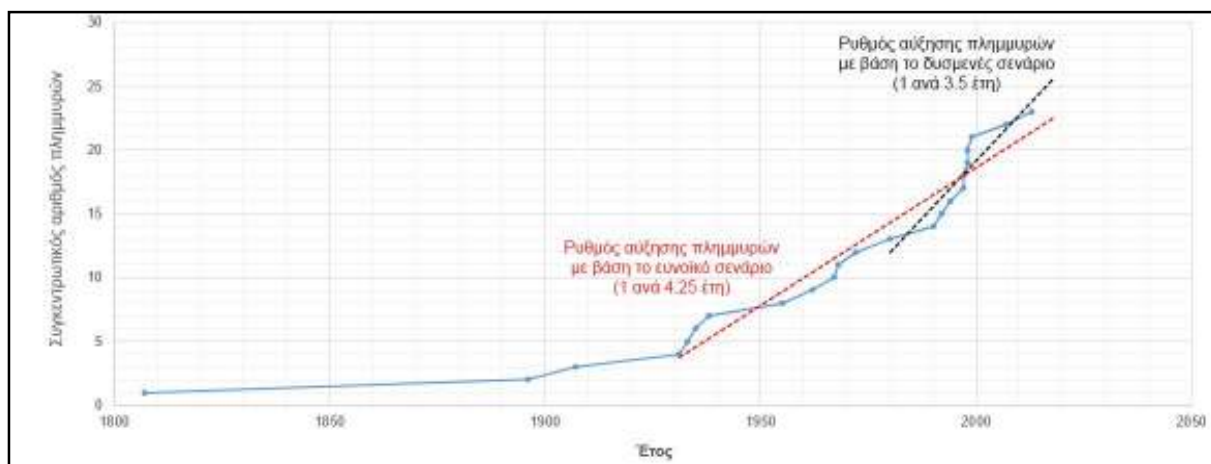
Αν η συχνότητα αναλυθεί από το 1930 και μετά (με όποιες ελλείψεις στον κατάλογο πλημμυρών μπορεί να υπάρχουν λόγω απώλειας δεδομένων) προκύπτει, ότι σε **διάστημα 85 ετών** (1930-2015) έχουν συμβεί **20 σημαντικά πλημμυρικά γεγονότα**. Με βάση τα παραπάνω προκύπτει η μέση συχνότητα εκδήλωσης πλημμυρών στην περιοχή μελέτης (Πίν. 3.2).

Από τον υπολογισμό αυτό προκύπτει, ότι η περιοχή παρουσιάζει μια **μέση συχνότητα τουλάχιστον 1 πλημμύρας ανά 4,25 έτη**, με τον υπολογισμό αυτόν να είναι η πιο ευνοϊκή εκτίμηση. Η **δυσμενέστερη** εκτίμηση προκύπτει από το διάστημα 1980-2014, το οποίο δίνει **μέση συχνότητα ίση 1 πλημμύρα ανά 3,5 έτη** (Εικ. 3.7).

Η συχνότητα αυτή θεωρείται υψηλή, γεγονός που επιβεβαιώνεται και στη βιβλιογραφία από τους STATHIS (2004) και DIAKAKIS et al. (2012), αφού προσεγγίζει αυτήν του λεκανοπεδίου της Αττικής και άλλων περιοχών που καταγράφουν την υψηλότερη συχνότητα στην επικράτεια.

Πίνακας 3.2. Υπολογιζόμενη μέση συχνότητα πλημμυρών στην περιοχή μελέτης με βάση τον αριθμό ιστορικών πλημμυρικών συμβάντων και ανάλογα με το διάστημα υπολογισμού.

Διάστημα αναφοράς	Υπολογιζόμενη μέση συχνότητα
1980-2014	1 πλημμύρα ανά 3,5 έτη
1930-2014	1 πλημμύρα ανά 4,25 έτη



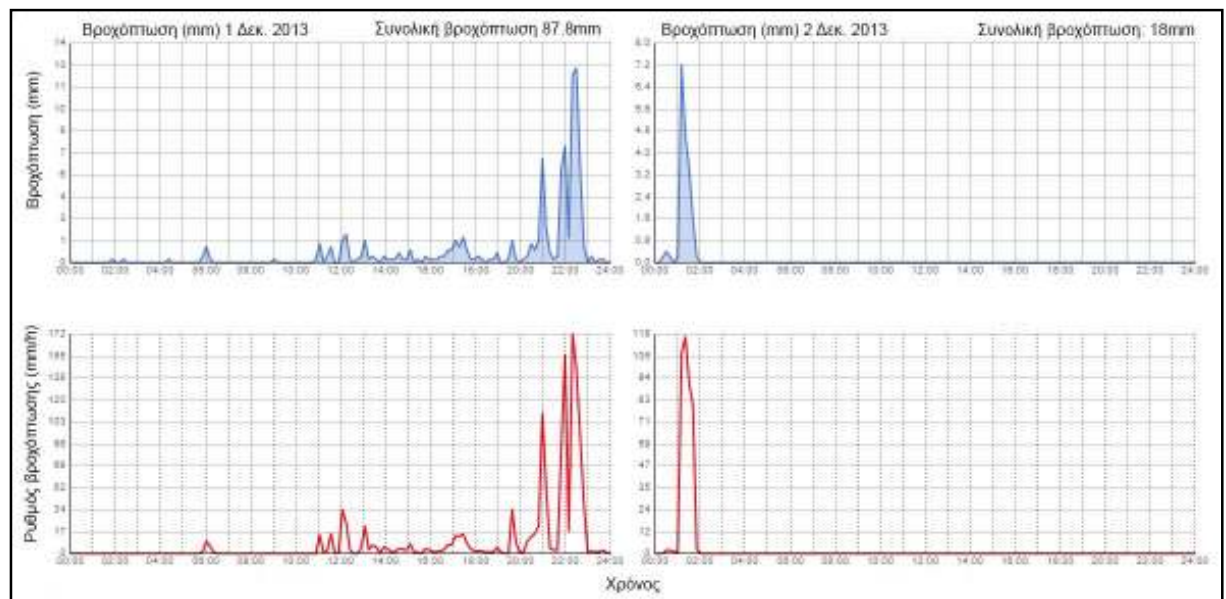
Εικόνα 3.7. Αύξηση του συγκεντρωτικού αριθμού πλημμυρών από το 1800 έως το 2014 στην περιοχή του Άργους. Στο διάγραμμα παρουσιάζονται οι γραμμές τάσης 1930-2014 (κόκκινο χρώμα) και 1980-2014 (μαύρο χρώμα), οι οποίες αντικατοπτρίζουν τον ρυθμό αύξησης των πλημμυρών με βάση τη μέση συχνότητα που υπολογίζεται στο αντίστοιχο διάστημα, αντιπροσωπεύοντας το ευνοϊκό σενάριο (1 πλημμύρα ανά 4,25 έτη) και το δυσμενές σενάριο (1 πλημμύρα ανά 3,5 έτη).

3.3 Οριοθέτηση ιστορικά ευαίσθητων περιοχών

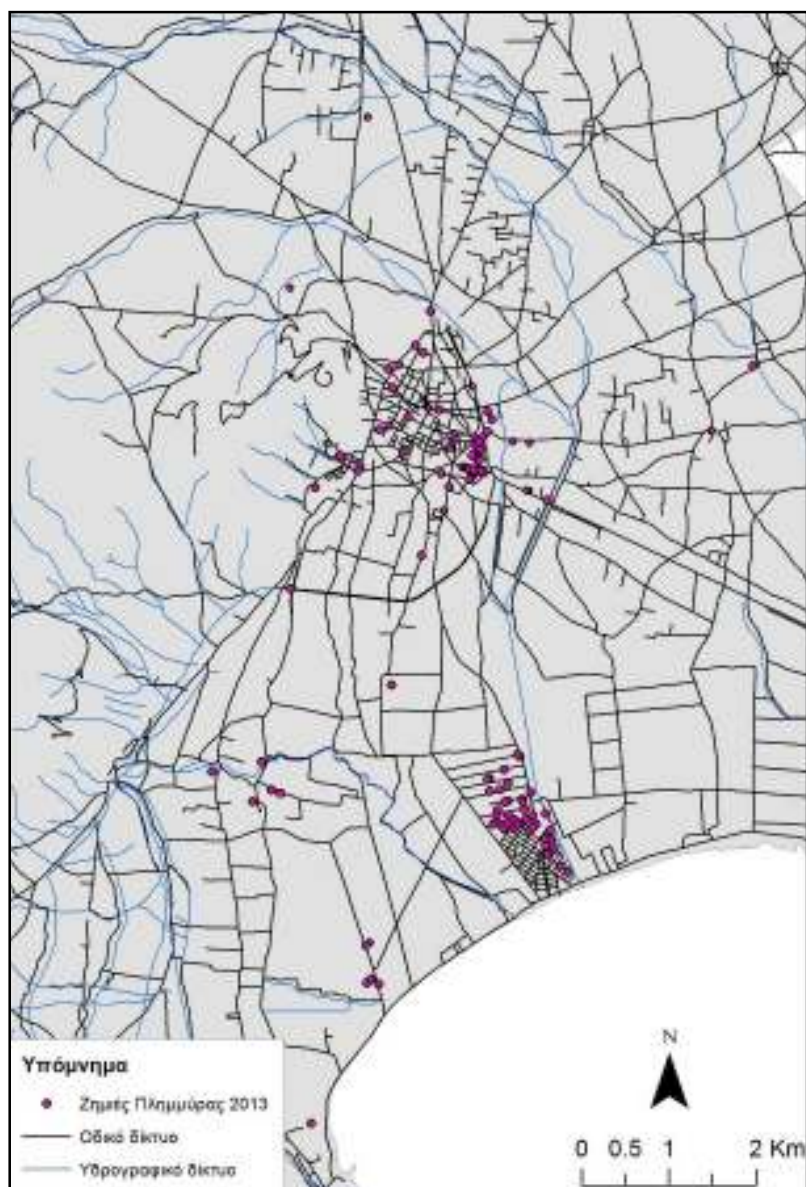
Με βάση τα ιστορικά στοιχεία, τις περιγραφές ιστορικών πλημμυρών αλλά και τα στοιχεία ζημιών ή αποζημιώσεων μετά από πλημμύρες δημιουργήθηκε μια βάση ιστορικών δεδομένων με πληροφορίες για τη θέση και τον χρόνο που έπληξαν διάφορα πλημμυρικά γεγονότα το Δήμο.

Σε ότι αφορά την πρόσφατη καταιγίδα του Δεκεμβρίου 2013 στην πόλη του Άργους (**Εικ. 3.8**), χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία ζημιών από τις υπηρεσίες της Περιφερειακής Ενότητας Αργολίδας και του Δήμου Άργους – Μυκηνών. Τα στοιχεία αυτά προβλήθηκαν σε περιβάλλον GIS, ώστε να προσδιορισθεί η χωρική κατανομή τους και κατ' επέκταση να οριοθετηθεί ο χώρος που επλήγη από την συγκεκριμένη πλημμύρα (**Εικ. 3.9**).

Με αντίστοιχο προσέγγιση αναλύθηκαν και οι παλαιότερες πλημμύρες στον Δήμο. Με βάση τη μελέτη του ιστορικού και τις θέσεις στις οποίες διαπιστώθηκαν τα προβλήματα και οι ζημιές από τα πλημμυρικά συμβάντα κατά τη διάρκεια της περιόδου που μελετήθηκε, αναπτύχθηκε ένας χάρτης με τα προσεγγιστικά όρια της κατάκλυσης κάθε ενός από τα συμβάντα αυτά, ώστε να οριοθετηθούν στο χώρο οι περιοχές που είναι επιδεκτικές σε πλημμυρικά φαινόμενα (**Εικ. 3.10**).

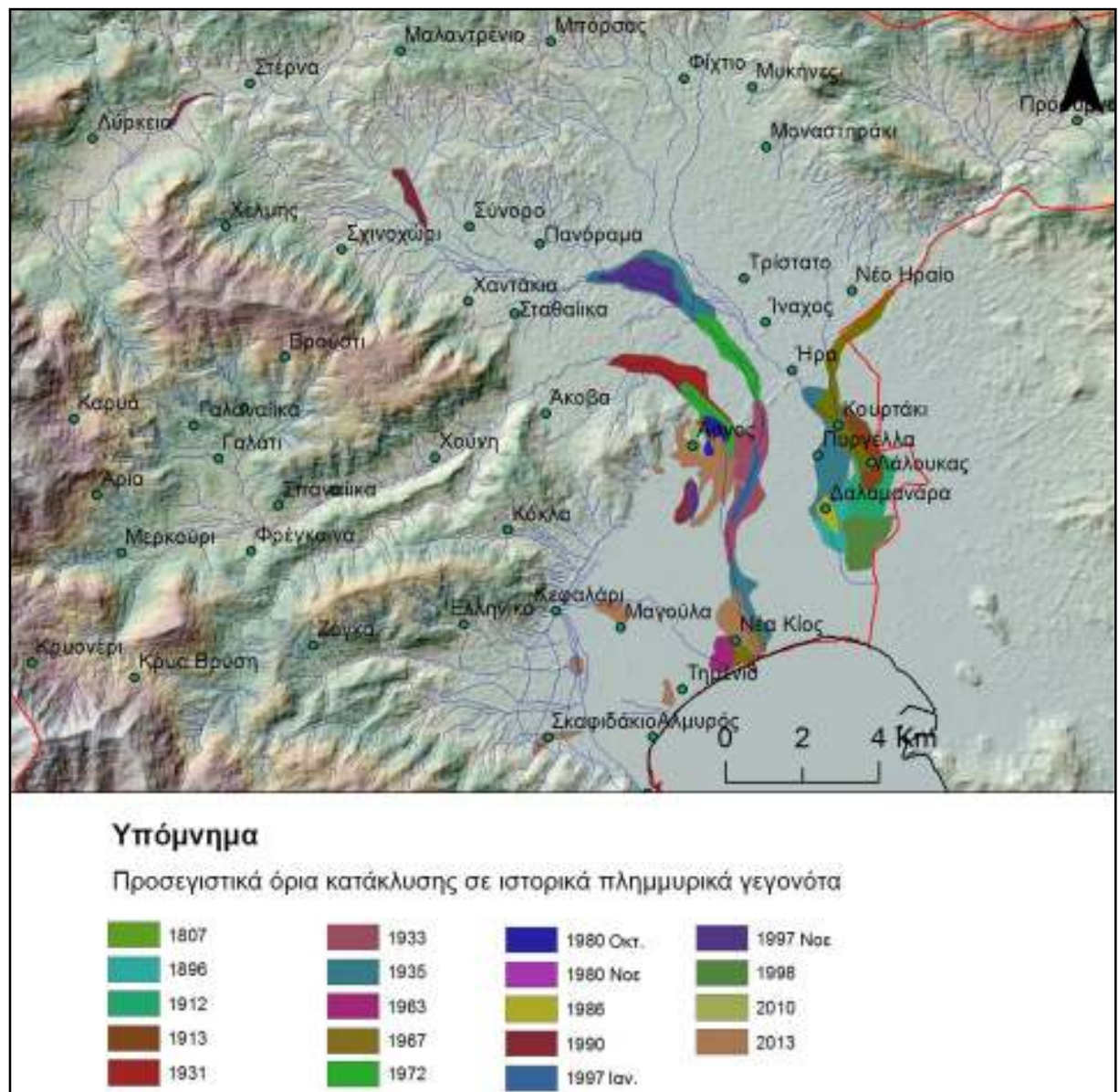


Εικόνα 3.8. Διάγραμμα βροχής 1^{ης} και 2^{ας} Δεκεμβρίου 2013 στην περιοχή του Άργους (Σταθμός Άργους).



Εικόνα 3.9. Χωρική κατανομή των επιπτώσεων του πλημμυρικού γεγονότος του 2013 στην περιοχή μελέτης εξαιρουμένων των ζημιών σε καλλιεργήσιμες εκτάσεις.

Με βάση την προσεγγιστική χάραξη των επιμέρους πλημμυρικών συμβάντων κατά τον τελευταίο αιώνα, προκύπτει η οριοθέτηση της συνολικής περιοχής που είναι επιδεκτική (susceptible) σε πλημμυρικά φαινόμενα.

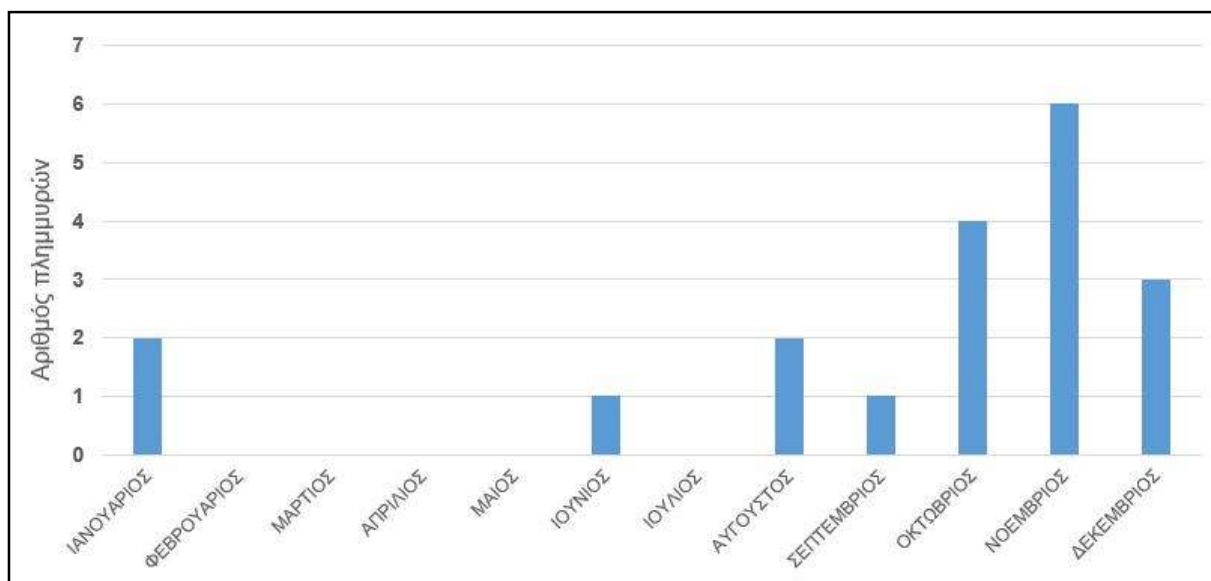


Εικόνα 3.10 Προσεγγιστικά όρια κατάκλυσης κατά τη διάρκεια ιστορικών πλημμυρικών καταστροφών στην περιοχή του Αργολικού πεδίου.

3.4 Εποχικότητα πλημμυρών

Σε ότι αφορά στην εποχικότητα των πλημμυρών στην ανατολική Πελοπόννησο, από τη βιβλιογραφία προκύπτει, ότι οι μήνες με τις περισσότερες πιθανότητες εκδήλωσης πλημμύρας είναι ο Νοέμβριος, ακολουθούμενος από τον Ιανουάριο και το Δεκέμβριο, ενώ οι Ιούλιος και Αύγουστος καταγράφουν τις λιγότερες (DIAKAKIS, 2014).

Η εποχικότητα των πλημμυρών που προκύπτει από την κατανομή του δείγματος των 19 πλημμυρών που έχουν καταγραφεί στο Αργολικό πεδίο με γνωστή ακριβή ημερομηνία (Εικ. 3.11), η οποία δείχνει ότι η υψηλότερη συχνότητα εμφανίζεται το Νοέμβριο και ισχυρή εποχικότητα καθώς το 84,2% των γεγονότων καταγράφεται μεταξύ Σεπτεμβρίου και Ιανουαρίου.



Εικόνα 3.11. Εκδήλωση πλημμυρών ανά μήνα στην ευρύτερη περιοχή του Αργολικού πεδίου.

3.5 Χαρακτηριστικά πλημμυρών

Από τη μελέτη του ιστορικού και την εξέταση του οπτικού υλικού προκύπτει, ότι οι **πλημμύρες προκαλούνται από υψηλής έντασης – μικρής διάρκειας καταιγίδες**. Με βάση τις καταγραφές και το οπτικό υλικό που είναι διαθέσιμο προκύπτει, ότι οι πλημμύρες έχουν τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

(α) Αιφνίδια άνοδος της στάθμης των υδάτων

Από το οπτικό υλικό (φωτογραφίες και βίντεο) που είναι διαθέσιμο, και το είδος των καταιγίδων προκύπτει, ότι οι πλημμύρες της περιοχής έρευνας χαρακτηρίζονται από ταχεία άνοδο της στάθμης των υδάτων, γεγονός που τους προσδίδει χαρακτήρα αιφνίδιων πλημμυρών (flash floods). Παράλληλα, τμήμα του πλημμυρικού προβλήματος συμβαίνει εντός του αστικού ιστού και επηρεάζεται σημαντικά από την επίδραση του αστικού περιβάλλοντος στην ομαλή αποστράγγιση των υδάτων προς τα κατάντη, προσδίδοντας στις πλημμύρες στις θέσεις αυτές (κεντρικό και δυτικό τμήμα του Άργους) χαρακτήρα αστικών πλημμυρών (urban floods).

(β) Διαφορετικές ταχύτητες ροής υδάτων κατά θέσεις

Από το οπτικό υλικό που είναι διαθέσιμο αλλά και τις επιπτώσεις των πλημμυρών σε κινητά αντικείμενα (κυρίως αυτοκίνητα), διαπιστώνονται διαφορές στις ταχύτητες ροής των υδάτων κατά θέσεις. Σε ορισμένες θέσεις (κυρίως εντός του αστικού ιστού του Άργους) τα πλημμυρικά ύδατα καταγράφουν χαμηλές ταχύτητες, ενώ σε άλλες (κυρίως στο ανατολικό όριο του αστικού ιστού) διαπιστώνονται υψηλές ταχύτητες ροής.

(γ) Υψηλή διαβρωτική ικανότητα

Κατά την έρευνα πεδίου διαπιστώθηκαν κατά θέσεις (παραπλεύρως των υπερχειλισμένων ρεμάτων) υποσκαφές του εδαφικού σχηματισμού, λόγω της υψηλής ταχύτητας των υδάτων, οι οποίες έχουν συντελέσει στο παρελθόν σε περαιτέρω επιπτώσεις επί των υποδομών (οδικό δίκτυο, καταρρεύσεις τοιχίων κλπ.).

