ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ – ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΔΥΝΑΜΙΚΗΣ, ΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ, ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

Διαχείριση Υδατικών Πόρων σε επίπεδο Καποδιστριακού Δήμου
Η περίπτωση του Δήμου Θεραπνών Λακωνίας

Εμμανουήλ Ανδρεαδάκης Α.Μ. 2216

Διπλωματική Εργασία
στα πλαίσια του Μεταπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών
της κατεύθυνσης

«Δυναμική, Τεκτονική, Εφαρμοσμένη Γεωλογία, με έμφαση στην Υδρογεωλογία»

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή
Επ. Καθηγητής Ι. Φουντούλης (Επιβλέπων)
Καθηγητής Σ. Λέκκας
Αν. Καθηγητής Α. Αλεξόπουλος

ΑΘΗΝΑ
ΙΟΥΛΙΟΣ 2007

ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ – ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΔΥΝΑΜΙΚΗΣ, ΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ, ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

«*Οι πρόγονοί μας καθιέρωσαν, και αυτό ήταν σοφό και – κυρίως – χρήσιμο, τη συγγραφή Σχολίων για να μεταδίδουν τις σκέψεις τους στους μεταγενέστερους. Έτσι αυτές δεν χάνονταν, αλλά γενιά με γενιά αυξάνονταν και, σταδιακά, με την έκδοσή τους σε βιβλία, έφτασαν μετά από χρόνια να αποτελούν ένα εξαιρετικά επεξεργασμένο σύνολο γνώσεων. Αξίζουν, λοιπόν, όχι την απλή, αλλά την απεριόριστη ευγνωμοσύνη μας γιατί συγγράφοντας δεν άφησαν, με φθόνο, να σβήσει στη σιωπή ό,τι είχαν στο μυαλό τους αλλά, αντίθετα, φρόντισαν να μας το μεταφέρουν».*

Μάρκος Πολίων Βιτρούβιος, «Περί Αρχιτεκτονικής» (1ος αιώνας π.Χ.)
(Μτφ. Π. Λέφας)

Ευχαριστίες

Είναι αμέτρητοι οι συνάδελφοι που δεν τους ευνόησαν οι άνθρωποι ή οι συνθήκες να προχωρήσουν στην επιστήμη ή στο επάγγελμα που αγάπησαν. Εγώ έχω απολαύσει μέχρι σήμερα την πάγια παρότρυνση των γονέων μου και τη βαθιά κατανόηση, υπομονή, αντοχή, συμπαράσταση και κυρίως την αγάπη της γυναίκας μου, όπως και την αγάπη και υποστήριξη των γονέων της. Σε όλους αυτούς είμαι ευγνώμων.

Ευχαριστώ τα μέλη της Τριμελούς Εξεταστικής Επιτροπής, τον Επίκουρο Καθηγητή και επιβλέποντα της εργασίας Ιωάννη Φουντούλη, τον Καθηγητή Σπυρίδωνα Λέκκα και τον Αναπληρωτή Καθηγητή Απόστολο Αλεξόπουλο για τη συμβολή τους στην ολοκλήρωση της εργασίας.

Ευχαριστώ τον Ομότιμο Καθηγητή Ηλία Μαριολάκο, που μου κάνει την τιμή να μου δείχνει σε κάθε ευκαιρία, στο βαθμό που μπορώ να τους παρακολουθήσω, τους ορίζοντες του επιστημονικού του πνεύματος.

Ευχαριστώ τον Καθηγητή Σπυρίδωνα Λέκκα, που με έχει στηρίξει και καθοδηγήσει σε δύσκολα σταυροδρόμια, με κάθε τρόπο.

Ευχαριστώ τον Καθηγητή Ευθύμιο Λέκκα, ο οποίος επί χρόνια μου έχει δείξει αμέτρητες φορές έμπρακτα το ενδιαφέρον και την εμπιστοσύνη του. Κανείς δεν φαντάζεται πόσο βαθιά το εννοεί, όταν λέει «εγώ είμαι εδώ».

Ευχαριστώ τον Επίκουρο Καθηγητή Ιωάννη Φουντούλη. Η έμπνευση, ο προβληματισμός και η ελευθερία που μπορεί να προσφέρει ο δάσκαλος στο μαθητή είναι μεγάλα δώρα. Η δουλειά μαζί του είναι απόλαυση και η φιλία του με τιμά και μου έχει δώσει στήριγμα, κίνητρο και ενέργεια.

Αν έχω το προνόμιο να εργάζομαι σήμερα στο Πανεπιστήμιο, το χρωστάω στους ανθρώπους αυτούς.

Ευχαριστώ τη φίλη και συνάδελφο Ελίνα Καπουράνη, γιατί εκτός από στενή φίλη είναι ταυτόχρονα σπάνια (και ανθεκτική) συνεργάτιδα. Έχουμε μοιραστεί επί χρόνια στο γραφείο και στο ύπαιθρο προβληματισμό, κούραση, πρόκληση, απογοήτευση, χαρά, προσβολή και πίκρα.

Ευχαριστώ τους φίλους, συνάδελφους και συνεργάτες (και κουμπάρους μου) Νίκο Καραλέμα και Χρήστο Φίλη. Η συνεισφορά τους στη δουλειά μου είναι σημαντικότατη, όσο και η ηθική συμπαράσταση που μου έχουν προσφέρει.

Ευχαριστώ το συνάδελφο Μανώλη Σκούρτσο, Δρ Γεωλόγο, για τις χρήσιμες πληροφορίες, συμβουλές και παρατηρήσεις του.

Δεν υπάρχει μέλος ΔΕΠ ή κάποιος συνάδελφος από το προσωπικό του Τομέα Δυναμικής, Τεκτονικής και Εφαρμοσμένης Γεωλογίας που να μη με έχει βοηθήσει κατά καιρούς. Επίσης δεν υπάρχει κανείς που να μην έχω κάτι να του θαυμάσω. Τους ευχαριστώ για το ενδιαφέρον, τη συμπαράσταση αλλά και για την υπομονή τους, όταν χωρίς να το θέλω έχω μείνει πίσω στις υποχρεώσεις μου.

Ευχαριστώ το συνάδελφο Ν. Βουλουμάνο, Drs Γεωλόγο, για τη βοήθεια στη συλλογή σημαντικών στοιχείων από την περιοχή έρευνας και το συνάδελφο Ε. Σπυρίδωνος, Drs Γεωλόγο, για τη βοήθεια σε κάποια σημαντικά σημεία της βιβλιογραφίας.

Ευχαριστώ ιδιαιτέρως το Σταύρο Νικολέτο, γεωπόνο στο Δήμο Θεραπνών, για το πλήθος των σημαντικών στοιχείων που μου παρείχε και την υποστήριξή του σε όλη τη διάρκεια των εργασιών.

Τέλος, ευχαριστώ το Σπύρο Φλώρο, Δήμαρχο Θεραπνών κατά την περίοδο 1996-2004, για όλη τη βοήθεια και την υποστήριξή του σε όλη μου τη δραστηριότητα στο Νομό Λακωνίας. Μακάρι όλοι οι τοπικοί άρχοντες να είχαν το δικό του ανοιχτό μυαλό και όραμα για τον τόπο τους.

Αθήνα 23 Ιουλίου 2007

Σκοπός

Σκοπός της εργασίας είναι να εξαχθούν πρακτικά συμπεράσματα για το πώς ένας Καποδιστριακός Δήμος θα μπορούσε να διαχειριστεί τους υδατικούς του πόρους με τον καλύτερο τρόπο, μέσα από το συγκεκριμένο παράδειγμα του Δήμου Θεραπνών Λακωνίας. Αυτό σημαίνει ότι πρέπει να δοθεί ένα πρότυπο επιστημονικά ορθής και θεσμικά προβλεπόμενης διαχείρισης. Οι επιστημονικά αποδεκτές απόψεις για τη διαχείριση των υδατικών πόρων, το θεσμικό πλαίσιο, οι αρμοδιότητες και δυνατότητες ενός Δήμου και φυσικά οι ίδιοι οι υδατικοί πόροι, αποτελούν τα βασικά θέματα στα οποίους εξ αντικειμένου εστιάζεται η έρευνα, και από το συνδυασμό τους θα προκύψει το αποτέλεσμα της εργασίας.
Αν και είναι φαινομενικά απλό σαν κεντρική ιδέα, στην πραγματικότητα το θέμα είναι εξαιρετικά περίπλοκο. Η μελέτη των ίδιων των υδατικών πόρων μιας περιοχής είναι ένα πολυπαραμετρικό αντικείμενο από μόνο του. Οι υδρολογικές και υδρογεωλογικές συνθήκες, η ποσοτική και ποιοτική κατάσταση των υδάτων και οι επιπτώσεις από τις υφιστάμενες ή σχεδιαζόμενες ανθρώπινες παρεμβάσεις, προϋποθέτουν πολυεπίπεδες γνώσεις και πληροφορίες από τη βασική γεωλογική δομή της περιοχής μέχρι το χημισμό των πάσης φύσεως λυμάτων. Το γεγονός ότι η διαχείριση έχει στο παρελθόν βασιστεί μάλλον στα διοικητικά παρά στα υδρολογικά και υδρογεωλογικά όρια, σε συνδυασμό με το δαιδαλώδες παλαιόθεν θεσμικό, κανονιστικό και διοικητικό πλαίσιο στην Ελλάδα, δημιουργεί προσκόμματα στη διαχείριση κάθε προβλήματος που εκ φύσεως υπερβαίνει σε έκταση τα γεωγραφικά όρια αρμοδιότητας του εκάστοτε φορέα. Οι επιστημονικά αποδεκτές αρχές διαχείρισης και η πολιτική έκφρασή τους (ή η επιστημονική έκφραση των πολιτικών απόψεων για τη διαχείριση) δεν είναι απαραίτητα καθολικά και ομοιόμορφα εφαρμόσιμες οπουδήποτε, ούτε απαραίτητα αποδεκτές από όλους τους εμπλεκόμενους ή ενδιαφερόμενους (επιστήμονες και μη).
Από τα παραπάνω εγείρεται εύλογα το ερώτημα, εάν ένας μόνο εκπαιδευόμενος στη Γεωλογία ή την Υδρογεωλογία, είναι σε θέση, αλλά και αν είναι αρμόδιος, να προσεγγίσει συνολικά το ζήτημα της διαχείρισης των υδατικών πόρων, έστω και για μια περιορισμένη περιοχή. Η απάντηση σε αυτό το ερώτημα είναι ένας δευτερεύων σκοπός της εργασίας, ίσως εξίσου ουσιώδης με το ίδιο το αντικείμενο και συνοψίζεται στο να καταδειχθούν τα εξής:

- Ότι η πολυπαραμετρική (ολιστική) προσέγγιση είναι απαραίτητη για τη σωστή διαχείριση των υδατικών πόρων
- Ότι απαιτείται ένα πλήθος επιστημονικών ειδικοτήτων για την επίτευξη αυτού του στόχου, και
- Ότι διαχείριση υδατικών πόρων που **δεν** βασίζεται καταρχήν στις εφαρμογές των γεωεπιστημών είναι αδιανόητη και παράλογη.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΜΕΡΟΣ Α
ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ – ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ 2

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΣΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ 20

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΙΣΧΥΟΝ ΔΙΕΘΝΕΣ ΚΑΙ ΕΘΝΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ– ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΩΝ ΑΠΟΨΕΩΝ ΚΑΙ ΤΩΝ ΘΕΣΜΩΝ 59

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ 86

ΜΕΡΟΣ Β
ΑΝΑΛΥΣΗ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΤΟΥ ΔΗΜΟΥ ΘΕΡΑΠΝΩΝ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΦΥΣΙΚΟΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΘΕΣΗ ΤΟΥ ΔΗΜΟΥ 92
1.1. Ιστορία και φυσιογνωμία του Δήμου 92
1.2. Φυσικογεωγραφική θέση του Δήμου Θεραπνών 96

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΥΔΑΤΙΚΕΣ ΑΝΑΓΚΕΣ ΤΟΥ ΔΗΜΟΥ ΘΕΡΑΠΝΩΝ 99
1.1. Εισαγωγή 99
1.2. Ποσοτικά χαρακτηριστικά 101
1.2.1. Νερό ανθρώπινης κατανάλωσης 101
1.2.2. Νερό για άρδευση και κτηνοτροφική χρήση 104
1.2.3. Άλλες χρήσεις 112
1.2.4. Σύνολο των υδατικών αναγκών 113
1.3. Ποιοτικά χαρακτηριστικά 115
1.3.1. Νερό ανθρώπινης κατανάλωσης 115
1.3.2. Αγροτικές χρήσεις 121
1.3.4. Οικολογική χρήση 126

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΠΙΕΣΕΙΣ ΣΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΥΔΑΤΩΝ 131
3.1. Ρύπανση και Μόλυνση 131
3.2. Εκτίμηση ρυπαντικών φορτίων 133
3.2.1. Μεθοδολογία εκτίμησης των ρυπαντικών φορτίων 133
3.2.2. Βιομηχανικά απόβλητα 134
3.2.3. Αστικά απόβλητα 143
3.2.4. Κτηνοτροφικά απόβλητα 146
3.2.5. Επιστρεφόμενη αρδευτική ροή 147

ΜΕΡΟΣ Γ
ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΥΔΑΤΩΝ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΑ ΥΔΑΤΑ 155
2.1. ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ 155
2.2. ΥΔΡΟΛΟΓΙΑ 168

2.2.1. Ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα 168
2.2.2. Εξατμισοδιαπνοή 178
2.2.3. Απορροή και Κατείσδυση (I+R) 183

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΥΠΟΓΕΙΑ ΥΔΑΤΑ 188
2.1. ΛΙΘΟΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΑ - ΥΔΡΟΛΙΘΟΛΟΓΙΑ 190
2.1.1. Ενότητα Κρήτης – Μάνης (Ιόνιος ζώνη) 190
2.1.2. Φυλλίτες – Χαλαζίτες 202
2.1.3. Ενότητα Τρίπολης (ζώνη Γαβρόβου - Τρίπολης) 208
2.1.5. Μεταλπικές αποθέσεις 224
2.2. ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗ ΚΑΙ ΔΟΜΗ 240
2.2.1. Γεωδυναμικό πλαίσιο της ευρύτερης περιοχής 241
2.2.2. Τεκτονικές παρατηρήσεις στην περιοχή έρευνας 247

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΧΗΜΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΠΟΙΟΤΗΤΑ 274
3.1. ΧΗΜΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΑΤΩΝ 274
3.1.1. Τριγραμμικά διαγράμματα (Piper) 275
3.1.2. Πολυγωνικά διαγράμματα (Stiff) 279
3.1.3. Ιοντικό περιβάλλον 283
3.1.4. Συμπεράσματα για το χημισμό των υπόγειων υδάτων της περιοχής 286
3.2. ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΑΤΩΝ 287
3.2.1. Καταλληλότητα σε σχέση με την ανθρώπινη κατανάλωση 287
3.2.2. Καταλληλότητα σε σχέση με την άρδευση 287

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΥΔΑΤΩΝ 298
1.1. Διάκριση 298
1.2. Ποταμός Ευρώτας και φρεάτιος υδροφόρος της πεδιάδας 298
1.3. Καρστικοί υδροφόροι καλύμματος ασβεστόλιθων της ενότητας Τρίπολης 300
1.4. Καρστικός υδροφορέας ενότητας Μάνης – Κρήτης 313
1.5. Υδροφορίες φυλλιτών – χαλαζιτών 314
1.6. Δυναμικό συστημάτων υδάτων 315

ΜΕΡΟΣ Δ
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

1. Συμπεράσματα και προτάσεις για το Δήμο Θεραπνών 322
2. Γενικά συμπεράσματα 329

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ
331

ΜΕΡΟΣ Α

ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ – ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ 2

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΣΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ 20

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΙΣΧΥΟΝ ΔΙΕΘΝΕΣ ΚΑΙ ΕΘΝΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΩΝ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ – ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΩΝ ΑΠΟΨΕΩΝ ΚΑΙ ΤΩΝ ΘΕΣΜΩΝ 59

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ 86

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο όρος «διαχείριση υδατικών πόρων» είναι μια σύνθετη και περιεκτικότατη έκφραση. Αν κανείς πρόκειται να ασχοληθεί με το αντικείμενο, η καλύτερη αφετηρία είναι ίσως η αποσαφήνιση και η κατανόησή της, καταρχήν ως σύνολο εννοιών.

Διαχείριση

Η λέξη «διαχείρισις» στην αρχαία ελληνική γλώσσα σήμαινε «μεταχείριση # διεύθυνση # επιστασία»[1]. Η λέξη της νέας ελληνικής «διαχείριση», στην αρχαία ελληνική αποδίδεται ως «μεταχείρημα», και όπως η «διαχείριση», συνδέεται με έννοιες όπως χειρισμός, διεύθυνση, διοίκηση, μεταχείριση, τρόπος συμπεριφοράς, ταμίευση, κ.λπ.

Ο σύγχρονος όρος «διαχείριση», συνδέεται με το διεθνή όρο «management», της αγγλικής γλώσσας, που τυγχάνει εξαιρετικά ευρείας χρήσης τα τελευταία χρόνια, μέχρι υπερβολής. Το «management», προέρχεται από τη λέξη της Παλαιάς Γαλλικής[2] «ménagement», που με τη σειρά του προέρχεται από το λατινικό «manum agere» που σημαίνει «οδηγώ από το χέρι» (δηλαδή χειραγωγώ).

Η έννοια «management» χαρακτηρίζει την καθοδήγηση και διεύθυνση όλου ή μέρους ενός οργανισμού με τη συγκέντρωση και τη χρήση (χειρισμό) μέσων (ανθρώπινων, οικονομικών, υλικών, πνευματικών κ.λπ.). Περιλαμβάνει τις παρακάτω πέντε βασικές λειτουργίες, οι οποίες συντείνουν στην επίτευξη ενός συγκεκριμένου στόχου:

- Σχεδιασμός,
- Οργάνωση,
- Καθοδήγηση,
- Συντονισμός,
- Έλεγχος.

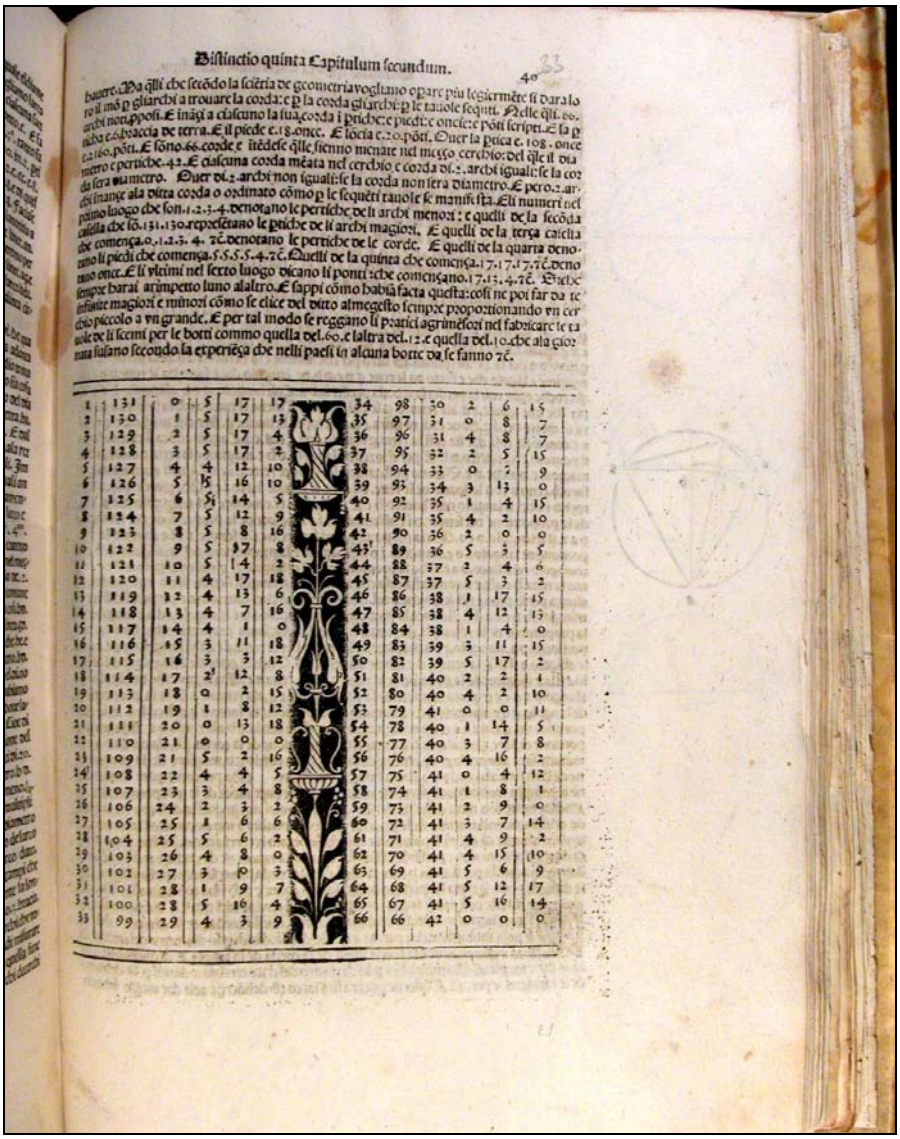
Με αυτή την προσέγγιση γίνεται φανερό ότι δε νοείται «management» (διαχείριση), εάν δεν υπάρχει και οργανισμός και στόχος. Είναι επίσης φανερό ότι η έννοια της διαχείρισης είναι συνυφασμένη με τη διοίκηση και κατ' επέκταση, με ένα πολιτικό σύστημα, που βασίζεται αναγκαστικά σε μια πολιτική ιδεολογία και, κάτω από αυτή, σε μια φιλοσοφική ή και θρησκευτική ακόμα θεώρηση του κόσμου, από την εκάστοτε επικρατούσα ομάδα που βρίσκεται στην εξουσία.

Πολλοί συγγραφείς ανιχνεύουν την ανάπτυξη της διαχείρισης γενικότερα, ήδη από την εποχή των Σουμερίων εμπόρων και των κατασκευαστών των αιγυπτιακών πυραμίδων. Ειδικά οι ιδιοκτήτες δούλων διά μέσου των αιώνων, αντιμετώπισαν το πρόβλημα της διαχείρισης, για την εκμετάλλευση και την κινητροδότηση ενός πολυπληθούς, πλήρως εξαρτημένου αλλά και απρόθυμου εργατικού δυναμικού. Πάντως, οι περισσότερες προβιομηχανικές επιχειρήσεις δεν χρειάστηκε να αντιμετωπίσουν τη διαχείριση συστηματικά, λόγω του μικρού τους μεγέθους. Με το πέρασμα του χρόνου, καινοτομίες όπως η διάδοση των αραβικών αριθμών από τον 5ο ως τον 15ο αιώνα και η κωδικοποίηση των λογιστικών βιβλίων [**Εικ. 1**] από τους επιχειρηματίες της Βενετίας[3], παρείχαν νέα εργαλεία, που βοήθησαν στην ανάπτυξη της διαχείρισης με σχεδιασμό και έλεγχο.

[1] Ηλεκτρονικό Λεξικό Αρχαία-Νέα-Αρχαία Ελληνικά, Σύρος, Α.

[2] Η παλαιά γαλλική είναι η Langue d' Oil, που μαζί με την Langue d' Oc της Προβηγγίας αποτελούν το λατινογενές (Romance) τμήμα της Νέας Γαλλικής γλώσσας.

[3] Η χρήση των λογιστικών βιβλίων με πράξεις ισολογισμού δημοσιεύτηκε το 1494 στα πλαίσια μιας επιστημονικής εργασίας από τον Luca Pacioli, στενό φίλο του Leonardo da Vinci γνωστό ως «πατέρα της λογιστικής».



Εικ. 1 - Η σελίδα 529 από το βιβλίο του L. Pacioli «Summa de arithmetica, geometria, proportioni et proportionalita». (Πηγή: European Cultural Heritage Online – ECHO Project, The Archimedes Project).

Υδατικός

Η λέξη «υδατικός» σημαίνει «αυτόν που ανήκει ή αναφέρεται στο νερό (ὑδωρ)», ενώ το «υδάτινος», «αυτόν που αποτελείται από νερό»[4]. Έτσι σχηματίζονται οι όροι υδατικός πόρος, υδατικό οικοσύστημα, υδάτινο σώμα, υδάτινη μάζα, κ.λπ.

Οι συνθήκες που καθιστούν ξεχωριστό τον πλανήτη μας σε σχέση με όλους τους υπόλοιπους, είναι η ύπαρξη του νερού (H_2O) σε μεγάλες ποσότητες, σε συγκεκριμένες συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας, και ακόμα περισσότερο, ο εγκλωβισμός του, λόγω της βαρύτητας, σε μια ατμόσφαιρα της οποίας η σύσταση είναι συνδυασμός των ανόργανων με τις οργανικές διεργασίες, και η προέλευση της οποίας ανάγεται στο πρώιμο γεωλογικό παρελθόν της Γης . Ακόμα περισσότερο, ο εξαναγκασμός του νερού σε έναν αέναο κύκλο κυκλοφορίας ανάμεσα στην ατμόσφαιρα, τη λιθόσφαιρα και τον οργανικό κόσμο, έχει ως αποτέλεσμα όλα τα φαινόμενα που αφορούν τον άνθρωπο και όλα τα έμβια όντα και εντοπίζονται μέσα στους ζωτικούς κύκλους του νερού και του διοξειδίου του άνθρακα (CO_2) στη φύση. Η ιδιόρρυθμη φυσικοχημική συμπεριφορά του νερού, έχει εξάλλου παρέμβει πολύ δραστικά στον

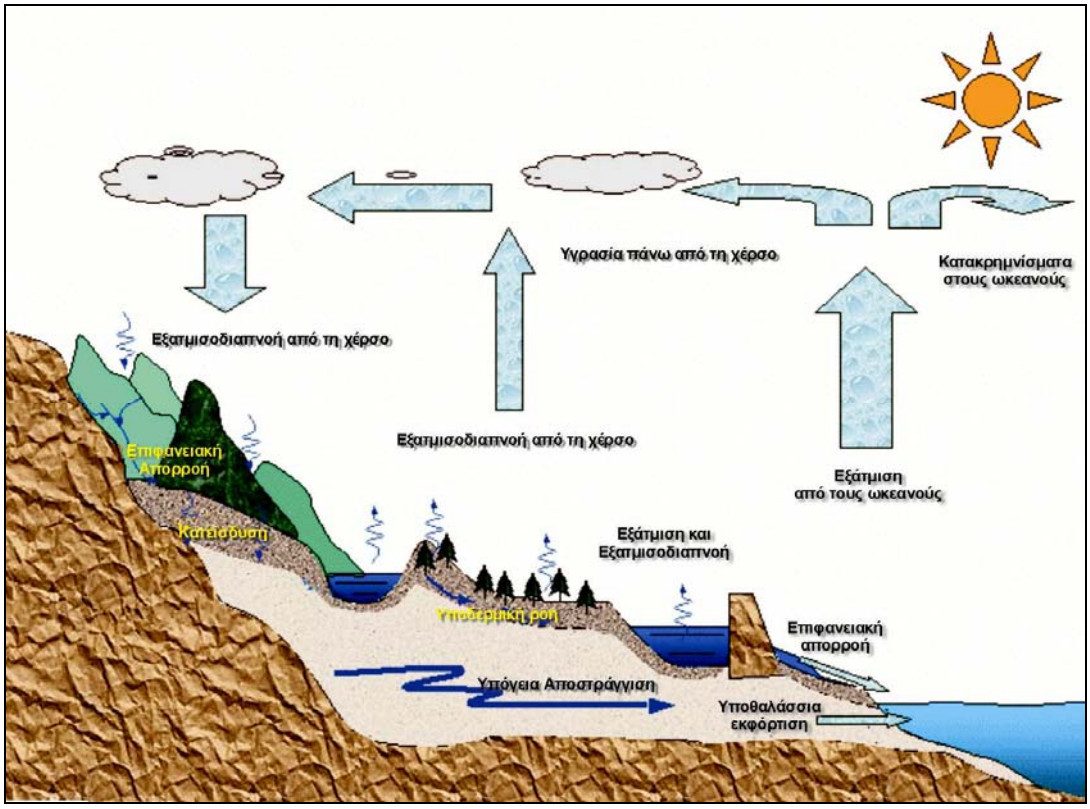
[4] Κριαράς, 1995, από Κουτσογιάννη.

κύκλο των πετρωμάτων, προσθέτοντάς του ένα μεγάλο κομμάτι (αυτό της ιζηματογένεσης σε υδάτινα περιβάλλοντα) και επιταχύνοντας τη διάβρωση και γενικά τις εξωγενείς μορφογενετικές διεργασίες, αντισταθμίζοντας με αυτό τον τρόπο τις ενδογενείς.

Ύδωρ, Νερό

Μπορεί εντελώς ενδεικτικά για τις ιδιότητες του νερού να αναφερθεί ότι:

- μπορεί να συνυπάρχει και στις τρεις φυσικές καταστάσεις της ύλης (στερεή, υγρή και αέρια) υπό τις ίδιες συνθήκες,
- είναι ο πλέον αποτελεσματικός διαλύτης για όλο τον ανόργανο (και εν μέρει και τον οργανικό) κόσμο,
- μπορεί να προσβάλλει φυσικομηχανικά και χημικά όλα τα ορυκτά και πετρώματα,
- δημιουργεί φιλόξενες συνθήκες για την ανάπτυξη του έμβιου κόσμου είτε ως υδάτινο περιβάλλον αυτό καθαυτό, είτε με την παρουσία και τη ροή του μέσα από τα χερσαία περιβάλλοντα.

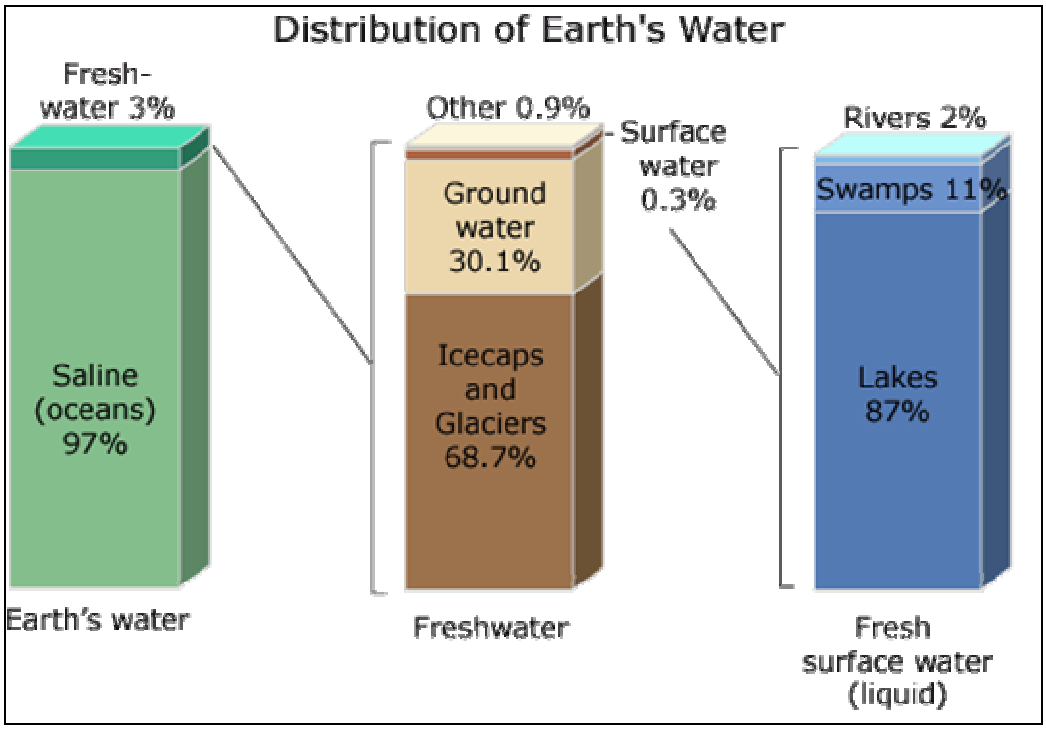


Εικ. 2 – Ο κύκλος του νερού

Ο κύκλος του νερού [**Εικ. 2, 3**], περνά:

- από την είσοδό του στην ατμόσφαιρα με την εξάτμιση και τη διαπνοή από τις υδάτινες επιφάνειες και τον έμβιο κόσμο αντίστοιχα,
- την κυκλοφορία στην ατμόσφαιρα με τη μορφή υδρατμών με τα νέφη και τους ανέμους,
- την επανείσοδό του στα χερσαία και υδάτινα περιβάλλοντα απευθείας με τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα (βροχή, χιόνι, χαλάζι, δρόσος κ.λπ.)