(δ) Υψηλή περιεκτικότητα σε φερτά υλικά

Από το οπτικό υλικό, τις περιγραφές και από τις επιπτώσεις των πλημμυρών, όπως καταγράφηκαν από την έρευνα πεδίου, προκύπτει υψηλή περιεκτικότητα των πλημμυρικών υδάτων σε φερτά υλικά και σε ορισμένες περιπτώσεις θραύσματα βλάστησης (vegetation debris). Τα φερτά αυτά υλικά σε πολλές περιπτώσεις ελαχιστοποίησαν την παροχευτική δυνατότητα των αγωγών ομβρίων απομειώνοντας κρίσιμες διατομές. Το πρόβλημα αυτό έχει διαπιστωθεί σε αρκετές περιπτώσεις ξαφνικών πλημμυρών (flash floods).

3.6 Πιθανοτικό καθεστώς καταιγίδων

Σε ότι αφορά στο πιθανοτικό καθεστώς των βροχοπτώσεων, οι ΤΣΙΤΣΕΛΗ (2014) και ΠΥΛΙΩΤΗΣ (2015) παραθέτουν τις όμβριες καμπύλες που περιγράφονται από τις παρακάτω εξισώσεις (**Εξισώσεις 3.1 & 3.2**):

$$\lambda' \cdot \frac{\left\{ \left[-\ln \left(1 - \left(\frac{d}{T} \right)^\kappa \right) - \psi' \right] \right\}}{\left(1 + \frac{d}{\theta} \right)^\eta} \quad \text{Εξίσωση 3.1 (ΤΣΙΤΣΕΛΗ, 2014)}$$

$$i = \frac{20.479 \cdot T^{0.184}}{t^{0.76}} \quad \text{Εξίσωση 3.2 (ΠΥΛΙΩΤΗΣ, 2015)}$$

Στις παραπάνω εξισώσεις T: η περίοδος επανάληψης της καταιγίδας σε έτη, i: η ένταση βροχόπτωσης σε mm/h, d: η διάρκεια της καταιγίδας σε ώρες, και λ, λ', ψ', θ, κ: αδιάστατοι παράμετροι των όμβριων καμπυλών με λ=29.03, λ'=290.3, κ=0.1, θ=0.07, η=0.65, ψ'=0.65 (ΤΣΙΤΣΕΛΗ, 2014; ΠΥΛΙΩΤΗΣ, 2015).

Με βάση τις ανωτέρω εξισώσεις (**Εξισώσεις 3.1 & 3.2**) η βροχόπτωση περιόδου επανάληψης T = 50 ετών υπολογίζεται, όπως φαίνεται στον **Πίνακα 3.3**.

Πίνακας 3.3. Σωρευτική βροχόπτωση 50 ετών με βάση τις υφιστάμενες όμβριες καμπύλες.

Μελέτη	ΠΥΛΙΩΤΗΣ (2015)	ΤΣΙΤΣΕΛΗ (2014)
Ύψος σωρευτικής βροχόπτωσης T=50 ετών και d = 6h	64,67 mm	95,67 mm
Ύψος σωρευτικής βροχόπτωσης T=50 ετών και d = 12h	76,37 mm	122,40 mm
Ύψος σωρευτικής βροχόπτωσης T=50 ετών και d = 24h	90,20 mm	156,30 mm

Η μεγάλη διαφορά στις εκτιμώμενες τιμές της βροχόπτωσης οφείλεται στο μικρό δείγμα διαθέσιμο εύρος χρονοσειρών των μετεωρολογικών δεδομένων στην περιοχή. Για λόγους ασφαλείας, στην παρούσα έρευνα λαμβάνονται ως σενάρια εργασίας τα δυσμενέστερα σενάρια.

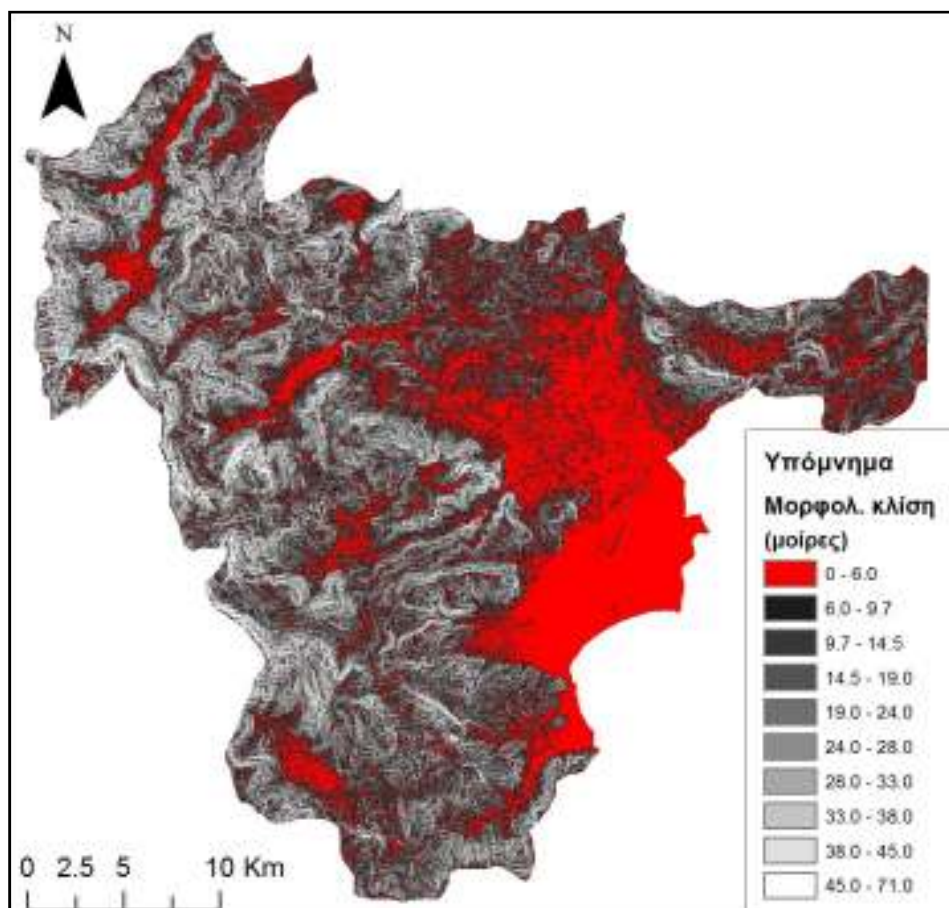
4. Εκτίμηση Πλημμυρικού Κινδύνου και Επικινδυνότητας

4.1 Γεωμορφολογική ανάλυση πλημμυρών

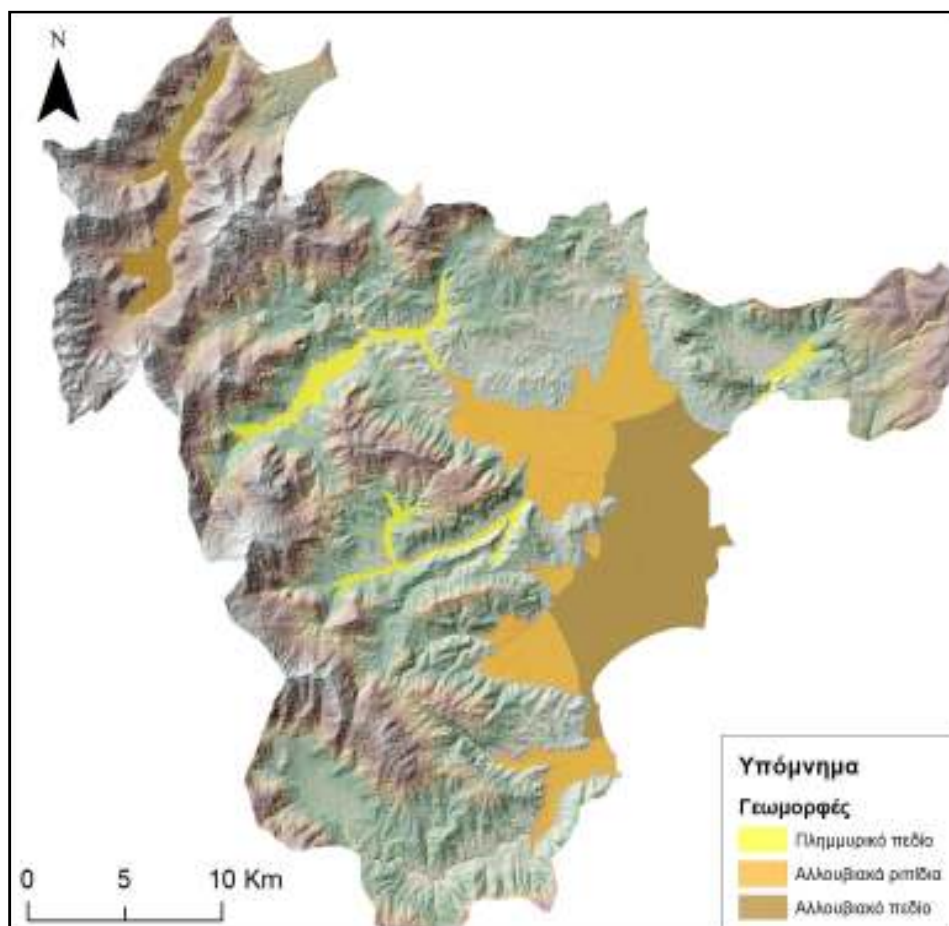
Η παρούσα έρευνα με απώτερο σκοπό να εντοπίσει τις περιοχές, οι οποίες μπορούν δυνητικά να αντιμετωπίσουν πλημμυρικά φαινόμενα, διεξήγαγε μια στρατηγική εκτίμηση του πλημμυρικού κινδύνου βασισμένη σε πολυκριτηριακή ανάλυση διαφορετικών γεωλογικών και γεωμορφολογικών κριτηρίων. Η ανάλυση αυτή βασίστηκε σε κριτήρια που προτείνονται διεθνώς (MARTINI & LOAT, 2007) για την περιοχή της Μεσογείου και τα οποία έχουν να κάνουν με:

- Τη γενική γεωμορφολογία της περιοχής.
- Τις μορφολογικές κλίσεις.
- Την οριοθέτηση του πλημμυρικού πεδίου.
- Την δημιουργία αλλουβιακών ριπιδίων.
- Την ύπαρξη ποτάμιων αναβαθμίδων.
- Τον διαχωρισμό των ενεργών αναβαθμίδων με την έννοια του ενεργού πλημμυρικού πεδίου.
- Τα πλημμυρικά ιζήματα (flood deposits) προερχόμενα από ιστορικές υπερχειλίσσεις των ρεμάτων της περιοχής έρευνας.
- Την μορφολογία και το βάθος της κοίτης.
- Την μορφή του υδρογραφικού δικτύου με έμφαση στις συνενώσεις κλάδων.

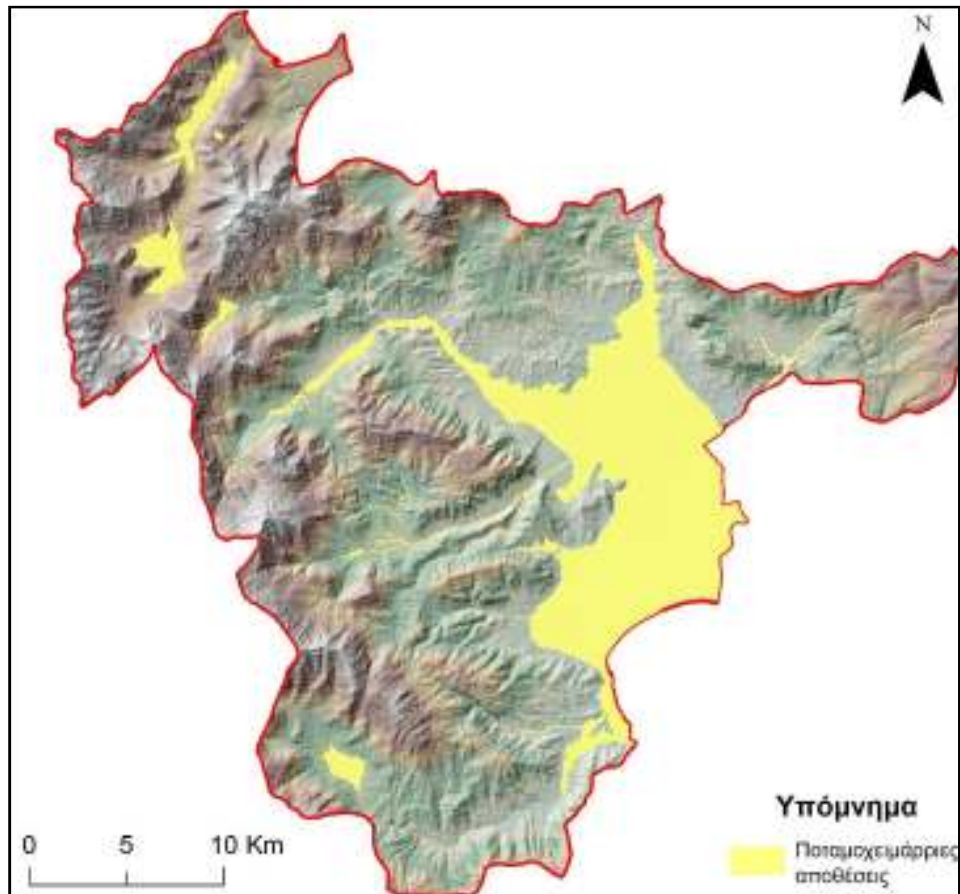
Σε πρώτη φάση τα παραπάνω κριτήρια χαρτογραφήθηκαν σε περιβάλλον GIS (**Εικόνες 4.1, 4.2 & 4.3**). επισημαίνεται, πως κατά τις εργασίες υπαίθρου πραγματοποιήθηκε συστηματικός διαχωρισμός των ενεργών και μη ενεργών αναβαθμίδων στο σύνολο των χειμάρρων της ευρύτερης περιοχής του Δήμου Άργους – Μυκηνών (**Εικόνες 4.4, 4.5, 4.6 & 4.7**).



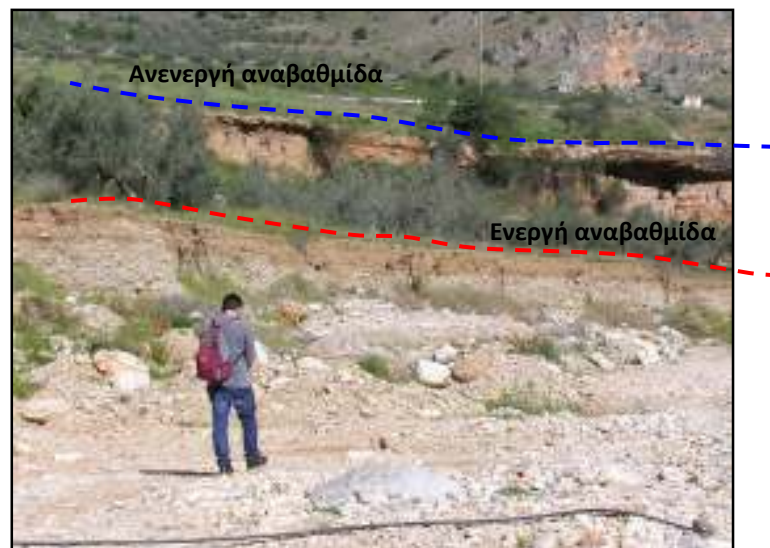
Εικόνα 4.1. Προσδιορισμός χαμηλών μορφολογικών κλίσεων στην έκταση του Δήμου Άργους – Μυκηνών.



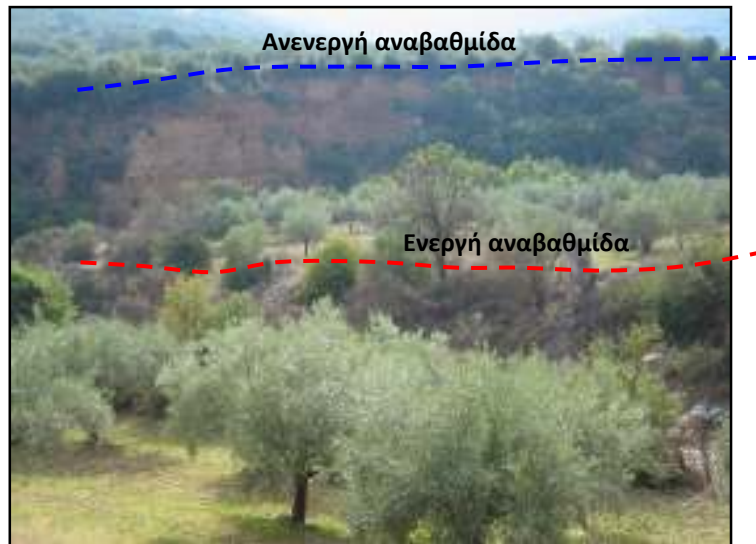
Εικόνα 4.2. Κύριες μακροσκοπικές γεωμορφές γύρω από το υδρογραφικό δίκτυο του Δήμου.



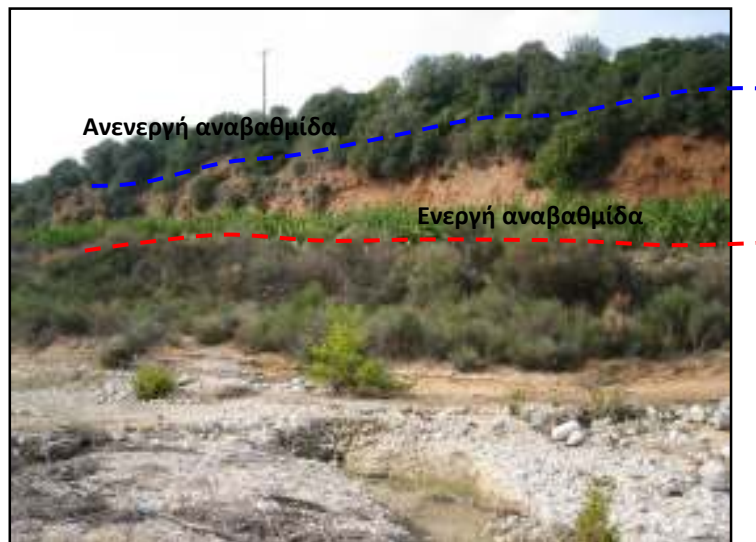
Εικόνα 4.3. Χάρτης εξάπλωσης ποταμοχειμάρριων ιζημάτων στο Δήμο Άργους – Μυκηνών.



Εικόνα 4.4. Διάκριση ενεργών και μη ενεργών αναβαθμίδων στην κοίτη του χειμάρρου Ξεριά, ανάντη της κατεστραμμένης γέφυρας της Άκοβας.



Εικόνα 4.4. Διάκριση ενεργών και μη ενεργών αναβαθμιδών στην κοίτη του χειμάρρου Ξεριά, ανάντη της κατεστραμμένης γέφυρας της Άκοθας.



Εικόνα 4.6. Διάκριση ενεργών και μη ενεργών αναβαθμιδών στην κοίτη του χειμάρρου Ξεριά, ανάντη της κατεστραμμένης γέφυρας της Άκοθας.



Εικόνα 4.7. Διάκριση ενεργών και μη ενεργών αναβαθμίδων στην κοίτη του χειμάρρου Ξεριά, ανάντη της κατεστραμμένης γέφυρας της Άκοθας.

Αρχικά, όλα τα προαναφερθέντα κριτήρια χαρτογραφήθηκαν σε περιβάλλον GIS και ακολούθως έγινε υπέρθεση των θεματικών χαρτών που παράχθηκαν από την οποία προέκυψε ο τελικός στρατηγικός χάρτης εκτίμησης πλημμυρικού? κινδύνου σε όλη την έκταση του Δήμου με βάση γεωμορφολογική ανάλυση.

Συνεκτιμώντας τον παραπάνω στρατηγικό χάρτη εκτίμησης πλημμυρικού? κινδύνου και τις αναλυτικές παρατηρήσεις έρευνας υπαίθρου, η οποία κατέγραψε όλες τις ευαίσθητες περιοχές του Δήμου, προέκυψαν οι τελικές περιοχές πλημμυρικού κινδύνου, οι οποίες έχουν αποτυπωθεί σε οχτώ (8) συνολικά Χάρτες και περιλαμβάνουν τις εξής περιοχές (βλέπε Κεφάλαιο 6):

1. Περιοχή κλειστής υδρολογικής λεκάνης Αλέας – Σκοτεινής.
2. Ευρύτερη περιοχή ΔΚ Κουτσοποδίου.
3. Ευρύτερη περιοχή χειμάρρου Μπερμπαδιώτη (ΤΚ Λιμνών – Πρόσυμνας – Κουρτακίου – Λάλουκα – Δαλαμανάρας).
4. Ευρύτερη περιοχή ΤΚ Ινάχου – Ήρας – Κουρτακίου – Λάλουκα.
5. Ευρύτερη περιοχή ΔΚ Άργους.
6. Ευρύτερη περιοχή πλημμυρικού πεδίου χειμάρρων Ξεριά και Ινάχου.
7. Ευρύτερη περιοχή ΤΚ Ελληνικού – Σκαφιδακίου – Μύλων.
8. Ευρύτερη περιοχή ΤΚ Κιβερίου – Μύλων – Ανδρίτσας.

4.2 Υδραυλική προσομοίωση

Μετά τον προσδιορισμό των θέσεων υψηλού κινδύνου πλημμυρών με βάση την ανάλυση του πλημμυρικού ιστορικού (Κεφάλαιο 4) και την ανάλυση των γεωμορφολογικών χαρακτηριστικών των λεκανών, προκύπτει η ανάγκη για ακριβή οριοθέτηση και ποσοτικοποίηση του κινδύνου πλημμύρας. Για το σκοπό, χρησιμοποιήθηκε η **μέθοδος μονοδιάστατης υδραυλικής προσομοίωσης**.

Για την εφαρμογή της υδραυλικής προσομοίωσης, κατά κανόνα σε ιδανικές περιπτώσεις χρησιμοποιούνται αρχεία με χρονοσειρές υδρολογικών παραμέτρων, όπως οι απορροές ενός υδατικού συστήματος. Ωστόσο, λόγω της έλλειψης μετρήσεων παροχής, είναι αναγκαία η χρήση υδρολογικών μοντέλων, τα οποία προσομοιώνουν το μέγεθος της απορροής με βάση τα υδρογεωλογικά και γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά μιας λεκάνης χρησιμοποιώντας τη βροχόπτωση ως δεδομένο εισόδου.

Η έννοια του υδρολογικού μοντέλου θα μπορούσε να αποδοθεί ως ένα σύνολο μαθηματικών εξισώσεων, οι οποίες περιγράφουν τις υδρογεωλογικές διεργασίες που υπεισέρχονται στη διαδικασία μετατροπής των κατακρημνισμάτων σε απορροή. Τα μοντέλα αυτά εστιάζουν στην ποσοτική εκτίμηση υδρολογικών μεταβλητών είτε στο επίπεδο ενός μεμονωμένου γεγονότος, είτε στη διαχρονική εξέλιξη του ισοζυγίου των υδατικών πόρων μιας οντότητας (πχ υδρολογική λεκάνη).

Στον τομέα του πλημμυρικού κινδύνου, η χρήση υδρολογικών μοντέλων αναλύει την υδρολογική λειτουργία των ποτάμιων λεκανών, εστιάζοντας κυρίως σε ζητήματα, όπως η εκτίμηση των απορροών, ο προσδιορισμός των συντελεστών της θεμελιώδους εξίσωσης της

υδρολογίας και επιμέρους παραγόντων, όπως ο χρόνος των διαφόρων διεργασιών. Η ανάπτυξη και η εφαρμογή των υδρολογικών μοντέλων ξεκινά από τον προσδιορισμό των παραμέτρων που εμπλέκονται και τη συλλογή των σχετικών δεδομένων. Ακολουθεί η περιγραφή των φυσικών διεργασιών, οι οποίες περιγράφονται με μαθηματικές εξισώσεις και η εκτέλεση των αλγορίθμων αυτών, οι οποίοι στοχεύουν στο να προσομοιώσουν την απόκριση μιας υδρολογικής λεκάνης σε μια τυχαία φόρτιση (πχ βροχόπτωση).

Με δεδομένη τη διαθεσιμότητα δεδομένων στην περιοχή μελέτης επιλέχθηκε το **μονοδιάστατο μοντέλο HEC-RAS** (HEC, 2002). Μεταξύ των πλεονεκτημάτων του συγκεκριμένου μοντέλου είναι η δυνατότητα λειτουργίας του με τα υπάρχοντα δεδομένα (τοπογραφικά και μετεωρολογικά) αλλά και η συμβατότητα και η δυνατότητα συνλειτουργίας με το ευρέως χρησιμοποιούμενο λογισμικό γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών ArcGIS (ESRI, 2011).

Το HEC-RAS είναι μοντέλο μεμονωμένου υδρολογικού γεγονότος, το οποίο προσομοιώνει τεχνητά ή φυσικά υδατορεύματα. Το μοντέλο μπορεί να πραγματοποιήσει υπολογισμούς τόσο για συνθήκες μόνιμης όσο και μη μόνιμης ροής. Η γενική φιλοσοφία της ανάπτυξης της προσομοίωσης περιλαμβάνει την ακριβή αναπαράσταση του υποβάθρου (η οποία μπορεί να εισάγεται από λογισμικό GIS), τον προσδιορισμό των συνθηκών ροής, την εκτέλεση της προσομοίωσης και την γραφική παρουσίαση των αποτελεσμάτων σε περιβάλλον GIS. Το μοντέλο έχει δυνατότητα να προσομοιώσει την στάθμη του νερού και τις ιδιότητες του αλλά και την μεταφορά και απόθεση ιζημάτων.

Το μοντέλο μπορεί να πραγματοποιήσει υπολογισμούς τόσο για συνθήκες μόνιμης όσο και μη ροής. Η γενική φιλοσοφία της ανάπτυξης της προσομοίωσης περιλαμβάνει την ακριβή αναπαράσταση του υποβάθρου (η οποία μπορεί να εισάγεται από λογισμικό GIS), τον προσδιορισμό των συνθηκών ροής, την εκτέλεση της προσομοίωσης και την γραφική παρουσίαση των αποτελεσμάτων σε περιβάλλον GIS.

Το συγκεκριμένο μοντέλο επιλέχθηκε με βάση τη διαθεσιμότητα δεδομένων στην περιοχή. Όπως προαναφέρθηκε, στη περιοχή του Ελληνικού χώρου, η απουσία μη μόνιμης ροής στο υδρογραφικό δίκτυο και η έλλειψη αξιόπιστων υδρολογικών δεδομένων, προκρίνει την επιλογή μοντέλων που λειτουργούν στη βάση ενός υδρολογικού συμβάντος, με περιγραφή του σε μία διάσταση (1D). Τα μοντέλα αυτά έχουν τη δυνατότητα να προσομοιώνουν τη ροή των υδάτων σε φυσικά ή τεχνητά υδατορεύματα, σε επίπεδο μεμονωμένου γεγονότος με την επίλυση μονοδιάστατης ανάλυσης της ροής, η οποία βασίζεται στις εξισώσεις μόνιμης ροής (steady flow).

Σημαντικό στοιχείο επίσης για την επιλογή ήταν η δυνατότητα του συγκεκριμένου μοντέλου να παράξει αποτελέσματα με μικρές απαιτήσεις σε δεδομένα σε ότι αφορά το ψηφιακό μοντέλο αναγλύφου και την ακρίβειά του. Θετικά στοιχεία για την επιλογή του ήταν επίσης η άμεση διαθεσιμότητά του και η καλή σύνδεσή του με διαδεδομένες εκδόσεις λογισμικού GIS όπως το ArcGIS 10 (ESRI, 2011). Επιπρόσθετα, ιδιαίτερα σημαντική, ήταν η χρήση του GIS τόσο για την εισαγωγή δεδομένων όσο και για την οπτικοποίηση και τον έλεγχο των αποτελεσμάτων.

Το μοντέλο αυτό έχει τη δυνατότητα να προσομοιώνει τη ροή των υδάτων σε φυσικά ή τεχνητά υδατορεύματα, σε επίπεδο μεμονωμένου γεγονότος με την επίλυση μονοδιάστατης ανάλυσης της ροής η οποία βασίζεται στις εξισώσεις μόνιμης ροής (Εξίσωση Ενέργειας – HYDROLOGIC ENGINEERING CENTER, 2010):

$$Y_2 + Z_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} = Y_1 + Z_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} + h_e \quad \text{Εξίσωση 4.1}$$

όπου,

- Y_1, Y_2 είναι το βάθος της κοίτης σε δύο τυχαία σημεία της υδάτινης επιφάνειας ενός υδατορεύματος,
- Z_1, Z_2 είναι το υψόμετρο της κοίτης στα δύο αυτά σημεία,
- V_1, V_2 είναι οι μέσες ταχύτητες των υδάτων στα δύο σημεία,
- α_1, α_2 είναι συντελεστές βαρύτητας των ταχυτήτων V_1 και V_2 ,
- g είναι η επιτάχυνση της βαρύτητας και
- h_e είναι η απώλεια ενέργειας μεταξύ των δύο σημείων

αλλά και εξισώσεις μη μόνιμης ροής (Εξίσωση Ορμής – HYDROLOGIC ENGINEERING CENTER, 2010):

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial QV}{\partial x} + gA \left(\frac{\partial z}{\partial x} + S_f \right) = 0 \quad \text{Εξίσωση 4.2}$$

όπου,

- S_f είναι ένας συντελεστής που καθορίζει τις απώλειες της τριβής της ροής,
- $\partial Q/\partial t$ είναι η μεταβολή της παροχής με το χρόνο,
- g είναι η επιτάχυνση της βαρύτητας,
- A είναι η διατομή του υπό μελέτη αγωγού/υδατορεύματος και
- $\partial z/\partial x$ είναι η μεταβολή του υψομέτρου της επιφάνειας του νερού.

Δεδομένα εισόδου για το συγκεκριμένο μοντέλο αποτελούν:

- το ακριβές ψηφιακό μοντέλο αναγλύφου σε μορφή TIN,
- η γεωμετρία της φυσικής κοίτης,
- η γεωμετρία όλων των τεχνητών παρεμβάσεων σε αυτήν,
- οι συντελεστές τριβής Manning για την κοίτη και το πλημμυρικό πεδίο και
- η παροχή για την οποία θα γίνει η προσομοίωση.

Τα αποτελέσματα μπορούν να εξαχθούν είτε ως βάση δεδομένων είτε οπτικοποιημένα μέσω GIS. Το μοντέλο μεταξύ άλλων προσομοιώνει την έκταση της κατάκλυσης, το βάθος των υδάτων και την ταχύτητά τους.

Η μέθοδος της υδραυλικής προσομοίωσης εφαρμόστηκε στις περιοχές, όπου η ιστορική και η γεωμορφολογική ανάλυση έδειξαν υψηλό κίνδυνο. Η επιλογή για την εφαρμογή στα συγκεκριμένα υδατορεύματα έγινε με κριτήρια:

1. Την ύπαρξη λεπτομερούς καταγραφής του πλημμυρικού ιστορικού το οποίο είναι απαραίτητο για τη ρύθμιση (calibration) και έλεγχο ορθότητας των αποτελεσμάτων της προσομοίωσης.
2. Το επαρκές δίκτυο βροχομέτρων που είναι εγκατεστημένο στις δύο υδρολογικές λεκάνες διατηρώντας καταγραφές καλής ποιότητας.
3. Την διαθεσιμότητα καλής ποιότητας στοιχείων για την τοπογραφία της περιοχής (ισοϋψείς καμπύλες ισοδιάστασης ενός μέτρου).
4. Την δυνατότητα σύγκρισης των αποτελεσμάτων μεταξύ διαφορετικών μεθοδολογιών όπως είναι η ιστορική και η γεωμορφολογική προσέγγιση.

4.2.1 Υπολογισμός χρόνου συρροής

Για να υπολογιστεί ο χρόνος συγκέντρωσης της λεκάνης, για λόγους αξιοπιστίας, χρησιμοποιήθηκαν δύο τύποι υπολογισμού:

Τύπος GIANDOTTI

Ο χρόνος υπολογίζεται σύμφωνα με τη σχέση:

$$T_c = \frac{4\sqrt{A} + 1.5L}{0.8\sqrt{\Delta H}} \quad \text{Εξίσωση 4.3}$$

όπου,

- T_c : ο χρόνος συρροής σε hr,
- A : η έκταση της λεκάνης σε km^2 ,
- L : το μήκος του κύριου κλάδου σε km και
- ΔH : η υψομετρική διαφορά μεταξύ του μέσου υψομέτρου της λεκάνης και του σημείου εξόδου της λεκάνης.

Τύπος KIRPICH

Ο χρόνος υπολογίζεται σύμφωνα με τη σχέση:

$$T_c = 0.01947L^{0.77}S^{-0.385} \quad \text{Εξίσωση 4.4}$$

όπου,

- T_c : ο χρόνος συρροής σε min,
- L : το μέγιστο μήκος διαδρομής του νερού μέσα στην λεκάνη σε m,
- ΔH : η κλίση (σε m/m) όπως προκύπτει από το λόγο H/L , με H την υψομετρική διαφορά μεταξύ του πιο απομακρυσμένου σημείου και του σημείου εξόδου της λεκάνης.

Με βάση τους υπολογισμούς, οι χρόνοι συγκέντρωσης που προέκυψαν από την κάθε σχέση φαίνονται στους παρακάτω πίνακες (Πίν. 4.1 & Πίν. 4.2). Ως χρόνος συγκέντρωσης της λεκάνης λαμβάνεται ο μέσος όρος των δύο αυτών τιμών. Επισημαίνεται, πως οι επιμέρους χρόνοι συγκέντρωσης που προέκυψαν με τις δύο μεθοδολογίες για κάθε λεκάνη είναι σχεδόν ίδιοι.

Πίνακας 4.1. Υπολογισμός του χρόνου συγκέντρωσης με βάση τις ανωτέρω μεθοδολογίες για τον Ξεριά.

Μέθοδος KIRPICH		Μέθοδος GIANDOTTI	
L	23.385,0 m	A	120,62 km^2
S	0,0718 m/m	L	23.385,0 m
Hmax	1.740,0 m	ΔH	180,0 m
Hmin	60,0 m	Hcetroid	240,0 m
		Hmin	60,0 m
Tc	4,136 hr	Tc	4,096 hr

Με βάση τους ανωτέρω υπολογισμούς προκύπτει, πως για τη λεκάνη του χειμάρρου Ξεριά ο μέσος χρόνος συρροής είναι 4,116 ώρες, ενώ για τη λεκάνη του χειμάρρου Ινάχου ο μέσος χρόνος συρροής είναι 6,429 ώρες (**Πίν. 4.3**).

Πίνακας 4.2. Υπολογισμός του χρόνου συγκέντρωσης με βάση τις ανωτέρω μεθοδολογίες για τον Ινάχο.

Μέθοδος KIRPICH		Μέθοδος GIANDOTTI	
L	34.441,7 m	A	271,46 km ²
S	0,04936 m/m	L	34.441,7 m
Hmax	1.740,0 m	ΔH	165,0 m
Hmin	40,0 m	Hcetroid	205,0 m
		Hmin	40,0 m
Tc	6,440 hr	Tc	6,418 hr

Πίν. 4.3. Χρόνοι συρροής υδάτων των υπό μελέτη λεκανών σε ώρες.

Λεκάνη	Tc Kiprich (hr)	Tc Giandotti (hr)	Tc μέσο (hr)
Ξεριάς	4,136	4,096	4,116
Ινάχος	6,440	6,418	6,429

4.2.2 Κατάρτιση καταιγίδων σχεδιασμού

Σε ότι αφορά το πιθανοτικό καθεστώς των βροχοπτώσεων, οι όμβριες καμπύλες που περιγράφονται στην περιοχή προκύπτουν από τους σταθμούς του Νεοχωρίου και του Άργους (ΤΣΙΤΣΕΛΗ, 2014). Όπως διεξοδικά έχει αναλυθεί στην §4.6, οι όμβριες καμπύλες της περιοχής έρευνας προκύπτουν από τις **Εξισώσεις 4.1 & 4.2**.

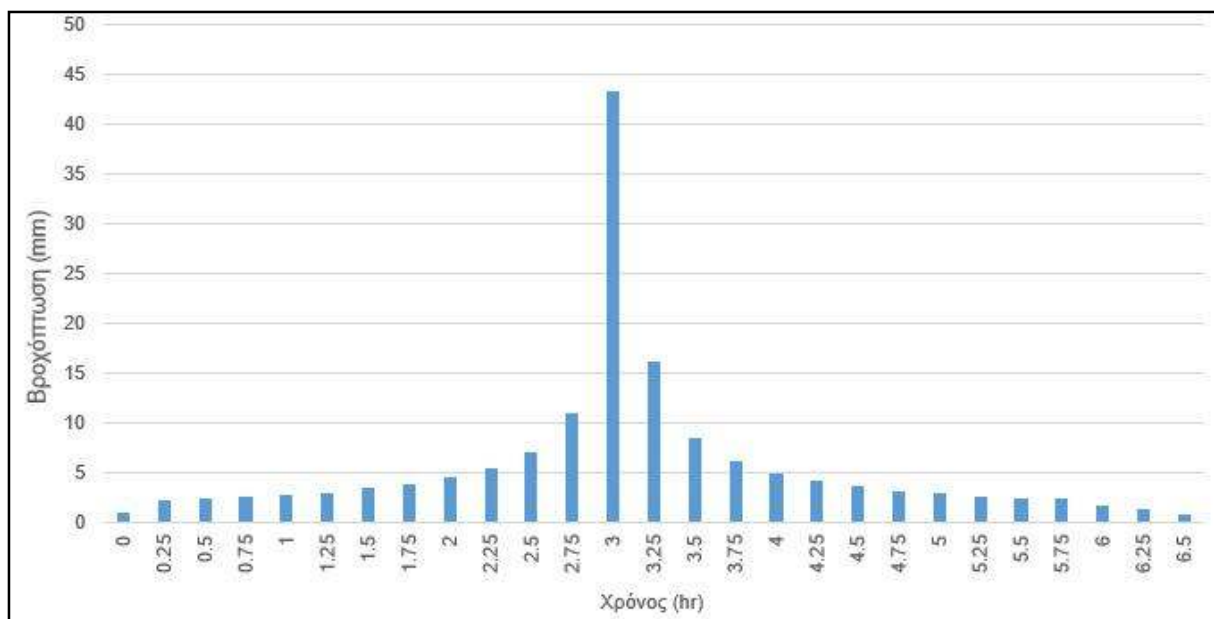
Ως δεδομένα εισόδου από πλευράς μετεωρολογίας χρησιμοποιήθηκαν οι καταιγίδες σχεδιασμού των 50 ετών. Για την κατάρτιση των καταιγίδων σχεδιασμού χρησιμοποιήθηκαν οι όμβριες καμπύλες που έχουν αναπτυχθεί για την περιοχή του Άργους (ΤΣΙΤΣΕΛΗ, 2014), οι οποίες διαμορφώθηκαν με βάση τις ευρύτερες υπάρχουσες χρονοσειρές βροχόπτωσης στην περιοχή.

Από τις όμβριες καμπύλες μπορούν να προκύψουν οι καταιγίδες σχεδιασμού. Ως διάρκεια της καταιγίδας σχεδιασμού για κάθε μια από τις δύο λεκάνες χρησιμοποιήθηκε ο χρόνος συγκέντρωσης της κάθε μίας. Το συνολικό ύψος βροχής των καταιγίδων σχεδιασμού παρουσιάζεται παρακάτω.

Με βάση αυτά τα ύψη, οι καταιγίδες σχεδιασμού καταρτίστηκαν με τη χρήση της μεθόδου «Εναλλασσόμενων Μπλοκ» (Alternating Blocks Technique) (SUTCLIFFE, 1978; CHOW et al., 1998). Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή, τα τμηματικά ύψη βροχής διατάσσονται συμμετρικά και ταυτόχρονα σε φθίνουσα σειρά γύρω από την κεντρική τιμή, η οποία συμπίπτει με το μέγιστο τμηματικό ύψος βροχής (ΣΤΑΜΟΣ & ΚΟΥΤΣΟΓΙΑΝΝΗΣ, 2004). Σύμφωνα με τα παραπάνω αναπτύχθηκε το υετογράφημα της καταιγίδας σχεδιασμού 50 ετών και διάρκειας 6 ωρών, για την περιοχή μελέτης (**Εικ. 4.8**), με βήμα ανάλυσης (ΔΔ) ίσο με 0,5 ώρες.

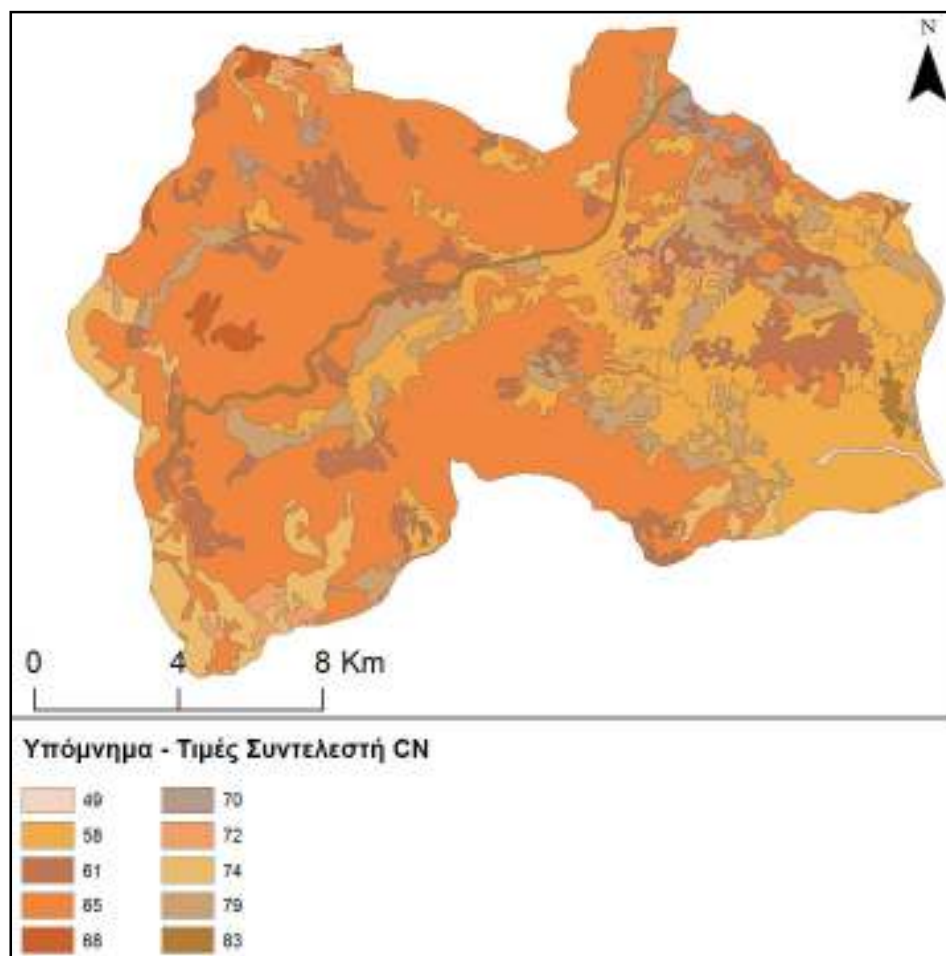
4.2.3 Προσδιορισμός συντελεστή καμπύλης

Για τον προσδιορισμό της παροχής του ρέματος, δεδομένης της έλλειψης παροχομέτρου ή οποιασδήποτε απευθείας μέτρησης της, χρησιμοποιήθηκε έμμεσος υπολογισμός με βάση τη μέθοδο Αριθμού Καμπύλης (SCS, 1972; NRCS, 2004). Για τη μέθοδο Αριθμού Καμπύλης απαραίτητα δεδομένα αποτελούν ο χάρτης χρήσεων γης και ο γεωλογικός χάρτης για τον υπολογισμό του συντελεστή CN, ο οποίος καθορίζει το ποσοστό απορροής σε κάθε φάση της καταιγίδας. Με βάση αυτά τα δύο δεδομένα αποδίδεται ένας συντελεστής καμπύλης CN σε κάθε ξεχωριστό συνδυασμό γεωλογικού σχηματισμού και χρήσης γης.