- τη ροή του από τη χέρσο προς τη θάλασσα με διάφορους δρόμους και ταχύτητες, όπως η απευθείας επιφανειακή απορροή, την υποδερμική ροή, την υπόγεια ροή μέσα από τους υδροφόρους ορίζοντες και τις μεταξύ των παραπάνω αλληλεπιδράσεις,
- την μακροχρόνια παραμονή του σε μια περιοχή στην επιφάνεια είτε στο βάθος, είτε ως απολιθωμένο νερό μέσα στα πετρώματα, είτε ως παγετώνας
- το μεταβολισμό και τον κύκλο ζωής των έμβιων όντων γενικά και τις χρήσεις του ανθρώπου ειδικότερα.



Εικ. 3 – Κατανομή του νερού στον πλανήτη (Perlman, 2005).

Ο κύκλος του νερού μπορεί να διαρκέσει ανάλογα με τη διαδρομή του, από μερικές μέρες (αν περιλαμβάνει για παράδειγμα μόνο εξάτμιση και βροχόπτωση), μέχρι και εκατομμύρια χρόνια (αν περιλαμβάνει για παράδειγμα εγκλωβισμό σε ιζήματα).

Πόρος

Το ουσιαστικό «πόρος», περικλείει μια πιο περίπλοκη έννοια[5]. Η λέξη είναι αρχαιοελληνική, και μέσω των λατινικών, μεταγγίστηκε και διασώθηκε στην ιταλική γλώσσα (poro), όπως και στην αγγλική, γαλλική και γερμανική (pore). Φαίνεται ότι στην Αρχαία Ελλάδα η λέξη είχε μεγαλύτερο φιλοσοφικό βάρος υπό την έννοια της σκοπιμότητας, του τρόπου ή του μέσου, του βοηθήματος, του επινοήματος ή του μηχανισμού. Όπως γράφει ο Πλάτωνας στο Συμπόσιο (203), ο Πόρος[6] ήταν γιος της Μήτιδος. Η Μήτις, μια από τις Ωκεανίδες[7], ήταν γνωστή για τη σοφία και την εξυπνάδα της. Ήταν η πρώτη σύζυγος του Δία[8] και

[5] Στη Αρχαία Ελληνική γλώσσα, είχε την έννοια «πέρασμα # διάβαση # θάλασσα # δρόμος # οδός # γέφυρα # στενό # πορθμείο # περαταριά # κανάλι # μπουγάζι # δίαυλος # διάδρομος # δίοδος # περασιά # πορειά # πόρος # έξοδος # άνοιγμα # τρύπα # αγωγός # δερματική κοιλότητα # ίνα νεύρου # τρόπος και μέσον # αγωγός # μέσο # βοήθημα # πρόσοδος # εισόδημα # πορισμός».

[6] Ένας από τις θεότητες που οι αρχαίοι ονόμαζαν Δαίμονες.

[7] Τιτανίδες, κόρες του Ωκεανού και της Τηθύος.

[8] Ο Απολλόδωρος (Βιβλιοθήκη1.8) λέει ότι εκείνη έδωσε στον Κρόνο το φάρμακο για να κάνει εμετό και να βγάλει τα παιδιά του που είχε καταπιεί.

«ήξερε περισσότερα από όλους τους θνητούς και τους αθανάτους[9]». Μια προφητεία γι' αυτήν έλεγε ότι τα παιδιά της θα είχαν υπέρμετρη σοφία, περισσότερη κι από τη μητέρα τους. Για το λόγο αυτό, ο Δίας ύστερα από συμβουλή του Ουρανού και της Γαίας, όταν έμαθε ότι η Μήτις κυοφορούσε το παιδί του, την κατάπιε. Η γέννηση της Αθηνάς Παλλάδας, κόρης του Δία και της Μήτιδος, μέσα από το κεφάλι του αρχηγού των θεών, ήταν η κατάληξη αυτής της ιστορίας.

Στο δείπνο των θεών για τον εορτασμό της γέννησης της Αφροδίτης, η Πενία μέθυσε τον Πόρο για να κοιμηθεί μαζί του[10], και από την ένωσή τους γεννήθηκε κατά την άποψη του Πλάτωνα ο Έρως, που γι' αυτό έχει συνδεθεί τόσο στενά με την Αφροδίτη και είναι έκτοτε ακόλουθός της. Ο Έρως, εκτός από τα χαρακτηριστικά που πήρε από τη μητέρα του Πενία (άστεγος, ανυπόδητος κ.λπ.), ήταν «σαν τον πατέρα του», «επίβουλος… τοις αγαθοίς, ανδρείος ων και ίτης και σύντονος, θηρευτής δεινός, αεί τινας πλέκτων μηχανάς…».

Σε μια ελεύθερη παράφραση λοιπόν, ο υδατικός πόρος είναι το μέσο επιβίωσης του ανθρώπου που σχετίζεται με το νερό, και η σχέση του με τη σοφία και την εξυπνάδα (ή την πανουργία) είναι άρρηκτα συνδεδεμένη.

Ο Καλλέργης (1999) ορίζει τον υδατικό πόρο ως εξής: «Υδατικός πόρος είναι ο όγκος νερού – υπόγειου και επιφανειακού – καθορισμένης ποιότητας, που μπορεί τεχνικοοικονομικά να αξιοποιηθεί σε ορισμένη χρονική περίοδο, χωρίς να προκληθούν ανεπιθύμητες, ποιοτικά και ποσοτικά συνέπειες στο υδάτινο δυναμικό[11] της περιοχής ή γειτονικών περιοχών».

Συνοψίζοντας όλα τα παραπάνω, η σύνθετη έννοια «διαχείριση υδατικών πόρων» προϋποθέτει τα εξής:

- Ύδατα,
- Τεχνολογία (γνώσεις, μηχανισμούς χρήσης των υδάτων, επινοήσεις κ.λπ.),
- Διοικητική οργάνωση (πολιτική, φιλοσοφική, θρησκευτική ιδεολογία κ.λπ.).

Αν τα παραπάνω θεωρηθούν συνολικά ικανή και αναγκαία συνθήκη για την ύπαρξη διαχείρισης υδατικών πόρων (water resources management), τότε διαπιστώνεται ότι, παρόλο που σαν όρος η διαχείριση υδατικών πόρων είναι γέννημα μόλις των τελευταίων δεκαετιών του περασμένου αιώνα, επί της ουσίας, σαν λειτουργία της ανθρώπινης κοινωνίας υφίσταται πολλές χιλιάδες χρόνια.

Παρέκβαση

Στο επόμενο κεφάλαιο γίνεται μια αναδρομή στη εξέλιξη της διαχείρισης των υδατικών πόρων, με έμφαση στα αρχαιότερα και στα πλέον σύγχρονα δεδομένα. Ωστόσο, πριν από αυτό, κρίθηκε αναγκαία μια ένταξη της ανθρώπινης παρουσίας στον πλανήτη, στο πλαίσιο του γεωλογικού χρόνου και των δυναμικών μεταβολών που διέπουν τη ζωή στη γη. Ο λόγος είναι ότι, όπως θα φανεί στο επόμενο κεφάλαιο, στο λεξιλόγιο των κέντρων λήψης αποφάσεων εμφανίζεται δεσποτικά η έννοια «sustainable development» (αειφόρος ή βιώσιμη ανάπτυξη), που θα σχολιαστεί παρακάτω. Ο όρος αυτός, περιέχει ίσως μια λανθάνουσα αλαζονεία, που ενυπάρχει ταυτόχρονα σε πολλές διαφορετικές, ή και αντιμαχόμενες επιστημονικές, πολιτικές ή άλλες απόψεις. Πρόκειται για μια καθ' υπερβολή χρήση της παλιάς άποψης «πάντων χρημάτων μέτρον άνθρωπον είναι» του σοφιστή Πρωταγόρα[12], σπέρματα της οποίας βρίσκουμε μεταξύ των άλλων σε φιλοσοφικές θεωρήσεις όπως η «ισχυρή» και η «ασθενής» ανθρωπική αρχή[13], που βρήκαν το δρόμο τους ακόμα και στη μοντέρνα φυσική και κοσμολογία.

Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η σύγχρονη αντιμετώπιση του «φαινόμενου του θερμοκηπίου» από τη διεθνή επιστημονική και πολιτική κοινότητα. Η σύγχρονη επιστημονική κοινότητα, έχει θορυβηθεί από τα δεδομένα της αύξησης της μέσης θερμοκρασίας της ατμόσφαιρας

[9] Ησίοδος, Θεογονία, 886

[10] Ο μύθος λέει ότι δεν υπήρχε άλλος τρόπος να αποκτήσει παιδί η Πενία.

[11] Υδατικό δυναμικό μιας περιοχής, σε καθορισμένο χρόνο, είναι το άθροισμα των επιφανειακών και υπόγειων νερών της περιοχής, που προέρχεται από τις διαδικασίες του κύκλου του νερού και της αποθήκευσής του σε υπόγειους ταμιευτήρες (Καλλέργης, 1999).

[12] Με την άποψη αυτή διαφωνούσε ριζικά ο Σωκράτης (Πλάτων, Κρατύλος).

[13] Although our situation is not necessarily central, it is inevitably privileged to some extent (Carter, 1974, από Hawking, S. 1988).

κατά τα τελευταία χρόνια. Το φαινόμενο αυτό αποδίδεται εν πολλοίς στις εκπομπές καυσαερίων της βιομηχανικής εποχής, και η διεθνής κοινότητα, υπό το πρίσμα της ανύψωσης της στάθμης της θάλασσας από το λιώσιμο των πάγων των πολικών περιοχών και της αύξησης της συχνότητας εμφάνισης των ακραίων καιρικών φαινομένων, έσπευσε με το Πρωτόκολλο του Κιότο μέσω του Οργανισμού Ηνωμένων Εθνών (1997), να εξασφαλίσει μια δέσμευση για τη μείωση των εκπομπών, ποσοστωμένη σε παγκόσμια κλίμακα. Ταυτόχρονα, κάποιες χώρες (όπως οι Η.Π.Α.) αρνούνται να δεσμευθούν. Στο σημείο αυτό ανιχνεύεται το φαινόμενο αλαζονείας που προαναφέρθηκε. Οι μεν «ανήσυχες» πλευρές θεωρούν ότι:

1. Η έξαρση του φαινόμενου του θερμοκηπίου οφείλεται αποκλειστικά στον ανθρώπινο παράγοντα, ενώ το συμπέρασμα αυτό θα μπορούσε κάλλιστα να είναι μια «post hoc πλάνη»[14].
2. Η ανάσχεση των εκπομπών θα ανασχέσει και την αύξηση της θερμοκρασίας.

Το δεύτερο σκέλος της άποψης αυτής είναι ευθεία συνέπεια του πρώτου, και συνεπώς αν δεν ισχύει η πρώτη υπόθεση, προφανώς δεν θα ισχύει και η δεύτερη.

Από την άλλη, οι «αδιάφορες» πλευρές συμπεριφέρονται έτσι είτε λόγω άγνοιας του κινδύνου, είτε επειδή έχουν την πεποίθηση ότι μπορούν (τεχνολογικά) ή συμφέρει (οικονομικά ή πολιτικά) να ανταπεξέλθουν στις συνέπειες. Σε κάθε περίπτωση, λανθάνει μια «διόγκωση» του ανθρώπου σε σχέση με τις κλίμακες του γήινου περιβάλλοντος, κι επειδή το νερό αποτελεί βασικό συστατικό στοιχείο του τελευταίου, αξίζει να γίνουν ορισμένες συγκρίσεις μεγεθών.

Γεωλογικός Χρόνος και Ζωή

Στη γεωλογική χρονική κλίμακα, οι εξελικτικά «συγγενείς» του Homo sapiens (από τον Australopithecus ως τον Homo erectus) εμφανίστηκαν τα τελευταία 5 εκατομμύρια χρόνια στη γη, όπου η ζωή έχει ηλικία τουλάχιστον 3.5 δις χρόνια. Ο δε Homo sapiens sapiens έχει ηλικία πιθανότατα μικρότερη από μόλις 100 χιλιάδες χρόνια. Έχοντας υπόψη τις θεαματικές μαζικές εξαφανίσεις σε διάφορα σημεία της ιστορίας της γης, μπορεί κανείς να συμπεράνει ότι οι πιθανότητες δεν είναι υπέρ του Homo. Κι αυτό γιατί, όλα τα είδη που ευδοκίμησαν ή και επικράτησαν για κάποια μικρή ή μεγάλη χρονική περίοδο στον πλανήτη, το κατάφεραν μέσα σε κάποιες ευνοϊκές γι' αυτά συνθήκες, άσχετα με το βαθμό στον οποίο επηρέασαν στη συνέχεια τα ίδια τη διαμόρφωση ενός περιβάλλοντος μη φιλικού προς αυτά. Ένα τέτοιο «αυτοκτονικό» παράδειγμα είναι τα κυανοβακτήρια, που εμφανίστηκαν πριν από 3.2 δις χρόνια και αυτοδηλητηριάστηκαν, φωτοσυνθέτοντας και γεμίζοντας την ατμόσφαιρα με οξυγόνο, που είναι το τελικό προϊόν του μεταβολισμού τους. Ως αποτέλεσμα, παραχώρησαν την κυριαρχική θέση τους στους αερόβιους οργανισμούς, που εμφανίστηκαν στα 2.5 δις χρόνια πριν. Από την άλλη, υπάρχει και πλήθος οργανισμών που φαίνεται ότι εξαφανίστηκαν επειδή απλά οι συνθήκες του περιβάλλοντος άλλαξαν δραματικά, χωρίς απαραίτητα τη δική τους συμβολή. Οι τριλοβίτες, οι αμμωνίτες, οι δεινόσαυροι κ.ά., είναι τέτοια παραδείγματα, που απλά δεν άντεξαν τις περιβαλλοντικές αλλαγές. Ο μεσοζωικός μεγαιώνας που στη χέρσο χαρακτηρίζεται και από τα μεγάλα ερπετά, είναι μια πολύ θερμή περίοδος της ιστορίας της γης, ανάμεσα σε δυο πολύ ψυχρές (το Πέρμιο και το Καινοζωικό). Το Πέρμιο αντιπροσωπεύει μια ψυχρή περίοδο που σηματοδοτεί την εξαφάνιση τεράστιου τμήματος των ειδών που ευδοκιμούσαν παλαιότερα. Η ίδια η πτώση της θερμοκρασίας, εν μέρει πρέπει να οφείλεται στην αλληλεπίδραση της βιόσφαιρας με την ατμόσφαιρα (με βαθύτερα ίσως γεωδυναμικά αίτια), και συγκεκριμένα στην ύφεση του φαινομένου του θερμοκηπίου. Πιο συγκεκριμένα, η δέσμευση τεράστιων ποσοτήτων άνθρακα από τη χερσαία χλωρίδα κατά το Λιθανθρακοφόρο, δεν μπορεί παρά να είχε ως αποτέλεσμα το σχετικό έλλειμμα CO_2 στην ατμόσφαιρα και την απόδοση μεγαλύτερης ποσότητας θερμότητας από τη γη στο διάστημα, αλλά και την άφιξη μεγαλύτερου ποσοστού μεταλλακτικής ακτινοβολίας στην επιφάνεια του πλανήτη [**Εικ. 4**].

Κινητήριες Δυνάμεις

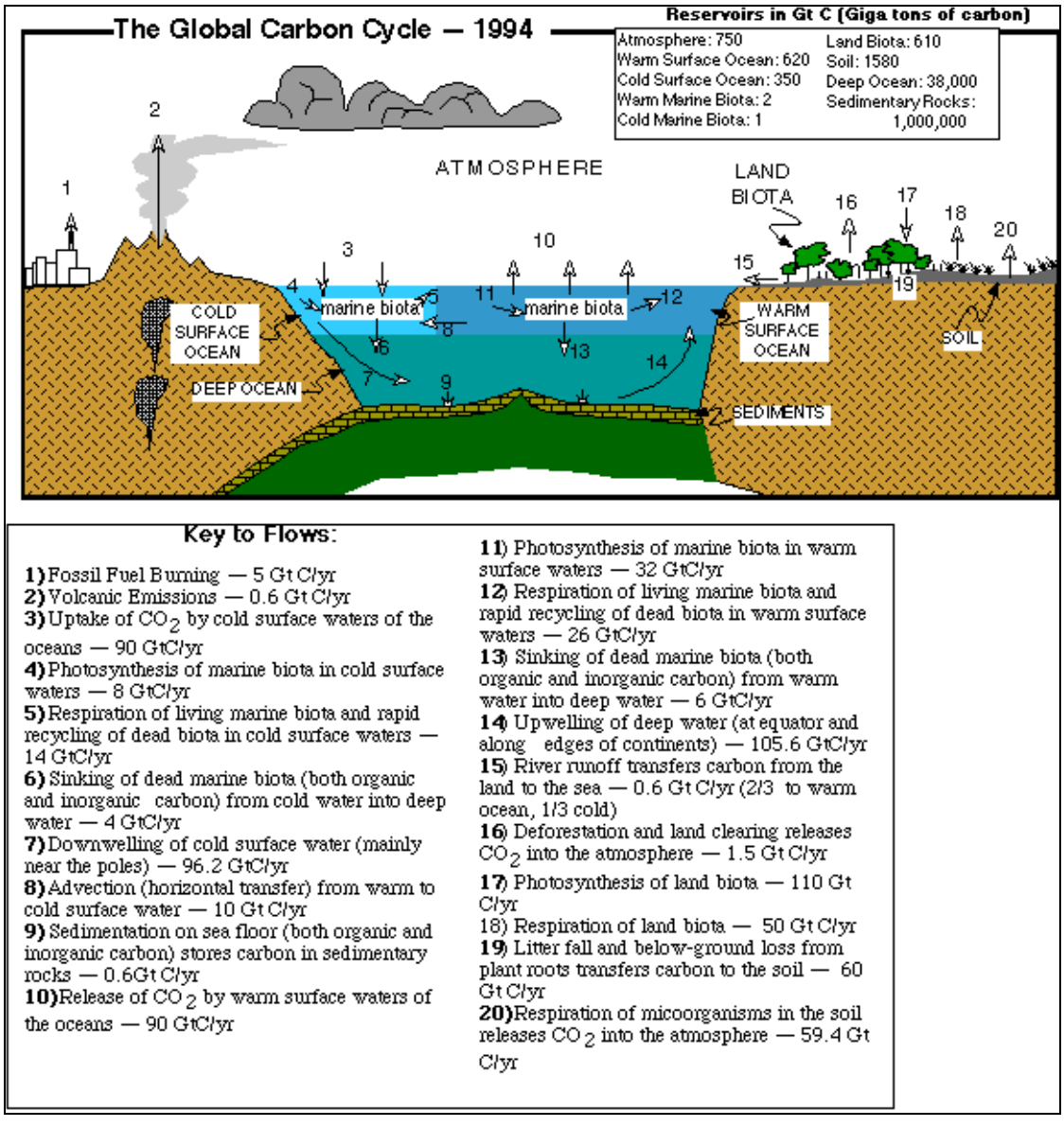
Η σύγχρονη Στρωματογραφία φαίνεται ότι δέχεται μεν την αρχή του ομοιομορφισμού (ή ακτουαλισμού)[15], αλλά υπό προϋποθέσεις. Στη διαμόρφωση του γήινου περιβάλλοντος, φαίνεται ότι τα πρωταρχικά αίτια των μεταβολών

[14] Το γεγονός ότι η μέτρηση της αύξησης της παγκόσμιας θερμοκρασίας ακολούθησε τη βιομηχανική ανάπτυξη αφού πιο πριν δεν ήταν δυνατή, δεν σημαίνει απαραίτητα ότι η βιομηχανική ανάπτυξη είναι αποκλειστικό αίτιο για την αύξηση της θερμοκρασίας.

ξεκινούν από δύο αφετηρίες (εκτός από τη βασική, τη βαρύτητα):

1. Την εξωτερική θερμική ροή από τον Ήλιο προς τη Γη, που ρυθμίζεται αφενός από το ρυθμό εκπομπής ακτινοβολίας από τον ίδιο τον Ήλιο, και αφετέρου από την τροχιακή συμπεριφορά της Γης ως προς αυτόν.
2. Τη εσωτερική θερμική ροή από τη Γη προς το διάστημα, που ρυθμίζει τις ενδογενείς δυνάμεις και καθορίζει τα γεωδυναμικά φαινόμενα στα εξωτερικά της στρώματα.

Η καθεμιά από τις δύο αυτές πηγές ενέργειας, επηρεάζει με διαφορετικό τρόπο και με διαφορετικό ρυθμό τα γεγονότα στην επιφάνεια του πλανήτη.

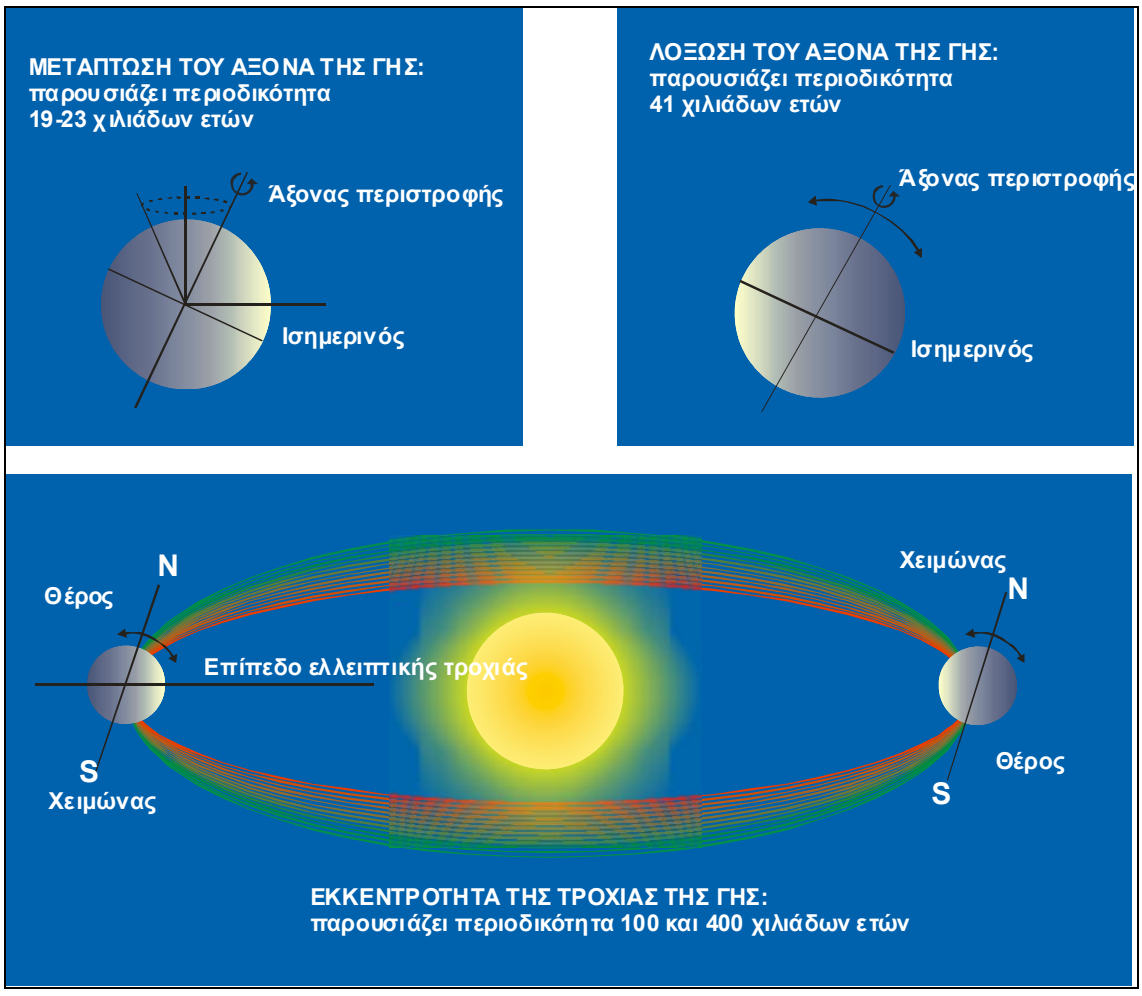


Εικ. 4 - Κύκλος του άνθρακα

[15] Hutton, J. (1795)

Αστρονομικές Κλιματικές Μεταβολές

Όσον αφορά στο πρώτο πεδίο, έχει αναδειχθεί με αρκετά ξεκάθαρο τρόπο[16] ότι, η μετάπτωση και η λόξωση του άξονα ιδιοπεριστροφής και η εκκεντρότητα της τροχιάς της Γης [**Εικ. 5**], είναι φαινόμενα που μεταξύ άλλων, ευθύνονται σε μεγάλο βαθμό για σημαντικές μεταβολές του κλίματος στον πλανήτη. Η μελέτη του Τεταρτογενούς (και εν μέρει και του Πλειόκαινου στο Τριτογενές) έχει αναδείξει πολυάριθμες περιοδικές μεταβολές του κλίματος με ακραίες καταστάσεις τις παγετώδεις και τις μεσοπαγετώδεις περιόδους. Η αλλαγή του προσανατολισμού του άξονα της γης ως προς τον Ήλιο έχει ευθεία επίδραση στον τρόπο και στην ποσότητα της ενέργειας που φθάνει στην ατμόσφαιρα και την υδρόσφαιρα και στην γεωγραφική κατανομή της, με αντίστοιχες επιδράσεις στη θερμοκρασία των αερίων και υγρών μαζών και στην κυκλοφορία τους. Αυτοί οι κύκλοι μεταβολής του κλίματος έχουν διάρκεια από μερικά χρόνια[17], μέχρι μερικές εκατοντάδες χιλιάδες χρόνια και, στην κλίμακα του γεωλογικού χρόνου, ευθύνονται για μάλλον «ραγδαίες» κλιματικές μεταβολές. Ταυτόχρονα πρέπει να σημειωθεί ότι, οι μεταβολές αυτές δεν έχουν ομοιόμορφο και ενιαίο αντίκτυπο σε όλο τον πλανήτη, καθώς σημαντικό ρόλο παίζουν και τα επιμέρους περιβάλλοντα που δημιουργούνται από τη σχετική θέση και τη μορφολογία των ηπείρων και των ωκεανών, και όχι μόνο.



Εικ. 5 – Οι μηχανισμοί της μετάπτωσης και της λόξωσης του άξονα και της εκκεντρότητας της τροχιάς της γης.

[16] Η θεωρία του Milankovic (1941) θεωρείται σήμερα γενικά αποδεκτή.

[17] Labat, D. (2006)

Γεωδυναμικές Κλιματικές Μεταβολές

Από την άλλη, είναι επίσης γενικά αποδεκτό ότι οι διεργασίες που περιγράφονται από τους κύκλους του Wilson (1963, 1966, 1976) [**Εικ. 6**] επηρεάζουν το περιβάλλον σε παγκόσμια κλίμακα και μάλιστα με θεαματικό τρόπο. Αυτό βέβαια συμβαίνει σε μια πολύ διαφορετική χρονική κλίμακα από την προηγούμενη, με περίοδο της τάξης των 400 ως 500 εκατομμυρίων ετών.

Οι γεωδυναμικοί κύκλοι, που σχετίζονται με τη δημιουργία και την καταστροφή του ωκεάνιου και του ηπειρωτικού φλοιού, έχουν ως κινητήρια δύναμη τη θερμική ροή στο εσωτερικό της Γης, και βασικά τα κυκλοτερή ρεύματα του μανδύα, που ρυθμίζουν την εκροή θερμότητας από τη γη προς το διάστημα. Αυτή η εκροή θερμότητας γίνεται με μεταφορά ενέργειας και ύλης, και έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία και την κίνηση των τεκτονικών πλακών πάνω στο όριο μεταξύ λιθόσφαιρας και ασθενόσφαιρας, μαζί με όλα τα γεωδυναμικά φαινόμενα που τη συνοδεύουν (διάνοιξη ωκεανών, ορογενέσεις, πλουτωνισμός και ηφαιστειότητα κ.λπ.).

Ταυτόχρονα, οι ευστατικές κινήσεις της λιθόσφαιρας, ακολουθούν μεν παθητικά τα γεωδυναμικά και κλιματικά φαινόμενα, αλλά παίζουν επίσης σημαντικό ρόλο.

Στις δύο παραπάνω ενότητες των αστρονομικού και γεωδυναμικού χαρακτήρα κύκλων, τα γεωλογικά, στρωματογραφικά, παλαιοκλιματολογικά κ.λπ. δεδομένα, δείχνουν βέβαια ότι τα φαινόμενα που λαμβάνουν χώρα σήμερα στο περιβάλλον συνέβαιναν και στο παρελθόν με παρόμοιο τρόπο, αλλά δείχνουν επίσης και ότι η λέξη «παρόμοιος» έχει μεγαλύτερη σημασία από αυτή που τείνει κανείς να της προσδώσει. Δηλαδή, παρόμοιος δεν σημαίνει όμοιος, αλλά στην ουσία διαφορετικός, αν και με αρκετές αναλογίες.

Αρχικές συνθήκες

Η πιο προφανής απόδειξη γι' αυτή τη διαφορετική φύση των φαινομένων μεταξύ του γήινου περιβάλλοντος του απώτερου παρελθόντος και του σημερινού, είναι η σύγκριση μεταξύ των αρχικών συνθηκών έναυσης των γεωδυναμικών φαινομένων, και των σημερινών.