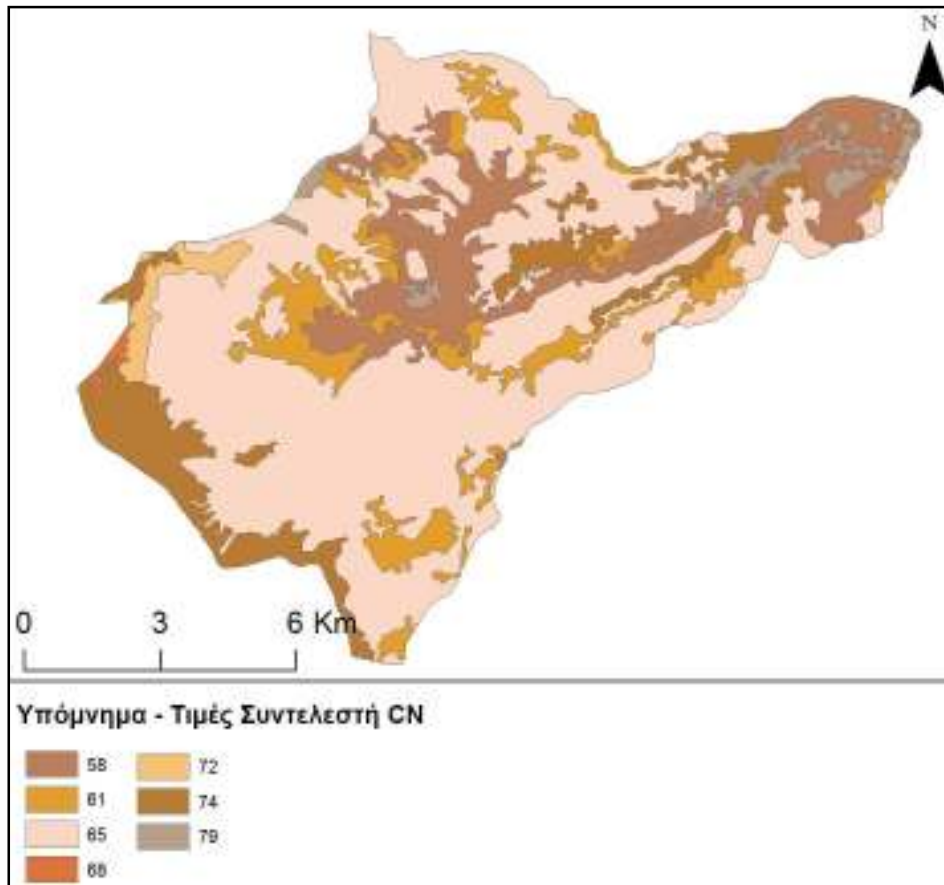


Εικόνα 4.8. Καταιγίδα σχεδιασμού περιόδου επαναφοράς 50 ετών στην περιοχή έρευνας, καταρτισμένη με βάση τη μέθοδο των Εναλλασσόμενων Μπλοκ.

Με αυτό τον τρόπο υπολογίζεται ο μέσος συντελεστής αριθμού καμπύλης για την λεκάνη, με συντελεστές βαρύτητας τις εκτάσεις αυτών των συνδυασμών. Στη συγκεκριμένη περίπτωση ο μέσος αριθμός καμπύλης για τις 2 υδρολογικές λεκάνες (Ινάχου και Ξεριά) προσδιορίστηκαν στο χώρο, όπως φαίνεται παρακάτω (**Εικόνες 4.9 & 4.10**), ενώ ο μέσος συντελεστής κάθε λεκάνης παρουσιάζεται στον **Πίνακα 4.4**.



Εικόνα 4.9. Χάρτης κατανομής αριθμού καμπύλης (CN) στην υδρολογική λεκάνη του Ινάχου.



Εικόνα 4.10. Χάρτης κατανομής αριθμού καμπύλης (CN) στην υδρολογική λεκάνη του Ξεριά.

Πίνακας 4.4. Μέσος αριθμός καμπύλης (CN) για τις δύο υπό μελέτη λεκάνες.

Υδρολογική Λεκάνη Ινάχου	Υδρολογική Λεκάνη Ξεριά
75	73

4.2.4 Προσδιορισμός παροχών σχεδιασμού

Για το διαχωρισμό υδρολογικών απωλειών και καθαρού υετογραφήματος στο ολικό υετογράφημα χρησιμοποιήθηκε η ακόλουθη εμπειρική σχέση του SOIL CONSERVATION SERVICE (1972), γνωστή ως μέθοδος SCS:

$$Q = \frac{(P - 0.2S)^2}{(P + 0.8S)} \quad \text{Εξίσωση 4.5}$$

όπου,

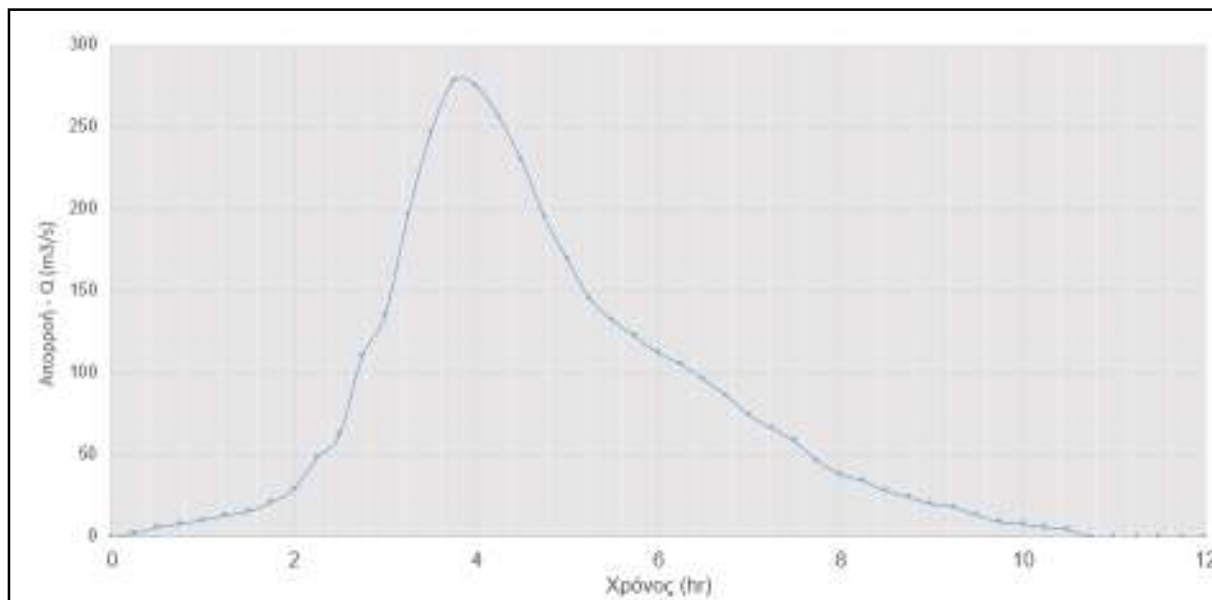
- Q: η απορροή σε inches,
- P: η βροχόπτωση σε inches και
- S: ο συντελεστής ειδικής κατακράτησης, ο οποίος προκύπτει από τον αριθμό καμπύλης CN μέσα από την σχέση:

$$S = \frac{1000}{CN} - 10 \quad \text{Εξίσωση 4.6}$$

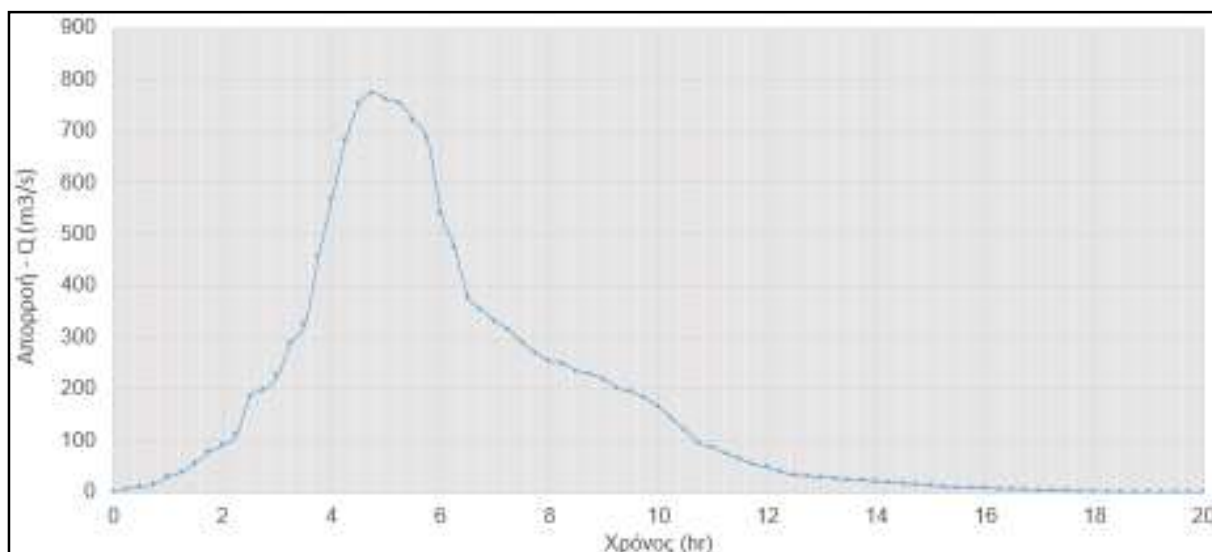
όπου, CN: ο αριθμός καμπύλης της υδρολογικής λεκάνης της υδρολογικής λεκάνης.

Επιπρόσθετα, για τον υπολογισμό του συντελεστή CN χαρτογραφήθηκαν οι χρήσεις γης και οι γεωλογικοί σχηματισμοί στις δύο υπό μελέτη υδρολογικές λεκάνες.

Οι τιμές του CN ανάλογα με τα παραπάνω δεδομένα δίνονται από τους αντίστοιχους πίνακες στο εγχειρίδιο της μεθόδου (NRCS, 2004).



Εικόνα 4.11. Προσομοίωση απορροής μετά από καταιγίδα σχεδιασμού στη λεκάνη του Ξεριά με την ανάπτυξη συνθετικού υδρογραφήματος για τη λεκάνη.



Εικόνα 4.12. Προσομοίωση απορροής μετά από καταιγίδα σχεδιασμού στη λεκάνη του Ινάχου με την ανάπτυξη συνθετικού υδρογραφήματος για τη λεκάνη.

4.2.5 Διαστασιολόγηση υδατορευμάτων – Συλλογή υδραυλικών δεδομένων

Στο βήμα αυτό έγιναν λεπτομερείς μετρήσεις των γεωμετρικών χαρακτηριστικών τόσο των υδραυλικών έργων αλλά και της φυσικής κοίτης των ρεμάτων που εκβάλουν στο πεδινό τμήμα της περιοχής έρευνας.

Οι μετρήσεις έγιναν σε μήκος 9.258 μέτρων από την εκβολή του Ινάχου στη θάλασσα και σε μήκος 4.380 μέτρων επί του Ξεριά (μετρώντας από την συμβολή του με τον Ινάχο) στην

περιοχή δηλαδή που βρίσκονται οι ανθρώπινες υποδομές και κατά μήκος των θέσεων που τα ρέματα έχουν πλημμυρίσει στο παρελθόν. Οι μετρήσεις έγιναν σε πυκνά διαστήματα κατά μήκος της μισγάγγειας, ώστε να εξασφαλισθεί η λεπτομερής καταγραφή των υδραυλικών παραμέτρων.

Αναλυτικότερα οι μετρήσεις κατέγραψαν:

- Τις διαστάσεις και την κλίση της φυσικής κοίτης (εμβαδόν διατομής και βρεχόμενη περίμετρο).
- Τις συνθήκες ροής, τόσο εντός της κοίτης όσο και στο πλημμυρικό πεδίο, ώστε να υπολογισθεί ο συντελεστής τριβής κατά την κίνηση των υδάτων (συντελεστής Manning) με τη μέθοδο του COWAN (1956) και των ACREMENT & SCHNEIDER (1984) και του εδαφικού υλικού σε κάθε θέση εντός και εκτός της κοίτης.
- Τις θέσεις και τις διαστάσεις τοιχίων, κτηρίων και οποιονδήποτε άλλων παρεμβάσεων και κατασκευών.

Για την εφαρμογή έγινε διαστασιολόγηση των δύο ρεμάτων στο πεδίο με χρήση τριών τηλέμετρων (Laser rangefinders) και συγκεκριμένα:

- Leica Disto A5 (ακρίβεια 1,5mm),
- Bosch GLM 80 Professional (ακρίβεια 1,5mm) και
- Bushnell Elite 1500 (ακρίβεια 0,5m).

Οι μετρήσεις επαναλήφθηκαν τρεις φορές για λόγους ακρίβειας, ενώ χρησιμοποιήθηκε και τυπική μετρητική ταινία για επαλήθευση. Η διαστασιολόγηση ήταν απαραίτητη για την ακριβή αναπαράσταση των πραγματικών διαστάσεων στο ψηφιακό μοντέλο αναγλύφου που χρησιμοποιήθηκε για την εκτέλεση του μοντέλου. Επισημαίνεται, πως ιδιαίτερη έμφαση δόθηκε στις τεχνητές παρεμβάσεις, όπως γέφυρες, τοίχοι αντιστήριξης κλπ. (**Εικ. 4.13**).





Εικόνα 4.13. Εργασίες πεδίου για τις μετρήσεις των γεωμετρικών χαρακτηριστικών τόσο των υδραυλικών έργων αλλά και της φυσικής κοίτης των ρεμάτων που εκβάλουν στο πεδινό τμήμα της περιοχής έρευνας.

Με τον τρόπο αυτό τα δεδομένα συλλέχθηκαν στο πεδίο και ακολούθως εισήχθησαν σε λογιστικά φύλλα ηλεκτρονικού υπολογιστή για τον προσδιορισμό του εμβαδού της διατομής και των υπολοίπων γεωμετρικών χαρακτηριστικών της φυσικής κοίτης, του αγωγού και της γενικής τοπογραφίας της θέσης μελέτης.

Για τον υπολογισμό της παροχής σε πληρωμένη κοίτη (bankfull) χρησιμοποιήθηκε η εξίσωση GAUCKLER – MANNING (MANNING, 1891 και FLAMMANT, 1891):

$$Q = \frac{1}{n} \times A \times (R)^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}} \quad \text{Εξίσωση 4.7}$$

όπου,

- A: το εμβαδόν της υγρής διατομής,
- S: η κλίση του ρέματος,
- n: ο συντελεστής τραχύτητας Manning,
- Q: η παροχή και
- R: η υδραυλική ακτίνα της διατομής του ρέματος, η οποία ισούται με το κλάσμα της επιφάνειας υγρής διατομής (A) διά την υγρή διατομή (P).

$$R = \frac{A}{P} \quad \text{Εξίσωση 4.8}$$

Για τον υπολογισμό του συντελεστή τραχύτητας (n) χρησιμοποιήθηκε η μεθοδολογία που περιγράφεται από τον COWAN (1956) και τους ACREMENT & SCHNEIDER (1984), η οποία χρησιμοποιεί την εξίσωση:

$$n = (n_b + n_1 + n_2 + n_3 + n_4) \times m \quad \text{Εξίσωση 4.8}$$

όπου,

- n_b : η βασική τιμή του συντελεστή με βάση το υλικό του πυθμένα,
- n_1 : η τιμή διόρθωσης σχετικά με τις ανωμαλίες της επιφάνειας ροής,
- n_2 : η τιμή διόρθωσης για τις εναλλαγές στη διατομή το καναλιού,
- n_3 : η τιμή διόρθωσης για εμπόδια στη ροή του νερού μέσα στην κοίτη,
- n_4 : η τιμή διόρθωσης για επιπρόσθετη τριβή που δημιουργεί η βλάστηση και

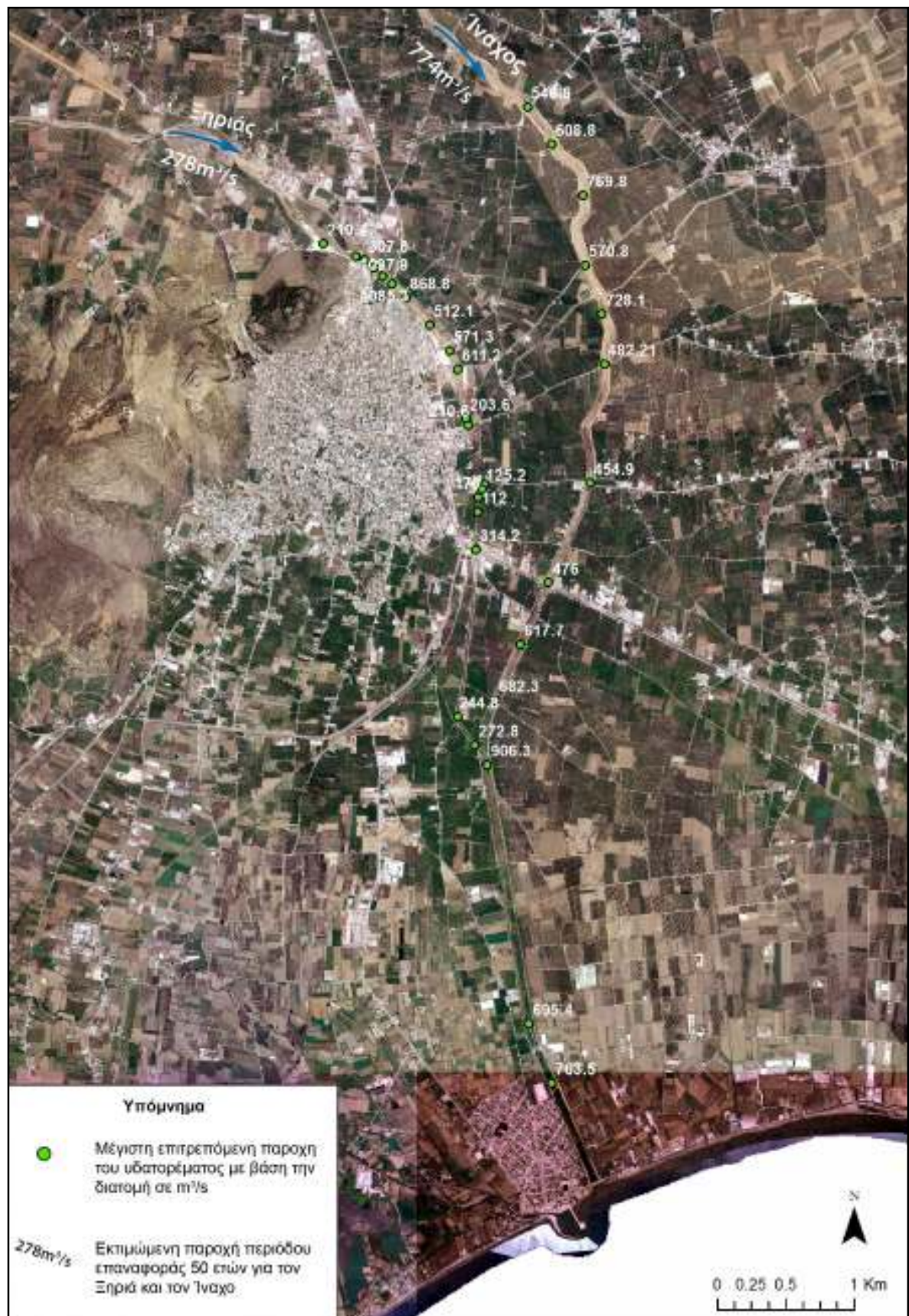
- m : η τιμή διόρθωσης στην περίπτωση που το ρέμα δημιουργεί μαιάνδρους.

Έτσι με τον προσδιορισμό του συντελεστή τραχύτητας (n), τους υπολογισμούς των διατομών (A και R) και της κλίσης (S) σε κάθε θέση, προσδιορίστηκε η μέγιστη δυνατότητα παροχής του ρέματος, ώστε να μην υπερχειλίζει. Οι τιμές μέγιστης δυνατής παροχής υπολογίστηκαν στις θέσεις που παρουσιάζονται στο παρακάτω σχήμα (**Εικ. 4.14**).

4.2.6 Ανάπτυξη ψηφιακού μοντέλου

Η δημιουργία του γεωμετρικού αρχείου πραγματοποιήθηκε μέσω της επέκτασης HEC-GeoRAS του ArcMap. Τα βήματα που συνθέτουν τη διαδικασία καθορίστηκαν από το ίδιο το λογισμικό (HEC, 2002) και συνοψίζονται ως εξής:

1. Παραγωγή ισοϋψών και ψηφιακού μοντέλου εδάφους.
2. Δημιουργία θεματικών επιπέδων.
3. Χάραξη κύριας γραμμή ροής.
4. Χάραξη όχθων του κύριου ρέματος.
5. Προσδιορισμός των κύριων διευθύνσεων ροής.
6. Οριοθέτηση διατομών.
7. Αποτύπωση κατασκευών.
8. Οριοθέτηση περιοχών ανενεργού ροή.
9. Οριοθέτηση χρήσεων γης, και συντελεστή Manning.
10. Σύνθεση θεματικών επιπέδων και εξαγωγή γεωμετρικού αρχείου.



Εικόνα 4.14. Τιμές μέγιστης δυνατής παροχής στις θέσεις που πραγματοποιήθηκαν λεπτομερείς μετρήσεις των γεωμετρικών χαρακτηριστικών τόσο των υδραυλικών έργων αλλά και της φυσικής κοίτης των χειμάρρων Ξηριά και Ινάχου.

Παραγωγή ισοϋψών και ψηφιακού μοντέλου εδάφους

Οι ισοϋψείς καμπύλες προκύπτουν από την ψηφιοποίηση χαρτών κλίμακας 1:5000. Οι ισοϋψείς καμπύλες χρησιμεύουν στην καλύτερη εποπτεία των υψομετρικών διαφορών της περιοχής μελέτης για την ακριβέστερη χάραξη της κοίτης του ποταμού. Επικουρικά σε αυτό το στάδιο μπορεί να λειτουργήσει η χρήση αεροφωτογραφιών.