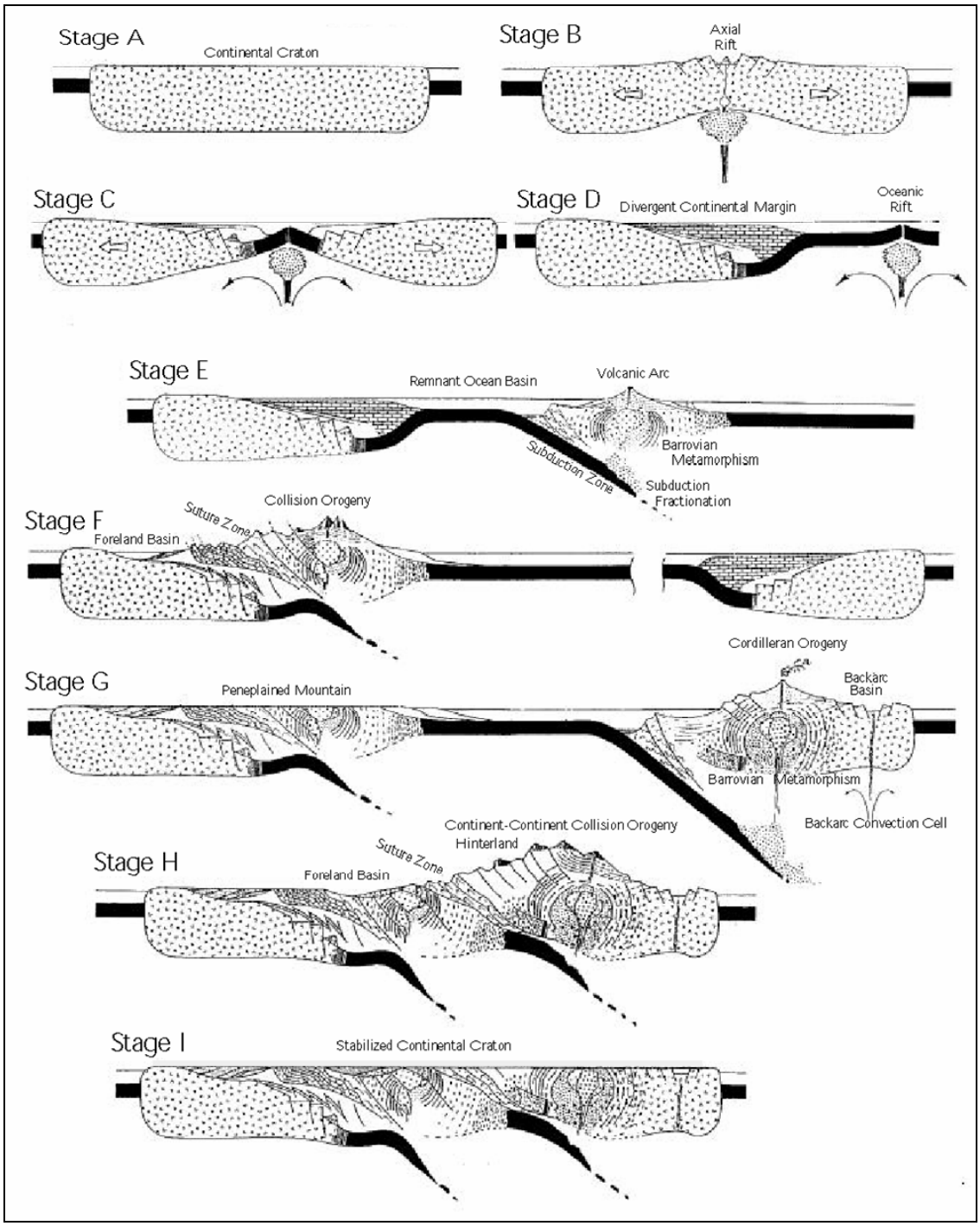
Οι αρχικές συνθήκες σχηματισμού της επιφάνειας της Γης περί τα 4 δις χρόνια πριν περιλάμβαναν ένα μανδύα από αργιλοπυριτικά ορυκτά του σιδήρου και του μαγνησίου, ο οποίος μέσα από τις διεργασίες της μαγματικής διαφοροποίησης εμπλουτίστηκε στα ελαφρά στοιχεία Si, K, Na, Ca και μετασχηματιζόταν ταχύτατα από ρεύματα μάζας και θερμότητας. Η θερμική ροή προς το διάστημα ήταν περίπου 2.5 φορές μεγαλύτερη από τη σημερινή. Οι πρώιμες γρανιτικές συγκεντρώσεις δημιούργησαν τις κρατονικές μάζες της εποχής, και από το σημείο αυτό και μετά συντελέστηκε η εμπλοκή της λιθόσφαιρας στο γεωδυναμικό κύκλο. Έχουν διαπιστωθεί τουλάχιστον δύο πλήρεις κύκλοι στα τελευταία 900 εκατομμύρια χρόνια, με προνομιακούς χώρους εκδήλωσης των γεωδυναμικών φαινομένων έναν άξονα περίπου Β-Ν (στη θέση περίπου του σημερινού Ατλαντικού ωκεανού) και έναν άξονα περίπου Α-Δ (στη διεύθυνση Άλπεις Ιμαλάια, ή παλιότερα στο χώρο της Τηθύος).

Αντίστοιχα, οι αρχικές συνθήκες της ατμόσφαιρας χαρακτηρίζονταν από ισχυρά αναγωγικό (όξινο) χαρακτήρα, με CH_4, NH_3, N_2, H_2O, H_2O, δηλαδή χωρίς ελεύθερο οξυγόνο. Γρήγορα επήλθε εμπλουτισμός σε CO_2 και H_2O από την απελευθέρωσή τους από το εσωτερικό της Γης και επήλθε μια έξαρση «θερμοκηπίου», που ανέβασε την έτσι κι αλλιώς υψηλή θερμοκρασία των ωκεανών πάνω από τους 70^{o}C.

Η παρουσία O_2 στην ατμόσφαιρα τεκμηριώνεται στα περίπου 2-2.5 δις χρόνια πριν, από την ηλικία των παλαιότερων ερυθρών στρωμάτων (με ορυκτά που περιέχουν οξειδωμένο σίδηρο). Μέχρι την περίοδο αυτή, είχαν αναπτυχθεί ιζηματογενείς σειρές όπως οι εβαποριτες, αλλά όχι και οι ανθρακικές αποθέσεις[18], οι οποίες αποτελούν χαρακτηριστικές μορφές του Μεσοζωικού και του Καινοζωικού. Αυτό που είναι γενικά αποδεκτό πάντως, είναι ότι μέσα σε αυτό το χρονικό διάστημα (πριν τα 2 δις χρόνια), υπήρξαν ήδη αρκετές μεταβολές του κλίματος, από θερμό και υγρό σε ψυχρό και ξηρό. Ανάλογα με τις απόψεις, δίδονται από τρεις ως εννέα παγετώδεις περίοδοι στο Προκάμβριο [**Εικ. 7**]. Ενώ οι μετέπειτα παγετώδεις περίοδοι συσχετίζονται από τους ειδικούς με τα μεγάλα ορογενετικά γεγονότα ή με τους αστρονομικού χαρακτήρα κύκλους, οι προκάμβριοι παγετώνες, που έχουν

[18] Που δεν μπορούν να δημιουργηθούν σε αναγωγικό περιβάλλον

παγκόσμιο χαρακτήρα και συνέβησαν σε ένα πολύ θερμότερο περιβάλλον, αποδίδονται σε εξωγήινους παράγοντες, ή σε μείωση του ρυθμού εμπλουτισμού της ατμόσφαιρας σε CO_2, καθώς και στη δημιουργία Παγγαιών, που θεωρούνται προνομιακοί χώροι για τη δημιουργία ψυχρών πυρήνων.



Εικ. 6 - Ένας γεωδυναμικός κύκλος (Wilson)

Συσχετισμοί Μηχανισμών

Από το Προτεροζωικό κι έπειτα, φαίνεται ότι η λιθόσφαιρα, η ατμόσφαιρα και η υδρόσφαιρα «εγκλωβίστηκαν» σε αλληλεπιδρώντες, αλλά σχετικά σταθερούς ως προς τους μηχανισμούς κύκλους [**Εικ. 8**], περίπου όπως τους βιώνουμε και

σήμερα. Μέσα στους κύκλους αυτούς, εμπλέκονται και συσχετίζονται μεταξύ τους:

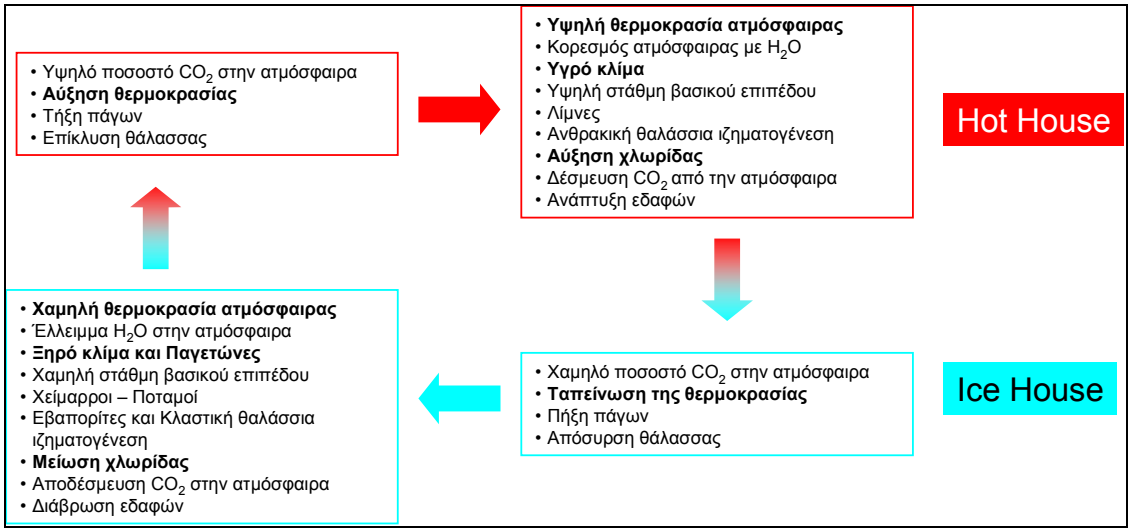
- Οι κλαστικές ιζηματογενείς ακολουθίες με τα ορογενετικά επεισόδια.
- Οι κλαστικές ιζηματογενείς ακολουθίες και οι εβαποριτικές σειρές με τις αποσύρσεις της θάλασσας.
- Οι κλαστικές ιζηματογενείς ακολουθίες με τα ψυχρά και ξηρά κλίματα.
- Τα ορογενετικά επεισόδια με τα ψυχρά και ξηρά κλίματα.
- Τα ορογενετικά επεισόδια με τις αποσύρσεις της θάλασσας.
- Οι αποσύρσεις της θάλασσας με τα ψυχρά και ξηρά κλίματα.
- Οι ανθρακικές ακολουθίες με τη διάνοιξη των ωκεανών.
- Οι ανθρακικές ακολουθίες με τις θαλάσσιες επικλύσεις.
- Οι ανθρακικές ακολουθίες με τα υγρά και θερμά κλίματα.
- Η διάνοιξη των ωκεανών με τις θαλάσσιες επικλύσεις.
- Η διάνοιξη των ωκεανών με τα υγρά και θερμά κλίματα.
- Οι θαλάσσιες επικλύσεις με τα υγρά και θερμά κλίματα.

ΗΩΚΑΜΒΡΙΟ	Δ 616±30 ■ 600 Παγετώδες κάλυμμα Σαχάρας. Ο νότιος πόλος πλησίον των ΒΔ ακτών της Αφρικής	◘	● 580-610 σινικοί παγετώνες ● 610-650 και 660-720 βαράγκιοι παγετώνες		
ΑΝΩΤΕΡΟ ΠΡΟΤΕΡΟΖΩΙΚΟ	Δ 777±40 ■ 775	◘ 750-758	● 790 ● 800	Στούρτιοι παγετώνες	Ίχνη σε όλες τις ηπείρους
	Δ 950±50 ■ 900	◘ 820-850	● 820 ● 870	Παγετώνες Κατώτερου Congo	
ΚΑΤΩΤΕΡΟ ΠΡΟΤΕΡΟΖΩΙΚΟ	■ 2300	◘ 2000 ◘ 2200 ◘ 2450	4 παγετώδεις εποχές Βόρεια Αμερική		
ΑΡΧΑΪΚΟ		◘ 2750	Νότια Αφρική, Τρανσβάαλ		

Εικ. 7 – Παγετώδεις καταστάσεις του Προκαμβρίου (από Καρακίτσιος, 2001). (Τρίγωνα σύμβολα κατά Steiner & Grillmair 1973, κενά τετράγωνα κατά Crowley 1983, μαύρα τετράγωνα κατά Salop 1979 και μαύροι κύκλοι κατά Hambrey & Harland 1985).

Στη χρονική κλίμακα του τελευταίου δισεκατομμυρίου ετών, μπορεί να γίνει μια σειρά συσχετισμών σχετικά με τη φύση και την κλίμακα των μεταβολών στο περιβάλλον όπου αλληλεπιδρούν η λιθόσφαιρα, η υδρόσφαιρα, η βιόσφαιρα και η ατμόσφαιρα, καθώς και αστρονομικοί παράγοντες [**Εικ. 9**]. Αυτά τα φαινόμενα αλληλεπίδρασης μπορεί να είναι κυκλικά (όπως ο κύκλος του νερού, ο κύκλος του διοξειδίου του άνθρακα, ο πετρολογικός κύκλος, ο γεωδυναμικός κύκλος) ή μη κυκλικά (όπως τα φαινόμενα που σχετίζονται με την εξέλιξη και την εξάπλωση των έμβιων όντων στον πλανήτη), περιοδικά (όπως οι βασικές τροχιακές κινήσεις της Γης) ή μη περιοδικά (όπως η αλλαγή του οξειδοαναγωγικού χαρακτήρα της ατμόσφαιρας) και με χρονική διάρκεια[19] από μερικά δευτερόλεπτα (όπως οι σεισμοί και οι πτώσεις μετεωριτών) ως εκατομμύρια χρόνια (όπως η παγετώδεις περίοδοι του Παλαιοζωικού ή η έξαρση των χερσαίων φυτών στο Λιθανθρακοφόρο).

[19] ή περίοδο επανάληψης



Εικ. 8 – Αλληλεπιδράσεις κλιματικών, μορφολογικών, βιοκλιματικών, ευστατικών και ιζηματολογικών παραγόντων κατά την εναλλαγή μεταξύ συνθηκών Ice House και Hot House στον πλανήτη.

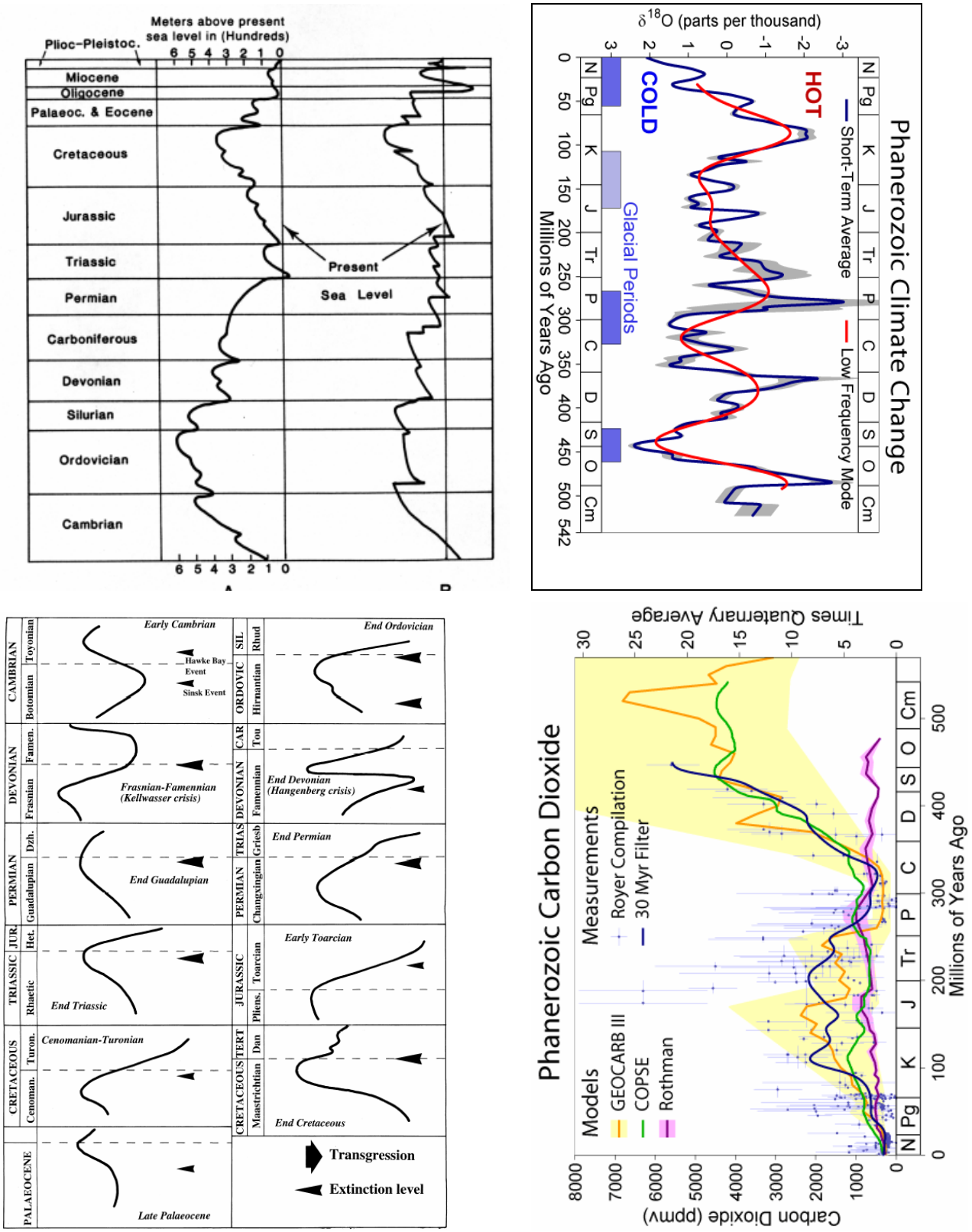
Βιοκλιματικά Φαινόμενα

Σήμερα, ίσως περισσότερο από ό,τι παλαιότερα, γίνεται μεγάλη συζήτηση γύρω από το σχετικό βαθμό επίδρασης των διαφόρων παραγόντων στη διαμόρφωση του περιβάλλοντος, από την οικολογία ως τα περιβάλλοντα ιζηματογένεσης[20]. Η κατανομή των σύγχρονων περιβαλλόντων αντανακλά ισχυρή αλληλεπίδραση μεταξύ της χλωρίδας, των κατακρημνισμάτων και της θερμοκρασίας[21]. Αυτές οι αλληλεπιδράσεις είναι τόσο ισχυρές ώστε να προκαλούν την εξαφάνιση τροπικών δασών, το πρασίνισμα ερήμων και τη θέρμανση περιοχών μεγάλου γεωγραφικού πλάτους. Η αντιμετώπιση της χλωρίδας ως καθαρά παθητικό παράγοντα, παραβλέπει τις επιδράσεις της ίδιας της χλωρίδας στο κλίμα. Μέσα από ένα μηχανισμό θετικής ανάδρασης μεταξύ χλωρίδας και κλίματος, τα φυτά συνεχώς προσπαθούν να διαμορφώσουν ένα περιβάλλον φιλικό προς αυτά. Γι' αυτό το λόγο (και όχι μόνο) τα κλιματικά μοντέλα που βασίζονται σε διεργασίες και συνθήκες που επικρατούν σήμερα, μερικές φορές δεν μπορούν να αναπαραστήσουν αρχαίες καταστάσεις χωρίς να δημιουργήσουν ερμηνευτικά προβλήματα σε άλλους τομείς. Εδώ φαίνεται ότι το παρόν και το παρελθόν δεν είναι αντιμεταθέσιμα. Η ανάπτυξη της χλωρίδας, εκτός από συνέπεια των κλιματικών μεταβολών, ενισχύει ή αποσβένει ευρύτερες τάσεις που σχετίζονται με γεωδυναμικές και αστρονομικές διεργασίες. Έτσι είναι δυνατό η γεωγραφική εξάπλωση των φυτών να έχει μεγαλύτερη βαρύτητα στο στρωματογραφικό αρχείο, από ό,τι η μορφολογία μιας περιοχής.

Η ιδέα ότι η εξέλιξη των φυτών επέδρασε σε αλλαγές στα ποτάμια συστήματα δεν είναι νέα. Ο Schum (1958) υποστήριξε μια παγκόσμια μείωση της προσφοράς ιζημάτων με το χρόνο, συσχετίζοντάς την με την εξέλιξη των φυτών, υποθέτοντας ότι η επέκταση της βλάστησης ενέτεινε τη δημιουργία λεπτομερών ιζημάτων και αύξησε τη σταθερότητα των ιζημάτων. Η προσθήκη της ιδέας της αλληλεπίδρασης χλωρίδας και κλίματος για την ερμηνεία μεταβολών στην υγρασία και τις σχετικές διεργασίες στις υποθέσεις του Schum, δίνει την ταυτοποίηση χρονικών διαστημάτων κατά τη διάρκεια των οποίων συνέβησαν συγκεκριμένοι περιβαλλοντικοί μετασχηματισμοί, με την εξάπλωση της χλωρίδας να εξελίσσεται σε περιβαλλοντική αιχμή. Επιπλέον επιτρέπει υποθέσεις σχετικά με το πότε και πώς επικράτησαν συγκεκριμένα ποτάμια χαρακτηριστικά μέσα στο Φανεροζωικό, και αναδεικνύεται έτσι ένα μοντέλο διεργασίας πρώτης ή δεύτερης τάξης, που δημιουργείται από τις αλληλεπιδράσεις κλίματος – χερσαίων φυτών και αντανακλάται στις διεργασίες των ποτάμιων συστημάτων.

[20] Κυρίως στα πλαίσια της πετρελαϊκής έρευνας, που δικαιολογεί οικονομικά την επένδυση στον τομέα αυτό.

[21] Fraticelli et al, 2006



Εικ. 9 – Παγκόσμιες μεταβολές κατά το Φανεροζωικό. (1) Μεταβολή της στάθμης της θάλασσας (Hallam 1992), (2) Μεταβολή της θερμοκρασίας (www.globalwarmingart.com), (3) Ευστατικές μεταβολές και μαζικές εξαφανίσεις ειδών (Hallam & Wignall 1999), (4) Μεταβολή της ατμοσφαιρικής συγκέντρωσης σε CO_2 (www.globalwarmingart.com).

Κατά τη διάρκεια των τελευταίων 600 εκατομμυρίων ετών το κλίμα της Γης έχει παρουσιάσει εναλλαγές μεταξύ συνθηκών Hot House και Ice House[22]. Στο Αν. Προκάμβριο, το Αν. Ορδοβίσιο, το Περμολιθανθρακοφόρο και το Αν. Καινοζωικό υπήρξαν καταστάσεις Ice House, ενώ συνέβησαν και δύο ήσσονες μεταβολές προς τις συνθήκες αυτές, στο Αν. Δεβόνιο και το Κ. Κρητιδικό. Κατά το Φανεροζωικό, το συνολικό χρονικό διάστημα συνθηκών Ice House ήταν περίπου 110 εκατομμύρια χρόνια (20% του χρόνου). Οι συνθήκες Hot House και Ice House μαζί επικρατούν γενικά (90% του χρόνου του Φανεροζωικού). Αυτό δείχνει ότι οι διαδικασίες ανάδρασης οδηγούν το κλιματικό σύστημα από το ένα άκρο στο άλλο σε σχετικά σύντομα (γεωλογικά) χρονικά διαστήματα. Όταν η ιστορία του κλίματος της Γης αντιπαρατίθεται με τις τάσεις στην παραγωγικότητα μητρικών πετρελαϊκών πετρωμάτων, φαίνεται μια θετική συσχέτιση μεταξύ συνθηκών Hot House και περιόδων παραγωγικότητας πάνω από το μέσο όρο. Όλα τα μεγάλα ανοξικά επεισόδια των ωκεανών[23] εμφανίζονται σε κλίμα Hot House[24].

Επιπλέον, κατά τις περιόδους που επικρατούν συνθήκες «θερμοκηπίου» στον πλανήτη, πρέπει να υπερτονίζεται η σχετική βαρύτητα του παράγοντα της τεκτονικής στο στρωματογραφικό αρχείο[25]. Σε τέτοιες περιπτώσεις, ακόμα και μικρές τάσεις τεκτονικής ανύψωσης ή βύθισης θα έπρεπε να αφήνουν ένα καθαρό ίχνος στις στρωματογραφικές στήλες, λόγω της απουσίας συχνών και μεγάλου εύρους διακυμάνσεων της στάθμης της θάλασσας.

Σ' αυτή τη χρονική κλίμακα μεταβολών, η ανθρώπινη παρουσία φαίνεται να έχει χαρακτήρα μάλλον «στιγμής» και λιγότερο «περιόδου». Με το εύρος των μεταβολών που περιγράφηκαν παραπάνω και, έχοντας υπόψη ότι το γήινο περιβάλλον μάλλον παλινδρομεί μεταξύ ακραίων καταστάσεων, παρά βαδίζει σε μια μέση οδό, γίνεται προφανές ότι, σε όποια ακραία κατάσταση κι αν σπρώξει το κλίμα ο άνθρωπος, οι φυσικοί μηχανισμοί είναι σε θέση να το επαναφέρουν με θεαματικό τρόπο. Εξάλλου, αν ισχύει ότι ο άνθρωπος είναι ένα από τα αποτελέσματα των μεταβολών που συμβαίνουν αέναες στη φύση, τότε εμφανίζεται το φιλοσοφικό παράδοξο, να επιδιώκει να σταματήσει τις μεταβολές, αντί να συνεχίσει να προσαρμόζεται σ' αυτές.

Αυτή η νοοτροπία, εγκαθιδρύθηκε στην ανθρώπινη νόηση κατά πάσα πιθανότητα πολύ πρόσφατα, δηλαδή στην εποχή της γεωργικής επανάστασης, πριν από περίπου 12000 χρόνια. Σχετίζεται άμεσα με τη μετάβαση στη μόνιμη κατοικία και τους οργανωμένους οικισμούς, που βασίστηκαν έκτοτε στην καλλιέργεια της γης, την εξημέρωση ζώων και τη συσσώρευση αγαθών[26]. Ενώ μέχρι τότε οι ανθρώπινες κοινωνίες μετακινούνταν συνεχώς ανάλογα με την αφθονία τροφής και τις γενικότερες περιβαλλοντικές συνθήκες, από το σημείο εκείνο και μετά, μπήκαν στη διαδικασία επιλογής της βέλτιστης θέσης εγκατάστασης, κι έχτιζαν το μέλλον τους σε πιο μόνιμες βάσεις. Στην πραγματικότητα όμως, οι μεταβαλλόμενες συνθήκες στο περιβάλλον δεν σταμάτησαν να επηρεάζουν την περιοχή δραστηριοποίησης του ανθρώπου, όπως έκαναν και με τους προγόνους του αλλά και με τον ίδιο, από τα 2 εκατομμύρια χρόνια, ως τα 12 χιλιάδες χρόνια πριν.

Κλιματικοί Κύκλοι του Τεταρτογενούς

Πράγματι, έχει αποδειχθεί τόσο στο θαλάσσιο[27] όσο και στο ηπειρωτικό[28] περιβάλλον, ότι στα τελευταία 2.2 εκατομμύρια χρόνια υπάρχουν δύο περιοδικότητες μεταβολής του κλίματος, με περιόδους 400 και 100 χιλιάδες χρόνια, αντίστοιχα. Για παράδειγμα, ο τελευταίος κύκλος των 400 χιλιάδων ετών είναι γενικά ξηρός και ψυχρός, ενώ ο προηγούμενος θερμότερος και υγρότερος. Αντίστοιχα, το χρονικό διάστημα από τις 800 χιλιάδες χρόνια πριν ως τα 1.2 εκατομμύρια χρόνια, ήταν και πάλι ψυχρότερο. Μέσα στους κύκλους αυτούς αναπτύσσονται οι κύκλοι των 100

[22] Συνθήκες Hot House: χωρίς μόνιμο κάλυμμα πάγου στους πόλους, συνθήκες Ice House: με μόνιμο κάλυμμα πάγου στους πόλους

[23] OAE, Ocean Anoxic Events

[24] Moore et al, 2006

[25] Vakarelov et al, 2006

[26] και αργότερα πλούτου ή κεφαλαίου.

[27] Hays et al, 1981

[28] Paepe et al, 1990

χιλιάδων ετών, δημιουργώντας σχετικά ψυχρότερες ή θερμότερες συνθήκες, μέσα σε ένα γενικά θερμό ή γενικά ψυχρό κύκλο. Αυτές οι μεταβολές έχουν δραματικές επιπτώσεις στις συνθήκες του περιβάλλοντος, καθώς συνδυάζονται με κρίσιμους παράγοντες για την επιβίωση του ανθρώπου:

1. Μεταβάλλεται η μέση θερμοκρασία της ατμόσφαιρας και προωθούνται ή υποχωρούν τα παγετώδη καλύμματα.
2. Μεταβάλλεται η μέση στάθμη της θάλασσας και κατακλύζονται ή χερσεύουν μεγάλες εκτάσεις πεδινής και παράκτιας γης.
3. Δημιουργείται ή καταστρέφεται ο εδαφικός μανδύας.
4. Μεταβάλλεται η δίαιτα των υδρολογικών συστημάτων.
5. Μεταβάλλεται η χλωρίδα και οι ζώνες βλάστησης.

Επιπλέον, μικρότεροι κύκλοι 40 και 20 χιλιάδων ετών αναρυθμίζουν τις συνθήκες μέσα στους κύκλους των 100 χιλιάδων ετών. Ακόμα και στα τελευταία 10000 χρόνια του Ολοκαίνου, έχουν παρατηρηθεί θερμότερες και ψυχρότερες περίοδοι με κύκλους 1000, 500 και 250 ετών, που είναι πολύ καλά εκφρασμένοι στη στρωματογραφία των αποθέσεων της ιστορικής περιόδου, όπως και οι κύκλοι των 2500 ετών, που αντιστοιχούν στον κύκλο του CO_2 του Suess (1953).

Κλιματικοί Κύκλοι σε Ιστορικούς Χρόνους

Αυτό σημαίνει ότι κατά τους ιστορικούς και προϊστορικούς χρόνους τα δάση, η στέπα και οι υγρότοποι εναλλάσσονται πιο συχνά απ' ό,τι γινόταν αποδεκτό μέχρι σήμερα. Θερμές και υγρές περίοδοι, κατά τις οποίες ανυψωνόταν η στάθμη της θάλασσας, έχουν εναλλαχθεί με ξηρές και ψυχρές, που κατά την ιστορική περίοδο είναι και επώνυμες, εξαιτίας της δυσμενούς επίδρασης στη διαβίωση του ανθρώπου (Ξηρασία Αγοράς 2800 χρόνια πριν, Ρωμαϊκή Ξηρασία 1800 χρόνια πριν, Ξηρασία Ακομινάτου 800 χρόνια πριν και η σύγχρονη Ξηρασία Sahel).

Στην προβιομηχανική εποχή, ο βαθμός στον οποίο ο άνθρωπος προσαρμοζόταν στις δύσκολες γι' αυτόν συνθήκες ή εκμεταλλευόταν τα φυσικά πλεονεκτήματα του περιβάλλοντος, αποτέλεσε βασικό παράγοντα για την ακμή ή την παρακμή πολιτισμών και λαών, σε συγκεκριμένες περιοχές του πλανήτη. Διαδοχικές περίοδοι ακμής και παρακμής γειτονικών λαών, πολιτικές αναταραχές, πόλεμοι και εμφύλιες συρράξεις, έχουν πιθανά βαθύτερες αφετηρίες σε ανατροπές των περιβαλλοντικών συνθηκών, και αχρήστευση των υποδομών ή της τεχνογνωσίας που ήκμαζε στην αντίστοιχη περιοχή. Οι προϊστορικοί λαοί της Σαχάρας, τα βασίλεια της Αιγύπτου και της Μεσοποταμίας[29], είναι χαρακτηριστικές περιπτώσεις. Η περίοδος μεταξύ 7000 και 3500 χρόνια πριν ήταν περίοδος οικιστικής άνθησης στη Σαχάρα. Σε μια περίοδο θερμή και υγρή (γνωστή και ως κλιματικό optimum), οι λεγόμενοι «οικισμοί των λιμνών» ήκμασαν στη Βόρεια Αφρική[30], που καμία σχέση δεν είχε ως τοπίο με τη σημερινή έρημο. Ταυτόχρονα και λίγο μεταγενέστερα, αναπτύχθηκαν τα βασίλεια της Αιγύπτου κατά μήκος του Νείλου, που πήραν τη σκυτάλη της ακμής στη συνέχεια. Από τα 3500 ως τα 2500 χρόνια πριν, αυτά τα πολιτισμικά οικοδομήματα αποδιοργανώνονται συστηματικά και τελικά καταρρέουν, εν μέσω μιας ψυχρής και ξηράς περιόδου, με αιχμή περίπου στα 2600 χρόνια πριν. Βέβαια, ίσως είναι επιστημονικά πρώιμο να αποδοθεί απευθείας σχέση αιτίου – αιτιατού στη συσχέτιση κλιματικών μεταβολών και κύκλων ζωής των ανθρώπινων πολιτισμών [Εικ. 10]. Ένα αρκετά ισχυρό αντεπιχείρημα είναι η αποδεδειγμένη από σημερινά και από γεωαρχαιολογικά δεδομένα, επίδραση της αγροτικής εκμετάλλευσης στα βλάστηση[31] [Εικ. 11]. Η αποψίλωση των δασών, εκτός από φυσικά αίτια, επηρεάζεται έντονα από τον άνθρωπο μέσω της επέκτασης των καλλιεργειών και των βοσκοτόπων. Αυτή η αποψίλωση αυξάνει τους ρυθμούς διάβρωσης, μειώνει τα εδάφη και κατά συνέπεια τη φυσική βλάστηση, αλλά και τη μέση υγρασία του μικροκλίματος μιας περιοχής, συμβάλλοντας προς την ερημοποίηση. Είναι λοιπόν πιθανό, όπως συμβαίνει και σήμερα, οι αρχαίοι πολιτισμοί, μέσω της ίδιας

[29] Hooker et al, 1996

[30] Hoelzmann, 2001, Kröpelin, 2001, Woodward, 2001

[31] Pope et al, 2003

τους της ακμής να «έσπρωξαν» τις φυσικές τάσεις προς τις ψυχρές και ξηρές συνθήκες, που έτσι κι αλλιώς εμφανίζονται περιοδικά, ανεξάρτητα από τον άνθρωπο.

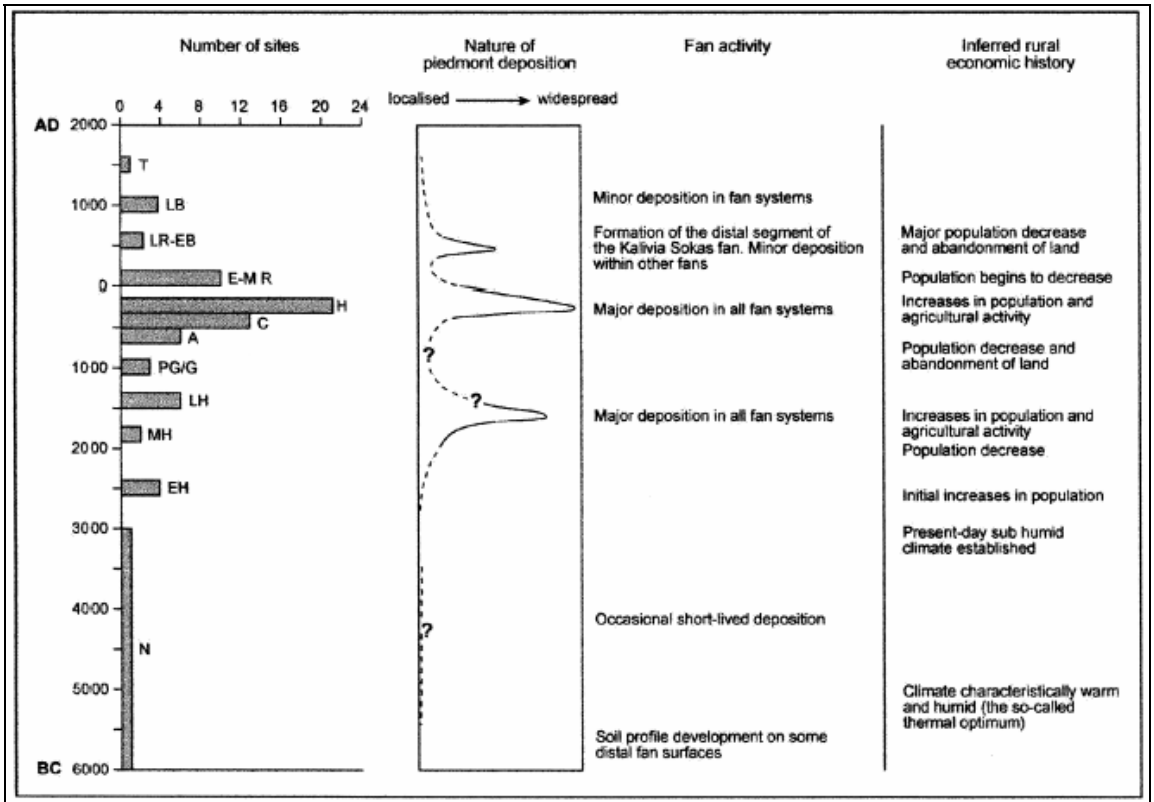
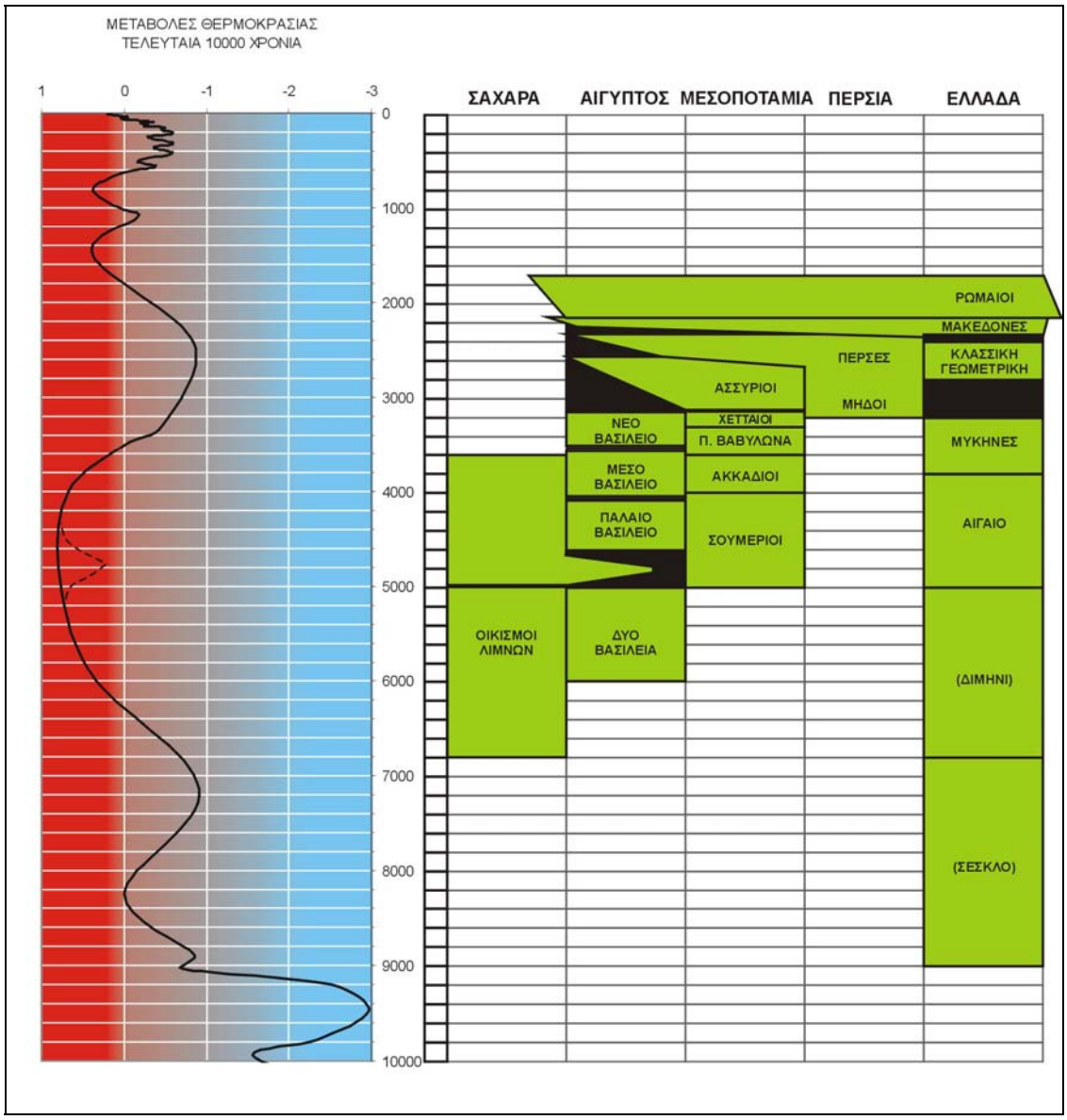


Figure 11. The relationship between the number of sites, nature of piedmont deposition, fan deposition, and inferred rural economic history within the Sparta Basin between the Neolithic and Turkish periods. The number of sites relates to those recorded within the catchments of drainage basins, which feed the study fans, and those on the floor of the Sparta Basin. Note that: (N) is Neolithic; (EH) is early Helladic; (PG/G) is Photogeometric and Geometric; (A) is Archaic; (C) is Classical; (H) is Hellenistic; (E-MR) is early to middle Roman; (LR-EB) is late Roman to early Byzantine; (LB) is late Byzantine; and (T) is Turkish.

Εικ. 10 – Η σχέση μεταξύ αριθμού θέσεων αρχαιολογικών ευρημάτων, φύσης των αποθέσεων, απόθεσης του ριπιδίου και της συναφούς αγροτικής οικονομικής ιστορίας στη λεκάνη της Σπάρτης από τη Νεολιθική περίοδο ως την Τουρκοκρατία. N: Νεολοθική, EH: πρωτο-Ελλαδική, PG/G: Φωτογεωμετρική και Γεωμετρική, A: Αρχαϊκή, C: Κλασική, H: Ελληνιστική, E-MR: Πρώιμη ως Μέση Ρωμαϊκή, LR-EB: Υστερο-Ρωμαϊκή – Πρωτο-Βυζαντινή, LB: Υστερο-Βυζαντινή, T: Τουρκοκρατία (Pope et al, 2003).

Με βάση τα παραπάνω, είναι φανερό ότι ο άνθρωπος γεννήθηκε κι επιβιώνει μέσα σε ένα πολύπλοκο σύστημα που δημιουργεί περιβάλλοντα που ισορροπούν ανάμεσα σε ακραίες καταστάσεις. Ακόμα κι αν υπάρχει μεγάλο περιθώριο επίδρασης πάνω στους βιοκλιματικούς παράγοντες στον πλανήτη, οι βασικοί μηχανισμοί[32] που οδηγούν τις μεταβολές ξεπερνούν κατά πολύ το μέγεθος του ανθρώπου. Επίσης, είναι δεδομένο ότι μέσα από τις διαδικασίες ανάδρασης που επικρατούν στον πλανήτη, κάθε μεταβολή που εμφανίζεται, δημιουργεί και τις προϋποθέσεις για την αντίθετη μεταβολή, όπως μια κοινή αντίδραση χημικής ισορροπίας.

[32] Driving forces



Εικ. 11 - Αρχαίοι πολιτισμοί και μεταβολή της θερμοκρασίας κατά την περίοδο ακμής τους..

Συμπέρασμα

Υπό το πρίσμα αυτό, δημιουργείται η υποχρέωση να αντιμετωπίζεται η κάθε μορφής παρέμβαση στο περιβάλλον, εκτός από την προφανή οπτική γωνία της εξυπηρέτησης της ανθρώπινης διαβίωσης, από δύο ακόμα οπτικές γωνίες:

- Το είδος και το εύρος των επιπτώσεων που έχουν οι ανθρώπινες παρεμβάσεις στις φυσικές διεργασίες, που είναι σήμερα αρκετά γνωστές και δεν δικαιολογείται η άγνοιά τους.
- Το εάν και κατά πόσον οι ανθρώπινες παρεμβάσεις ακολουθούν ή αντιβαίνουν τις φυσικές τάσεις, σε σχέση και με τη σκοπιμότητα, το όφελος ή τη ματαιότητα που συνεπάγεται η σχέση παρεμβάσεων – φυσικών διεργασιών.

Η δεύτερη οπτική γωνία χρειάζεται ίσως μια μικρή επεξήγηση, που μπορεί να γίνει με δυο χαρακτηριστικά παραδείγματα. Το πρώτο παράδειγμα είναι η γέφυρα του ποταμού Choluteca, στην Ονδούρα. Μετά την έλευση του τυφώνα Mitch, το 1999, η γέφυρα αχρηστεύτηκε, καθώς άλλαξε η κοίτη του ποταμού. (Εικ. 12). Συνεπώς, συχνά δεν ωφελεί να κατασκευαστεί ένα σταθερό, μεγάλης κλίμακας έργο, σε μια θέση με τεράστιο δυναμικό μεταβολής. Το δεύτερο παράδειγμα είναι οι

περιοχές ερημοποίησης, όπου πράγματι πρέπει να δοθεί ένας αγώνας για τη συγκράτηση των εδαφών, την ανάπτυξη της βλάστησης και την θετική επίδραση στο μικροκλίμα. Στην πρώτη περίπτωση είναι μάλλον προτιμότερο να μην εμποδίζει ή να μην αγνοεί κανείς τις φυσικές δυνάμεις, ενώ στη δεύτερη μπορεί με ήπιας μορφής παρεμβάσεις να αντισταθεί σε μια φυσική τάση, για να μειώσει το μέγεθος ή να καθυστερήσει την εκδήλωση μιας αργής καταστροφής.

Στα κεφάλαια που ακολουθούν, η διαχείριση των υδατικών πόρων θα προσεγγιστεί με το παραπάνω πνεύμα.

Εικ. 12 - Γέφυρα ποταμού Choluteca στην Ονδούρα, μετά την έλευση της τροπικής καταιγίδας Mitch (1999).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΣΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

Μια περιληπτική αναδρομή στην ιστορία της διαχείρισης του νερού, πιθανότατα εκ πρώτης όψεως να φαίνεται περιττή, όταν έχει κανείς να αντιμετωπίσει ένα σύγχρονο πρόβλημα, με τις σημερινές συνθήκες. Θα μπορούσε να υποστηριχθεί ότι ο χώρος και ο χρόνος που θα καταναλώσει αυτή η αναδρομή, είναι προτιμότερο να χρησιμοποιηθεί στην ανάλυση, ερμηνεία και τελικά στην αξιοποίηση των σημερινών δεδομένων. Παρά ταύτα κρίθηκε χρήσιμη για μια σειρά από λόγους.

Προς τι η αναδρομή;

Πρώτον, γιατί η ιστορία της διαχείρισης του νερού είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με την ιστορία του ανθρώπινου γένους. Κατά βάθος, η μορφή της διαχείρισης του νερού σε μια κοινωνία, καθρεφτίζει όλο το πολιτισμικό της οικοδόμημα, και επιπλέον ο βαθμός της επιτυχίας ή αποτυχίας της διαχείρισης είναι από τα πιο κρίσιμα στοιχεία για την ακμή ή την παρακμή της και για την επιβίωση ή την εξαφάνιση. Στο τρίπτυχο της διαχείρισης (νερό – τεχνολογία – διοίκηση) του νερού, μεταβάλλονται ταυτόχρονα και οι τρεις παράμετροι. Ένας μόνιμος αγώνας του ανθρώπου είναι να προσαρμόσει την τεχνολογία και τη διοίκηση στις μεταβολές του υδρολογικού κύκλου. Ταυτόχρονα, η τεχνολογία και η διοίκηση δεν εξελίχθηκαν πάντα κατ' επιταγή των ανθρώπινων αναγκών ή των φυσικών μεταβολών, και ο συνδυασμός αυτής της εξέλιξης με τις φυσικές μεταβολές δεν υπήρξε πάντα επιτυχημένος.

Δεύτερον, γιατί οι σημερινές αρχές της διαχείρισης των υδατικών πόρων δεν είναι προϊόν θεϊκής επιφοίτησης και, τουλάχιστον από επιστημονική άποψη, δεν είναι δόκιμο να γίνονται δεκτές άκριτα και αβασάνιστα. Αντιθέτως, είναι πολύ χρήσιμη μια ματιά στο πώς εξελίχθηκε από τα αρχαία χρόνια ως σήμερα η ανθρώπινη συμπεριφορά σε σχέση με τη διαχείριση του νερού, αφενός για να γίνει κατανοητό μέσα από ποιες διαδικασίες διαμορφώθηκαν οι σύγχρονες απόψεις και αφετέρου για να γίνει αντιληπτό ότι κανένα σταθερό πρότυπο διαχείρισης δεν ήταν ως σήμερα βιώσιμο διαχρονικά.

Τρίτον, γιατί οι παλιότεροι πολιτισμοί είχαν στη διάθεσή τους μόνο τις «φυσικές» δυνάμεις για να πραγματοποιήσουν την ευημερία τους, και επειδή σήμερα γίνεται μεγάλη συζήτηση και προβάλλεται πολύ το θέμα των «ήπιων» παρεμβάσεων, οι «ήπιες μορφές ενέργειας» κλ.π., ίσως κάποια μαθήματα από τους παλιότερους θα γλύτωναν τις νεότερες γενιές από την προσπάθεια να επανεφεύρουν τον τροχό.

Τέταρτον, επειδή διαφαίνεται (ή έχει ήδη εκδηλωθεί) μια «παγκόσμια κρίση νερού», που οδηγεί σε υπερτοπικές και διεθνείς συγκρούσεις και ανταγωνισμούς και, έχει αρχίσει να γίνεται διεθνώς κατανοητό ότι η ιστορία είναι ένα ιδιαίτερα χρήσιμο εργαλείο, τόσο για την ανάλυση όσο και για την ανεύρεση διεξόδων από την κρίση.

Και πέμπτον, επειδή πρόκειται για ένα ενδιαφέρον και συναρπαστικό ταξίδι, για όποιον αφορά.

Πριν από την παρουσίαση της ιστορικής αναδρομής στη διαχείριση του νερού, είναι αναγκαίο να γίνει μια διευκρίνιση. Τα στάδια εξέλιξης που παρουσιάζονται στη συνέχεια δεν εμφανίζονται ταυτόχρονα και παράλληλα σε όλο τον πλανήτη, ούτε είναι όλα υπαρκτά σε όλους τους πολιτισμούς. Για παράδειγμα οι ιθαγενείς λαοί κατά τις αποικιοκρατικές περιόδους των ευρωπαϊκών κρατών, έκαναν διαφόρων ειδών άλματα που τους επιβλήθηκαν από τους εκάστοτε κατακτητές, πράγμα που συνέβη στους ινδιάνους της Βόρειας και Νότιας Αμερικής, στους Μάγιας, στους Αβορίγινες κ.ό.κ. Το συγκεκριμένο κεφάλαιο πάντως παρουσιάζει περισσότερο το παρακλάδι της εξέλιξης που οδηγεί στο σημερινό δυτικό κόσμο, τουλάχιστον για την περίοδο από τη διαίρεση της ρωμαϊκής αυτοκρατορίας κι έπειτα.

Η ιστορική εξέλιξη της Υδρολογίας[33] (Πίνακας 1) είναι ίσως μια καλή αφετηρία για να πάρει κανείς μια ιδέα για την εξέλιξη της επιστημονικής σκέψης στον τομέα της γνώσης του υδρολογικού κύκλου και των επιμέρους επιστημονικών εργαλείων για τη μελέτη του. Ωστόσο, αν σήμερα η λεπτομερής γνώση

[33] Καλλέργης, 1999, Ven Te Chow, 1964

του συγκεκριμένου φυσικού πόρου (δηλαδή του νερού) θεωρείται απαραίτητη ως βάση για τη σωστή διαχείρισή του, αυτή δεν ήταν στο παρελθόν διαθέσιμη. Η περίοδος της Υπόθεσης (Αρχαιότητα – 1400 μ.Χ.) καλύπτει ένα χρονικό διάστημα κατά το οποίο μπορεί να μην υπήρχε η επιστημονική τεκμηρίωση και γνώση όπως την εννοούμε σήμερα, αλλά άκμασαν λαμπροί πολιτισμοί που βασίστηκαν στην επιτυχημένη διαχείριση των υδατικών πόρων, και αυτοί δεν μπορεί παρά να διέθεταν τα απαραίτητα πολιτικά και τεχνολογικά εργαλεία γι' αυτό. Μέσα στο χρονικό διάστημα αυτό, διανύθηκε η τεράστια απόσταση από τη μετακίνηση για την αναζήτηση τροφής και νερού, μέχρι τα έργα υποδομής και τη μεταφορική δραστηριότητα που μεταφέρει και διανέμει τα αγαθά στο σύνθετο αστικό περιβάλλον. Στην πραγματικότητα, όλη αυτή η πρόοδος είχε ήδη συντελεστεί μέχρι τον 2ο-3ο αιώνα μ.Χ., και απλά στην Ευρώπη ακολούθησε ένα χρονικό διάστημα (Μεσαίωνας) που σταμάτησε τις εξελίξεις, παραδίδοντας τα ηνία της γνώσης στον αραβικό κόσμο για μερικούς αιώνες. Η περίοδος της Αναγέννησης που ακολούθησε, κινητοποίησε εκ νέου την αναζήτηση, τον ορθολογισμό και την επιστημονική σκέψη, πυροδοτώντας μια επιταχυνόμενη εξέλιξη, που γρήγορα πέρασε από την παρατήρηση στο πείραμα, στις επιστημονικές – τεχνολογικές ανακαλύψεις που άνοιξαν το δρόμο για τη βιομηχανία και τη σημερινή κοινωνία της πληροφορίας.

Αρχαιότητα – 1400 μ.Χ. **Περίοδος της Υπόθεσης**	Θαλής, Πλάτωνας, Αριστοτέλης, Σενέκας, Πλίνιος, Μάρκος Βιτρούβιος
1400-1600 **Περίοδος της Παρατήρησης**	Da Vinci, B. Palissy, κατανόηση του υδρολογικού κύκλου, αρχή της συνεχείας
1600-1700 **Περίοδος της Μέτρησης**	Επιστήμη της Υδρολογίας (Perrault, Mariotte, Halley)
1700-1800 **Περίοδος του Πειραματισμού**	Υδραυλική (Bernoulli, Pilot, Chezy, etc)
1800-1900 **Περίοδος του Εκσυγχρονισμού**	Υδρολογία υπόγειων νερών, σύγχρονη υδρολογία (Darcy, Poiseulle, Dupuit, Thiem, Ghyben – Herzberg, etc)
1900-1930 **Περίοδος του Εμπειρισμού**	Εμπειρικοί τύποι για τα μεγέθη του υδρολογικού κύκλου
1930-1950 **Περίοδος του Ορθολογισμού**	Μοναδιαίο υδρογράφημα (Sherman), Θεωρία κατείσδυσης (Horton), Υδραυλική των φρεάτων (Theis), Ανάλυση συχνότητας υδρολογικών δεδομένων (Gumbel), Στατιστική (Hazel), Υδρομετεωρολογία (Bernard).
1950-σήμερα **Περίοδος της Θεωρίας**	Ανάλυση συστημάτων με χρήση Η/Υ. Σύγχρονη μηχανική ρευστών. Θεωρητική Υδρολογία.

Πίνακας 1 – Ιστορική εξέλιξη της Υδρολογίας (Ven Te Chow, 1964, από Καλλέργης, 1999).

Αν και οι μετασχηματισμοί στις ανθρώπινες κοινωνίες δεν έχουν συμβεί ταυτόχρονα και στιγμιαία, αλλά συχνά με μικρές ή μεγάλες μεταβατικές περιόδους και παλινδρομήσεις, η χρονική απόσταση από τα γεγονότα επιτρέπει το συμβιβασμό του διαχωρισμού της πορείας της διαχείρισης του νερού σε διάφορα «στάδια εξέλιξης», για εποπτικούς λόγους. Στις επόμενες παραγράφους περιγράφονται περιληπτικά τα στάδια αυτά (Πίνακας 2), ξεκινώντας από ένα γεωλογικά πρόσφατο σημείο της προϊστορίας, και φτάνοντας μέχρι σήμερα.

ΣΤΑΔΙΟ	ΓΕΓΟΝΟΤΑ - ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ
25.000 BP – 16.000 BP **Μετακίνηση**	Τροφοσυλλογή και Κυνήγι – Μετακίνηση ανάλογα με την εποχική διαθεσιμότητα νερού και τροφής
16.000 BP – 10.000 BP **Εγκατάσταση**	Εγκατάσταση κοντά στις πηγές ύδατος και τις περιοχές αυτοφυών δημητριακών.
10.000 BP – 5.200 BP **Έγγειες Βελτιώσεις**	Συστηματική γεωργία και μόνιμοι οικισμοί. Συνεργασία μεταξύ γειτονικών πληθυσμών για την κατασκευή έργων άρδευσης και αποστράγγισης στις εύφορες κοιλάδες.
5.200 BP – 2.700 BP **Γραφειοκρατία – Έργα υποδομής**	Νόμοι χρήσης του νερού – Μεγάλα έργα υποδομής (φράγματα, δίκτυα, αντιπλημμυρικά, αποστραγγιστικά) – Μεγάλα Βασίλεια Μεσοποταμίας και Αιγύπτου.
700 π.Χ. – 300 μ.Χ. **Συγχώνευση Τεχνολογίας**	Έλληνες – Ασσύριοι - Πέρσες – Ρωμαίοι. Παγκοσμιοποίηση της γνώσης και της τεχνολογίας διαχείρισης του νερού – Ελληνικό και Ρωμαϊκό πρότυπο μεταφοράς, αποθήκευσης, διανομής και τιμολόγησης του νερού.
300 μ.Χ. – 1500 μ.Χ. **Μεσαίωνας**	Μετάλλαξη της ρωμαϊκής αυτοκρατορίας σε βυζαντινές και λατινοχριστιανικές ηγεμονίες. Επιδρομές από την Ανατολή και το Βορρά. Αποκήρυξη των κλασσικών συγγραφέων και της θετικής σκέψης. Σταδιακή εγκατάλειψη του ρωμαϊκού προτύπου διαχείρισης του νερού. Ακμή των Ισλάμ και αραβικά υδραυλικά έργα. Φεουδαρχία. Πρώτα Πανεπιστήμια.
1500 μ.Χ. – 1700 μ.Χ. **Αναγέννηση**	Αναγέννηση των επιστημών και αναθέρμανση του ενδιαφέροντος για τους κλασσικούς συγγραφείς. Λογιστική. Νέες χρήσεις νερού. Επιστροφή των υδραυλικών έργων στο αστικό περιβάλλον.
1700 – 1950 **Βιομηχανική Οικονομία**	Βιομηχανική παραγωγή και βιομηχανική γεωργία. Το νερό ως πηγή ενέργειας και πρώτη ύλη. Οι υδάτινοι δρόμοι άξονες των σύγχρονων ευρωπαϊκών κρατών. Νέες πηγές και είδη ρύπανσης. Παγκόσμιοι πόλεμοι. Σύγχρονη οικονομική θεωρία.
1950 – 1990 **Παγκοσμιοποίηση της Ανάπτυξης**	Η οικονομική ανάπτυξη ως παγκόσμιος στόχος με βάση το δυτικό πρότυπο. Ταχεία βιομηχανοποίηση τρίτων χωρών. Οργανισμός Ηνωμένων Εθνών, Ευρωπαϊκή Ένωση, Ο.Ο.Σ.Α., ΕΣΣΔ. Ψυχρός πόλεμος. Γεωτρήσεις και φράγματα παντού.
1990 – **Δικτυακή Επανάσταση**	Βιώσιμη ανάπτυξη. Παγκόσμια Οικονομία (της αγοράς). Τέλος του ψυχρού πολέμου. Διαδίκτυο, Δορυφορικές επικοινωνίες, Βάσεις Δεδομένων, Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών. Οικολογία. Εναλλακτικοί τρόποι διαχείρισης του νερού και ήπιες μορφές ενέργειας.

Πίνακας 2 – Ιστορική εξέλιξη της δύσης σχετικά με τη διαχείριση υδατικών πόρων.

1. Στάδιο Μετακίνησης

25000 BP – 16000 BP (22000 π.Χ.-14000 π.Χ.)

Κατά την περίοδο αυτή ο άνθρωπος ήταν τροφοσυλλέκτης, και καθώς αντιμετώπιζε το ψυχρό μέγιστο της τελευταίας παγετώδους περιόδου, ζούσε και δραστηριοποιείτο σε ημιερημικές περιοχές, σε ξηρές και άνυδρες συνθήκες. Το κυνήγι ήταν δυσεύρετο και η βλάστηση αραιή. Οι άνθρωποι επιβίωσαν αναπτύσσοντας παγίδες, βέλη και τόξα για να πιάσουν μικρά ζώα, και μηχανεύτηκαν αλεστικά εργαλεία για να φτιάξουν τροφή από σπόρους, ρίζες και άγρια δημητριακά. Οι γεωγραφικές και κλιματικές συνθήκες έπαιξαν κυρίαρχο ρόλο στο στάδιο αυτό,

καθορίζοντας την κατανομή του επιφανειακού νερού και των πηγαίων αναβλύσεων. Η κατανομή των βροχοπτώσεων και των θερμοκρασιών ρύθμιζαν την κατανομή χλωρίδας και πανίδας. Ως τροφοσυλλέκτες και κυνηγοί, οι άνθρωποι είχαν στη διάθεσή τους πηγές τροφής που μεταβάλλονταν εποχικά. Γενικά, η διαθέσιμη τροφή από «άγριες» πηγές ήταν αρκετή για να συντηρήσει μικρούς πληθυσμούς, σε περιοχές με ακτίνα όσο το ταξίδι μιας μέρας με επιστροφή. Μια ομάδα ανθρώπων εκείνης της εποχής σπάνια θα ξεπερνούσε τα πενήντα άτομα, και συνήθως κυμαινόταν στα 20 ως 25. Αλλά ακόμα και τόσο μικρές ομάδες δύσκολα θα επιβίωναν όλο το χρόνο στην ίδια περιοχή, λόγω των εποχικών διακυμάνσεων της διαθέσιμης τροφής. Έτσι, μετακινούνταν ανάλογα με τις εποχές, προς περιοχές με επάρκεια τροφής. Σε κάποιες περιοχές, ειδικά στις ερημικές, θα έπρεπε να μετακινούνται συχνότερα απ' ό,τι επέβαλαν οι εποχικές μεταβολές, λόγω των αραιών και απομονωμένων πηγών τροφοδοσίας. Πριν την εφεύρεση των κεραμικών για την αποθήκευση νερού, οι κυνηγοί – τροφοσυλλέκτες δεν ζούσαν μακριά από τις πηγές πόσιμου νερού. Έπρεπε να μένουν σε περιοχές ούτε πολύ μακριά από τις πηγές του νερού, αλλά ούτε και πολύ κοντά, για να μην τρομάζουν το κυνήγι και να μην υποφέρουν από τα έντομα. Συλλέκτες από ξύλο, μπαμπού ή δέρμα έπαιζαν πιθανότατα το ρόλο δοχείων.