Δημιουργία θεματικών επιπέδων (RAS Layers)

Τα RAS Layers είναι τα θεματικά επίπεδα που περιέχουν πληροφορίες και δεδομένα για τη γεωμετρία του ποταμού και της περιοχής μελέτης. Με την επιλογή RAS Geometry/Create RAS Layers στο εργαλείο HEC-GeoRAS σε περιβάλλον GIS, δημιουργείται μια κενή βάση δεδομένων για το εκάστοτε θεματικό επίπεδο. Στην παρούσα εργασία δημιουργήθηκαν πέντε θεματικά επίπεδα:

- Κύρια γραμμή ροής ποταμού.
- Όχθες ποταμού.
- Κύριες διευθύνσεις ροής.
- Διατομές ποταμού.
- Χρήσεις γης.

Χάραξη κύριας γραμμή ροής (Stream centerline)

Με βάση το υδρογραφικό δίκτυο του μοντέλου εδάφους ψηφιοποιείται η κύρια γραμμή ροής του υδατορέματος που ενδιαφέρει. Η ψηφιοποίηση γίνεται κατά τη φορά της ροής.

Χάραξη όχθων του κύριου ρέματος

Οι όχθες του ποταμού χαράσσονται ως δύο πολυγωνικές γραμμές εκατέρωθεν της κύριας γραμμής του, οι οποίες διαχωρίζουν τη ροή εντός και εκτός της κοίτης του ποταμού.

Οριοθέτηση διατομών

Το θεματικό επίπεδο αυτό αφορά στην κατασκευή διατομών σε αντιπροσωπευτικές θέσεις του ποταμού. Οι διατομές αυτές πρέπει πάντα να σχεδιάζονται κάθετα στη ροή του ποταμού, από αριστερά προς δεξιά κοιτώντας προς τα κατάντη και να καλύπτουν όλη την περιοχή κατάκλυσης. Για να σχεδιαστούν οι διατομές όσο το δυνατόν πιο κάθετα στη ροή του ποταμού είναι επιθυμητό να έχουν ήδη κατασκευαστεί οι κύριες διευθύνσεις της ροής.

Αποτύπωση κατασκευών και οριοθέτηση περιοχών ανενεργού ροής

Το θεματικό επίπεδο αυτό αφορά την οριοθέτηση περιοχών, όπου δεν υπάρχει ενεργή ροή αλλά στασιμότητα των υδάτων ή κατασκευές που τα εμποδίζουν. Η οριοθέτηση αυτή γίνεται με κατασκευή πολυγώνων.

Οριοθέτηση χρήσεων γης, και συντελεστή Manning

Στο θεματικό επίπεδο αυτό οριοθετούνται οι χρήσεις γης με βάση την κατανομή του CORINE 2000. Με βάση την οριοθέτηση αυτή, προσδιορίζεται για κάθε χρήση γης, ο συντελεστής τραχύτητας του εδάφους (συντελεστής Manning), ο οποίος καθορίζει την ταχύτητα ροής των υδάτων.

Ακολουθώντας, με βάση το γεωμετρικό αρχείο και τα δεδομένα ροής (ανωτέρω υπολογισμοί παροχής αιχμής) εκτελείται το μοντέλο HEC-RAS. Το μοντέλο HEC-RAS είναι ένα

πολυχρηστικό εργαλείο για τη μονοδιάστατη ανάλυση και προσομοίωση φυσικών υδατορευμάτων. Πρόκειται για ένα σύνολο μοντέλων με 4 συνιστώσες ανάλυσης:

1. Υπολογισμός του προφίλ της ελεύθερης επιφάνειας σε συνθήκες μόνιμης ροής.
2. Υπολογισμοί σε συνθήκες μη μόνιμης ροής.
3. Υπολογισμοί απόθεσης φερτών υλών.
4. Υπολογισμοί σχετικά με τη θερμοκρασία του νερού.

Πιο συγκεκριμένα το μοντέλο έχει τη δυνατότητα υπολογισμού της στάθμης του νερού για βαθμιαίως μεταβαλλόμενη ροή σε δίκτυο τεχνητών αγωγών, σε σύστημα υδατορευμάτων με τεχνικά έργα ή φυσικές κοίτες σε συνθήκες υποκρίσιμης ή υπερκρίσιμης ροής. Αναλυτικότερα τα βήματα που συνθέτουν τη διαδικασία υδραυλικής προσομοίωσης συνοψίζονται ως εξής:

1. Εισαγωγή γεωμετρικών δεδομένων.
2. Εισαγωγή υδρολογικών δεδομένων.
3. Ρύθμιση παραμέτρων και εκτέλεση υδραυλικών υπολογισμών στο HEC-RAS.
4. Εξαγωγή αποτελεσμάτων στο HEC-GeoRAS.
5. Σύνθεση πιεζομετρικών χαρτών.
6. Σύνθεση χαρτών πλημμυρικής κατάκλυσης.

Σύνθεση πιεζομετρικών χαρτών

Σε πρώτη φάση, κατασκευάζεται ένα τρισδιάστατο μοντέλο της υδάτινης επιφάνειας από τις διατομές και το πιεζομετρικό φορτίο σε κάθε διατομή με βάση τους υπολογισμούς που προκύπτουν από την προσομοίωση. Με την εντολή RAS Mapping → Inundation Mapping → Water Surface Generation δημιουργούνται οι πιεζομετρικές επιφάνειες για τα διάφορα υδρογραφήματα (παροχές αιχμής).

Σύνθεση χαρτών πλημμυρικής κατάκλυσης

Στο δεύτερο και τελευταίο βήμα, η πιεζομετρική επιφάνεια - που έχει παραχθεί από την προηγούμενη διαδικασία - συνδυάζεται με το ψηφιακό μοντέλο εδάφους. Σκοπός είναι ο υπολογισμός των ακριβών ορίων της κατάκλυσης και των βαθών του νερού για όλο το πλημμυρικό πεδίο. Το ψηφιακό μοντέλο της πιεζομετρικής επιφάνειας συγκρίνεται με το ψηφιακό μοντέλο εδάφους. Στα σημεία, όπου το υψόμετρο της πιεζομετρικής επιφάνειας είναι μεγαλύτερο από το υψόμετρο εδάφους υπολογίζεται η διαφορά των δύο υψομέτρων, η οποία αντιπροσωπεύει το αντίστοιχο βάθος του νερού στη θέση. Κατ' αυτόν τον τρόπο, δημιουργούνται αρχεία που περιέχουν τα βάθη του νερού για τα διάφορα πλημμυρικά επεισόδια. Παράλληλα, κατασκευάζονται πολύγωνα που περιέχουν τα ακριβή όρια της κατάκλυσης. Επιπρόσθετα το μοντέλο έχει τη δυνατότητα να υπολογίσει την ταχύτητα των υδάτων σε κάθε θέση.

4.2.7 Πλημμυρικός κίνδυνος

Με βάση την προσομοίωση μπορούν να οριοθετηθούν οι περιοχές που παρουσιάζουν υψηλό κίνδυνο πλημμύρας. Σε συνδυασμό με τις παρατηρήσεις υπαίθρου που αφορούν τα χαρακτηριστικά των κοιτών και των πρανών και τις κρίσιμες διατομές προέκυψε ο χάρτης πλημμυρικού κινδύνου της περιοχής έρευνας, αφού προσομοιώθηκε η χωρική κατανομή

της πλημμυρικού κινδύνου σε αυτήν. Στη συνέχεια οι τιμές της κατηγοριοποιήθηκαν σε κλάσεις (Πολύ Χαμηλή, Χαμηλή, Μέση, Υψηλή, Πολύ Υψηλή) με βάση τις τιμές της πιθανότητας.

Η ζωνοποίηση πλημμυρικού κινδύνου παρουσιάζεται αναλυτικότερα στο «**Χάρτη Προσδιορισμού του Πλημμυρικού Κινδύνου Περιοχών Δήμου Αργους – Μυκηνών**» που συνοδεύει το παρόν τεύχος.

Ο πλημμυρικός κίνδυνος νοείται ως η ετήσια πιθανότητα εκδήλωσης πλημμύρας σε μια περιοχή και δίνεται από την παρακάτω σχέση:

$$p = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^N \quad \text{Εξίσωση 4.9}$$

όπου,

- T: η περίοδος επαναφοράς,
- N: ο αριθμός των ετών στον οποίο υπολογίζεται η πιθανότητα και
- p: η πιθανότητα αστοχίας.

Με βάση την ανωτέρω εξίσωση η ετήσια πιθανότητα να υπάρξει αστοχία, μεταβάλλεται με την πάροδο των ετών, όπως παρουσιάζεται στον **Πίνακα 4.4**.

Πίνακας 4.4. Πίνακας μεταβολής ετήσιας πιθανότητας αστοχίας με την πάροδο των ετών.

Πλημμύρα περιόδου επαναφοράς (σε έτη)	Έτη	Πιθανότητα αστοχίας	Πιθανότητα αστοχίας (%)
50	1	0,02	2%
50	2	0,04	4%
50	5	0,096	9,6%
50	10	0,183	18,3%
50	25	0,397	39,7%
50	50	0,636	63,6%

Με βάση τα παραπάνω, θα πρέπει να σημειωθεί, ότι με την πάροδο των ετών, η πιθανότητα αστοχίας (ή εκδήλωση πλημμύρας) αυξάνεται σημαντικά και δεν παραμένει στα επίπεδα στα οποία υπολογίζεται η ετήσια πιθανότητα για το ερχόμενο έτος από το χρόνο υποβολής της παρούσας μελέτης.

4.2.8 Τρωτότητα γεωπεριβάλλοντος και υποδομών

Η ανάγκη εκτίμησης της τρωτότητας και κινδύνου μιας περιοχής όσον αφορά διάφορα φαινόμενα, εφαρμόστηκε αρχικά για την εκτίμηση της επικινδυνότητας – κινδύνου ρύπανσης του υπόγειου νερού και μετέπειτα εξαπλώθηκε σε άλλες διεργασίες με έμφαση τις φυσικές καταστροφές (σεισμούς, πλημμύρες, διάβρωση εδαφών κτλ.).

Η βασική αρχή στην οποία στηρίζεται η εκτίμηση της τρωτότητας, είναι η ταξινόμηση των μοναδιαίων τμημάτων της κάθε φορά υπό μελέτη περιοχής σε κατηγορίες τρωτότητας ως προς την εξεταζόμενη παράμετρο (πολύ υψηλή, υψηλή, μέτρια, χαμηλή). Η ταξινόμηση

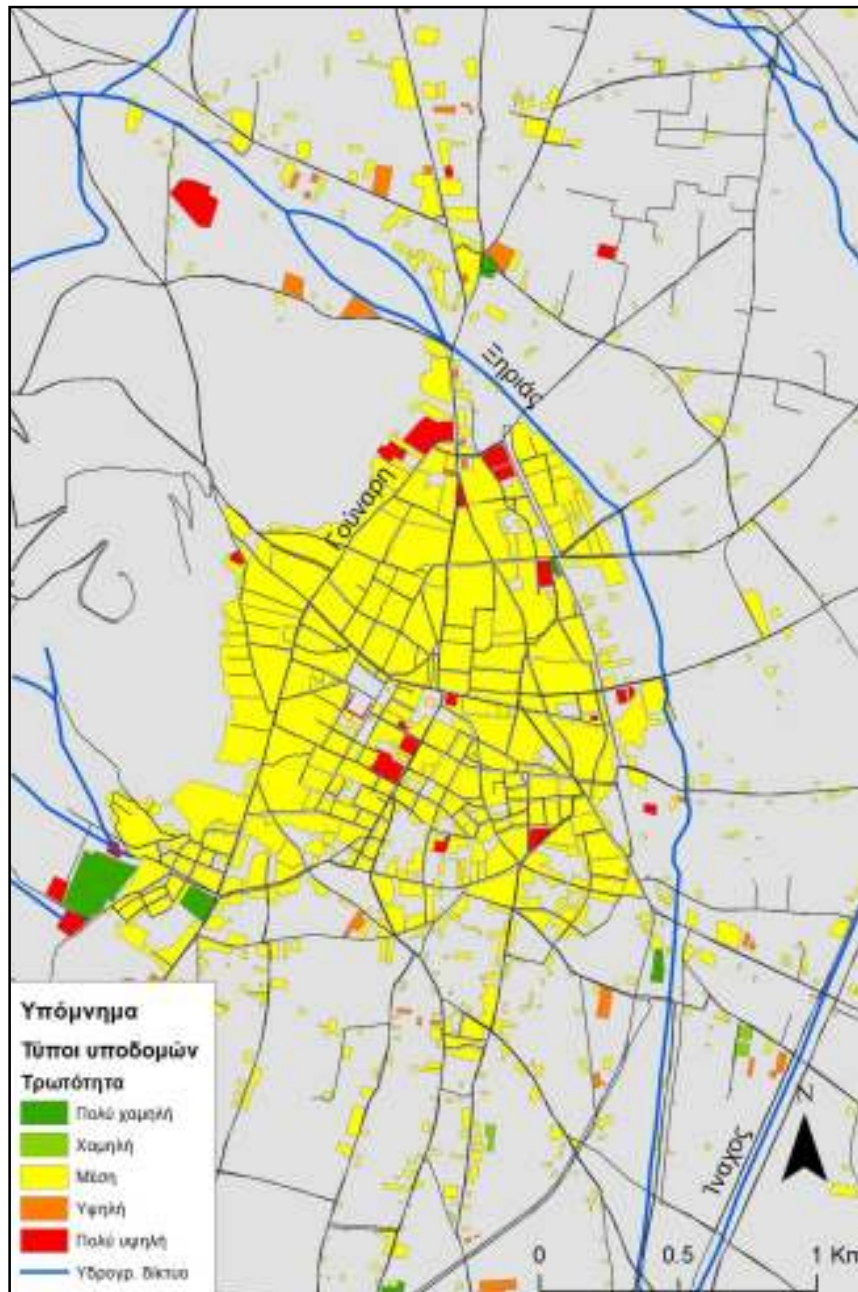
αυτή γίνεται λαμβάνοντας υπόψη τους παράγοντες που διαμορφώνουν και επηρεάζουν την διεργασία που αποτιμάται και δίδοντας σχετικούς συντελεστές βαρύτητας σε αυτούς.

Σε οικιστικό περιβάλλον, η εξεταζόμενη παράμετρος, από την οποία προκύπτει και η κατηγορία τρωτότητας είναι δύσκολο να εκτιμηθεί. Στην προκειμένη περίπτωση, αποφασίστηκε η χαρτογράφηση και αποτύπωση των χρήσεων γης, που σχετίζονται με ανθρώπινες δραστηριότητες, καθαρά και μόνο εντός του οικιστικού περιβάλλοντος. Από αυτή, προέκυψαν 12 βασικές κατηγορίες χρήσεων γης, που αποτελούν, σε ότι αφορά την τρωτότητα, τα μοναδιαία τμήματα, από τα οποία προέρχονται οι 5 βασικές κατηγορίες τρωτότητας (Πίν. 4.6).

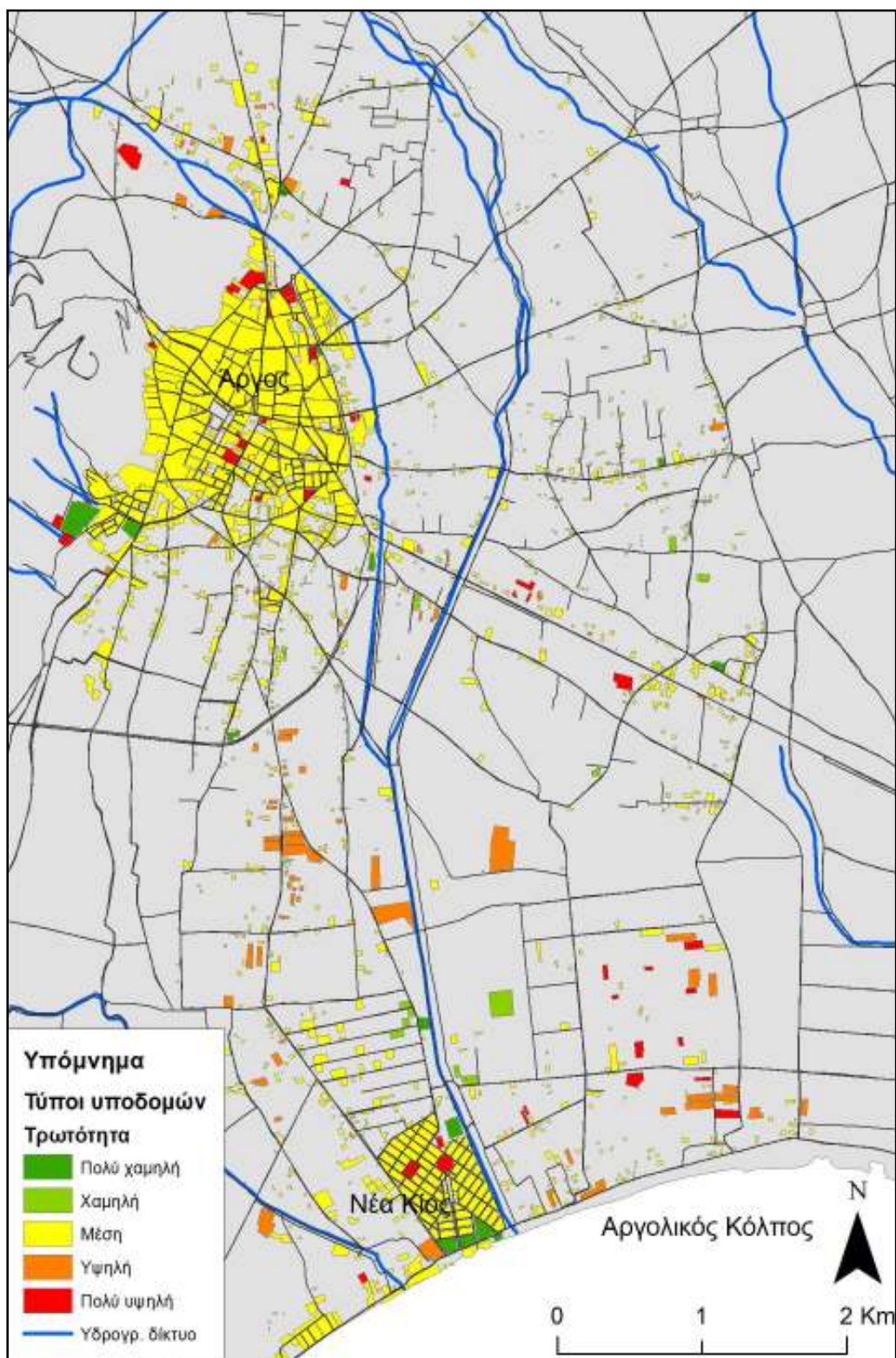
Παρακάτω παρουσιάζεται η κατανομή στο χώρο της Τρωτότητας των 12 βασικών κατηγοριών κρίσιμων υποδομών (Εικόνες 4.15 & 4.16).

Πίνακας. 4.6. Κατηγοριοποίηση της περιοχής σε σχέση με την τρωτότητα.

Χρωματική κλίμακα	Κατηγορία	Τύποι υποδομών
	Πολύ χαμηλή	Ελεύθεροι χώροι, Αθλητικές εγκαταστάσεις, Νεκροταφεία, Δίκτυο μεταφορών
	Χαμηλή	Μεγάλα θερμοκήπια, Αγροτικές εγκαταστάσεις, Αποθήκες
	Μέση	Κατοικίες, Εμπορικά καταστήματα και χρήσεις, Εκκλησίες, Σταθμοί μεταφορών (πχ ΚΤΕΛ, ΟΣΕ), Χώροι πολιτισμού
	Υψηλή	Αποθήκες καυσίμων, Βιομηχανικές μονάδες, Χώροι διάθεσης απορριμμάτων, Χώροι επεξεργασίας λυμάτων
	Πολύ Υψηλή	Κρίσιμες υπηρεσίες, όπως Δημαρχεία, Εγκαταστάσεις εκπαίδευσης (σχολεία, νηπιαγωγεία κα), Εγκαταστάσεις υγείας (Νοσοκομεία), Εγκαταστάσεις παραγωγής και μεταφοράς ενέργειας, Εγκαταστάσεις σωμάτων ασφαλείας (αστυνομία, πυροσβεστική)



Εικόνα 4.14. Κατανομή επιπέδου τρωτότητας στις υποδομές της πόλης του Άργους.



Εικόνα 4.16. Κατανομή επιπέδου τρωτότητας στις υποδομές του Δήμου Άργους – Μικηνών στο πλημμυρικό πεδίο των Ξεριά και Ινάχου κατάντη της πόλης του Άργους.

4.2.9 Επικινδυνότητα

Ο πλημμυρικός κίνδυνος αποτυπώθηκε στην περιοχή μελέτης ως συνδυασμός της Πλημμυρικού κινδύνου (flood hazard) και της Τρωτότητας σύμφωνα με την εξίσωση:

$$\text{RISK} = \text{HAZARD} \times \text{VULNERABILITY} \quad \text{ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑ} = \text{ΚΙΝΔΥΝΟΣ} \times \text{ΤΡΩΤΟΤΗΤΑ}$$

Σε ότι αφορά την επικινδυνότητα, τα επίπεδά της στην περιοχή μελέτης προέκυψαν από την ανάλυση της χωρικής κατανομής του πλημμυρικού κινδύνου σε συνδυασμό με την τρωτότητα των κτιρίων της περιοχής, με τη μορφή που παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα (Πίν. 4.7).

Πίνακας 4.7. Σύστημα κατάταξης επικινδυνότητας με βάση τις κατηγορίες πλημμυρικού κινδύνου και τρωτότητας των κατασκευών.