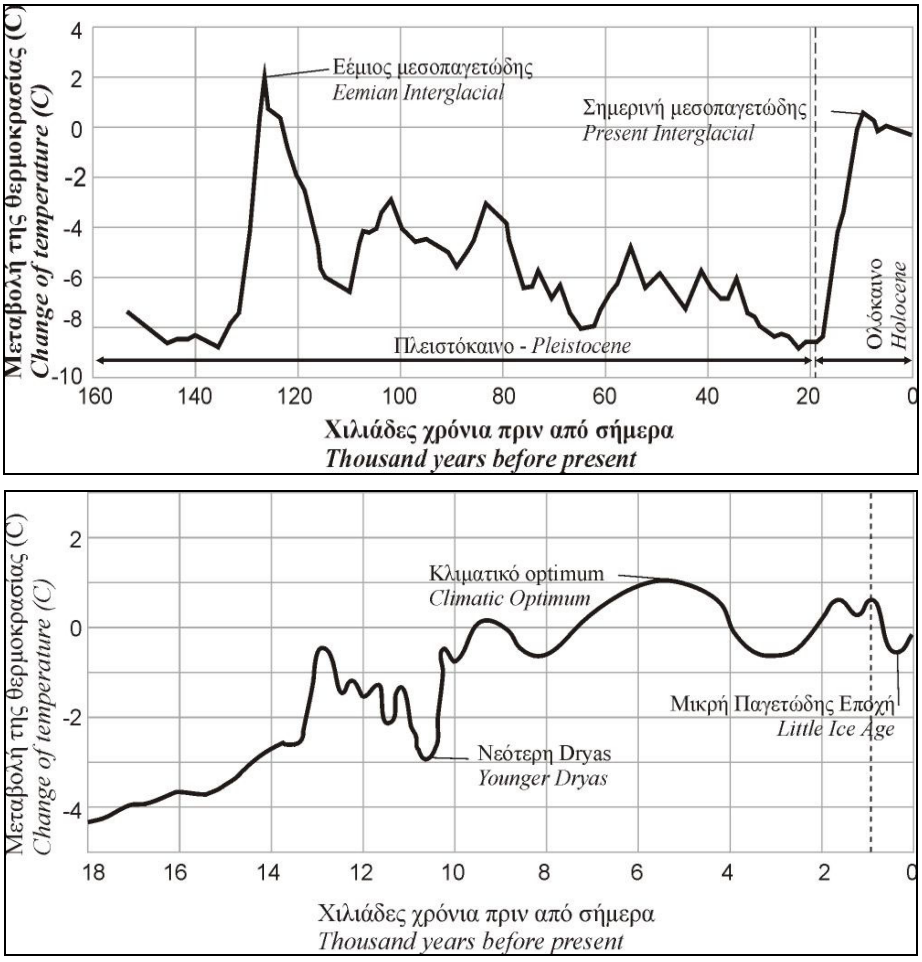
Το νερό ήταν περιοριστικός παράγων για την εποχή αυτή. Η μέση ετήσια βροχόπτωση και η εποχική διακύμανση περιόριζαν τη βιομάζα, και συνεπώς το κρίσιμο ποσοστό της που είχε υψηλή πρωτεϊνική αξία, που χρειάζεται για την ανάπτυξη του ανθρώπου. Η εξέλιξη της παραγωγής τροφής και των σχετικών εργαλείων ήταν αργή μέχρι τότε. Τα λίθινα εργαλεία που έχουν βρεθεί δείχνουν ότι μόνο μετά το 25000 BP επιταχύνθηκε ο ρυθμός των τεχνολογικών εξελίξεων. Παρόλο που ο *Homo sapiens sapiens* εμφανίστηκε μεταξύ 200000 και 60000 BP, πέρασαν αρκετές χιλιετίες μέχρι να ξεκινήσει την πρώιμη τεχνολογική του επανάσταση, με την κατασκευή μικρολιθικών τεχνουργημάτων (Εικ. 13). Σ' αυτό το στάδιο πρέπει να τονιστεί το γεγονός ότι ο παγκόσμιος πληθυσμός καθώς και η πυκνότητά του ήταν πολύ μικρά μεγέθη. Σήμερα, μια από τις αιτίες των τοπικών φαινομένων έλλειψης νερού είναι η συγκέντρωση μεγάλου πληθυσμού με μεγάλη πυκνότητα σε αστικά κέντρα. Αντίθετα, στις πρώιμες συνθήκες οι άνθρωποι ζούσαν σε μικρές ομάδες που σχετίζονταν μεταξύ τους σε ευρύτερα σύνολα το πολύ 1000 ατόμων. Ο παγκόσμιος πληθυσμός δύσκολα θα ξεπερνούσε τα 10 εκατομμύρια, και η επίδρασή τους στους φυσικούς πόρους ήταν πολύ μικρή απ' ό,τι συνέβη αργότερα.

Εικ. 13 – Αιχμές από πυριτόλιθο (πάνω) και εργαλεία ψαρικής από κόκαλα και δόντια ζώων, της Μέσης Παλαιολιθικής (100.000-30.000BP) και της Νεολιθικής (8.500-5.200BP) περιόδου από σπήλαια του ελληνικού χώρου (Σαρακηνό Βοιωτίας, Βραχοσκεπή Μπσϊλα Ιωαννίνων και Σπήλαιο Κύκλωπα στα Γιούρα Αλοννήσου). Πηγή: Υπουργείο Πολιτισμού.

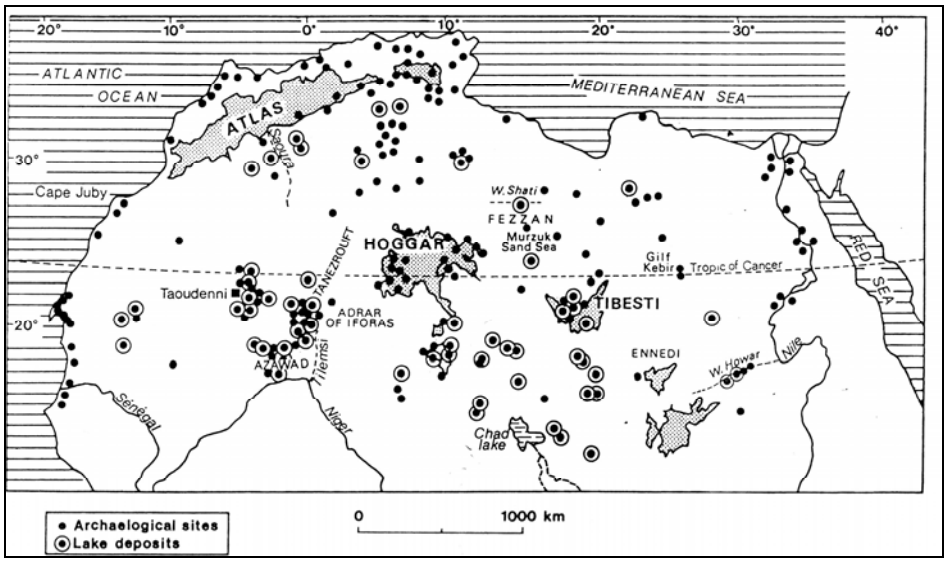
2. Στάδιο Εγκατάστασης

16000 BP – 10000 BP (14000 π.Χ. – 8000 π.Χ.)

Από τα 16000 BP και ειδικά μετά το κλιματικό optimum (περίπου 11500 BP) και ως τα 10000 BP εντοπίζεται η κύρια περίοδος μετάβασης από την τροφοσυλλογή στη γεωργία. Πρόκειται για μια περίοδο κατά την οποία έλαβαν χώρα μεγάλες και συχνές μεταβολές στο παγκόσμιο κλίμα (Εικ. 14), καθώς μεταβαλλόταν το θερμικό ισοζύγιο μεταξύ των ωκεανών και της μέσης παγκόσμιας θερμοκρασίας της ατμόσφαιρας. Σε ορισμένες περιοχές τα άγρια δημητριακά αποτέλεσαν βασικό είδος διατροφής. Έτσι πολλές ομάδες ανθρώπων εγκαταστάθηκαν κοντά σε πεδιάδες, ενώ ταυτόχρονα αναπτυσσόταν η τεχνολογία των λίθινων εργαλείων συγκομιδής και άλεσης. Ακόμα και στις ξηρές συνθήκες, οι σπόροι των δημητριακών μπορούσαν να αποθηκευτούν, ενώ με μικρά συμπληρώματα λαχανικών και κρέατος, μπορούσε να διατηρηθεί σε βιώσιμο επίπεδο η διατροφική αξία των γευμάτων του ανθρώπου. Η παλινδρόμηση του κλίματος αυτή την περίοδο σε παγετώδεις συνθήκες ανάγκασε κάποιους πληθυσμούς να βασίσουν τη διατροφή τους σχεδόν αποκλειστικά στην καλλιέργεια δημητριακών, όπως συνέβη στη νοτιοανατολική Ασία μεταξύ 13000 BP και 11500 BP. Προς το τέλος αυτής της περιόδου (γύρω στο 10000 BP) προστέθηκε η εξημέρωση ζώων (κατσικιών και προβάτων) στη, αγροτική πλέον, οικονομία του ανθρώπου, τεκμηριωμένη τόσο στη Σαχάρα, όσο και στη νοτιοανατολική Ασία. Στη Σαχάρα οι παλινδρομήσεις του κλίματος μετά το κλιματικό optimum ανάγκασαν τους πληθυσμούς να εστιάσουν τη δραστηριότητά τους γύρω από λίμνες ή πηγές (Εικ. 15).



Εικ. 14- Μεταβολές της μέσης παγκόσμιας θερμοκρασίας κατά τα τελευταία 160.000 (πάνω) και 18.000 (κάτω) χρόνια.(Μαριολάκος).



Εικ. 15 – Παραλίμνιοι οικισμοί στην περιοχή της σημερινής ερήμου Σαχάρας την περίοδο 7.000-4.500BP. (Πηγή: Kröpelin, 2001).

Οι πληθυσμοί που ξεκίνησαν την εξημέρωση των ζώων, με ή χωρίς καλλιέργειες, στην αρχή προσάρμοσαν τη διαβίωσή τους στους βιοτόπους των ζώων. Μακροπρόθεσμα, με την αρχή της καλλιέργειας οι ομάδες των καλλιεργητών προσαρμόστηκαν σταδιακά σε υπερετήσια εγκατάσταση στις περιοχές που φύονταν τα δημητριακά και τα λαχανικά κι ένας λόγος ήταν η διαφύλαξη των αποθηκευμένων τροφών, αλλά και η δυσκολία της μεταφοράς των τροφών σε μεγάλες αποστάσεις. Οι συνθήκες αυτές οδήγησαν στη συγκέντρωση αυξημένου πληθυσμού σε αυτούς τους χώρους, αλλάζοντας την ισορροπία του ανθρώπου με τους φυσικούς πόρους. Σε μια αλυσιδωτή αντίδραση, το εντατικό κυνήγι μείωσε σε αυτές τις περιοχές τα θηράματα και αύξησε την ανάγκη εξημέρωσης. Κατά συνέπεια, έπρεπε πλέον ο άνθρωπος να φροντίζει για το πότισμα των εξημερωμένων ζώων, συνήθως οδηγώντας τα σε μια πηγή νερού. Τα κεραμικά σκεύη προστέθηκαν αργότερα στους δερμάτινους ασκούς που χρησίμευαν στη μεταφορά και φύλαξη νερού στις οικίες.

Κάποιοι πληθυσμοί βρήκαν την ιδέα της μεταφοράς των οικισμών κοντά στις πηγές ποσίμου νερού ως λύση στο πρόβλημα της μεταφοράς του νερού. Ταυτόχρονα επωφελούνταν από την ύπαρξη καλλιεργήσιμης γης κοντά στις πηγές του νερού (ρυάκια κ.λπ.) ενώ προστατεύονταν από τις μεταβολές των κατακρημνισμάτων εκεί όπου υπήρχε μόνιμη ροή, ειδικά στις ερημικές και ημιερημικές περιοχές. Σημειωτέον ότι η επιλογή των θέσεων εγκατάστασης οικισμών κοντά σε πηγές και υδατορεύματα μόνιμης ροής διατηρήθηκε σε πολλές περιοχές μέχρι τη βιομηχανική εποχή.

3. Στάδιο Εγγείων Βελτιώσεων

10000 BP – 5200 BP (8000 π.Χ. – 3200 π.Χ.)

Με τη γεωργική επανάσταση σε πλήρη εξέλιξη, οι άνθρωποι – αγρότες που επωφελούνταν από τα οφέλη της εγκατάστασης σε περιοχές με «μόνιμες» πηγές ύδρευσης και άρδευσης, είχαν να αντιμετωπίσουν πλέον τα προβλήματα της μόνιμης εγκατάστασης, σε ένα περιβάλλον που δεν μένει σταθερό. Οι περιοδικές μεταβολές της παροχής των ποταμών και των πηγών και της στάθμης των λιμνών, οι αλλαγές κοίτης ή η πλήρωσή τους με ιζήματα, ή ακόμα και η παροδική ξήρανσή τους, ανάγκασαν τους ανθρώπους, που δεν ήταν πλέον πρόθυμοι να εγκαταλείψουν τους οικισμούς τους, να επεξεργαστούν τεχνικές λύσεις στα προβλήματα αυτά. Ξεκίνησαν να σκάβουν χαντάκια ή κανάλια, να κατασκευάζουν αναχώματα και χωμάτινα φράγματα, για να ρυθμίζουν την έλλειψη ή την περίσσεια του νερού στις περιοχές των καλλιεργειών και των οικισμών. Πρόκειται για τις πρώτες προσπάθειες εγγείων βελτιώσεων (αποστραγγιστικών και αρδευτικών έργων) που σηματοδοτούν μια επαναστατική αλλαγή της σχέσης του ανθρώπου με το νερό. Ταυτόχρονα εξελίχθηκαν σημαντικά οι σχέσεις μεταξύ των διαφορετικών

ομάδων. Οι κάτοικοι γειτονικών περιοχών έκαναν συμφωνίες αμοιβαίας υποστήριξης μεταξύ τους. Αντιμετωπίζοντας κοινούς κινδύνους από καταστροφές όπως είναι οι πλημμύρες και οι ξηρασίες που κατέστρεφαν τις σοδειές, οι γείτονες συνεργάστηκαν για την κατασκευή καναλιών και αναχωμάτων και τη διανομή τροφίμων με τοπικά δίκτυα με βάρκες ή ζώα, καταπολεμώντας την έλλειψη και την πείνα.

Οι κτηνοτρόφοι εξακολουθούσαν να αντιμετωπίζουν τις διακυμάνσεις των βροχοπτώσεων και έπρεπε και αυτοί να συνεργαστούν με τους γεωργούς. Οι ξηρασίες και οι υψηλές απαιτήσεις των ζώων σε καρπούς ενθάρρυναν τις ανταλλαγές μεταξύ βοσκών και γεωργών. Οι νομάδες διαχρονικά εξελίχθηκαν σε ισχυρό ιστορικό παράγοντα, εξαιτίας των ικανοτήτων τους στις επιδρομές και τον πόλεμο, λόγω του τρόπου ζωής τους. Στις δύσκολες για τους νομάδες εποχές, κατέρρεε συχνά η αρμονική σχέση τους με τους γεωργούς.

Κατά την «ποτάμια» φάση της γεωργίας, η συγκέντρωση οικισμών κοντά σε πλημμυρικά πεδία περιόρισε τις επιλογές μετακίνησης πληθυσμών και ενθάρρυνε τις τοπικές ομάδες να συμβιώσουν μακροπρόθεσμα. Αυτή η πρώιμη κοινωνική συνοχή ερχόταν πλέον σε ευθεία αντίθεση με τα ήθη της περιπλάνησης και της απομόνωσης των τροφοσυλλεκτών, ενώ ακόμα και οι βοσκοί σύσφιγγαν σταδιακά την κοινωνική τους οργάνωση. Η ζωτική σημασία των νερόλακκων και των βοσκοτόπων οδήγησε σε μια μορφή κυριαρχικών δικαιωμάτων και συντονισμού μέσα και μεταξύ ομαδικών κινήσεων σε κοντινές ή μακρινές αποστάσεις. Αυτό ενίσχυσε την οικοδόμηση μιας διαχειριστικής στρατηγικής βασισμένης σε φυλετικούς δεσμούς και σε πολιτική οργάνωση.

Στους αγροτικούς οικισμούς εμφανίστηκαν προβλήματα υγιεινής, περιστασιακών ελλείψεων τροφής και σχετικής έλλειψης ζωικών πρωτεϊνών, που προσέθεσαν ασθένειες στα παιδιά και στους ενηλίκους. Αυτό το φορτίο επιβαρυνόταν με την ελονοσία και τις μολυσματικές ασθένειες, οι οποίες μεταδίδονταν πια και μέσα από την κοινωνική συναναστροφή με πολλούς, αλλά και οικόσιτα ζώα.

Η πρώιμη «ποτάμια – ποιμενική» φάση ήταν μια περίοδος δραστικών αλλαγών που έθεσαν τις βάσεις για μια νέα κατάσταση στον τρόπο που οι άνθρωποι αλληλεπιδρούσαν με τους φυσικούς πόρους, αλλά και μεταξύ τους.

4. Στάδιο γραφειοκρατίας - έργων υποδομής

5200 BP – 2700 BP (3200 π.Χ. – 700 π.Χ.)

Γύρω στα 5200 BP εμφανίστηκαν σύνθετες «πολιτειακές» κοινωνίες, που σχηματίστηκαν από περιφερειακές ομάδες πληθυσμών, ενωμένες υπό έναν ηγεμόνα/βασιλιά. Οι κοινωνίες που εξαρτώνταν από τα ποτάμια συστήματα είχαν ανάγκη συντονισμού της αντιμετώπισης υπερτοπικών ζητημάτων μεταξύ γειτονικών χωριών, της προστασίας από επιδρομείς και της διαχείρισης των οικονομικών ανταλλαγών. Στη Μεσοποταμία, η εγκαθίδρυση των βασιλειών ήταν συνυφασμένη με την αυξανόμενη επιρροή των ναών και των ιερέων στα κοινωνικά ζητήματα. Οι βασιλείς αναφέρονταν στους εαυτούς τους ως «υπηρέτες του Θεού» (Ensi ή Lugal). Οι ναοί εξελίχθηκαν σε οικονομικά ιδρύματα με ιδιόκτητες γαίες. Η πολιτεία στη Μεσοποταμία ήταν υπό μια έννοια μια πόλη – κράτος, με το ναό ως κέντρο κοινωνικής ισχύος. Στην κοιλάδα του Νείλου, τέτοιες πολιτείες απλώνονταν κατά μήκος του ποταμού και ενώνονταν σε μια ενιαία κρατική οντότητα με κοινό βασιλιά, και κοινό παρονομαστή τη θρησκευτική ιδεολογία της πρωτεύουσας. Στην Κίνα, το κράτος των Shang, που χρονολογείται από το 1766 π.Χ., βασιζόταν σ' ένα σύστημα οίκων και φατριών. Οι οίκοι ήταν ενώσεις πληθυσμών τα μέλη των οποίων ήταν πιστά στον επικεφαλής τους. Ο βασιλιάς (wang) ανέθετε σ' αυτούς την αντιπροσώπευσή του, ως υψηλές προσωπικότητες ή αριστοκράτες. Οι φατρίες είχαν την ευθύνη εδαφικών περιοχών για να επεκτείνεται η κυριαρχία του κράτους. Το κράτος συνίστατο από ένα δίκτυο τειχισμένων πόλεων-υποτελών σε μια βασιλική πρωτεύουσα. Στην Ινδία την περίοδο αυτή αναδύθηκε μια χαλαρή «ομοσπονδία» πόλεων σε μια περιοχή 65000 km^2 που αργότερα επεκτάθηκε στα 544000 km^2.

Η ανάδυση των κρατικών κοινωνιών ενίσχυσε τις δυνατότητες διαχείρισης υδραυλικών έργων, επιλύοντας ταυτόχρονα διαφορές μέσα και ανάμεσα σε περιφερειακές ομάδες και διευκολύνοντας την ανακούφιση από τους λιμούς με τη μεταφορά αγαθών όταν ήταν απαραίτητο. Οι κρατικές οντότητες δημιούργησαν μια δραματική αλλαγή στις απόψεις για τον κόσμο, την κοινωνική οργάνωση και τις σχέσεις μεταξύ διαφορετικών κοινωνιών. Το κράτος υπό μια έννοια συνδέθηκε με την άνοδο της

δύναμης μιας ομάδας και με λειτουργίες που εξασφάλιζαν ένα είδος συνοχής και πειθούς μέσω υπερτοπικών μηχανισμών. Οι αρχικές φάσεις κυριαρχούνταν από ισχυρούς οίκους με εδαφική κυριαρχία και συμμαχίες μεταξύ τους. Αργότερα, ο ρόλος της φατρίας ως βάση της κοινωνικής οργάνωσης περιθωριοποιήθηκε και περιορίστηκε σε επαρχιακό επίπεδο, καθώς τα στοιχεία του γραφειοκρατικού, υπερτοπικού διαχειριστικού κέντρου εξουσίας ωθούσαν το πολιτικό σύστημα προς μια ιδεολογία με επίκεντρο το πρόσωπο του βασιλιά ως υπηρέτη ή ακόμα και γιου του Θεού.

Εικ. 16 – Σύγχρονη αναπαράσταση της τεχνικής που χρησιμοποιούσαν επί εκατονταετίες οι Κινέζοι για την ανόρυξη κρουστικών γεωτρήσεων σαλαμούρας για την παραγωγή αλατιού. (Πηγή: Kuhn, 2004).

Τα πρώιμα κράτη ήταν ένα περίεργο μίγμα κεντρικής εξουσίας και ημιαυτόνομων επαρχιών με ένα ευρύ φάσμα από το γραφειοκρατικά οργανωμένο καθεστώς ως το αυστηρά οικογενειοκρατικό. Το κράτος δεν είχε την ευθύνη και δεν εμπλεκόταν σε μεγάλης κλίμακας προγράμματα άρδευσης, και δεν φαίνεται να υπάρχουν αποδείξεις για την εμπλοκή ενός κεντρικού μηχανισμού σε μεγάλα υδραυλικά έργα, τουλάχιστον στην αρχή. Επιπλέον, παρόλο που υπάρχουν ενδείξεις για την ύπαρξη φέουδων, ο συστηματικός πόλεμος με οργανωμένο στρατό εμφανίστηκε αργότερα. Το κράτος φαίνεται ότι απέκτησε νομιμοποίηση και κύρος μέσα από τη δράση του ως «χέρι του Θεού» για την επίλυση διαφορών[34] και την ενστάλλαξη μιας έννοιας «τάξεως» μέσα σε έναν κόσμο με χαοτικές μεταβολές, από καταστροφικές πλημμύρες και σιτοδείες που οφείλονταν σε παράσιτα, μέχρι εχθρικές επιδρομές. Οι βασιλείς ενσάρκωναν ή μεσολαβούσαν στις δυνάμεις της φύσης με την κοσμική τους παρουσία και εξασφάλιζαν την ευημερία. Για τις καταστροφές ευθυνόταν πάντα ο λαός, που εξόργιζε ή παραμελούσε τους θεούς του, ή δεν συμμορφωνόταν εγκαίρως προς τις επιταγές τους.

---

[34] «*Jaµ ¢kecnem ˙AbqaÉl t¬m ˇAbilÚkew peqµ tÿm vqeÇtym toÀ Œdator, fim Ävе¥komto o≥ pa∂der toÀ ˇAbilÚkew. (*Lò t¸m e«jaiq¥am dò t°r sumamtüseyr a«t°r ¿ ˙AbqaÇl paqepomÚhg pq¬m ˇAbilÚkew diÉ tÉ vqÚata, tÉ ¿po∂a, ïmÿ tÉ e™wem Ämo¥nei ¿ ˙AbqaÇl, tÉ §qpasam o≥ »pgqÚtai toÀ ˇAbilÚkew)» *Γένεσις, ΚΑ, 25.*

Σε κάθε περίπτωση, οι βασιλείς ήταν σε θέση να κινητοποιήσουν ένα εργατικό δυναμικό μια τάξη μεγέθους ανώτερο από την κλίμακα του χωριού ή της επαρχίας, αλλά και να συγκεντρώσουν, μέσω εσόδων από τις επαρχίες, κεφάλαιο που θα μπορούσε να κινητοποιηθεί σε έκτακτες ανάγκες. Η επιτυχία αυτής της στρατηγικής κίνησης μπορούσε να προστατεύσει τις αγροτικές κοινωνίες από τις περιοδικές αγροτικές καταστροφές. Ταυτόχρονα όμως η δημιουργία του κράτους γέννησε κι έναν παράγοντα αποσταθεροποίησης. Αυτός ο παράγοντας συνίστατο στην αύξηση της ανάγκης για την παραγωγή τροφής, ώστε να καλύπτονται πλέον αυτοί που δεν παρήγαν, των οποίων μάλιστα ο αριθμός αυξανόταν. Πρόκειται για μια μεγάλη ομάδα, από τον ίδιο το βασιλιά και την αυλή του, ως τους γραμματείς και τους τεχνίτες. Επειδή μάλιστα η κοινωνική θέση αυτών των μη παραγωγών ενισχυόταν σταδιακά, η πίεση για αυξημένες ποσότητες γι' αυτούς αυξανόταν επίσης. Έτσι οι αγρότες πιέζονταν να δουλεύουν σκληρότερα, περισσότερες ώρες, αλλά και να αποκτούν περισσότερα παιδιά για ν' αυξηθεί το μέγεθος του εργατικού δυναμικού. Τότε εγκαταστάθηκαν κοινωνικοί και ιδεολογικοί μηχανισμοί για να διασφαλίσουν την παραμονή των αγροτών στα χωράφια με χαμηλό βιοτικό επίπεδο και χωρίς απαιτήσεις[35].

Ταυτόχρονα, οι «εκλεκτοί», το ιερατείο, οι γραμματείς, οι στρατιώτες και οι τεχνίτες, αποσύρθηκαν σε παλάτια και κατοικίες του βασιλιά στις πρωτεύουσες των κρατών και των επαρχιών. Πρόκειται για την αφετηρία μιας από τις μεγαλύτερες δυνάμεις στην παγκόσμια ιστορία: την κοινωνική ανισότητα και τη φτώχεια.

Η αύξηση της παραγωγικότητας για τους περισσότερους αγρότες αλλά και τους μη παραγωγούς δεν μπορούσε παρά να απαιτεί αύξηση των αναγκών σε νερό, ειδικά όταν το σύστημα εντατικής πλέον καλλιέργειας υφίστατο περιόδους με μειωμένες βροχοπτώσεις ή χαμηλές πλημμυρίδες των ποταμών. Η λύση για τους βασιλείς ήταν η κατασκευή μεγαλύτερων αρδευτικών έργων και ειδικά καναλιών και, κατά περίπτωση, η αναδιοργάνωση του γραφειοκρατικού μηχανισμού. Το αρχαιότερο τέτοιο μεγάλο έργο είναι το φράγμα Sadd el Kafara (Εικ. 17) στην Αίγυπτο, που κατασκευάστηκε μεταξύ 2600 και 2900 π.Χ., τότε που οι Αιγύπτιοι τελειοποιούσαν την τεχνολογία κατασκευής πυραμίδων. Το φράγμα αυτό δεν ήταν ταμιευτήρας, αλλά προστάτευε τις κατάντη εγκαταστάσεις στην κοιλάδα από την εφήμερη δράση των wadi. Το 2100 π.Χ. οι Αιγύπτιοι ηγεμόνες του Μέσου Βασιλείου ξεκίνησαν ένα τεράστιο υδραυλικό έργο. Μετά από μια τεσσαρακονταετή περίοδο καταστροφικά χαμηλής στάθμης του Νείλου με πτωχές ετήσιες πλημμύρες, που οδήγησε τελικά σε πολιτικό χάος, οι Αιγύπτιοι βασιλείς:

- Έσκαψαν και επανενεργοποίησαν έναν εγκαταλειμμένο κλάδο του Νείλου που συνδέει την κοιλάδα Fayioum με την κοιλάδα του ποταμού,
- Καθάρισαν και αποστράγγισαν καλλιεργήσιμη γη στην κοιλάδα αυτή, και
- Κατασκεύασαν μόνιμο αρδευτικό και αποστραγγιστικό σύστημα.