Κατηγορίες Τρωτότητας Κατασκευών	Επίπεδο κινδύνου		
	Χαμηλός	Μέσος	Υψηλός
Κατηγορία 1 Κατοικίες, Αποθήκες, Χώροι άθλησης, νεκροταφεία	Χαμηλή	Χαμηλή	Μέση
Κατηγορία 2 Κατοικίες με υπόγειο άνοιγμα, Ξενοδοχεία, Εκκλησίες	Χαμηλή	Μέση	Μέση
Κατηγορία 3 Βιοτεχνίες, βιομηχανίες, δημόσιες υπηρεσίες	Χαμηλή	Μέση	Μέση
Κατηγορία 4 Σώματα ασφαλείας (αστυνομία, πυροσβεστικό σώμα, Λιμενικό), Δημαρχείο	Μέση	Υψηλή	Υψηλή
Κατηγορία 5 Σχολεία, Κέντρα υγείας	Υψηλή	Υψηλή	Πολύ Υψηλή

5. Συμπεράσματα για τον πλημμυρικό κίνδυνο

5.1 Εισαγωγή

Όπως έχει διεξοδικά περιγραφεί στο Κεφάλαιο 5, οι τελικές ζώνες/περιοχές πλημμυρικού κινδύνου έχουν αποτυπωθεί σε οχτώ (8) συνολικά Χάρτες και περιλαμβάνουν τις εξής περιοχές:

1. Περιοχή κλειστής υδρολογικής λεκάνης Αλέας – Σκοτεινής.
2. Ευρύτερη περιοχή ΔΚ Κουτσοποδίου.
3. Ευρύτερη περιοχή χειμάρρου Μπερμπαδιώτη (ΤΚ Λιμνών – Πρόσυμνας – Κουρτακίου – Λάλουκα – Δαλαμανάρας).
4. Ευρύτερη περιοχή ΤΚ Ινάχου – Ήρας – Κουρτακίου – Λάλουκα.
5. Ευρύτερη περιοχή ΔΚ Άργους.
6. Ευρύτερη περιοχή πλημμυρικού πεδίου χειμάρρων Ξεριά και Ινάχου.
7. Ευρύτερη περιοχή ΤΚ Ελληνικού – Σκαφιδακίου – Μύλων.
8. Ευρύτερη περιοχή ΤΚ Κιβερίου – Μύλων – Ανδρίτσας.

5.1.1 Περιοχή κλειστής υδρολογικής λεκάνης Αλέας – Σκοτεινής

Η περιοχή αυτή, όπως αναφέρθηκε και στο κεφάλαιο 3.2 της Γεωμορφολογίας, αποτελεί μια κλειστή υδρολογική λεκάνη. Αυτό από μόνο του δημιουργεί συνθήκες πλημμύρας στα επίπεδα τμήματα της κλειστής υδρολογικής λεκάνης σε περιόδους έντονων βροχοπτώσεων αλλά λόγω υψομέτρου και κατά τη χειμερινή περίοδο έπειτα από χιονοπτώσεις.

Έτσι, από τους οικισμούς της περιοχής, δηλαδή τη Φρουσιούνα, την Αλέα, τη Σκοτεινή, την Εξοχή, τον Άγιο Νικόλαο, κανείς δε κινδυνεύει από τη πλημμύρα του πεδίου μιας και βρίσκονται περιμετρικά αυτών. Τα μικρά υδατορέματα που διαρρέουν τους οικισμούς αυτούς, εμφανίζουν έντονη κατά βάθος διάβρωση και τα τεχνικά έργα που υπάρχουν, μικρές γέφυρες, πλακοσκεπείς αγωγοί, σωληνωτοί αγωγοί από σκυρόδεμα, παροχετεύουν ικανοποιητικά τις ποσότητες νερού. Λόγω όμως των χιονοπτώσεων και σε συνδυασμό με το γεωλογικό υπόβαθρο της περιοχής, δηλαδή το φλύσχη της ενότητας Τρίπολης, παρατηρούνται πολλές καταστροφές κατά μήκος του κύριου επαρχιακού δικτύου της περιοχής τη χειμερινή περίοδο.

Αντίθετα, το επίπεδο τμήμα της κλειστής υδρολογικής λεκάνης συχνά κατακλύζεται από νερά τη χειμερινή περίοδο και σε περιπτώσεις που το υδρολογικό έτος είναι πλούσιο σε βροχές και χιόνια, μπορεί να κατακλύζεται με νερό ακόμη και τους πρώτους μήνες της άνοιξης. Αιτία της κατάκλυσης είναι ότι οι υπάρχουσες τρεις καταβόθρες στη περιοχή, έχουν πεπερασμένη παροχετευτική ικανότητα, οπότε και καθυστερεί η κατείσδυση του επιφανειακού στον υπόγειο υδροφόρο ορίζοντα. Αποτέλεσμα είναι η υστέρηση στη χρήση των περιοχών αυτών από τους αγρότες. Μάλιστα μερικές από αυτές τις κατακλυόμενες με νερό εκτάσεις, χρησιμοποιούνται αποκλειστικά και μόνο ως βοσκότοποι τη θερινή περίοδο.

Στο Παράρτημα παρουσιάζονται οι περιοχές που δυνητικά μπορούν να κατακλυστούν από νερό, καθώς και οι θέσεις εντός των οικισμών που χρήζουν ιδιαίτερης προσοχής σε περιόδους πλημμυρικών απορροών.

5.1.2 Ευρύτερη περιοχή ΔΚ Κουτσοποδίου

Η ευρύτερη περιοχή του Κουτσοποδίου, διαρρέεται από μια σειρά ποταμών, χειμάρρων και υδατορεμάτων. Αν και στα νότια του οικισμού διέρχεται ο Ίναχος, λόγω της μορφολογίας, το Κουτσοπόδι δεν κινδυνεύει από αυτόν. Αντίθετα όμως, ο πλημμυρικός κίνδυνος αυξάνεται κατακόρυφα, στη περίπτωση που μιλάμε για τα υδατορέματα που ξεκινούν βόρεια από τον οικισμό και αφού περάσουν μέσα από αυτόν, συμβάλλουν στα κατάντη με τη κοίτη του Ινάχου.

Έτσι, ο βορειότερος κλάδος ξεκινά ανάντη του οικισμού Μπόρσα, που ανήκει στη Δημοτική Ενότητα Μυκηναίων. Ο κύριο κλάδος του Μπορσιάτη, όπως των αποκαλούν οι ντόπιοι, πριν ακόμη στραφεί προς το νότο, είναι ήδη 4^{ης} τάξης με εκτεταμένη λεκάνη στα ανάντη. Διερχόμενος λοιπόν δυτικά του οικισμού Φίχτιον, στρέφεται προς νότο, ενώ ρέει σχεδόν παράλληλα με την κύρια κοίτη του Δερβενακιώτη. Εισέρχεται στον οικισμό του Κουτσοποδίου και στο ύψος της επαρχιακής οδού Κουτσοποδίου – Μοναστηρακίου, η κοίτη είναι ουσιαστικά διευθετημένη. Κινούμενος προς τα κατάντη, και στο ύψος που συναντά την οδό Ηλία Μαύρα, είναι πλήρως εγκιβωτισμένος, με τετραγωνική διατομή, επενδεδυμένη με οπλισμένο σκυρόδεμα. Συνεχίζει προς νότο έως και την εκκλησία της Αγίας Κυριακής και παραμένει εγκιβωτισμένος για 175m κατάντη. Από εκεί έως και τη συμβολή με τον Ίναχο, η κοίτη είναι διευθετημένη και κατά θέσεις εγκιβωτισμένη και επενδεδυμένη με οπλισμένο σκυρόδεμα.

Δυτικά από τη κοίτη του Μπορσιάτη, κατέρχεται μικρότερος κλάδος υδρογραφικού δικτύου που ουσιαστικά, στα κατάντη, ταυτίζεται με την οδό Αγίου Ιωάννου. Διέρχεται μέσα από τον οικισμό και μάλιστα από τη πλατεία που βρίσκεται ο ναός της Κοιμήσεως της Θεοτόκου, ενώ συμβάλλει με τον κύριο κλάδο του Μπορσιάτη, στην οδό Ηλία Μαύρα.

Ο οικισμός του Κουτσοποδίου, με δεδομένο ότι διαρρέεται από τους ανωτέρω χείμαρρους, παρουσιάζει έως και υψηλό πλημμυρικό κίνδυνο.

5.1.3 Ευρύτερη περιοχή χειμάρρου Μπερμπαδιώτη (ΤΚ Λιμνών – Πρόσυμνας – Κουρτακίου – Λάλουκα – Δαλαμανάρας)

Στην ανατολικότερη περιοχή του Δήμου, στον οικισμό Λίμνες, ο πλημμυρικός κίνδυνος είναι ιδιαίτερα περιορισμένος καθώς το υδρογραφικό δίκτυο είναι ιδιαίτερα αραιό και μικρού μήκους, ενώ ακόμα και οι κεντρικοί κλάδοι είναι αδιαμόρφωτοι. Παράλληλα, η πλειοψηφία των κτιριακών υποδομών βρίσκεται στις πλαγιές του λεκανοπεδίου των Λιμνών μακριά από τον κεντρικό κλάδο του υδρογραφικού δικτύου. Από την υδρολιθολογία δε της περιοχής προκύπτει, ότι πιθανές απορροές αναμένεται να είναι περιορισμένες.

Στην περιοχή του λεκανοπεδίου της Προσύμνης το υδρογραφικό ίκτυο είναι επίσης περιορισμένο και το μεγαλύτερο μέρος της απορροής διαχέεται στο μικρό πεδινό τμήμα του, καταγράφοντας μεγάλο ποσοστό κατείσδυσης στα πρόσφατα ιζήματα (κατά κύριο λόγο αλλουβιακές αποθέσεις και σε μικρότερο βαθμό μεταλλικά) που κυριαρχούν. Εξάιρεση στο καθεστώς αυτό, αποτελεί το ρέμα Μπερμπαδιώτης (Κλεισούρα) το οποίο έρχεται από το οροπέδιο των Λιμνών, και το οποίο περνάει μέσα από τον οικισμό της Προσύμνης. Η φυσική κοίτη του για 200m ανάντη της Προσύμνης έχει μετατραπεί σε δρόμο, γεγονός που από μόνο του αυξάνει σημαντικά την διακινδύνευση πλημμύρας, κυρίως σε ότι αφορά την απώλεια ανθρώπινων ζωών. Στη θέση αυτή το ρέμα εγκιβωτίζεται

και υπογειοποιείται κάτω από την πλατεία του χωριού, ενώ στη συνέχεια διαρρέει τον οικισμό επιφανειακά για περίπου 900m μέχρι να ξαναβγεί στα κατάντη του χωριού. Η εγγύτητα του ρέματος με κατασκευές εντός του χωριού και στις δύο πλευρές του οδηγεί στην αύξηση του κινδύνου.

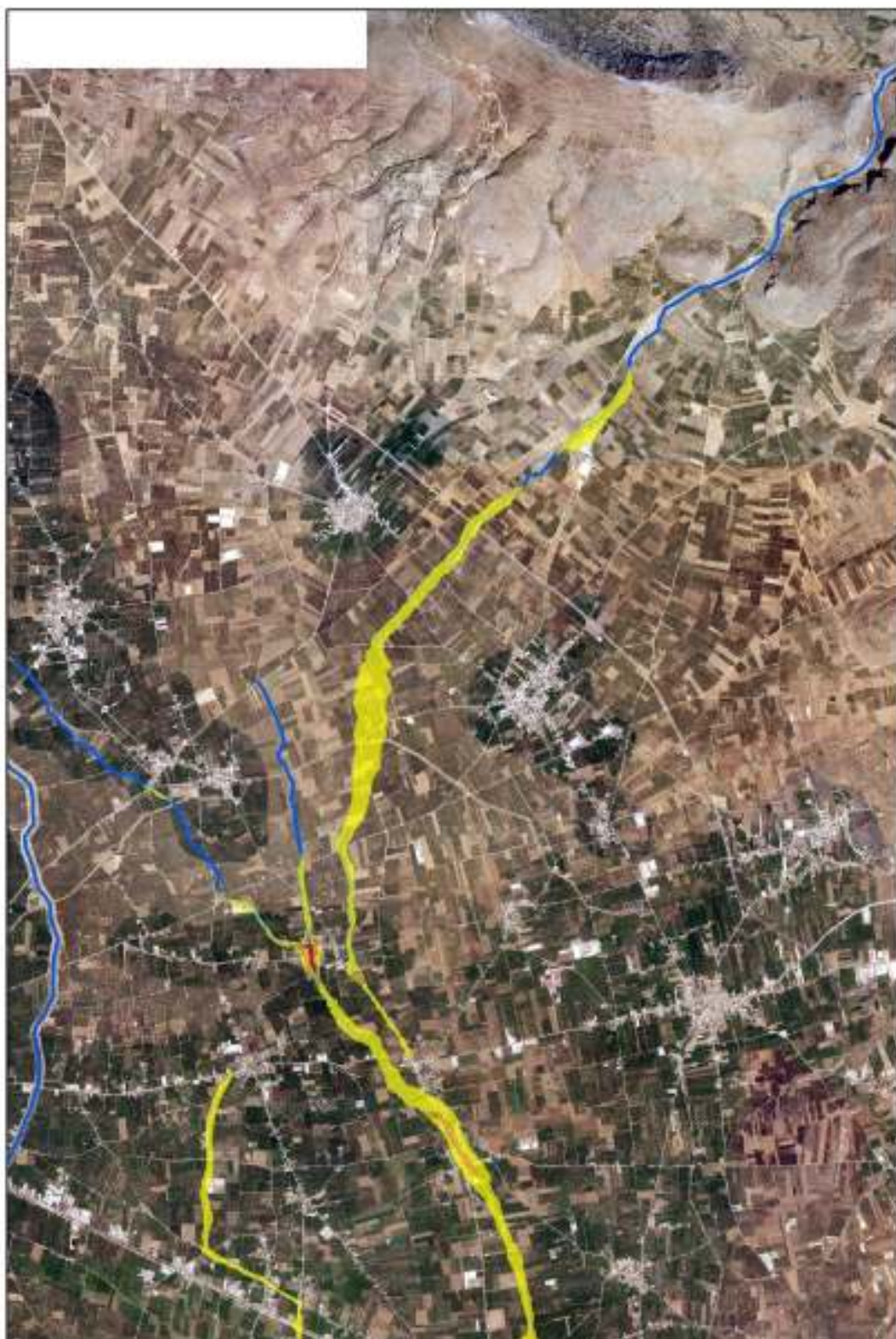
Παράλληλα, η αυξημένη μορφολογική κλίση της μισγάγγειας του κύριου κλάδου αναμένεται να οδηγήσει σε ιδιαίτερα αυξημένες ταχύτητες ροής, οι οποίες με τη σειρά τους αυξάνουν τον κίνδυνο διάβρωσης των πρανών της κοίτης, σε μικρό όμως βαθμό, μιας και τα πρανή είναι διαμορφωμένα από οπλισμένο σκυρόδεμα. Παρόλα αυτά η εγγύτητα των κατασκευών είναι τέτοια που αυξάνει την πιθανότητα κατάκλυσης των χώρων τους στο επίπεδο της αναβαθμίδας σε πιθανή υπερχείλιση του ρέματος.

Στο κατάντη τμήμα του χωριού Προσύμνη ο πλημμυρικός κίνδυνος αμβλύνεται καθώς η διατομή του ρέματος αυξάνεται και ταυτόχρονα η διακινδύνευση ελαττώνεται σημαντικά, καθώς οι κατασκευές και οι υποδομές απομακρύνονται από την κοίτη.

Στο τμήμα που το ρέμα Μπερμπαδιώτης εισρρέει στο φαράγγι της Κλεισούρας ο πλημμυρικός κίνδυνος και η διακινδύνευση ελαττώνονται πολύ, καθώς η διατομή του ρέματος αυξάνεται σημαντικά, ενώ οι υποδομές είναι σχεδόν ανύπαρκτες. Εξαιρέση αποτελεί το οδικό δίκτυο, το οποίο βρίσκεται σε διαφορετικό υψόμετρο σε σχέση με την κοίτη και την ενεργή αναβαθμίδα.

Στο τμήμα από την έξοδο του ρέματος από το φαράγγι και μέχρι την επαρχιακή οδό Ναυπλίου – Κορίνθου και κατόπιν την επαρχιακή οδό Τίρυνθας – Νέου Ηραίου, το υδρογραφικό δίκτυο σχηματίζει ένα αλλουβιακό ριπίδιο, το οποίο διατρέχει με κατεύθυνση ΒΑ-ΝΔ. Στο τμήμα αυτό η κοίτη διακλαδίζεται (braided stream), ενώ όσο κινείται προς τα κατάντη τα μορφολογικά χαρακτηριστικά της κοίτης εκφυλίζονται, λόγω της μικρής ετήσιας ποσότητας απορροής. Στη διάρκεια μιας πλημμυρικής απορροής, είναι πιθανό η κοίτη να διαμορφωθεί εκ νέου, λόγω επιφανειακής διάβρωσης.

Η απουσία κοίτης, με τα τυπικά μορφολογικά χαρακτηριστικά της, δυσχεραίνει σημαντικά την πρόβλεψη των περιοχών που θα πληγούν σε περίπτωση πλημμύρας, καθώς λόγω της επίπεδης μορφολογίας καθίσταται δύσκολο να προβλεφθεί η ακριβής πορεία των πλημμυρικών υδάτων. Παρόλα αυτά με βάση το ιστορικό των πλημμυρών κατέστη εφικτό να οριοθετηθεί, προσεγγιστικά, η περιοχή που αναμένεται να πληγεί. Το ίδιο φαινόμενο παρατηρείται και στο τμήμα από την επαρχιακή οδό Τίρυνθας – Νέου Ηραίου έως το χωριό Κουρτάκι, στο οποίο ο χείμαρρος Μπερμπαδιώτης προσεγγίζει από τα βορειοανατολικά. Ο χείμαρρος Μπερμπαδιώτης διοχετεύεται στις ανατολικές παρυφές του οικισμού του Κουρτακίου από όπου κατευθύνεται προς την οδό Κουρτάκιου – Λάλουκα, όπου και εκφυλίζεται εντελώς. Τα πλημμυρικά ύδατα παρόλα αυτά σε περίπτωση πλημμυρικής παροχής κατευθύνονται παράλληλα με την ανωτέρω οδό προς το χωριό Λάλουκας. Με βάση τις γεωμορφολογικές παρατηρήσεις και το ιστορικό προκύπτει ότι, κατά κύριο λόγο, τα πλημμυρικά φαινόμενα οδηγούν σε κατάκλυση μεγάλων εκτάσεων στο χώρο που οριοθετείται από τα χωριά Κουρτάκι, Ηραίο, Ανυφί και Νέο Ηραίο. Ο χάρτης κινδύνου, οι θέσεις ενδιαφέροντος και οι χαράξεις των ρεμάτων της περιοχής παρουσιάζονται αναλυτικά στην Εικ. 5.1.



Εικ. 5.1. Χάρτης πλημμυρικού κινδύνου περιοχής του ρέματος της Κλεισούρας

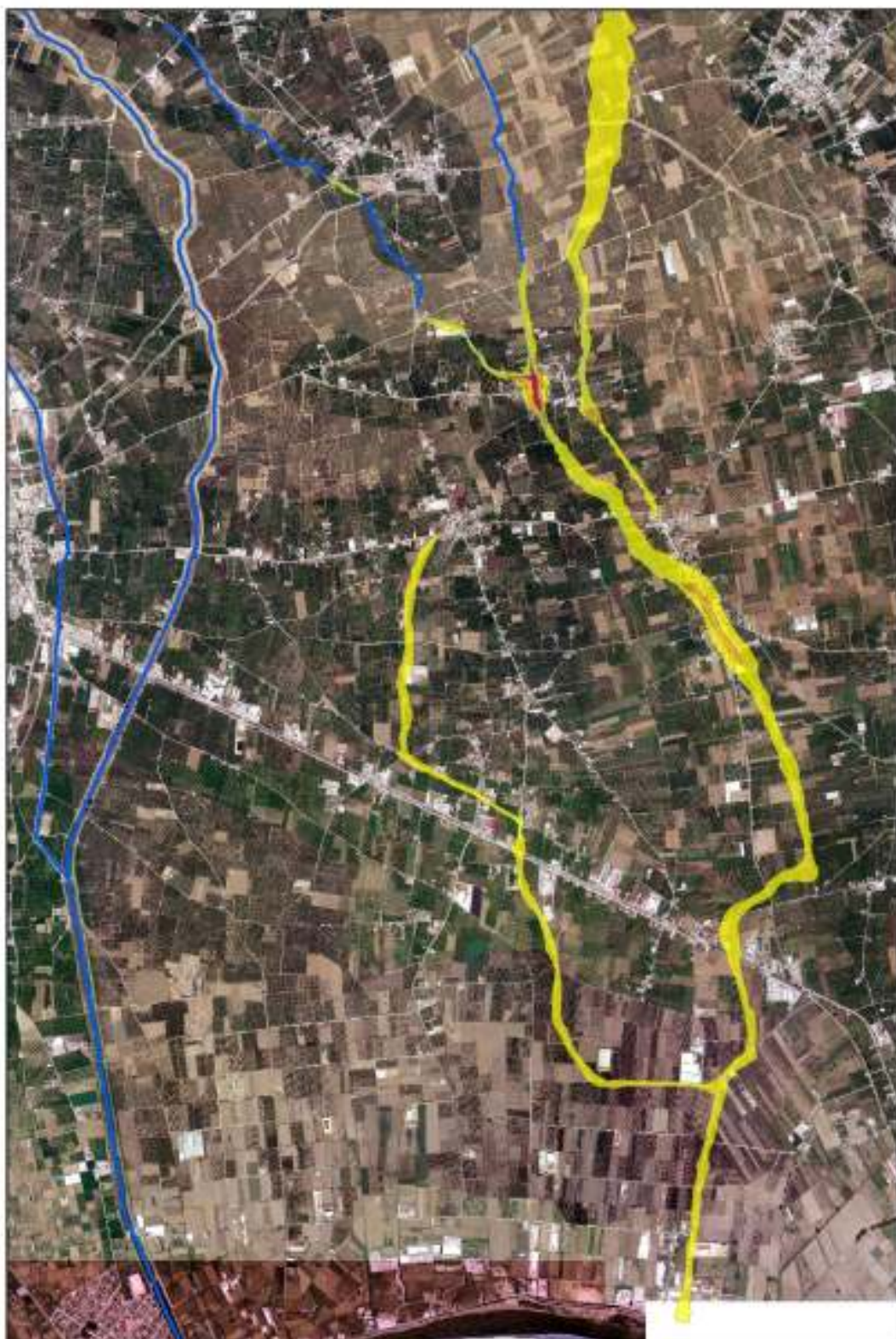
5.1.4 Ευρύτερη περιοχή ΤΚ Ινάχου – Ήρας – Κουρτακίου – Λάλουκα

Παράλληλα με τον κύριο κλάδο του Ινάχου, υπάρχει ένα μικρότερο υδρογραφικό δίκτυο το οποίο τροφοδοτείται από την ευρύτερη, ανάντη περιοχή, του οικισμού Ινάχου. Το συγκεκριμένο ρέμα κατευθύνεται από τις νοτιοδυτικές παρυφές του οικισμού Ίναχος προς τα νότιοανατολικά, διασχίζοντας κάθετα την επαρχιακή οδό Άργους – Χιλιμοδίου, πολύ κοντά στις ΝΑ παρυφές του χωριού Ήρα. Συνεχίζει με την ίδια κατεύθυνση προς το Κουρτάκι, περνώντας από τη βιοτεχνία Port Fruit, και προσεγγίζει το χωριό από βορειοδυτικά. Το ρέμα σε αυτό το σημείο διοχετεύεται σε κυλινδρικό αγωγό από σκυρόδεμα, διαμέτρου 0,8m και στη συνέχεια σε πλακοσκεπή αγωγό κάτω από την κεντρική πλατεία του Κουρτακίου.