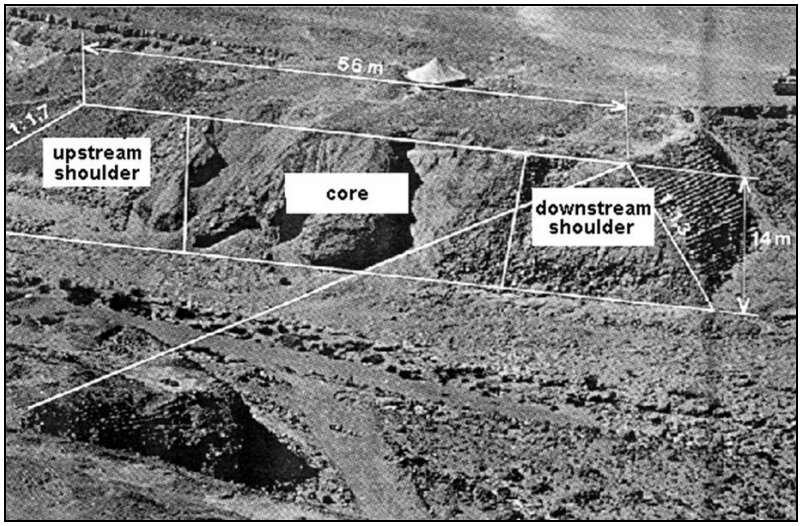
Στην Αίγυπτο και στη Μεσοποταμία οι βασιλείς που συνέδεσαν το όνομά τους (Σέσωστρις[36], Σεμίραμις κ.λ.π.) με μεγάλα υδραυλικά έργα, θεωρούνταν ήδη θεϊκά πρόσωπα και ως τέτοια λατρεύονταν και εν ζωή. Την ίδια εποχή οι Αιγύπτιοι κατασκευάζουν το Νειλόμετρο (Νειλοσκοπεία

---

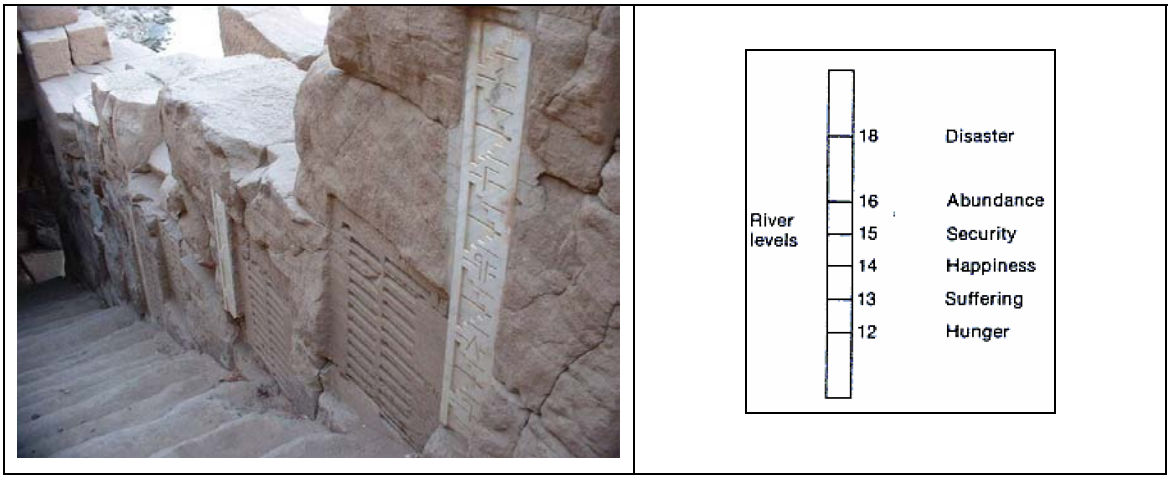
[35] «*ΆjÇmhar jaμ tqib¡kour Ämatekeð soi, jaμ vac´ t¬m w¡qtom toÀ ÄcqoÀ. Έm ≥dqÿti toÀ pqos÷pou sou vac´ t¬m Öqtom sou, õyr toÀ ÄpostqÚxai se e≤r t¸m c°m, ïn ßr ïküvhgr, ≈ti c° eª jaμ e≤r c°m Äpeke…s®.» Γένεσις, Γ, 18-19*

[36] «*Νοστήσας δὲ ὁ Σέσωστρις ἐς τὴν Αἴγυπτον καὶ τεισάμενος τὸν ἀδελφεὸν τῷ μὲν ὁμίλῳ τὸν ἐπηγάγετο τῶν τὰς χώρας κατεστρέψατο, τούτῳ μὲν τάδε ἐχρήσατο· τοὺς τέ οἱ λίθους τοὺς ἐπὶ τούτου τοῦ βασιλέος κομισθέντας ἐς τοῦ Ἡφαίστου τὸ ἱρόν, ἐόντας μεγάθε περιμήκεας, οὗτοι ἦσαν οἱ ἑλκύσαντες, καὶ τὰς διώρυχας τὰς νῦν ἐούσας ἐν Αἰγύπτῳ πάσας οὗτοι ἀναγκαζόμενοι ὤρυσσον, ἐποίευν τε οὐκ ἑκόντες Αἴγυπτον, τὸ πρὶν ἐοῦσαν ἱππασίμην καὶ ἁμαξευομένην πᾶσαν, ἐνδέα τούτων· ἀπὸ γὰρ τούτου τοῦ χρόνου Αἴγυπτος, ἐοῦσα πᾶσα πεδιάς, ἄνιππος καὶ ἀναμάξευτος γέγονε· αἴτιαι δὲ τούτων αἱ διώρυχες γεγόνασι, ἐοῦσαι πολλαὶ καὶ παντοίους τρόπους ἔχουσαι. Κατέταμνε δὲ τοῦδε εἵνεκα τὴν χώρην ὁ βασιλεύς· ὅσοι τῶν Αἰγυπτίων μὴ ἐπὶ τῷ ποταμῷ ἔκτηντο τὰς πόλεις ἀλλ' ἀναμέσους, οὗτοι, ὅκως τε ἀπίοι ὁ ποταμὸς ..., σπανίζοντες ὑδάτων πλατυτέροισι ἐχρέωντο τοῖσι πόμασι, ἐκ φρεάτων ἀρυόμενοι· τούτων μὲν δὴ εἵνεκα κατετμήθη ἡ Αἴγυπτος.*»
Ηρόδοτος, ΙΙ, 108-109

κατά τον Διόδωρο[37] ή Νειλομέτρια κατά τον Στράβωνα[38]) (Εικ. 18), δηλαδή κτιστούς σταθμούς μέτρησης της στάθμης σε διάφορα σημεία κατά μήκος του Νείλου με την αρχή των συγκοινωνούντων δοχείων, που είναι ταυτόχρονα ένα εργαλείο πρόγνωσης της αναμενόμενης παραγωγικότητας των καλλιεργειών με βάση τη στάθμη του ποταμού, αλλά και επερχόμενων λιμών ή καταστροφικών πλημμυρών, όταν η στάθμες ήταν πολύ χαμηλές ή υψηλές, αντίστοιχα (Εικ. 18).



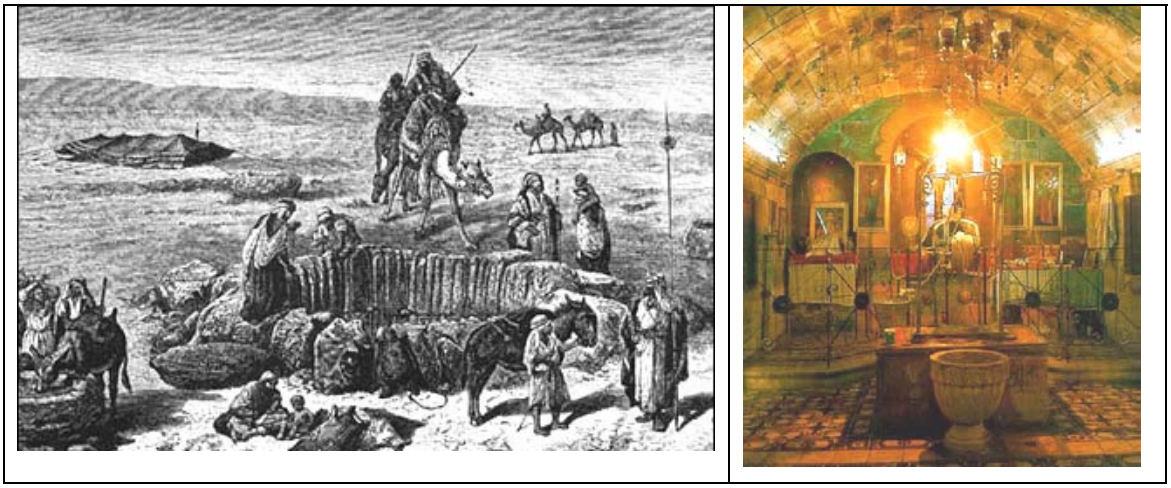
Εικ. 17 – Το αρχαιότερο γνωστό φράγμα στον κόσμο στην Αίγυπτο (Sadd-el-Kafara) που χρονολογείται γύρω στα 2600 – 2900 π.Χ. (Πηγή: Schnitter,1994, από Lettenmaier, 2004).



*Εικ. 18 – **Αριστερά**: Νειλόμετρο στη νοτιοανατολική πλευρά της νήσου Ελεφαντίνης, στον πρώτο καταράκτη 650 χιλιόμετρα ανάντη των εκβολών του ποταμού, ηλικίας τουλάχιστον 2000 ετών. Διακρίνονται τα παλιά σημάδια, και στις άσπρες στήλες τα αντίστοιχα στοιχεία στη μοντέρνα αραβική γλώσσα. Στον επόμενο καταράκτη, μεταξύ 2000 και 1788 π.Χ. η στάθμη ανέβαινε 6 ως οκτώ μέτρα ψηλότερα από ό,τι σήμερα. Πηγή: The Jesse Earl Hyde Lantern Slide Collection http://geology.cwru.edu/~huwig/. **Δεξιά**: Ερμηνεία της επιγραφής για κάθε στάθμη στο νειλόμετρο. (Πηγή http://www.waterhistory.org).*

[37] Διόδωρος, Ι, 36

[38] Στράβων, Γεωγραφικά, ΙΖ, 817

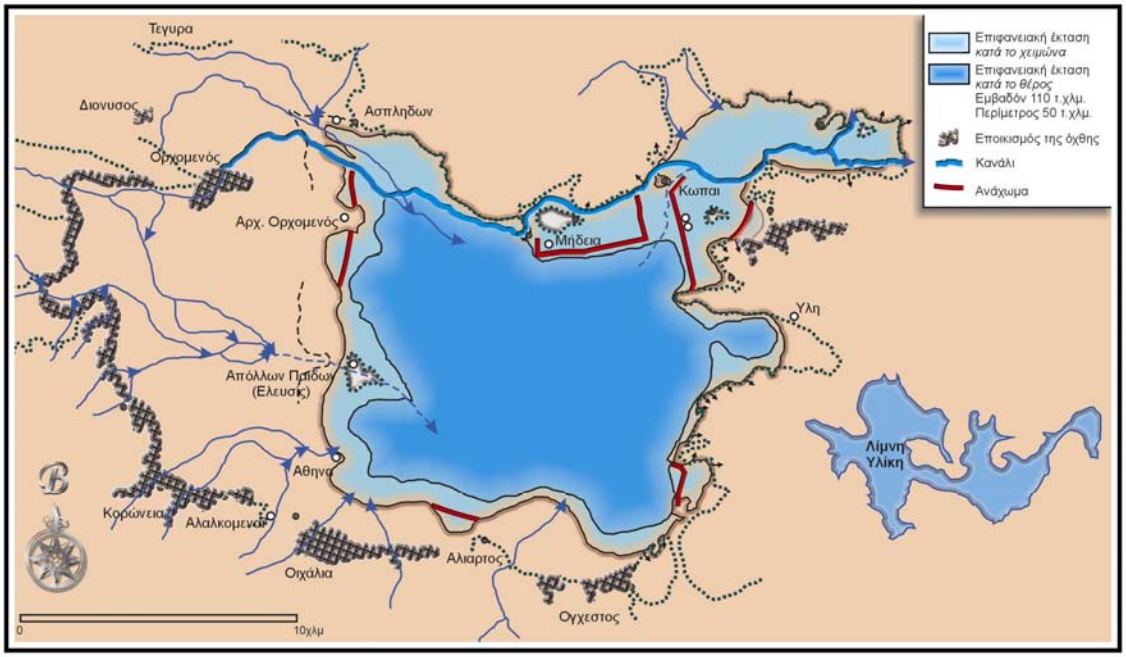


Εικ. 19 – Αριστερά: Χαρακτικό του W.M. Thompson που αναπαριστά το «πηγάδι του Αβραάμ» στη Beersheba (που εκμεταλλεύεται τον υδροφόρο του ποταμού Beersheba). Διακρίνονται ίχνη από σχοινιά στα τοιχώματα. Στην περιοχή υπάρχουν ίχνη αρχαίου οικισμού τουλάχιστον από το 1100 π.Χ. (Πηγή: http://www.netours.com/2003/Beersheba.htm). Δεξιά: Το «πηγάδι του Ιακώβ» (Ζωοδόχος Πηγή) στο ελληνορθόδοξο μοναστήρι της Nablus (Παλαιστίνη, Δυτ. Όχθη), με βάθος σήμερα γύρω στα 20 μέτρα. (Πηγή:welldrillingschool.com).

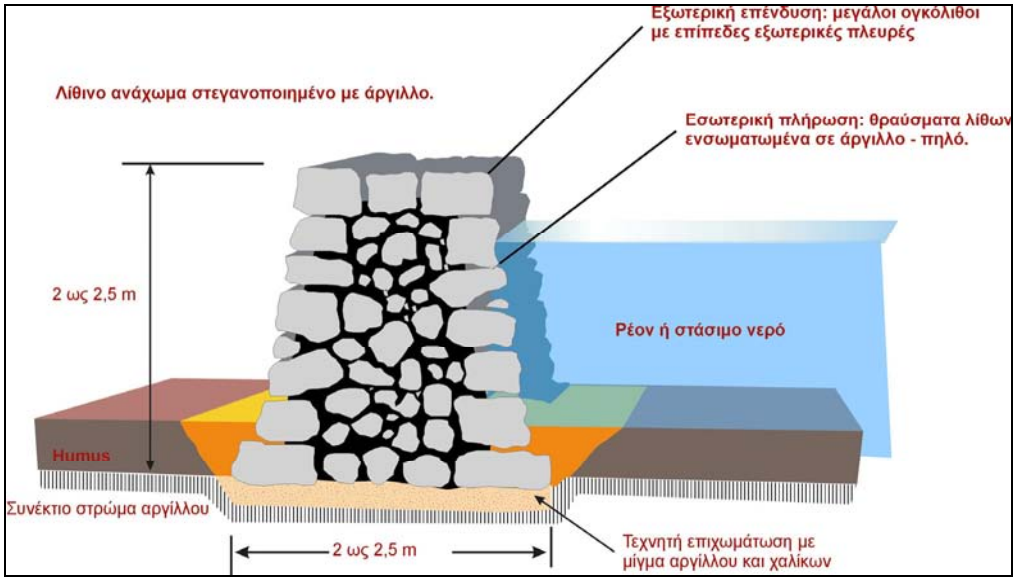
Στην Ελλάδα, η φυσιογνωμία του Ηρακλή είναι συνδεδεμένη με μεγάλα κατορθώματα (άθλους) μέσα κι έξω από τον ελλαδικό χώρο, τα περισσότερα από τα οποία ούτε λίγο ούτε πολύ περιγράφονται ή ερμηνεύονται ως υδραυλικά έργα[39]. Ο Ηρακλής «έζησε» ως ημίθεος (σαν γιος του Δία) και έγινε με το θάνατό του «Ολύμπιος», λατρευόταν δε ως θεότητα μέχρι την ύστερη αρχαιότητα. Τα έργα που του αποδίδονται, τελικά μάλλον ανάγονται κατά συγχώνευση σε ένα πρόσωπο, ενώ μπορεί να έγιναν από διάφορες φυσιογνωμίες της προϊστορικής εποχής, με ταλέντο και γνώση στην υδραυλική μηχανική. Τη συγκεκριμένη χρονική περίοδο ξεχωρίζουν τα αρδευτικά – αποστραγγιστικά έργα των Μινυών[40] στη Στερεά Ελλάδα (Κωπαΐδα) (Εικ. 20**,** Εικ. 21) και στην Πελοπόννησο (οροπέδιο Τρίπολης), καθώς και τα συστήματα ύδρευσης και αποχέτευσης της Κνωσού (Εικ. 22) στην Κρήτη από τους Μινωίτες και των Μυκηνών στην Πελοπόννησο από τους Αχαιούς, τα οποία, αν και δεν συγκρίνονται από πλευράς μεγέθους με τα έργα της Αιγύπτου και της Μεσοποταμίας, δεν υπολείπονται καθόλου σε τεχνική αρτιότητα.

[39] Παπαδήμος, 1951, Διόδωρος, Ιστορική Βιβλιοθήκη, Ι, 19.

[40] Knauss, 1984, Μαριολάκος, 2002



Εικ. 20 - Κωπαΐδα: Προσπάθεια αναπαράστασης για την Ύστερο–Μέσο–Ελλαδική περίοδο (4.100-3.100BP) (i) της έκτασης της λίμνης, (ii) του εποικισμού της όχθης, (iii) των αντιπλημμυρικών αναχωμάτων στο βόρειο-ανατολικό κόλπο αλλά στις περιοχές Αλιάρτου και αρχαίου Ορχομενού. Φαίνεται επίσης το μεγάλο κανάλι των Μινυών, από τον Ορχομενό μέχρι τις καταβόθρες, στον βορειοανατολικό κόλπο της Κωπαϊδας. Το πολλαπλών χρήσεων υδραυλικό έργο χρησιμοποιείτο (α) για την αντιπλημμυρική προστασία με την απομάκρυνση των υδάτων, (β) για την προμήθεια ύδατος και (γ) για τις μεταφορές (κατά Knauss, 1984 από Μαριολάκος, 2002).



Εικ. 21 - Κατασκευαστικές λεπτομέρειες ενός μικρού αντιπλημμυρικού αναχώματος (κατά Knauss, 1984, από Μαριολάκος, 2002).

Εικ. 22 – Πάνω: Πήλινοι (κωνικοί!) σωλήνες ύδρευσης της Παλαιοανακτορικής περιόδου από τη δυτική πλευρά του ανακτόρου της Κνωσού που έφερναν το πόσιμο νερό από το Γιούχτα. (Πηγή Institute of Ecological Technology, Sweden, http://iet-community.org). Κάτω: Λεπτομέρεια του συστήματος αποχέτευσης ομβρίων από το βόρειο τομέα της ανατολικής πλευράς του ανακτόρου της Κνωσού. Ο χώρος με τη λίθινη λεκάνη, όπου μαζεύονταν τα νερά της βροχής από πάνω, με τη βοήθεια κατακόρυφου πήλινου αγωγού, και στη συνέχεια ακολουθούσαν το μεγάλο λίθινο αγωγό. (Πηγή: Μιχαηλίδου, 1997).

Αυτές οι δραστηριότητες εξάλλου, έδωσαν ώθηση (ή έναυση) σε μια κεφαλαιώδη διαδικασία για τη μετέπειτα εξέλιξη της επιστήμης. Κατά τον Παπαδήμο (1951), σύμφωνα με τον Ηρόδοτο[41], το Διόδωρο[42] και τον Ήρωνα[43], η επιστήμη της Γεωμετρίας πρωτοαναπτύχθηκε στην Αίγυπτο με σκοπό αφενός την ανάπτυξη των πλωτών μέσων και την κατασκευή καναλιών επί του Νείλου και αφετέρου τη φορολόγηση των καλλιεργειών. Το πρώτο φορολογικό κτηματολόγιο και ο τετραγωνισμός των ιδιοκτησιών δημιουργήθηκαν για να επιλύσουν το πρόβλημα της σύγχυσης στα όρια των γαιών και για τον υπολογισμό των φόρων, καθώς οι ετήσιες πλημμύρες του ποταμού άλλαζαν το τοπίο.

Οι πόλεις – κράτη εξακολούθησαν να υπάρχουν και να ακμάζουν χωρίς να συνενωθούν σε εκτενή βασίλεια, κυρίως στην Ελλάδα (και γενικά στη βόρεια Μεσόγειο), λόγω του φυσικογεωγραφικού διαμελισμού του χώρου, σε αντίθεση με την Αίγυπτο και τη Μεσοποταμία, που οι μεγάλοι ποταμοί

---

[41] Ηρόδοτος, Ιστορίαι, ΙΙ, 108-109.

[42] Διόδωρος, Ιστορική Βιβλιοθήκη, Ι, 57-81

[43] *«Ἡ πρώτη γεωμετρία, καθὼς ἡμᾶς ὁ παλαιὸς διδάσκει λόγος, τὰ περὶ τὴν γεωμετρίαν καὶ διανομὰς κατησχολεῖτο, ὅθεν καὶ γεωμετρία ἐκλήθη. ἡ γὰρ τῆς μετρήσεως ἐπίνοια παρ' Αἰγυπτίοις ηὑρέθη διὰ τὴν τοῦ Νείλου ἀνάβασιν· πολλὰ γὰρ φανερὰ ὄντα χωρία πρὸ τῆς ἀναβάσεως τῇ ἀναβάσει ἀφανῆ ἐποίει, πολλὰ δὲ μετὰ τὴν ἀπόβασιν φανερὰ ἐγίνετο, καὶ οὐκέτι ἦν δυνατὸν ἕκαστον διακρῖναι τὰ ἴδια· ἐξ οὗ ἐπενόησαν οἱ Αἰγύπτιοι τήνδε τὴν μέτρησιν τῆς ἀπολειπομένης ἀπὸ τοῦ Νείλου γῆς. χρῶνται δὲ τῇ μετρήσει πρὸς ἑκάστην πλευρὰν τοῦ χωρίου ὅτε μὲν τῷ καλουμένῳ σχοινίῳ, ὅτε δὲ καλάμῳ, ὅτε δὲ πήχει, ὅτε δὲ καὶ ἑτέροις μέτροις. χρειώδους δὲ τοῦ πράγματος τοῖς ἀνθρώποις ὑπάρχοντος ἐπὶ πλέον προήχθη τὸ γένος, ὥστε καὶ ἐπὶ τὰ στερεὰ σώματα χωρῆσαι τὴν διοίκησιν τῶν μετρήσεων καὶ τῶν διανομῶν.»*
Ήρων ο Αλεξανδρεύς, Γεωμετρικά, «Εισαγωγαί», 23, 1

αποτέλεσαν ταυτόχρονα σκελετό και αρτηρία μεγάλων γεωγραφικά κρατικών οντοτήτων. Έτσι στην Ελλάδα οι ηγεμονίες αναπτύχθηκαν αργότερα και με συνδετικό στοιχείο τη θάλασσα κυρίως. Στην ύστερη εποχή του σταδίου αυτού (3500 BP – 2700 BP, 1500 π.Χ. – 700 π.Χ.), αναπτύχθηκαν σημαντικά έργα υποδομής σε όλες τις ανεπτυγμένες πόλεις, με έργα ύδρευσης (υδραγωγεία και δίκτυα) και αποχέτευσης. Το Πελασγικό υδραγωγείο της Αθήνας είναι τέτοιο, όπως και το σύστημα της Κνωσού. Ταυτόχρονα, σε κάποιες περιοχές είχε ήδη αναπτυχθεί πολύ αναλυτική και λεπτομερής νομοθεσία της διαχείρισης της γης και των υδάτων, επιφανειακών και υπόγειων. Η τεχνολογία των qanats στους Μήδους και τους Πέρσες, δεν ήταν μόνο ένα σύστημα μεταφοράς και αποθήκευσης του νερού. Ήταν και η βάση της νομοθετικής ρύθμισης των δικαιωμάτων χρήσης με κληρονομικά χρονομερίδια, που σε πολλές περιοχές από το Ιράν ως τη Μεσόγειο (Ισπανία) διατηρείται μέχρι σήμερα σε ισχύ. Ο «κώδικας του Χαμουραμπί» (Εικ. 23), που είναι και το αρχαιότερο γραπτό μνημείο νομοθεσίας που σώζεται σήμερα περιλαμβάνει εκτενή χωρία για τη διαχείριση του νερού. Πραγματικά, η ζωτική σημασία του νερού για τον άνθρωπο δεν μπορεί παρά να ήταν η πρώτη ανάγκη που οδήγησε στη ρύθμιση της χρήσης του μέσα στις κοινωνίες, διαμορφώνοντας την οποιαδήποτε πρώιμη νομοθεσία. Αν κάποιοι νόμοι δημιουργήθηκαν πρώτα από όλους, κατά πάσα πιθανότητα θα ήταν οι νόμοι που αφορούν το νερό.

Εικ. 23 – Η στήλη του Κώδικα του Χαμουραμπί που ανακαλύφθηκε στα Σούσα το 1901 και φυλάσσεται στο Μουσείο του Λούβρου στο Παρίσι. Είναι ένας μονόλιθος από μαύρο διορίτη περίπου 2μ ύψους και κατασκευάστηκε περίπου το 1740π.Χ. (3740BP) και περιλαμβάνει 282 άρθρα σε σφηνοειδή γραφή. Στα άρθρα 55 και 56 ορίζονται ποινές για όποιον από κακή διαχείριση των αρδευτικών του καναλιών προκαλέσει πλημμύρα στις καλλιέργειες του γείτονα. Στα άρθρα 259 και 260 περιγράφονται ποινές για κλοπή εργαλείων μεταφοράς νερού.

5. Στάδιο τεχνολογικής συγχώνευσης

2700 BP – 1700 BP (700 π.Χ. – 300 μ.Χ.)

Αυτή η χρονική περίοδος θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ως «η πρώτη παγκοσμιοποίηση», για τα μέτρα του κόσμου της εποχής. Οι θαλάσσιοι δρόμοι, το εμπόριο και οι αποικίες των Ελλήνων και των Φοινίκων, η άνοδος των Μήδων – Περσών, η άνοδος του Μακεδονικού βασιλείου, τα βασίλεια των διαδόχων του Αλεξάνδρου και τέλος η ρωμαϊκή αυτοκρατορία, δημιούργησαν γύρω από τη Μεσόγειο και τη Μαύρη Θάλασσα ένα γιγαντιαίο χωνευτήρι ιδεών και τεχνολογίας με επίδραση από τις ακτές του Ατλαντικού Ωκεανού ως την Ινδία και από την Καληδονία ως την Αβησσυνία. Σύμβολα αυτής της περιόδου φημισμένα μέχρι σήμερα, είναι

οι πολιτικά, στρατιωτικά και ιδεολογικά ισχυρές πόλεις – κράτη ή πόλεις – πρωτεύουσες όπως η Αθήνα, οι Σάρδεις, η Σπάρτη, οι Συρακούσες, η Καρχηδόνα, η Κόρινθος, η Πέλλα, η Ρώμη και τα επιτεύγματά τους, καθώς και τα σύμβολα της συγχώνευσης της γνώσης, η Πέργαμος και η Αλεξάνδρεια, με τις γνωστές βιβλιοθήκες. Είναι χαρακτηριστικό ότι αυτή την εποχή σταδιακά αποδυναμώνονται και τελικά εξαφανίζονται τα «ποτάμια» βασίλεια της Αιγύπτου και της Μεσοποταμίας, δίνοντας τη θέση τους σε άλλες δυνάμεις, που είχαν γαλουχηθεί και σφυρηλατηθεί σε συνθήκες που, αν μη τι άλλο, δεν διέθεταν αντίστοιχο πλούτο επιφανειακών υδάτων.

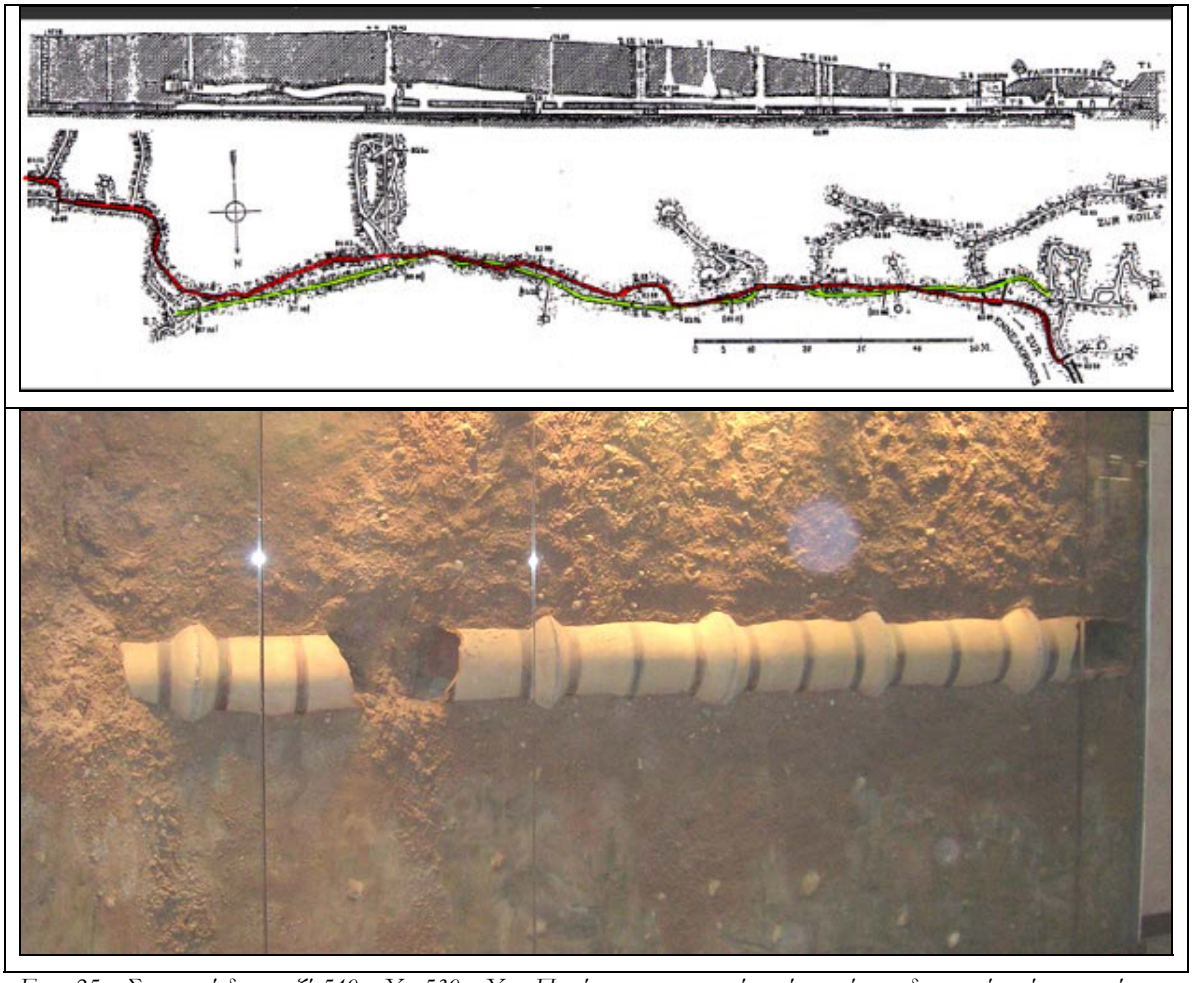
Σ' αυτές τις πόλεις δημιουργήθηκαν αστικές κοινωνίες με τεχνίτες, ιερείς, γραφείς και διοικητικούς παράγοντες που αποτέλεσαν τους εκλεκτούς της εποχής και τον πυρήνα πληθυσμιακών συγκεντρώσεων που αριθμούσαν από 20000 ως και πάνω από 50000 κατοίκους. Η αντιπλημμυρική προστασία, η μεταφορά νερού, η εμπορική χρήση των υδάτινων οδών, η χρήση δεξαμενών και λιμνοδεξαμενών, η διανομή του νερού με δίκτυα αγωγών και τα αποχετευτικά συστήματα βρίσκονταν πλέον σε πλήρη ανάπτυξη (Εικ. 24, Εικ. 25). Ταυτόχρονα, είχαν πλέον αναπτυχθεί και εξαπλώνονταν οι τεχνολογίες των υπόγειων έργων, όπως οι σήραγγες όπως το όρυγμα του Ευπάλινου (Εικ. 26) και τα qanats (Εικ. 27**,** Εικ. 28**,** Εικ. 29**,** Εικ. 33) που αργότερα θα πέρναγαν από τους Άραβες στους Ισπανούς και τελικά στην Αμερική, όπως και το συναφές εθιμικό ή θεσμικό δίκαιο[44],[45].