Στο σημείο αυτό συμβάλει ένα ακόμα ρέμα το οποίο απορρέει από την περιοχή βόρεια του Κουρτακίου (σχεδόν παράλληλα με το χείμαρρο Μπερμπαδιώτη) και το οποίο διοχετεύεται στον πλακοσκεπή αγωγό, με δίδυμο κυλινδρικό αγωγό από σκυρόδεμα, διατομής 0,8m. Τα δύο συμβάλουν κάτω από την πλατεία του Κουρτακίου και από εκεί διοχετεύονται με κατεύθυνση ΝΝΑ προς το κατάντη πέρας του πλακοσκεπούς αγωγού.

Με βάση το ιστορικό και τις γεωμορφολογικές παρατηρήσεις προκύπτει, ότι στο σημείο της πλατείας και αμέσως ανάντη παρατηρούνται πλημμυρικά φαινόμενα, λόγω μη επάρκειας των διατομών των αγωγών αλλά και κακή ρύθμιση της απορροής, λόγω αστοχιών στα τεχνικά έργα.

Στις νότιες παρυφές του οικισμού του Κουρτακίου η συνένωση των δύο βγαίνει σε ανοιχτή κοίτη και κινείται προς ΝΑ προς το χωριό Λάλουκα, διασχίζοντας κάθετα την επαρχιακή οδό Άργους – Αραχναίου. Το ρέμα προσεγγίζει τον οικισμό Λάλουκα από τη βορειοδυτική του πλευρά και διοχετεύεται, κάτω από παλιά γέφυρα σε κυλινδρικό αγωγό από σκυρόδεμα, διαμέτρου 0,8m. Διατρέχει τον κεντρικό δρόμο του οικισμού, στην ανατολική του πλευρά κάτω από τον κεντρικό δρόμο του οικισμού (οδός Λάλουκα – Κουρτακίου), τον οποίο ακολουθεί μέχρι την έξοδο του από τον αγωγό στο νότιο άκρο του οικισμού. Από εκεί διοχετεύεται σε ανοιχτή τάφρο, που κατά θέσεις είναι αγροτικός δρόμος, το οποίο καταλήγει σε περίπου 4,5 km στη θάλασσα διασχίζοντας κάθετα την εθνική οδό Άργους – Ναυπλίου. Ο χάρτης κινδύνου, οι θέσεις ενδιαφέροντος και οι χαράξεις των ρεμάτων της περιοχής παρουσιάζονται αναλυτικά στην Εικ. 5.2.



Εικ. 5.2. Χάρτης πλημμυρικού κινδύνου περιοχής του Ινάχου – Κουρτακίου - Λάλουκα

5.1.5 Ευρύτερη περιοχή ΔΚ Άργους

Στο σύνολο της έκτασης της Δημοτικής Κοινότητας Άργους, καταγράφηκαν σημεία και περιοχές που δυνητικά, σε περιπτώσεις ακραίων καιρικών φαινομένων, αναμένεται να παρατηρηθούν υψηλές συγκεντρώσεις νερού (πλημμύρα) αλλά και δημιουργία μικρών εφήμερων κλάδων επιφανειακής απορροής. Τόσο τα τοπικά πλημμυρικά φαινόμενα, όσο και οι εφήμεροι κλάδοι απορροής, λειτουργούν αθροιστικά με τα πλημμυρικά φαινόμενα που προκαλούνται από τον χείμαρρο Ξεριά κυρίως και δευτερευόντως από τον χείμαρρο Ίναχο. Οι περιοχές αυτές εμφανίζουν χαμηλή έως μέτρια επικινδυνότητα. Όμως λόγω αστοχίας μικρών τεχνικών παρεμβάσεων η ακόμη και κακής λειτουργίας του δικτύου αποχέτευσης ομβρίων, η επικινδυνότητα μπορεί να γίνει υψηλή και να έχουμε ακόμη και ανθρώπινα θύματα, όπως στην πλημμύρα του Δεκεμβρίου του 2013.

Η Δημοτική Κοινότητα Άργους, ερευνήθηκε ως προς τον πλημμυρικό κίνδυνο, αφού διαχωρίστηκε σε τρεις περιοχές και συγκεκριμένα:

- Την περιοχή βόρεια από τους λόφους Λάρισα και Ασπίδα έως και την κοίτη του χείμαρρου Ξεριά.
- Την περιοχή εντός του οικιστικού ιστού της πόλης μέχρι και τη νότια περιφερειακή οδό.
- Την περιοχή από τη νότια περιφερειακή οδό μέχρι και τον Αργολικό κόλπο.

Περιοχή βόρεια από τους λόφους Λάρισα και Ασπίδα έως και την κοίτη του χείμαρρου Ξεριά

Στην περιοχή αυτή κύριο χαρακτηριστικό αποτελεί η απουσία σαφώς διαμορφωμένου υδρογραφικού δικτύου επιφανειακής απορροής. Αυτό οφείλεται σε δύο παράγοντες. Ο πρώτος είναι οι κλιματικές συνθήκες και η φύση των γεωλογικών σχηματισμών. Ο δεύτερος και σημαντικότερος είναι εντατικοποίηση των καλλιεργειών και η συστηματική μεταβολή των χρήσεων γης. Έτσι έχουμε μετατροπή παλιών κλάδων του υδρογραφικού δικτύου σε καλλιεργήσιμες εκτάσεις σε βαθμό που είναι δύσκολο να διακριθεί που περνούσε το παλιό υδατόρεμα. Για το σκοπό αυτό και για τις ανάγκες του Εφαρμοσμένου Ερευνητικού Προγράμματος, αξιοποιήθηκαν δεδομένα από μια αλληλουχία αεροφωτογραφιών, τοπογραφικών διαγραμμάτων κλίμακας 1:5.000, καθώς και αποτύπωση της ευρύτερης περιοχής της πόλης του Άργους σε κλίμακα 1:500.

Τα παραπάνω στοιχεία συνέδραμαν στην αποτύπωση των δυνατών κατευθύνσεων ροής τόσο επάνω στις λοφώδεις περιοχές (λόφοι Λάρισα και Ασπίδα), όσο και στο σχετικά επίπεδο τμήμα. Οι κατευθύνσεις αυτές δύναται να αποτελούν τμήματα του επαρχιακού και δημοτικού δικτύου, να διέρχονται μέσα από καλλιέργειες ή και να οριοθετούνται από κτίσματα και περιμετρικούς μαντρότοιχους.

Περιοχή εντός του οικιστικού ιστού της πόλης μέχρι και το νότιο περιφερειακό

Αποτελεί το πλέον πυκνοκατοικημένο τμήμα της Δημοτικής Κοινότητας Άργους και «περιορίζεται» από φυσικά και τεχνητά διαμορφωμένα γεωμορφολογικά όρια. Έτσι σε διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ περικλείεται από τους λόφους Λάρισα και Ασπίδα, ανατολικά από τμήμα του Ξεριά και στα νότια από το τεχνητό ανάχωμα του νότιου περιφερειακού, από τον κόμβο του Αγίου Βασιλείου έως και τον κόμβο με την ΠΕΟ Άργους – Τριπόλεως.

Το ιδιαίτερο χαρακτηριστικό αυτού του τμήματος είναι ότι οποιαδήποτε ποσότητα ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων και να δεχθεί απορρέει επιφανειακά, μονοσήμαντα

προς νότο, μέσω πολύπλοκου δικτύου, δρόμων υπονόμων και τάφρων. Οι ποσότητες που δεν απορρέουν, κατεισδύουν αργά στις αλλουβιακές αποθέσεις κατάντη κυρίως του νότιου περιφερειακού. Όπου επιχειρήθηκε να κατευθυνθούν με υπόγειους αγωγούς τα υπόγεια ύδατα στη κοίτη του χειμάρρου Ξεριά, αυτό λειτούργησε μόνο σε περιπτώσεις ήπιων απορροών και σε καμία περίπτωση, δε μπορεί να λειτουργήσει σε περιόδους έντονων απορροών και υπερχείλισης της κοίτης του Ξεριά.

Έτσι, οι δρόμοι που συγκεντρώνουν νερό αλλά και φερτά υλικά, από τη περιοχή «Πορτίτσες» στο διάσελο μεταξύ των λόφων Λάρισας και Ασπίδας, λειτουργούν σα μικροί χείμαρροι κατευθυνόμενοι προς τα κατάντη. Λόγω της υψομετρικής διαφοράς, η οδός Καρατζά δέχεται μεγάλες ποσότητες νερού, οι οποίες ρέουν με μεγάλη ταχύτητα προς τη συμβολή, αρχικά με την οδό Γούναρη, ενώ στη συνέχεια κατευθύνεται προς τη πλατεία Δημοκρατίας (Νεοκλασική Αγορά), όπου και αυξάνει το ύψος συγκέντρωσης νερού. Από την άλλη πλευρά το τμήμα του λόφου Ασπίδος με κλίση προς το Άργος, διοχετεύουν τα νερά μέσω μικρών κάθετων οδών προς την οδό Ηρακλέους. Αντίστοιχα στο τμήμα του λόφου Λάρισα με κλίσεις πρηνών προς την πόλη του Άργους, τα επιφανειακά νερά διοχετεύονται μέσω κάθετων δρόμων μεγάλης κλίσης προς τις οδούς Φορονέως και Γούναρη, αλλά και προς την οδό Τριπόλεως. Σημειώνεται, ότι το κύριο χαρακτηριστικό αυτών των περιοχών σε περιπτώσεις ισχυρής και ραγδαίας καταιγίδας, είναι η μετατροπή των μικρών στενών και των κεντρικών δρόμων σε εφήμερους κλάδους του υδρογραφικού δικτύου.

Από τη στιγμή που θα ξεκινήσουν οι ροές υδάτων περιμετρικά της πόλης αλλά και από τους δρόμους με κατεύθυνση και κλίση από βορά προς νότο, η κατεύθυνση επιφανειακής ροής είναι γενικά προς τα νότια τμήματα της πόλης. Κομβικά σημεία είναι η πλατεία Δερβενακίων, η συμβολή των οδών Κορίνθου και Βασ. Σοφίας, η πλατεία Δημοκρατίας (Νεοκλασική Αγορά), η οποία αποκαλείται, και όχι άδικα, «Γούβα», η συμβολή των οδών Ναυπλίου, Μακαρίου, Ινάχου και Φιλελλήνων, η περιοχή του Αγίου Βασιλείου, η περιοχή Γεφύρια, η οδός Καρπετοπούλου στο σύνολό της, η συμβολή των οδών Αρχαίας Βουλής και Μεσσηνίας – Αρκαδίας, η συμβολή των οδών Μπουσουλόπουλου και Χρ. Σμύρνης, οι περιοχές Παλιές και Νέες Εργατικές κατοικίες.

Πέραν αυτών των περιοχών αναμένεται να έχουμε, όπως και στη πλημμύρα του 2013, έντονες και απότομες απορροές σε όλο το τμήμα της περιοχής του Συνοικισμού, Εθνικού Σταδίου Άργους, 2^{ου} Λυκείου Άργους, Γηροκομείο και Ξηρόβρυση. Στη περιοχή του Γηροκομείου παρατηρήθηκαν έντονα διαβρωτικά φαινόμενα, συνοδευόμενα από αποθέσεις φερτών υλικών. Σημειώνεται, ότι η ευρύτερη ανάντη περιοχή είχε αποψιλωθεί ολοκληρωτικά από τη λιγοστή μακία βλάστηση που είχε, από πυρκαγιά το καλοκαίρι του 2013. Τα όρια αυτής της πυρκαγιάς αποτυπώνονται στον Χάρτη 5.

Περιοχή οικισμών Κουγαίκων και Κόκλας

Προχωρώντας δυτικά, στη περιοχή ανάντη της ΠΕΟ Άργους – Τριπόλεως συναντάμε τους οικισμούς Κουγαίκα και Κόκλα. Το κύριο χαρακτηριστικό αυτής της περιοχής είναι η έντονη μορφολογική κλίση στην ανάντη των οικισμών περιοχή και η έντονη κατά βάθος διάβρωση των γεωλογικών σχηματισμών. Επιπλέον το οδικό δίκτυο στην περιοχή διασταυρώνεται πολλές φορές με κλάδους του υδρογραφικού δικτύου επιφανειακής απορροής, ενώ σε κάποιες περιπτώσεις το ίδιο οδικό δίκτυο διαρρέεται σε τμήματά του, από τους παραπάνω κλάδους του υδρογραφικού δικτύου. Αν και στη περιοχή δεν παρατηρούνται έντονα πλημμυρικά φαινόμενα, λόγω μορφολογικών κλίσεων, παρά ταύτα οι κλάδοι του

υδρογραφικού δικτύου καταλήγουν και «σβήνουν» στο επίπεδο τμήμα όπου και αποθέτουν νερό και στερεά υλικά.

Επισημαίνεται, ότι στο κατώτερο τμήμα της περιοχής αυτής διέρχεται επιφανειακά ανοικτός τραπεζοειδής αγωγός του αρδευτικού δικτύου της υποθαλάσσιας πηγής Κιβερίου (Ανάβαλος). Τα σημεία στα οποία διασταυρώνεται με κλάδους του υδρογραφικού δικτύου, μπορεί να αποτελέσουν σημεία συγκέντρωσης φερτών υλικών και νερού.

Περιφερειακή οδός

Στο νότιο τμήμα της πόλης καταλήγουν τέσσερις κεντρικές οδοί (Κανάρη, Πλαστήρα, Αλεξάνδρου Παπάγου και Χαλέπα) και η επαρχιακή οδός Άργους – Νέας Κίου, οι οποίες διασταυρώνονται με το ανάχωμα της νότιας περιφερειακής οδού. Παρά το γεγονός, ότι έχει γίνει υδραυλική μελέτη για την παροχέτευση των όμβριων υδάτων του οδοστρώματος της νότιας περιφερειακής οδού, η περαιτέρω διασύνδεση με τα υφιστάμενα πλευρικά ρείθρα και τις τάφρους είναι ελλιπής. Έτσι τα νερά που καταλήγουν προς το νότιο περιφερειακό, αντί να οδηγηθούν απευθείας προς την κατάντη περιοχή, συγκεντρώνονται στο ανάχωμά του, δημιουργώντας συνθήκες τοπικού πλημμυρισμού, αλλά και δυσκολία παροχέτευσης των νερών της πόλης, μειώνοντας περαιτέρω την ήδη μικρή ταχύτητα ροής. Επισημαίνεται, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, ότι είναι έτσι διαμορφωμένο το φυσικό ανάγλυφο της πόλης που η φυσική ροή είναι μονοσήμαντη προς νότο και σε καμία περίπτωση δε μπορούν τα επιφανειακά νερά να κινηθούν ανατολικά, προκειμένου να συμβάλουν στον χείμαρρο Ξεριά, η κοίτη του όπου ρέει σε μεγαλύτερα υψόμετρα. Άρα η διασφάλιση της κίνησης προς νότο είναι απαραίτητη για να αποφεύγονται πλημμυρικά φαινόμενα, ακόμη και στη περίπτωση που δεν έχουμε εισροή υδάτων στον οικιστικό ιστό, από τη πλημμυρισμένη κοίτη του Ξεριά.

Επιπροσθέτως, στη διασταύρωση της νότιας περιφερειακής οδού με την επαρχιακή οδό Άργους – Νέας Κίου, πέραν των οδικών δικτύων, διέρχεται παράλληλα με το νότιο περιφερειακό και προς νότο η σιδηροδρομική γραμμή Άργους – Τριπόλεως. Ακόμη, εγκάρσια με το νότιο περιφερειακό, διέρχεται ανοικτός αγωγός με ορθογώνια διατομή, που αποτελεί τμήμα του δευτερεύοντος αρδευτικού δικτύου της υποθαλάσσιας πηγής Κιβερίου (Ανάβαλος). Η θέση και το ύψος του αγωγού είναι τέτοια που η κίνηση του επιφανειακού νερού, στις τάφρους εκατέρωθεν της περιφερειακής οδού είναι πρακτικά αδύνατη.

Περιοχή Αλμύρες – Ερασίνος

Η περιοχή κάτω από τη νότια περιφερειακή οδό και προς τη θάλασσα, είναι σχεδόν επίπεδη με πάρα πολύ μικρή κλίση. Έτσι η επιφανειακή απορροή γίνεται με πάρα πολύ αργό ρυθμό. Επιπλέον οι υδρογεωλογικές συνθήκες είναι τέτοιες που δεν επιτρέπουν τη ταχεία κατείσδυση νερού. Αντιθέτως σε πολλές εκτάσεις της περιοχής αυτής, η στάθμη του φρεάτιου υδροφόρου ορίζοντα, κατά τη διάρκεια του χειμώνα και της άνοιξης, είναι πολύ υψηλή. Χαρακτηριστική είναι η περίπτωση των νέων εργατικών κατοικιών (οδός Κανάρη), όπου συστηματικά κατά τη χειμερινή περίοδο, χρησιμοποιούνται αντλίες για την απομάκρυνση του νερού από τα υπόγεια των κατοικιών. Επιπλέον, σε όλη τη κατάντη περιοχή του νότιου περιφερειακού αναπτύσσεται ένα πολύπλοκο δίκτυο τάφρων που λειτουργούν διπλά. Από τη μία οδηγούν τα επιφανειακά νερά προς τη θάλασσα, μέσω και του ποταμού Ερασίνου και από την άλλη αποστραγγίζουν τις καλλιεργήσιμες εκτάσεις προκειμένου να είναι αρόσιμες νωρίς την άνοιξη.

Έτσι, από τη στιγμή που το σύνολο της επιφανειακής απορροής από την πόλη του Άργους, κατευθυνθεί μέσω επιφανειακών τάφρων κάτω από το νότιο περιφερειακό, ακολουθεί το ήδη διαμορφωμένο δίκτυο τάφρων αλλά και τη κοίτη του ποταμού Ερασίνου, προκειμένου να διευκολυνθεί η απορροή προς τη θάλασσα. Το τμήμα νότια από τη κοίτη του Ερασίνου, δηλαδή οι Αλμύρες και το Τημένιο, αποτελούν περιοχές, όπου σε πλούσια υδρολογικά έτη, ακόμη και τη περίοδο του καλοκαιριού, το υπόγειο νερό αναβλύζει στην επιφάνεια, δημιουργώντας συνθήκες μόνιμης κατάκλυσης. Τέλος δε θα πρέπει να αγνοείται, όπως αναφέρθηκε και στο Κεφάλαιο 3.2, ότι στη περιοχή αυτή προσδιορίζονται τα φυσικογεωγραφικά όρια της παλαιολίμνης της Λέρνης.

5.1.6 Ευρύτερη περιοχή πλημμυρικού πεδίου χειμάρρων Ξεριά και Ίναχου

Σε ότι αφορά στις λεκάνες των χειμάρρων Ξεριά και Ίναχου, με βάση την έρευνα το ενδιαφέρον σε ότι αφορά τον πλημμυρικό κίνδυνο, βρίσκεται στο Αργολικό πεδίο, όπου τα δύο ποτάμια ρέουν στις ανατολικές παρυφές της πόλης του Άργους, καθώς και των κοντινών οικισμών (Ίναχος, Ήρα, Κουρτάκι, Πυργέλλα).

Στην περιοχή αυτή, όπως αναλύεται παραπάνω στην εξέταση του πλημμυρικού ιστορικού (βλέπε §4.1), παρατηρείται η συχνότερη εμφάνιση πλημμυρικών φαινομένων σε όλο το Δήμο. Για το λόγο αυτό, και δεδομένης της πυκνότητας και της σημασίας των υποδομών που πλήττονται από πλημμύρες, στο τμήμα αυτό του Δήμου χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της υδραυλικής προσομοίωσης, η οποία περιγράφει και οριοθετεί με μεγαλύτερη ακρίβεια τις περιοχές κινδύνου.

Με βάση την προσομοίωση, τα μεγαλύτερα βάθη παρατηρούνται, όπως είναι αναμενόμενο κατά μήκος της κοίτης των δύο χειμάρρων, όπου η στάθμη φτάνει έως και 5,3 μέτρα στο σενάριο παροχής χρόνου επαναφοράς 50 ετών.

Με βάση το ίδιο σενάριο σε αμφότερους τους χείμαρρους, αναμένεται να καταγραφεί υπερχειλίση, κατά την οποία τα πλημμυρικά ύδατα θα κατακλύσουν μέρος του πλημμυρικού πεδίου, πλημμυρίζοντας τις υποδομές που είναι εγκατεστημένες στις θέσεις αυτές, ακόμα και στις ανατολικές παρυφές της πόλης του Άργους.

Σε ότι αφορά στον χείμαρρο Ξεριά, στο τμήμα από την οδό Άργους – Νεστάνης στις βόρειες παρυφές της πόλης του Άργους (θέση Κατσικάνια) έως τη συμβολή του με τον χείμαρρο Ίναχο (θέση Διπτόταμα) με βάση την προσομοίωση προκύπτουν τα ακόλουθα συμπεράσματα.

Τμήμα επαρχιακής οδού Άργους – Νεστάνης (θέση Κατσικάνια) έως γέφυρα εθνικής οδού Άργους – Κορίνθου

Το ποτάμι σε αυτό το σενάριο υπερχειλίζει το τμήμα της οδού Άργους – Νεστάνης (στη νότια του πλευρά) έως και τη Γέφυρα του Ξεριά της οδού Κορίνθου. Στο σημείο αυτό η εκτεταμένη διαπλάτυνση της κοίτης, χαμηλώνει τη στάθμη περίπου στα 3,6 μέτρα. Η παροχή που υπολογίζεται αναμένεται να πλημμυρίσει οριακά το κατάστρωμα της εν λόγω γέφυρας, η οποία ανάλογα και με τα φερτά υλικά είναι πιθανό να είναι προσπελάσιμη ή όχι. Ένα τμήμα των υδάτων αναμένεται να διοχετευτεί προς την οδό Κορίνθου με κατεύθυνση προς Νότο. Τα ύδατα που θα διοχετευθούν μαζί με ύδατα που απορρέουν από τις κάθετες οδούς αναμένεται να δημιουργήσουν και επί της οδού Κορίνθου πλημμυρικά

φαινόμενα και η οδός ενδέχεται να είναι μη προσπελάσιμη με ή χωρίς όχημα. Η δυνατότητα παροχής στο τμήμα αυτό κυμαίνεται από 210,4 έως 1.097,9 m³/s.

Τμήμα κατάντη γέφυρας εθνικής οδού Άργους – Κορίνθου έως σιδηροδρομική γέφυρα

Στο τμήμα κατάντη της γέφυρας της εθνικής οδού Άργους – Κορίνθου η κοίτη καταγράφει μεγάλη διαπλάτυνση με αποτέλεσμα η στάθμη της πλημμυρικής παροχής αναμένεται να είναι μικρότερη. Στο τμήμα αυτό το ποτάμι αναμένεται να πλημμυρίσει κυρίως την βορειοανατολική πλευρά. Η δυνατότητα παροχής στο τμήμα αυτό κυμαίνεται από 1.042,0 έως 1108,8 m³/s.

Τμήμα σιδηροδρομική γέφυρα έως επαρχιακή οδό Άργους – Χιλιομοδίου

Στο τμήμα αυτό ο χείμαρρος Ξεριάς αναμένεται να πλημμυρίσει την βορειοανατολική του πλευρά (προς τον Ίναχο) με στάθμη που αναμένεται να φθάσει έως και 0,8m. Το πλημμυρικό πεδίο του ποταμού προς τη πλευρά του Άργους αναμένεται να υποστεί κατάκλυση σε μικρό πλάτος έως το τοιχίο που βρίσκεται παράλληλα στην οδό Τήνου προς τη μεριά του ποταμού, το οποίο εκτιμάται πως είναι παλαιότερο αντιπλημμυρικό έργο και είναι κατασκευασμένο παράλληλα στην κοίτη του Ξεριά σε μήκος 480 μέτρων έως την οδό Άργους – Χιλιομοδίου. Η δυνατότητα παροχής στο τμήμα αυτό κυμαίνεται από 512,1 έως 868,8 m³/s.

Τμήμα οδού Άργους – Χιλιομοδίου έως γέφυρα εθνικής οδού Άργους – Ναυπλίου (θέση Άγιος Βασίλειος)

Στο τμήμα αυτό το πλάτος του χειμάρρου Ξεριά συρρικνώνεται σε σχέση με το αμέσως ανάντη τμήμα, ενώ η κοίτη υφίσταται τις περισσότερες αλλαγές κατεύθυνσης. Στο τμήμα αυτό το ποτάμι αναμένεται να πλημμυρίσει και τις δύο πλευρές του. Στη δυτική πλευρά (προς την πόλη του Άργους) το ποτάμι αναμένεται να πλημμυρίσει την συνοικία Τσαμέικα, μέχρι τη σιδηροδρομική. Τα πλημμυρικά ύδατα μάλιστα αναμένεται να διοχετευθούν παράλληλα στις σιδηροδρομικές γραμμές στην οδό 25^{ης} Μαρτίου (και κατόπιν Ναυπλίου) και να ενισχυθούν από όμβρια προερχόμενα από το εσωτερικό της πόλης. Από τη θέση αυτή, τα ύδατα αναμένεται να διοχετευθούν προς νότια, προς το σταθμό ΚΤΕΛ και προς την περιοχή του Αγίου Βασιλείου και παράλληλα της νότιας περιφερειακής οδού του Άργους. Η δυνατότητα παροχής στο τμήμα αυτό κυμαίνεται από 512,1 έως 868,8 m³/s.

Τμήμα γέφυρας εθνικής οδού Άργους – Ναυπλίου έως Διπτόταμα

Στο τμήμα αυτό το ποτάμι είναι σχετικά ομοιογενές τόσο σε διατομή όσο και σε κατεύθυνση, συνθήκες βλάστησης και υλικό διαμόρφωσης πρανών και πυθμένα, λόγω της διευθέτησης του σε παλαιότερη περίοδο. Στο τμήμα αυτό το ρέμα πλημμυρίζει και τις δύο πλευρές του. Τα ύδατα προς την ανατολική πλευρά αναμένεται να πλημμυρίσουν την περιοχή μεταξύ των δύο ποταμών, και αναμένεται να ενωθούν με εκείνα που προέρχονται από τον Ίναχο σε περίπτωση υπερχειλίσσης και των δύο. Η δυνατότητα παροχής στο τμήμα αυτό κυμαίνεται από 92,1 έως 226,7 m³/s.

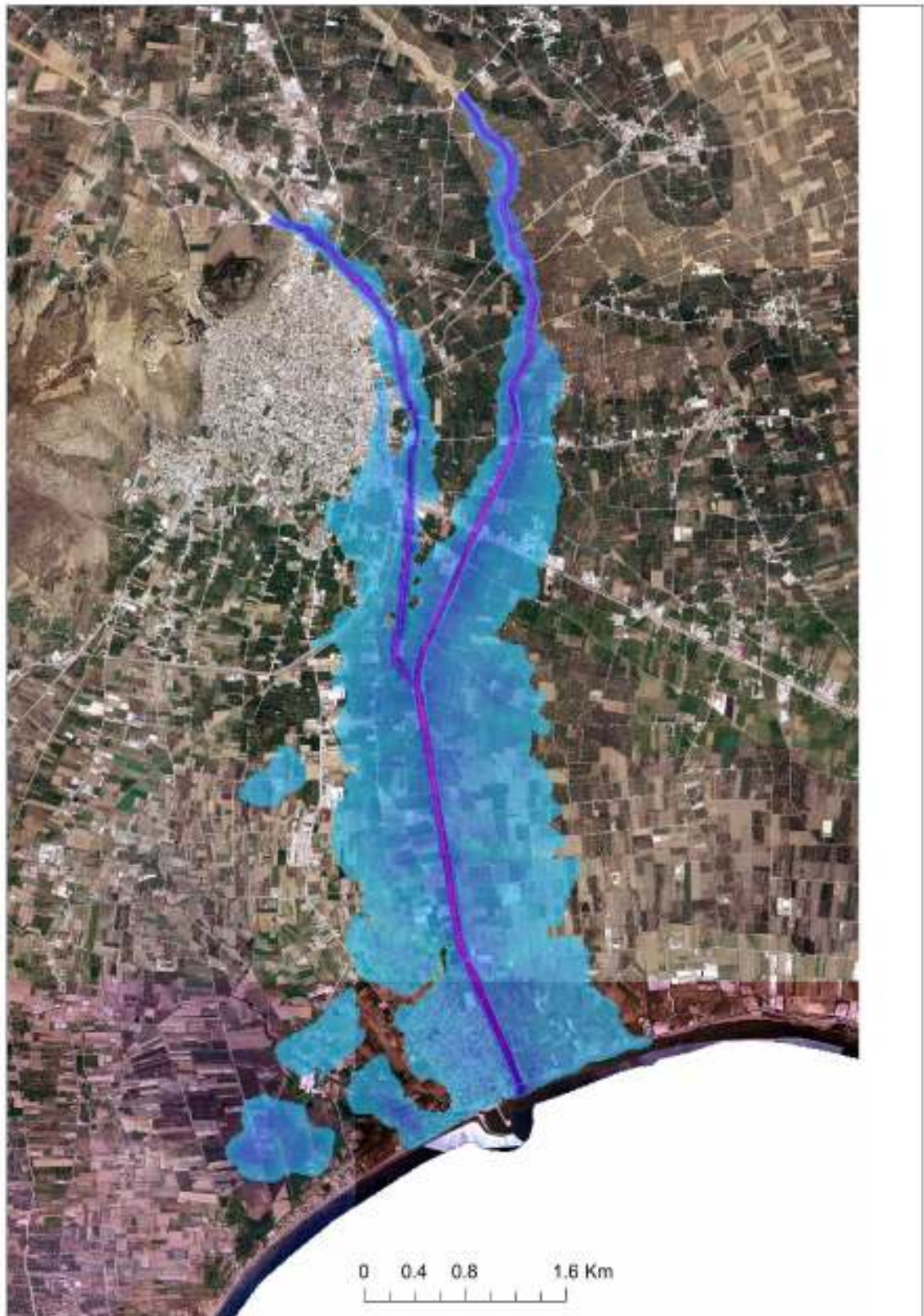
Σε ότι αφορά στον χείμαρρο Ίναχο, παρατηρείται μεγαλύτερη σταθερότητα στην δυνατότητα παροχής κατά μήκος της κοίτης. Παρόλα αυτά παρουσιάζονται σημαντικές μείωσης στη διατομή στις θέσεις των γεφυρών. Μεταξύ της επαρχιακής οδού Άργους – Ινάχου και της θέσης Διπτόταμα, η δυνατότητα παροχής κυμαίνεται μεταξύ 454,0 και 769,8 m³/s με τις μικρότερες διατομές να εμφανίζονται στις γέφυρες που διασχίζουν την κοίτη.

Στη συνέχεια το ποτάμι συμβάλει με τον Ξεριά και η διατομή του μεγαλώνει. Στο τμήμα αυτό και μέχρι τη θάλασσα η εκτιμώμενη δυνατότητα παροχής κυμαίνεται από 695,4 έως 906,3 m³/s. Σχεδόν σε όλο το μήκος που πραγματοποιήθηκε έλεγχος μέσω προσομοίωσης, το ποτάμι βρέθηκε να υπερχειλίζει εκτός λίγων θέσεων ανάντη της συμβολής με τον Ξεριά.

Επιπρόσθετα πρέπει να επισημανθεί, ότι η συγκεκριμένη έρευνα δεν εξετάζει την περίπτωση αστοχίας κάποιου αναχώματος, η οποία είναι πιθανή κατά τη διάρκεια πλημμυρικών παροχών. Παρόλα αυτά επειδή η κίνηση των υδάτων επί του πλημμυρικού πεδίου και η περιοχή κατάκλυσης σε ένα τέτοιο ενδεχόμενο διαφέρει πολύ ανάλογα με τη θέση της αστοχίας και επειδή η τελευταία δεν μπορεί να προβλεφθεί, στην παρούσα έρευνα δεν εξετάσθηκε τέτοιο σενάριο.

Σε ότι αφορά στα ανάντη των λεκανών του Ξηριά και του Ινάχου, τα υδατορέματα παρουσιάζουν σημαντική κατά βάθος διάβρωση με αποτέλεσμα η κοίτη να βρίσκεται σε μεγάλο βάθος και η υπερχειλίσει της να είναι πολύ σπάνια. Με βάση την ανάλυση που περιγράφεται παραπάνω, πλημμυρικός κίνδυνος παρατηρείται σε περιορισμένη έκταση σε συγκεκριμένα σημεία του Ινάχου, όπως στο τμήμα μεταξύ των οικισμών Σύνορο και Σχινοχώρι και το τμήμα μεταξύ των οικισμών Λυρκεία και Στέρνα. Τα συγκεκριμένα τμήματα εμφανίζονται στην ανάλυση του πλημμυρικού ιστορικού.

Ο χάρτης κινδύνου, και οι χαράξεις των ρεμάτων της περιοχής παρουσιάζονται αναλυτικά στην
Εικ. 5.3.



Εικ. 5.3. Χάρτης πλημμυρικού κινδύνου περιοχής Ξηριά και Ινάχου.

5.1.7 Ευρύτερη περιοχή ΤΚ Ελληνικού – Σκαφιδακίου – Μύλων

Στην ευρύτερη περιοχή του Σκαφιδακίου, Ελληνικού, Κεφαλαρίου, αλλά και των οικισμών Διχάλια, και Μαγούλα, αποτυπώθηκαν στο Χάρτη 7, οι θέσεις και εκτάσεις, εντός κυρίως των κατοικημένων περιοχών που έχουμε αυξημένο πλημμυρικό κίνδυνο. Έτσι, ιεραρχώντας τις περιοχές ο οικισμός του Σκαφιδακίου, αν και διαρρέεται από μικρούς σε μήκος κάδους 1^{ης} τάξης παρά ταύτα στα κατάντη του οικισμού και ειδικότερα στο κεντρικό δρόμο το ύψος του νερού μπορεί να δημιουργήσει προβλήματα στην προσπελασιμότητά του, με ή χωρίς αυτοκίνητο. Χαρακτηριστική είναι η περίπτωση του Σχολικού Συγκροτήματος, με Νηπιαγωγείο και Δημοτικό, του οποίου η αυλή κατακλύστηκε με νερό και παρέμεινε εντός αυτής ακόμη και τη Δευτέρα 02-12-2013.

Ο οικισμός του Ελληνικού, από γεωμορφολογικής άποψης, βρίσκεται στο μεγαλύτερο μέρος του στο κυρτό τμήμα ενός κώνου κορημάτων. Έτσι ο πλημμυρικός κίνδυνος είναι μειωμένος. Εξάιρεση αποτελεί το υδατόρεμα που διαρρέει τον οικισμό στο ανατολικό του τμήμα, και καταλήγει δυτικά της «Πυραμίδας του Ελληνικού» και του γηπέδου. Ο συγκεκριμένος κλάδος αν και εκφυλίζεται στα κατάντη, έχει σημαντικά ανεπτυγμένη λεκάνη στα ανάντη που σε περίπτωση ραγδαίων βροχοπτώσεων μπορεί να δυσχεράνει ή ακόμη και να αποκλείσει τη διάβαση του δρόμου, τόσο από πεζούς, όσο και από οχήματα.

Το σημαντικότερο πρόβλημα που αντιμετωπίζει ο οικισμός του Ελληνικού, είναι ο μεγάλος αριθμός κλάδων 1^{ης} και 2^{ης} τάξης που διατέμνουν τον οδικό άξονα Κεφαλάρι – Ελληνικό. Αν και πρόκειται για κλάδους με μικρή υδρολογική λεκάνη στα ανάντη, οι οποίοι εκφυλίζονται στα κατάντη και σβήνουν μέσα σε καλλιεργήσιμες εκτάσεις. Σε περιόδους έντονων και ραγδαίων βροχοπτώσεων αυξάνεται σημαντικά η ποσότητα νερού που συνήθως μεταφέρουν, ενώ συγχρόνως και κυρίως λόγω μεγάλων μορφολογικών κλίσεων αυξάνεται και η στερεοπαροχή τους. Τα μικρά τεχνικά που υπάρχουν σε αυτές τις περιπτώσεις δεν επαρκούν για να παροχετεύσουν την ποσότητα νερού και στερεών υλικών, με αποτέλεσμα να διαρρέεται από νερό και πέτρες το οδόστρωμα. Η ποσότητα του νερού που διαρρέει τα μικρά αυτά υδατορέματα σε περιπτώσεις έντονων και ραγδαίων βροχοπτώσεων, μπορεί να διαπιστωθεί από την έντονη κατά βάθος διάβρωση που αυτά παρουσιάζουν.

Στη μεταξύ Σκαφιδακίου – Ελληνικού περιοχή διέρχονται μια σειρά από μικρά υδατορέματα, που στο μεγαλύτερο μέρος τους χρησιμοποιούνται και ως δρόμοι. Η γενική διεύθυνση ροής είναι από δύση προς ανατολή και τέμνονται με πληθώρα από μικρούς και μεγαλύτερους πλακοσκεπείς αγωγούς κάτω από τους οποίους διέρχονται, ή σε άλλες θέσεις τέμνονται με ιρλανδικές διαβάσεις.

Τα σημαντικότερα υδατορέματα στη περιοχή αυτή είναι η Δάφνη και το Κιρίμι. Το πρώτο αφού περάσει βόρεια του Σκαφιδακίου, καταλήγει να εκφυλίζεται και να χάνεται στο πεδίο, νοτίως του οικισμού Διχάλια. Κατά θέσεις σχηματίζει εσωτερική αναβαθμίδα διάβρωσης, η οποία φθάνει σε ύψος το 1 με 1,5 m.

Το Κιρίμι από την άλλη, που έχει και τη μεγαλύτερη από άποψη έκτασης υδρολογική λεκάνη, σχηματίζει κλάδο 4^{ης} τάξης. Κατερχόμενο νοτιοδυτικά από το Ελληνικό, αφού διασταυρωθεί με τον ανοικτό τραπεζοειδή αγωγό του αρδευτικού δικτύου της υποθαλάσσιας πηγής Κιβερίου (Ανάβαλος), στρίβει από διεύθυνση δύση – ανατολή σε

νότος – βοράς, ενώ ξαναστρέφεται πάλι προς διεύθυνση δύση – ανατολή. Η κοίτη του, ήδη πριν διασταυρωθεί με το τεχνικό έργο του Αναβάλου, είναι διευθετημένη και κατά θέσεις έχει τραπεζοειδή διατομή με μικρό ύψος. Στη διασταύρωση με την ΠΕΟ Άργους – Τριπόλεως το ύψος του πλακοσκεπούς αγωγού είναι μόλις 1,2m. Στο σημείο αυξάνεται η πιθανότητα να υπερβεί τον πλακοσκεπή αγωγό και να ρέει στο οδόστρωμα. Κατάντη του πλακοσκεπούς αγωγού η κοίτη είναι αρκετά διευρυμένη και σε ύψος και σε βάθος, αλλά κατά θέσεις έχει πολύ πυκνή βλάστηση κυρίως καλαμιώνες και βάτους. Μέχρι και τη συμβολή του με τον Ερασίνο το Κιρίμι ρέει σε διευθετημένη κοίτη χωρίς τη παρουσία αναχωμάτων. Στο τμήμα κατάντη του Ελληνικού και έως και το αρδευτικό κανάλι, παρουσιάζει εσωτερική αναβαθμίδα διάβρωσης, με ύψος που κυμαίνεται από τα κατάντη προς τα ανάντη σε 1 έως και 2 m. Τμήματα της αναβαθμίδας αυτής καλλιεργούνται, πράγμα που σημαίνει ότι οι προσπελάσεις της κοίτης του είναι καθημερινές, ειδικά κατά τη περίοδο συγκομιδής των εσπεριδοειδών.

Γενικά η περιοχή αυτή, Σκαφιδακίου, Ελληνικού, Κεφαλαρίου, αλλά και των οικισμών Διχάλια, και Μαγούλα, ενώ φαινομενικά παρουσιάζει χαμηλή, έως το πολύ μέση πλημμυρική επικινδυνότητα, σε περιόδους με ραγδαία και ισχυρή βροχόπτωση η επικινδυνότητα μετατρέπεται κατά θέσεις ακόμη και σε υψηλή, δεδομένης της υποδιαστασιολόγησης των τεχνικών παρεμβάσεων και της τροποποίησης των χρήσεων γης εντός των ορίων των υδατορεμάτων.

5.1.8 Ευρύτερη περιοχή ΤΚ Κιβερίου – Μύλων – Ανδρίτσας

Στην ευρύτερη περιοχή των ΤΚ Κιβερίου – Μύλων – Ανδρίτσας από την εφαρμογή της μεθοδολογίας προκύπτει, ότι ο υψηλότερος πλημμυρικός κίνδυνος καταγράφεται στα τελευταία 2 km του ποταμού Ξοβριού από τη συμβολή του με το Ρέμα Ξεριάς Κιβερίου και σε μήκος 1,5 km ανάντη της συμβολής, κατά μήκος του τελευταίου.

Μολονότι ο κίνδυνος υπερχειλίσσης του ρέματος είναι υπαρκτός, εκατέρωθεν και των δύο ρεμάτων (στο πλημμυρικό τους πεδίο) υπάρχουν κατά κύριο λόγω αγροτικές εκτάσεις (με δενδρώδεις πολυετείς καλλιέργειες), οι οποίες παρουσιάζουν σχετικά χαμηλή τρωτότητα από πλημμυρικά φαινόμενα.

Στο πεδινό τμήμα μεταξύ της γέφυρας της ΠΕΟ Άργους – Τριπόλεως του Ξεριά Κιβερίου έως τη γέφυρα της επαρχιακής οδού Μύλων – Κιβερίου, ο κίνδυνος εκτιμήθηκε κατά κύριο λόγω χαμηλός, εκτός από συγκεκριμένες θέσεις κοντά στην συμβολή Ξεριά και Ξοβριού αλλά και στη γέφυρα της ΠΕΟ.

Με βάση τις διατομές των ρεμάτων και τα γεωμορφολογικά στοιχεία προκύπτει, ότι ο υψηλότερος κίνδυνος βρίσκεται στο κατάντη τμήμα κοντά στην παραλία του Κιβερίου (κόκκινη ζώνη στο χάρτη). Παρατηρείται δηλαδή κατάντη της γέφυρας της επαρχιακής οδού Μύλων – Κιβερίου, κυρίως στο τελευταίο τμήμα του ποταμού (120m από την εκβολή του), όπου υπάρχουν και διάφορες υποδομές. Ο χάρτης κινδύνου, οι θέσεις ενδιαφέροντος και οι χαράξεις των ρεμάτων της περιοχής παρουσιάζονται αναλυτικά στην Εικ. 5.4.



Εικ. 5.4. Χάρτης πλημμυρικού κινδύνου περιοχής Κιβερίου για τον ποταμό Ξοβριό και τον Ξηριά Κιβερίου.