Ἐπεὶ δὲ πρὸς ὕδωρ οὔτε ποταμοῖς ἐστιν ἀεννάοις οὔτε λίμναις τισὶν οὔτ' ἀφθόνοις πηγαῖς ἡ χώρα διαρκής, ἀλλ' οἱ πλεῖστοι φρέασι ποιητοῖς ἐχρῶντο, νόμον ἔγραψεν, ὅπου μέν ἐστι δημόσιον φρέαρ ἐντὸς ἱππικοῦ, χρῆσθαι τούτῳ· τὸ δ' ἱππικὸν διάστημα τεσσάρων ἦν σταδίων· ὅπου δὲ πλεῖον ἀπέχει, ζητεῖν ὕδωρ ἴδιον· ἐὰν δ' ὀρύξαντες ὀργυιῶν δέκα βάθος παρ' ἑαυτοῖς μὴ εὕρωσι, τότε λαμβάνειν παρὰ τοῦ γείτονος, ἑξάχουν ὑδρίαν δὶς ἑκάστης ἡμέρας πληροῦντας· ἀπορίᾳ γὰρ ᾤετο δεῖν βοηθεῖν, οὐκ ἀργίαν ἐφοδιάζειν. ὥρισε δὲ καὶ φυτειῶν μέτρα μάλ' ἐμπείρως, τοὺς μὲν ἄλλο τι φυτεύοντας ἐν ἀγρῷ πέντε πόδας ἀπέχειν τοῦ γείτονος κελεύσας, τοὺς δὲ συκῆν ἢ ἐλαίαν ἐννέα· πορρωτέρω γὰρ ἐξικνεῖται ταῦτα ταῖς ῥίζαις καὶ οὐ πᾶσι γειτνιᾷ τοῖς φυτοῖς ἀσινῶς, ἀλλὰ καὶ τροφὴν παραιρεῖται καὶ βλάπτουσαν ἐνίοις ἀπορροὴν ἀφίησι. βόθρους δὲ καὶ τάφρους τὸν βουλόμενον ἐκέλευσεν ὀρύσσειν, ὅσον ἐμβάλλει βάθος ἀφιστάμενον μῆκος τἀλλοτρίου, καὶ μελισσῶν σμήνη καθιστάμενον, ἀπέχειν τῶν ὑφ' ἑτέρου πρότερον ἱδρυμένων πόδας τριακοσίους.

*Εικ. 24 – **Πάνω**: Ο Σόλων παραδίδει τους νόμους του στους Αθηναίους. Perino del Vaga, Solon Giving Laws to the Athenians, c. 1541.Lent from the Royal Library by Her Majesty Queen Elizabeth II (National Gallery of Art, Washington D.C.). **Κάτω**: Απόσπασμα του νόμου του Σόλωνα που αναφέρεται στις επιτρόπομενες αποσπάσεις ανόρυξης φρέατος από δημόσιο ή ιδιωτικό φρέαρ. (Πλουτάρχου, Σόλων, 23). «Επειδή δεν υπάρχουν ούτε ποταμοί μόνιμης ροής ούτε λίμνες ούτε άφθονες πηγές στη χώρα, αλλά οι περισσότεροι χρησιμοποιούσαν κατασκευασμένα φρέατα, έγραψε νόμο, όπου υπάρχει σε ακτίνα 740 μέτρων δημόσιο φρέαρ, να χρησιμοποιούν αυτό. … όπου δεν υπάρχει, να κατασκευάζουν μόνοι τους. Αν δεν βρουν νερό σε βάθος 18,5 μέτρων, τότε να παίρνουν από το γείτονα μια υδρία από δυο φορές την ημέρα. … Όρισε και αποστάσεις στις καλλιέργειες … διατάζοντας όποιοι φυτεύουν ο,τιδήποτε άλλο να απέχει 1,5 μέτρα από του γείτονα, και όποιοι φυτεύουν συκιά ή ελιά να απέχει 2,7 μέτρα, γιατί οι ρίζες τους φτάνουν πιο μακριά και αφαιρούν την τροφή από τα γειτονικά τους, ή τα βλάπτουν οι απορροές τους. Και όποιος θέλει να ανοίξει βόθρους και τάφρους, σε όσο βάθος φτάνουν τόσο να απέχουν και μεταξύ τους, και όποιος βάζει μελίσσια, να απέχουν από τα υφιστάμενα 90 μέτρα.».*

[44] Πλουτάρχου Βίοι, Σόλων, 23.5

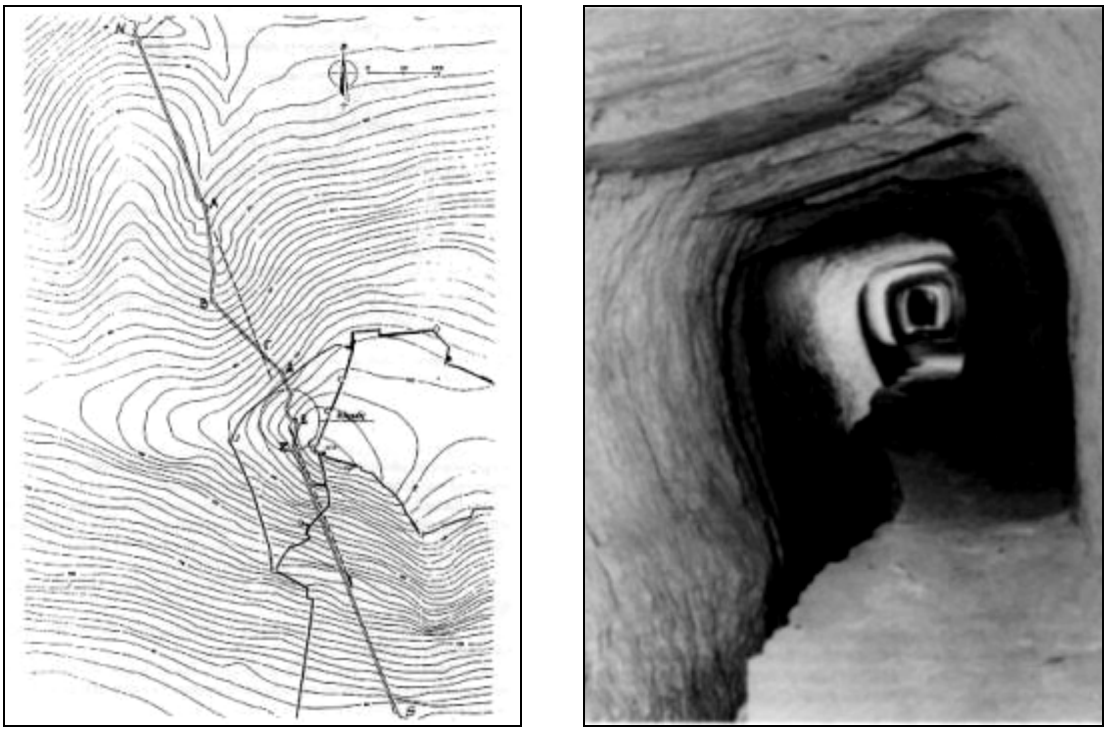
[45] Ανδρεαδάκης κ.ά., 2003.



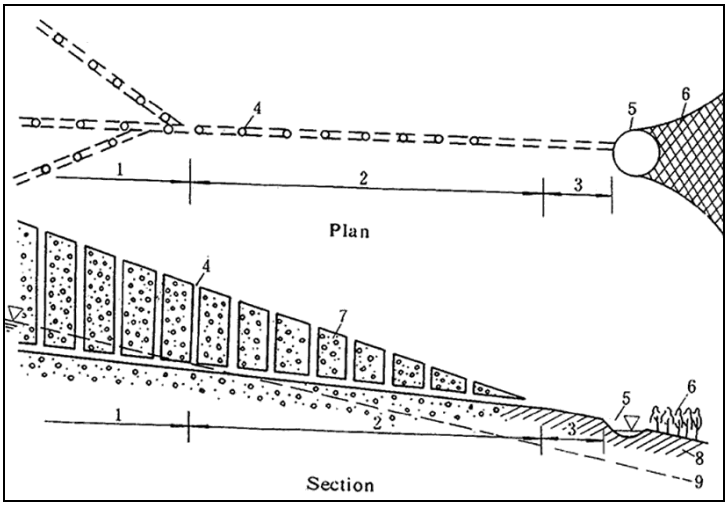
*Εικ. 25 – Στην περίοδο μεταξύ 540 π.Χ.- 530 π.Χ. ο Πεισίστρατος κατασκεύασε ένα υπόγειο υδραγωγείο, μήκους περίπου 2.800 μέτρων, αντλώντας νερά από τις πηγές του Υμηττού. Επιπλέον ο Πεισίστρατος δημιούργησε δίκτυο διανομής - από αυτό υδρευόταν η περίφημη Εννεάκρουνος- και αναβρυτήρια, και το νερό έρεε πλέον άφθονο και επαρκές για τις ανάγκες των κατοίκων. **Επάνω**: Τομή και κάτοψη των σηράγγων της «Εννεάκρουνου» (Graeber 1905, με τροποποιήσεις από τον Grewe 1998). **Κάτω**: Αναπαράσταση πήλινων αγωγών του Πεισιστράτειου υδραγωγείου (6ος αιώνας π.Χ.) (Μετρό Αθήνας, σταθμός «Ευαγγελισμός»). Από το Πεισιστράτειο υδραγωγείο, το οποίο μετέφερε πόσιμο νερό στην Αθήνα από πηγή στους πρόποδες του Υμηττού, αποκαλύφθηκαν στην Πλατεία Συντάγματος και στη λεωφόρο Αμαλίας 4 διακλαδώσεις σε μήκος που υπερβαίνει τα 200 μέτρα και αποτελούν επέκταση του δικτύου του α' μισού του 5ου αι. π.Χ.*

Φαίνεται ότι η μεγάλη τομή στην ανάπτυξη και διάδοση των τεχνολογιών που συνδέονται με τα υδραυλικά έργα επιτεύχθηκε την περίοδο των Πτολεμαίων, ή τουλάχιστον ξεκίνησε τότε. Ο κοχλίας (Εικ. 30) και ο νερόμυλος είναι μόνο δυο παραδείγματα της συμβολής του Αρχιμήδη, ο οποίος μεταξύ άλλων είχε συλλάβει και αποδείξει θεωρητικά το σφαιρικό σχήμα της Γης, παρατηρώντας ότι όλες οι ελεύθερες υδάτινες επιφάνειες σε ηρεμία είναι τμήματα σφαιρικής επιφάνειας, με κέντρο το κέντρο της Γης. Ο Αρχιμήδης (287 π.Χ. -212 π.Χ.) δούλεψε με άλλους μελετητές στη μεγαλύτερη δεξαμενή σκέψης που είχε δημιουργηθεί ποτέ: το «Μουσείον» της Βιβλιοθήκης της Αλεξάνδρειας. Η εξέλιξη των μαθηματικών του κώνου και του κυλίνδρου, οι διαφορικές εξισώσεις και άλλα επιτεύγματα που ώθησαν την υδραυλική μηχανική έγιναν σ' αυτό το χώρο από ανθρώπους όπως ο Ευκλείδης και ο Αρχιμήδης, και εκεί τέθηκαν και οι βάσεις της θεωρητικής υδρολογίας.

Οι Πτολεμαίοι, που κληρονόμησαν μακεδονικές κτήσεις από τον Αλέξανδρο, μαζί με την ελληνική κληρονομιά, επωφελήθηκαν τόσο από τη γνώση των Αιγυπτίων, όσο και των Περσών, που ήταν αντίστοιχα ειδήμονες στη διαχείριση των επιφανειακών και των υπόγειων υδάτων. Την εποχή αυτή δημιουργείται το πρώτο «παγκόσμιο χωριό» της εποχής, με ελεύθερους τους περισσότερους δρόμους του εμπορίου και της πολιτισμικής ανταλλαγής.



Εικ. 26 - Το Ευπαλίνειο όρυγμα αποτελεί ένα μηχανικό έργο αξεπέραστο στην ιστορία της μηχανικής τεχνολογίας και τεκμήριο του υψηλού επίπεδου τεχνογνωσίας των Ελλήνων μηχανικών και των ολοκληρωμένων γνώσεών τους στην εφαρμογή της Γεωμετρίας, της Τοπογραφίας, της Γεωδαισίας και της Οπτικής στην αρχαία Ελλάδα πολύ πριν από τον 6ο αιώνα π.Χ. Ο Μεγαρεύς μηχανικός Ευπαλίνος κατόρθωσε να διανοίξει έναν αγωγό ύδρευσης διαμέσου του όρους Άμπελος (σημ. Κάστρο), για την υδροδότηση της πρωτεύουσας της Σάμου (σημερινό Πυθαγόρειο). Το υδραυλικό έργο που ανέλαβε ο Ευπαλίνος είχε συνολικό μήκος 1800 μέτρων, είχε δύο τμήματα : α) το επιφανειακό (ή εξωτερικό) που ξεκινούσε από την πηγή (που σήμερα είναι ενσωματωμένη στην εκκλησία Αγιάδες) και με ένα σύστημα αγωγού και καθέτων ορυγμάτων για τον καθαρισμό του νερού, οδηγούσε προς την βόρειο είσοδο της σήραγγας και β) την κυρίως σήραγγα, μήκους 1036 μέτρων. ***Αριστερά:*** *Τοπογραφική αποτύπωση του Ευπαλίνειου ορύγματος (Γερμανικό Αρχαιολογικό Ινστιτούτο).* ***Δεξιά:*** *Το εσωτερικό του Ευπαλίνειου ορύγματος.*



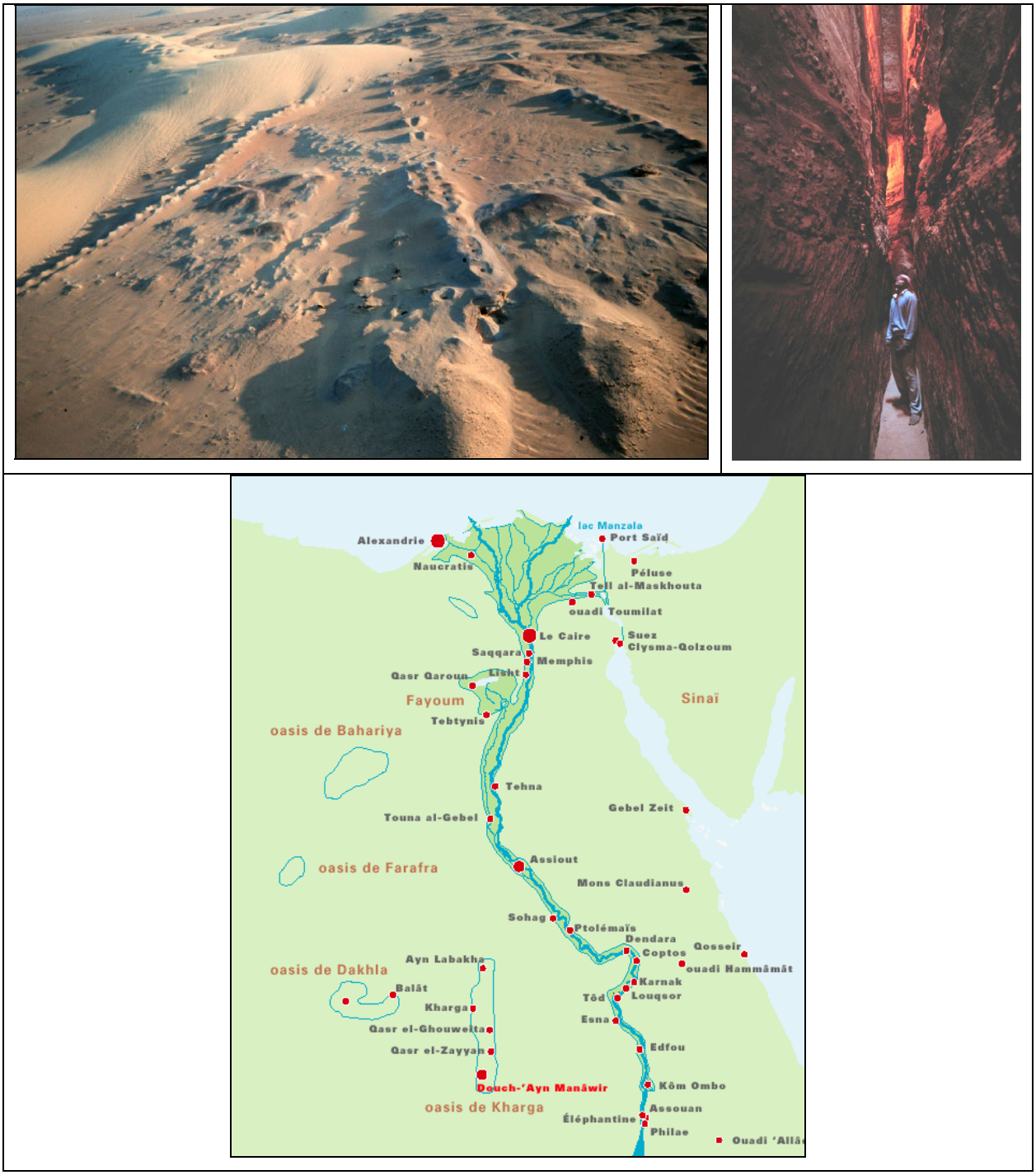
Εικ. 27 - Γενικό σχήμα ανάπτυξης ενός συστήματος qanats. (1) Τμήμα εμπλουτισμού των στοών, (2) Μέρος μεταβίβασης ύδατος (τμήμα πάνω από τον υδροφόρο ορίζοντα), (3) Ανοικτό κανάλι (στοά), (4) Κάθετες στοές, (5) Μικρή λίμνη αποθήκευσης, (6) Περιοχή άρδευσης, (7) Άμμος και αμμοχάλικο, (8) Εδαφικά στρώματα, (9) Ισοδυναμική επιφάνεια υπόγειων νερών.

Εικ. 28 - Απομεινάρια της Περσεπόλεως, της αρχαίας πρωτεύουσα της Περσίας που χτίστηκε από τον Δαρείο Ι το 520 π.Χ., στο κέντρο της αεροφωτογραφίας. Οι σειρές των μικρών τρυπών που μοιάζουν με σημάδια αποκαλύπτουν την παρουσία διάφορων συστημάτων qanat κάτω από την επιφάνεια: κάθε τρύπα είναι η κορυφή ενός φρέατος εξαερισμού. Τα περισσότερα από τα qanats γύρω από τα ερείπια της Περσεπόλεως χτίστηκαν μόνο μερικές δεκαετίες πριν.

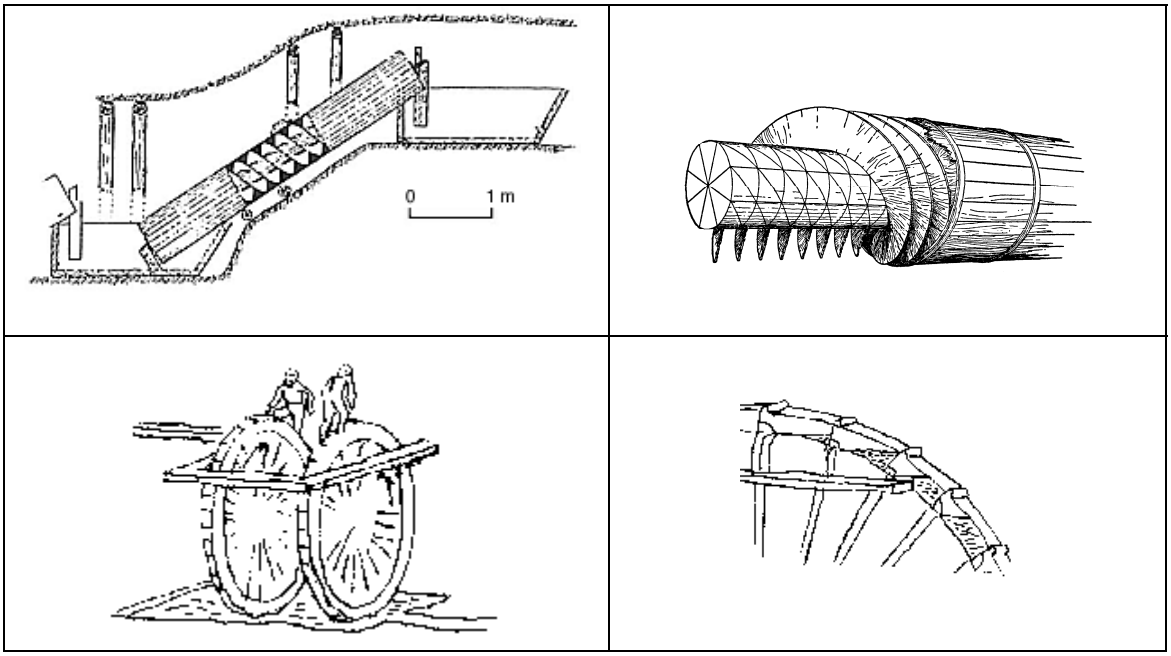
Οι Ρωμαίοι, στη συνέχεια, κεφαλαιοποίησαν τη γνώση αυτή των Ελλήνων, των Αιγυπτίων και των Περσών και εφάρμοσαν τις τεχνολογίες διαχείρισης του νερού στις περισσότερες κτήσεις της αυτοκρατορίας, σχεδόν με ομοιόμορφο τρόπο. Ακόμα, στην επαφή τους με τους Ναβαταίους εντρύφησαν στην κατασκευή ταμιευτήρων με φράγματα βαρύτητας, μεταφέροντας την ιδέα και εφαρμόζοντάς την στην Ιταλία, την Τουρκία, τη Βόρεια Αφρική και την Ισπανία. Μέχρι τουλάχιστον τον 3ο αιώνα μ.Χ., η υδραυλική μηχανική αποτέλεσε το ανεξίτηλο σημάδι της ρωμαϊκής επίδρασης στη διαχείριση του νερού παντού με υδραγωγεία (Εικ. 31**,** Εικ. 32), λουτρά και άλλα έργα που συμβολίζουν για αιώνες, τόσο την τεχνολογική όσο και την οργανωτική υπεροχή τους.

Το έργο του Μάρκου Πολλίωνα Βιτρούβιου (Περί Αρχιτεκτονικής – Δέκα Βιβλία)[46] αποτελεί ίσως επιτομή και σύμβολο αυτής της εποχής, καθώς συνοψίζει αφενός την ιδεολογική βάση της φιλοσοφικής, επιστημονικής και τεχνολογικής ανάπτυξης της ρωμαϊκής ακμής και αφετέρου τις τεχνικές προδιαγραφές και οδηγίες για τη δημιουργία οργανωμένων πόλεων από το μηδέν, και μάλιστα προσαρμόζοντάς τις στις ιδιαιτερότητες των φυσικογεωγραφικών και κλιματικών χαρακτήρων κάθε περιοχής. Από άποψη σαφήνειας, περιεκτικότητας και χρηστικότητας, θα μπορούσε να συγκριθεί, τηρουμένων των αναλογιών, με ιδιαίτερα επεξεργασμένα και κωδικοποιημένα σημερινά κείμενα, όπως οι οδηγίες και οι αναφορές της Ευρωπαϊκής Ένωσης ή της European Environment Agency, αλλά και με τεχνικά εγχειρίδια όπως ο Ελληνικός Αντισεισμικός Κανονισμός, μόνο που φέρει και ένα φιλοσοφικό και ηθικό υπόβαθρο με εξαιρετικό βάρος.

[46] Μτφ. Σ. Ζερεφού, Εκδ. Παρατηρητής, Μτφ. Π. Λέφα, Εκδ. Πλέθρον.



*Εικ. 29 – Τα qanats που κατασκευάστηκαν στην Αίγυπτο από τους Πέρσες κατακτητές (5ης αιώνας π.Χ.). **Πάνω αριστερά:** περιοχή του Qanat No4 στην Ayn Manawir. **Πάνω δεξιά:** Το εσωτερικό του qanat No 4 στην Ayn Manawir. **Κάτω:** Η ευρύτερη περιοχή της όασης Kharga και του Ayn-Mnawir, σε σχέση με την περιοχή του Νείλου στην Αίγυπτο. Από τα μέχρι στιγμής αρχαιολογικά δεδομένα προκύπτει ότι, δεν υπάρχει συνεχής ανθρώπινη παρουσία στην περιοχή μεταξύ των περιόδων αυτών των Παλαιών Βασιλικών Κατασκηνώσεων (στην οποία τα περισσότερα από τα αρτεσιανά πηγάδια στέρεψαν γύρω στο 2200 π.Χ.) και της σημαντικής επανεγκατάστασης που συνέβη τουλάχιστον στο μέσο του 5ου π.Χ αιώνα κατά την βασιλεία του Αρταξέρξη του Πρώτου. (Πηγή: Wuttmann et al., 2000).*



Εικ. 30 – Στη θητεία του Αρχιμήδη στην Αίγυπτο γύρω στο 250 π.Χ., αποδίδεται ο κοχλίας άντλησης νερού (πάνω) που βρήκε ευρύτατη εφαρμογή στην αποστράγγιση των ρωμαϊκών ορυχείων (Διόδωρος Σικελιώτης, Ιστορίαι), και η άντληση με ποδήλατο τροχό (κάτω). Πηγή: http://www.math.nyu.edu/~crorres/Archimedes/Screw/SourcesScrew.html (New York University, Department of Mathematics).

Είναι χαρακτηριστικό ότι ένα από τα δέκα βιβλία του έργου αυτού (το όγδοο, «Τρόποι ανεύρεσης νερού») αναφέρεται συνοπτικά αλλά και με εξαιρετική λεπτομέρεια στο θέμα της διαχείρισης του νερού, ξεκινώντας από την έννοια του υδρολογικού κύκλου[47] και τις μεθοδολογίες ανεύρεσης και ανόρυξης των κοιτασμάτων, για να καταλήξει στον τρόπο μεταφοράς από την πηγή και διανομής στην πόλη, στην τιμολόγηση κ.λπ. μαζί με τεχνικές προδιαγραφές για τη διαστασιολόγηση των έργων και για τα υλικά που πρέπει να χρησιμοποιούνται κατά περίπτωση[48].

Ωστόσο, η αυτοκρατορική[49] διακυβέρνηση της Ρώμης, όπως και όποια διακυβέρνηση ευνοεί το αστικό περιβάλλον, είχε πάντα μια σοβαρή παρενέργεια. Η συνεχής αύξηση της συγκέντρωσης πλούτου στα αστικά κέντρα και κυρίως στις αριστοκρατικές τάξεις και στις αυλές των αυτοκρατόρων και των αξιωματούχων, οδηγούσε σταθερά και νομοτελειακά τον αγροτικό πληθυσμό σε δυσχερέστερη κατάσταση, σπέρνοντας έτσι το σπόρο της παρακμής στην καρδιά της αυτοκρατορίας, δηλαδή στην αγροτική παραγωγή[50]. Η βαριά φορολογία, η διαφθορά των φοροεισπρακτόρων και η απώλεια της

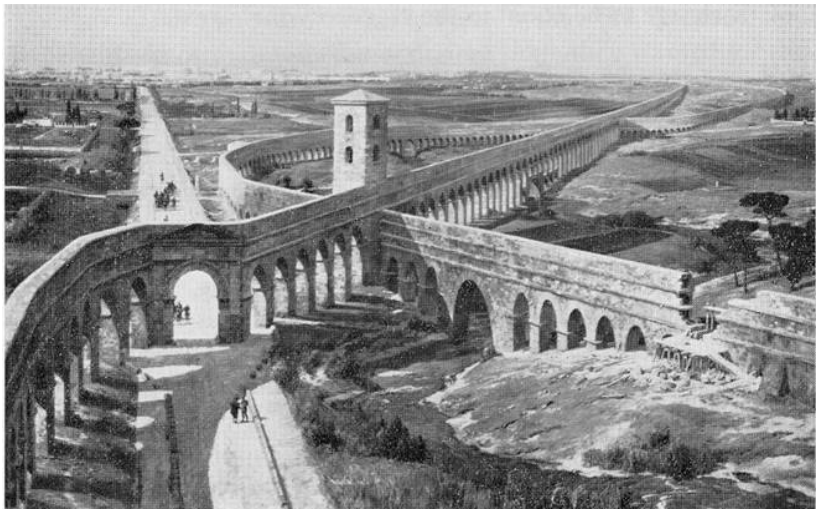
[47] «*Οι κοιλάδες ανάμεσα στα βουνά δέχονται άφθονες βροχές και λόγω των πυκνών δασών και της σκιάς τους κρατούν για μεγαλύτερο διάστημα το χιόνι. Μετά, όταν αρχίζει να λιώνει, διεισδύει το νερό σταδιακά μέσα στις σχισμές του εδάφους και φτάνει έτσι στους πρόποδες των βουνών, απ' όπου αναβλύζουν πηγές. Αντίθετα, σε επίπεδες περιοχές δεν είναι δυνατό να βρεθεί μια ικανοποιητική ποσότητα νερού. Όσο πολύ και να είναι, δεν μπορεί να είναι υγιεινό, επειδή λόγω της έλλειψης σκιάς ο έντονος ήλιος διώχνει με τη θερμότητά του την υγρασία από τις επίπεδες πεδιάδες. Αν εμφανιστεί νερό εκεί, το ελαφρότερο και το καθαρότερο και το πιο υγιεινό του μέρος παρασύρεται μακριά από τον αέρα και σκορπίζεται στους ουρανούς, ενώ τα βαρύτερα, τα σκληρότερα και τα πιο δυσάρεστα μέρη του παραμένουν στις πηγές που βρίσκονται στα επίπεδα μέρη*» (Περί Αρχιτεκτονικής, Βιβλίο Όγδοο, I.7).

[48] «*Οι πήλινοι αγωγοί που χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά νερού έχουν τα ακόλουθα πλεονεκτήματα: κατά πρώτο λόγο, αναφορικά με την κατασκευή τους, αν έχουν κάποια ζημιά, οποιοσδήποτε μπορεί να τη διορθώσει. Δεύτερον, το νερό που περνάει μέσα από πήλινους αγωγούς είναι πολύ πιο υγιεινό από το νερό που μεταφέρεται μέσα από τους μολυβδένιους. …το νερό δεν θα πρέπει να μεταφέρεται με αγωγούς από μόλυβδο, αν θέλουμε να είναι υγιεινό. Το ότι η γεύση είναι καλύτερη, όταν έρχεται από πήλινους αγωγούς μπορεί να αποδειχθεί από την καθημερινή ζωή, διότι παρόλο που στο τραπέζι μας υπάρχουν πολλά ασημένια δοχεία, όλοι χρησιμοποιούμε πήλινα είδη, επειδή μέσα σ' αυτά έχει καλύτερη γεύση*» (Περί Αρχιτεκτονικής, Βιβλίο Όγδοο, VI.10,11).

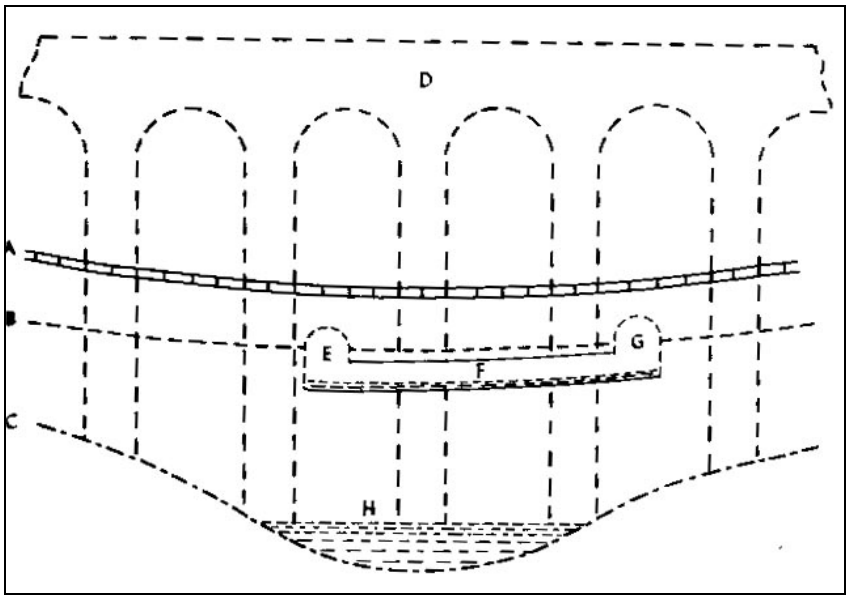
[49] Από τη θητεία του Ιούλιου Καίσαρα και μετά, ο «princeps» γίνεται ισόβιος αυτοκράτωρ (imperator), και δεν ελέγχεται πια ουσιαστικά από τη Σύγκλητο, το βασικό όργανο της μέχρι τότε ρωμαϊκής res publica. (Nicholas, 1992).

[50] Ένα μεγάλο πρόβλημα που αντιμετώπισαν ρωμαίοι αυτοκράτορες, με χαρακτηριστικότερο παράδειγμα το Διοκλητιανό, ήταν αυτό του πληθωρισμού. Δεν μπορούσε να γίνει κατανοητό ότι δεν αντιμετωπιζόταν το πρόβλημα κόβοντας συνεχώς νέα νομίσματα, τη στιγμή που έφθινε η αγροτική παραγωγή.

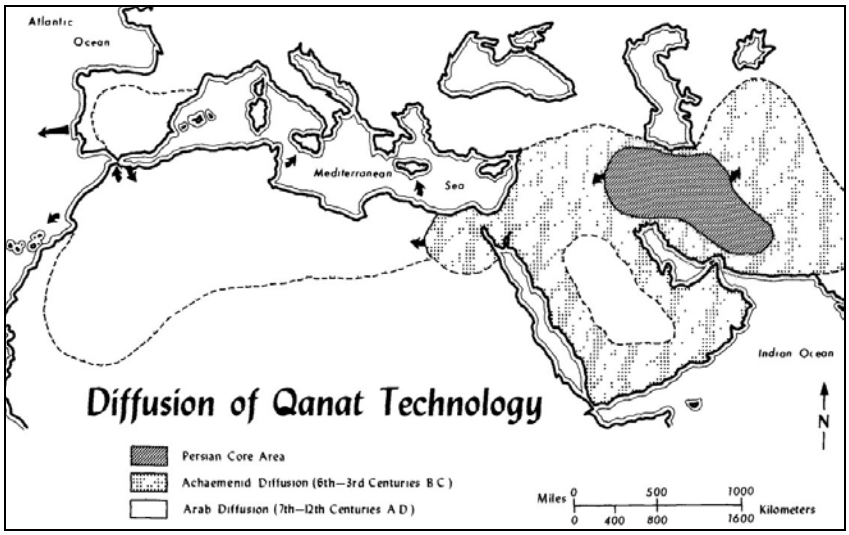
ελευθερίας λόγω πολέμου ή λόγω χρεών ήταν στοιχεία που ήδη από την περίοδο ακμής των Ρωμαίων αποτελούσαν ανησυχητικά δείγματα, με αποτέλεσμα σε πολλές περιπτώσεις την εγκατάλειψη της υπαίθρου από τους ίδιους τους αγρότες, ένα πρόβλημα που δεν σταμάτησε σχεδόν ποτέ μέχρι σήμερα να επανέρχεται, με τον ένα ή τον άλλο τρόπο.



*Εικ. 31 – **Πάνω**: Τα υδραγωγεία της Ρώμης (αναπαράσταση). Αριστερά τα «Anio Novus» και «Claudia» (δύο επάλληλοι αγωγοί) και δεξιά τα «Marcia», «Tepula» και «Julia» (τρεις επάλληλοι αγωγοί). Πηγή: (Πίνακας του Zeno Diemer, Deutsches Museum, Μόναχο, από Lettenmaier, 2004). **Κάτω**: Το Αδριάνειο υδραγωγείο κατασκευάστηκε στις αρχές του 2ου μ.Χ. αιώνα στην Αθήνα. Ο κύριος σκοπός του Υδραγωγείου ήταν πρωτίστως η υδροδότηση της ρωμαϊκής συνοικίας της Αθήνας που ονομαζόταν "Πόλη του Αδριανού" και κάλυπτε όλο το σημερινό πάρκο του Ζαππείου, από το Καλλιμάρμαρο μέχρι τη Βουλή. Το Υδραγωγείο ήταν μια υπόγεια σήραγγα με συνολικό μήκος περίπου 25 χλμ. η οποία σκάφτηκε όλη με τα χέρια, πιθανώς σκλάβων, που χρησιμοποιούσαν απλά εργαλεία λάξευσης της πέτρας, όπως σφυρί και καλέμι. Το Αδριάνειο ήταν σχεδιασμένο για να μαζεύει νερό κατά μήκος όλης της χάραξης με πολλά υδρομαστευτικά έργα, όπως πηγάδια, συνδεδεμένα με το Αδριάνειο με υπόγειες σήραγγες ή μικρά υδραγωγεία που μετέφεραν νερό από άλλες πηγές. Βοηθητικά υδραγωγεία ήταν τα υδραγωγεία του Χαλανδρίου, του Κοκκιναρά, της Κιθάρας, του Μονοματίου. Το Αδριάνειο Υδραγωγείο ξεκινούσε από την περιοχή του Τατοΐου και μετέφερε νερό με βαρύτητα σε λιθόκτιστη δεξαμενή που κατασκευάστηκε στους πρόποδες του λόφου του Λυκαβηττού, την Αδριάνειο Δεξαμενή, χωρητικότητας 500 κυβικών μέτρων. Το Υδραγωγείο και η Δεξαμενή λειτούργησαν χωρίς αλλαγές υδροδοτώντας την περιοχή της Αθήνας μέχρι την εποχή της Τουρκοκρατίας. Τότε πια το Υδραγωγείο εγκαταλείφτηκε, με αποτέλεσμα να πέσουν τα σαθρά τοιχώματά του και να φραχθεί από χώματα. Έτσι περιήλθε τελικά σε αχρηστία όπως και η Δεξαμενή, για να επανέλθει σε μερική χρήση με επισκευές μετά την απελευθέρωση και μέχρι το 1940. Στη φωτογραφία η Αδριάνειος δεξαμενή στο Κολωνάκι το 1936 (Πηγή: ΕΥΔΑΠ).*



Εικ. 32 – Αρχαιολογικά υδραυλικά έργα στη Βαλένθια (Ισπανία) (N. Primitiu). A:Σημερινό επίπεδο του δρόμου, B:Επίπεδο της Ισλαμικής περιόδου, C:Επίπεδο της Ρωμαϊκής περιόδου, D:Ρωμαϊκό υδραγωγείο, E:Ισλαμικό υδραγωγείο (Vall Veli, «Παλαιός Υπόνομος»), F:Αγωγός τροφοδοσίας από το κανάλι Rovella, G:Το κανάλι Rovella, H:Σημερινό επίπεδο του ποταμού Guadalaviar (Turia). (THE LIBRARY OF IBERIAN RESOURCES ONLINE Irrigation and Society in Medieval Valencia Thomas F. Glick Print Edition: Harvard University Press, 1970) http://libro.uca.edu/



Εικ. 33 – Διάχυση της τεχνολογίας των qanats (Gtlick, 1970).

6. Στάδιο του Μεσαίωνα

312 μ.Χ. – 1500 μ.Χ.

Πρόκειται για μια περίοδο τεράστιων ανακατατάξεων στον «Παλαιό Κόσμο». Σε σχέση με τη διαχείριση των υδατικών πόρων, κυριαρχούν δυο βασικά χαρακτηριστικά. Αφενός η φθίνουσα πορεία της ρωμαϊκής αυτοκρατορίας, που σήμανε την απώλεια της συστηματικής και ομοιόμορφης εφαρμογής τεχνολογιών και κανονισμών στις περιοχές της πρώην ρωμαϊκής και πλέον χριστιανικής δύσης και αφετέρου η άνοδος του ισλαμικού πολιτισμού, ο οποίος παρέλαβε τα ηνία της διανόησης και της τεχνολογίας, και κατά συνέπεια και της πρωτοπορίας στη διαχείριση των υδατικών πόρων.

Ο πολιτισμός της μεσαιωνικής Ευρώπης θεμελιώθηκε πάνω στα επιτεύγματα των Ρωμαίων. Η δημόσια διοίκηση, το δίκαιο, η τέχνη, η αρχιτεκτονική και η παιδεία των Ρωμαίων διατηρήθηκαν επί αρκετό διάστημα σε μεγάλο βαθμό, τουλάχιστον αρκετά. Οι Ρωμαίοι προσέδωσαν οικουμενικότητα στο χριστιανισμό, που γεννήθηκε σε μια μακρινή περιοχή της αυτοκρατορίας αλλά εξελίχθηκε σε κυρίαρχη θρησκεία του δυτικού κόσμου. Αντίστοιχα, η χριστιανική εκκλησία δανείστηκε στοιχεία από τους Ρωμαίους και έπαιξε καθοριστικό ρόλο στη διατήρηση μεγάλου μέρους της ρωμαϊκής λογοτεχνίας και μάθησης. Οι λαοί του Μεσαίωνα γνώρισαν τη Ρώμη μέσω της χριστιανικής εκκλησίας. Οι Ρωμαίοι επίσης οικειοποιήθηκαν και αξιοποίησαν στη βορειοδυτική Ευρώπη έναν κατά βάση κελτικό πολιτισμό. Έτσι, καθώς η ρωμαϊκή ισχύς έφθινε, τα κελτικά στοιχεία πρόβαλαν ξανά στην επιφάνεια. Οι Γερμανοί εισήγαγαν κι αυτοί πρωτότυπα στοιχεία και αλληλοπροσαρμόστηκαν με τους Ρωμαίους δημιουργώντας ένα διαφορετικό πολιτισμό. Στα ανατολικά η ρωμαϊκή αυτοκρατορία συνέχισε να υπάρχει. Ενώ στη δύση αναβίωσαν κάποια κελτικά στοιχεία, στην ανατολή οι ελληνικές βάσεις του ρωμαϊκού πολιτισμού γέννησαν μι νέα ρωμαϊκή, «βυζαντινή» αυτοκρατορία, που τον 6ο αιώνα ήταν περισσότερο ελληνική παρά ρωμαϊκή. Η άνοδος του Ισλάμ κατά τον 7ο αιώνα οδήγησε στην ανάπτυξη νέων πολιτικών οντοτήτων με τις οποίες οι Λατίνοι χριστιανοί της δύσης έμελλε να αναπτύξουν πολιτικές, οικονομικές και πολιτισμικές σχέσεις. Οι μουσουλμάνοι όμως κατέλαβαν πολλές περιοχές που είχαν υποστεί ρωμαϊκή επίδραση. Αφομοιώνοντας στοιχεία του ρωμαϊκού πολιτισμού και εντρυφώντας βαθιά στον ελληνικό πολιτισμό και τις επιστήμες της ανατολής και της Ινδίας, γνώρισαν τη μεγάλη τους ακμή.

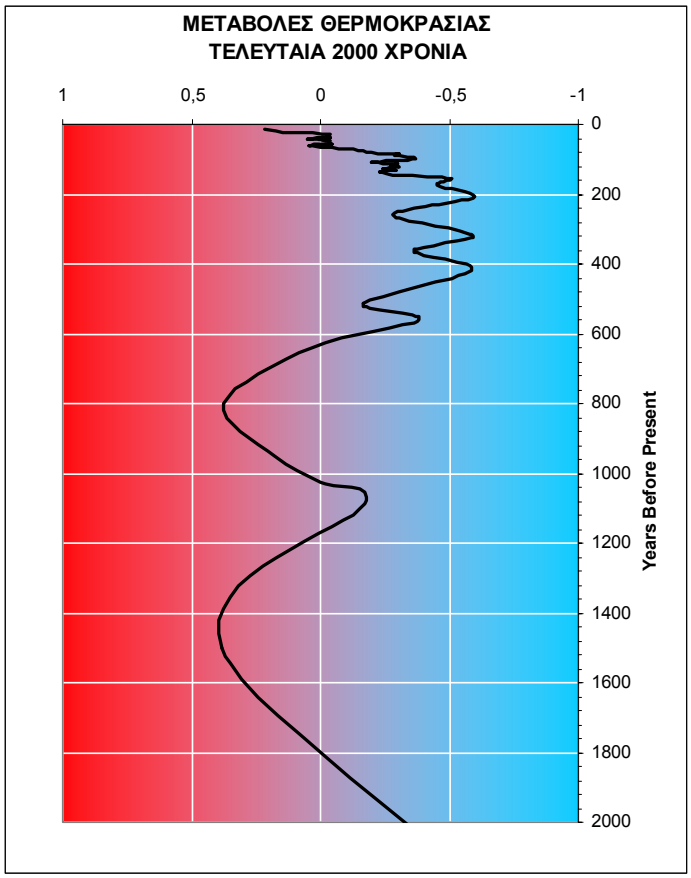
Σχεδόν ταυτόχρονα με την αλλαγή της ρωμαϊκής αυτοκρατορίας σε χριστιανικό κράτος, κι ενώ ο Κωνσταντίνος και ο Θεοδόσιος Β επιτύγχαναν μια διοικητική ανάκαμψη, ήδη οι αλλαγές ήταν δρομολογημένες και ριζικές. Η εμπλοκή και η αλληλεξάρτηση της κοσμικής εξουσίας με τον επίσημο πια (και απαλλαγμένο από φόρους και στρατιωτικές υποχρεώσεις) κλήρο δημιουργούσαν νέες πολιτισμικές μορφές στη δύση και στην ανατολή.

Στη δύση η πνευματική δραστηριότητα άρχισε να φθίνει, καθώς ο εκχριστανισμός των Γερμανών απαιτούσε την εκλαΐκευση του χριστιανισμού και την αφυδάτωσή του από τα φιλοσοφικά ζητήματα των ελληνικών του καταβολών. Η χαλάρωση της κεντρικής διοίκησης και η εξάρτησή της από τους τοπικούς γαιοκτήμονες αλλά και από τη συναίνεση και καθοδήγηση των επισκοπών και των εκκλησιαστικών συνόδων, ενίσχυσαν αυτό το φαινόμενο. Η λατινοχριστιανική παιδεία από κάποιο σημείο και μετά αποκήρυξε ανοιχτά με το στόμα μορφωμένων ιεραρχών τους κλασσικούς συγγραφείς, κρατώντας μόνο τη ρητορική, τη λογική και τη γραμματική και διδάσκοντας μόνο από ιερά χριστιανικά κείμενα, αποχωρίζοντας έτσι την «τριάδα» από τις υπόλοιπες τέσσερις «ελευθέριες τέχνες» (αριθμητική, γεωμετρία, αστρονομία και μουσική).

Το κίνημα του ασκητισμού που ξεκίνησε από τον Άγιο Αντώνιο στην Αίγυπτο, μετεξελίχθηκε στο μοναχισμό και μεταλαμπαδεύτηκε στην Ευρώπη, για να καταλήξει στις μεγάλες γαιοκτητικές μονές κατά μήκος των εύφορων κοιλάδων, και τον «αριστοκρατικό» μοναχισμό. Πάντως σ' αυτό το κίνημα (του μοναχισμού) οφείλεται σε μεγάλο βαθμό η πνευματική ανάκαμψη της Ευρώπης, πολύ αργότερα, και κυρίως με αντιδάνεια από τους Άραβες. Από τον 6ο κιόλας αιώνα, με πρώτη τη μονή του Βιβαρίου νότια της Ρώμης, που ίδρυσε ο Ρωμαίος συγκλητικός Κασσιόδωρος, καθιερώθηκε η μοναστηριακή πρακτική της αντιγραφής αρχαίων κειμένων από τους μοναχούς. Έτσι, μπορεί επί μεγάλο χρονικό διάστημα να μην υπήρξε σοβαρή εξέλιξη των γραμμάτων και των επιστημών στη δύση, αυτά διατηρήθηκαν όμως σε χειμερία νάρκη χωρίς να εξαφανιστεί το κληροδότημα των αρχαίων συγγραφέων.

Στην ανατολική ρωμαϊκή αυτοκρατορία, που συνέχισε τη ρωμαϊκή παράδοση με περισσότερο ελληνικές επιδράσεις, δεν εμφανίστηκε αντίστοιχη πνευματική ατονία και η βασική μόρφωση διατηρήθηκε σε καλύτερο επίπεδο. Η βυζαντινή αυτοκρατορία, που άντεξε τις πιέσεις των Σλάβων και των Αράβων, διατήρησε καλύτερο έλεγχο της επικράτειας και της διοίκησης, αν και γενικά με πιο εσωστρεφή χαρακτήρα από τη δύση. Παρά ταύτα, η ανάκαμψη της πνευματικής δραστηριότητας στη δύση, που κορυφώθηκε αργότερα με την αναγέννηση, στην ανατολή συνέπεσε με την κατάληψη της αυτοκρατορίας από τους οθωμανούς, που επέφερε ένα επιπλέον ρήγμα στην πολιτισμική της ιστορική συνέχεια.

Αυτές οι αλλαγές στο Μεσαίωνα συνέπεσαν με σημαντικά κλιματικά γεγονότα (Εικ. 34). Από τον 4ο ως τον 9ο αιώνα (με μικρό διάλειμμα στον 8ο), στην Ευρώπη καταγράφηκε μια σοβαρή δημογραφική κρίση. Η άνοδος της στάθμης της θάλασσας κατά τον 4ο αιώνα αχρήστευσε τις υποδομές πολλών από τις παραθαλάσσιες πόλεις των Ρωμαίων, ενώ στη συνέχεια και μέχρι τον 9ο αιώνα το κλίμα ήταν πολύ ψυχρό. Πολυάριθμες σιτοδείες καταγράφηκαν, ενώ μια επιδημία πανώλης το 543 ενίσχυσε την πίεση στον πληθυσμό. Αυτή η περίοδος συνδέεται με την εγκατάλειψη αρκετών οικισμών ή και πόλεων, και στην Ελλάδα[51]. Σταδιακά μεταβλήθηκε και ο τρόπος εκμετάλλευσης της υπαίθρου, όπως και ο χαρακτήρας των οικισμών. Εγκαταλείφθηκαν οι ρωμαϊκές επαύλεις και οι οικισμοί ακολούθησαν και πάλι τους δρόμους του νερού, ενώ οι μονοκαλλιέργειες και η μόλυνση των επιφανειακών υδάτων περιόριζαν σημαντικά την παραγωγικότητα των εδαφών. Η δουλεία και η δουλοπαροικία βρέθηκαν σε άνοδο, ενώ το βιοτικό επίπεδο κρατήθηκε χαμηλά κυρίως στην ύπαιθρο, αλλά και στις πόλεις, κάποιες από τις οποίες ήταν πια οικισμοί – κάστρα, που περιστοιχίζονταν από την περιοχή αγροτικής εκμετάλλευσης του γαιοκτήμονα – φεουδάρχη, ή του τοπικού εκκλησιαστικού άρχοντα.



Εικ. 34 – Μεταβολές της θερμοκρασίας κατά τα τελευταία 2000 χρόνια. Διακρίνεται μια ομαλή αύξηση της θερμοκρασίας τους πρώτους 5 αιώνες μ.Χ., μια απότομη πτώση κατά τον 8ο αιώνα και η Little Ice Age από τον 13ο αιώνα και μέχρι τον 18ο.

Την ίδια χρονική περίοδο άνθησε ο ισλαμικός πολιτισμός από την Ισπανία ως το Ιράκ. Παρά τις έριδες και τις διαμάχες μεταξύ των Αράβων και μη αρχόντων, άκμασε ένας ενιαίος πολιτισμός, που άφησε ανεξίτηλα σημάδια. Όταν ο Καρλομάγνος και οι άρχοντές του μετά βίας έγραφαν το όνομά τους, ο αλ-Ρασίντ και ο αλ-Μαμούν εντρυφούσαν στην ελληνική και περσική φιλοσοφία. Η ελληνική

[51] Όπως η αρχαία Ήλιδα..

φιλοσοφία και επιστήμη μεταφράστηκε[52] στα αραβικά και, σε μεγάλα πνευματικά κέντρα της εποχής όπως η Κόρδοβα και η Βαγδάτη, με πανεπιστήμια και βιβλιοθήκες από τον 9ο αιώνα, άκμασε η ιατρική, η αστρονομία, τα μαθηματικά, η γεωμετρία, η χημεία και η γεωγραφία. Αυτοί οι τομείς γνώσης και οι συναφείς τεχνολογικές εφαρμογές τους, μόλις μετά το 12ο αιώνα απασχόλησαν τη δύση φανερά.

Εικ. 35 – Μεσαιωνικός κοινόχρηστος νερόμυλος («Moulin banal») σε μεσαιωνικό βαλλονικό χωριό του Βελγίου (Braine-le-Chateau, 12ος αιώνας).(Πηγή:wikipedia.org).

Αυτή η δεύτερη περίοδος της αραβικής «παγκοσμιοποίησης», με όχημα την προηγούμενη μιλιταριστική επεκτατική δράση των Αββασιδών αρχικά, και τους εμπόρους της θάλασσας και τα καραβάνια στη συνέχεια, συνδύασε για μια ακόμα φορά γνώσεις από την Κίνα ως την Ισπανία. Οι μουσουλμάνοι ηγεμόνες, ηγέτες λαών που γαλουχήθηκαν στις ερήμους της Αραβίας, της Βόρειας Αφρικής και της Ανατολής, εξάπλωσαν σε πολλά μέρη του κόσμου αρδευτικά δίκτυα, υδραγωγεία, υπόγειους αγωγούς, νερόμυλους, λουτρά, κρήνες και σιντριβάνια, που άφησαν αργότερα έκπληκτους τους σταυροφόρους, των οποίων οι πατρίδες τα είχαν από αιώνες ξεχάσει (Εικ. 36, Εικ. 37). Οι μουσουλμάνοι επίσης εισήγαγαν ένα σύστημα διαχείρισης νερού και δικαστήρια του νερού. Το ενδιαφέρον των Αράβων για την υδραυλική μηχανική ήταν μια μεγάλη πηγή για τη σύγχρονη μηχανική και τη βιομηχανία, που αργότερα θα άλλαζε την όψη του κόσμου. Ταυτόχρονα εισήχθη το τραπεζικό – πιστωτικό σύστημα για την εξυπηρέτηση των Αράβων εμπόρων[53] και αργότερα έφτασε στην Ευρώπη από την οργάνωση των Ναϊτών ιπποτών.

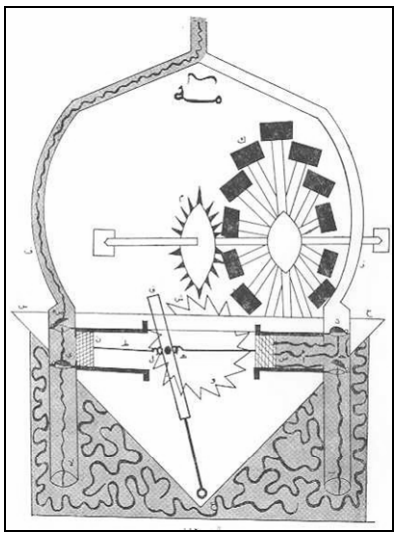
Ειδικά σε σχέση με τη γνώση που αφορά τους υδατικούς πόρους, αξιομνημόνευτο είναι το έργο του Aboubakr Mohammed ibn al-Hasan al-Hasib al-Karaji, που έζησε στις αρχές του 10ου αιώνα. Η προχωρημένη γνώση των Περσών καταγράφεται στο έργο του με τίτλο «Εξόρυξη των Κρυφών Υδάτων». Αυτό το έργο επιδεικνύει μια βαθιά και ακριβή τεχνική κατανόηση της κίνησης του υπόγειου νερού και είναι το αρχαιότερο κείμενο πάνω στο θέμα. Οι γνώσεις του Karaji πάνω στο υπόγειο νερό, που ξεπερνούσαν αυτές των δυτικών μελετητών για περισσότερους από επτά αιώνες αργότερα, είναι πολύ κοντά στις επικρατούσες απόψεις επί του θέματος. Για παράδειγμα, ο Karaji είχε υπόψη του τις

[52] Με κυρίαρχα τα έργα του Πλάτωνα, του Αριστοτέλη, του Γαληνού και του Ιπποκράτη.

[53] Μόνο που η τοκογλυφία απαγορευόταν ρητά από το Κοράνι.

γενικές αρχές του υδρολογικού κύκλου και, παρόλο που δεν τον παρουσιάζει ως ενιαίο μόρφωμα, αναφέρει τις επιμέρους φάσεις του ως ξεχωριστά κεφάλαια στο βιβλίο του [54].

Εικ. 36 – Η κρήνη της Alhambra (1338-1390) στη Γρανάδα της Ισπανίας. Παλάτι χτισμένο με ισλαμικό ρυθμό.(Πηγή www.greatbuildings.com).



Εικ. 37 – Η αντλία με διπλά έμβολα του Al-Jazari. Ο Al-Jazari ήταν Άραβας μηχανικός από την περιοχή Al-Jazira της Μεσοποταμίας. Έγραψε το βιβλίο του το 1206. Η συσκευή αυτή είναι μια αντλία με πιστόνια με δυο κύλινδρους αναρρόφησης. Κινείται από νερόμυλο και προκαλεί την παλινδρόμηση των εμβόλων που ελέγχονται από ανεπίστροφες βαλβίδες και αντλούν το νερό εναλλάξ. Η συσκευή αυτή περιγράφεται στην Ευρώπη για πρώτη φορά από τον Taccola το 1450. Πηγή History of Science and Technology in Islam, http://www.history-science-technology.com (Prof. Ahmad Y al-Hassan).

[54] Ο Karaji έζησε το μεγαλύτερο μέρος της ζωής του στη Βαγδάτη, δουλεύοντας κυρίως ως μαθηματικός. Έγραψε αρκετά βιβλία άλγεβρας και γεωμετρίας που μεταφράστηκαν στα γερμανικά κατά το 19ο αιώνα. Αυτές οι μεταφράσεις τον εισήγαγαν στον κύκλο των δυτικών μελετητών και σήμερα συγκαταλέγεται ανάμεσα στους κορυφαίους Άραβες μαθηματικούς. Σε μια προχωρημένη ηλικία, ο Karaji επέστρεψε στα οροπέδια της πατρίδας του, της Περσίας, και συνέγραψε την «Εξόρυξη» για βιοποριστικούς λόγους. Ο Karaji και άλλοι Πέρσες μελετητές είχαν υπόψη τους τις βασικές αρχές της υδρολογίας, της γεωλογίας και της μηχανικής που σχετίζονται με το υπόγειο νερό. Ο ίδιος επέδειξε ιδιαίτερες ικανότητες στην κατηγοριοποίηση των εδαφών, την αναζήτηση του γλυκού νερού και τους διαφορετικούς τύπους υδροφόρων. Υπήρξε πρωτοπόρος στη χρήση της ανάπτυξης των φυτών ως δείκτη για την ύπαρξη υδροφόρου και εφηύρε διάφορες συσκευές για τη διευκόλυνση της έρευνας του υπόγειου νερού και της κατασκευής σηράγγων. Μεγάλο ποσοστό της εργασίας του ασχολείται με τεχνικές διερεύνησης και κυρίως με την ανόρυξη φρεάτων και qanats. Οι μέθοδοι που περιγράφει χρησιμοποιούνται ακόμη σε πολλές περιοχές της Μέσης Ανατολής και της Ασίας.

Ήδη όμως, όπως προαναφέρθηκε, στην Ευρώπη, και κυρίως σε κάποιες μονές ή αυλές ηγεμόνων υπήρχε το σπέρμα της αναγέννησης. Από το 10ο αιώνα, κάποιες μονές όπως το αββαείο του Μόντε Κασίνο στο Σαλέρνο ήταν πρωτοπόρες στην έρευνα και τη διάδοση της γνώσης. Από το 12ο αιώνα συναντάμε τα πρώτα stadium generale (πανεπιστήμια)[55] στο Παρίσι, στη Μπολόνια και στην Οξφόρδη και στη συνέχεια στη Φλωρεντία, στην Τουλούζη, στην Πράγα, στη Βαλένθια, στην Καστίλλη, στη Βιέννη, στη Χαϊδελβέργη και το Έρφουρτ, τα οποία στην αρχή ιδρύονταν με έγκριση ή ακόμα και με εντολή του πάπα, και στη συνέχεια από τους εκάστοτε ηγεμόνες, με έμφαση αρχικά στη θεολογία και στο εκκλησιαστικό, το κανονικό και το αστικό δίκαιο και αργότερα συμπεριλαμβάνοντας και τις ελευθέριες τέχνες.

Από τον 13ο αιώνα η Ευρώπη, έζησε μια βαθιά κρίση που ξεκίνησε με σιτοδείες, συνεχίστηκε με επιδημίες[56] και κατέληξε με τον εκατονταετή πόλεμο Αγγλίας – Γαλλίας και την πτώση της Κωνσταντινούπολης. Στο διάστημα αυτό μειώθηκε ο πληθυσμός, λιμός έπληξε τις κοινωνίες και εγκαταλείφθηκε εκ νέου ένα μεγάλο τμήμα της υπαίθρου, για να αυξήσει την πίεση στις πόλεις, σε πόρους και θέσεις εργασίας. Ταυτόχρονα όμως, συνεχίστηκε η ανάπτυξη των γραμμάτων και της έρευνας, ενώ τα ευρωπαϊκά βασίλεια έγιναν τελικά εξωστρεφείς δυνάμεις με αποικιοκρατικές βλέψεις και ξανάνοιξαν τα μάτια τους στην κλασσική παιδεία, με χαρακτηριστικότερο παράδειγμα τους αριστοκράτες προστάτες των γραμμάτων στη Φλωρεντία. Ακόμα, οι κοινωνικές αναταραχές και η δύναμη των φεουδαρχών και των συντεχνιών που περιόριζε την επιρροή των ηγεμόνων, γέννησαν τους αντιπροσωπευτικούς θεσμούς, αρχικά για τα συμβούλια αρχόντων και του εκπροσώπους των συντεχνιών, που συχνά δέσμευαν ή και κηδεμόνευαν του βασιλιάδες.

7. Στάδιο της Αναγέννησης

1500 μ.Χ. – 1700 μ.Χ.

Η Αναγέννηση, στη συνείδηση του δυτικού κόσμου είναι μια περίοδος άνθησης των τεχνών, που όμως όπως προαναφέρθηκε, σε μεγάλο βαθμό είναι αντιδάνειο από την ελληνική και ρωμαϊκή κληρονομιά, μέσω του ισλαμικού κόσμου. Μετά την ήττα των Αράβων στην Ισπανία και την εξασθένηση της Οθωμανικής αυτοκρατορίας, η δυτική Ευρώπη, όντας πλέον κληρονόμος της παγκόσμιας γνώσης, ξεκίνησε μια φάση οικονομικής και πολιτιστικής ανάπτυξης που βασίστηκε στο εμπόριο, το τραπεζικό σύστημα και τη θαλάσσια εξερεύνηση. Οι Οθωμανοί, που κυβέρνησαν και χρεωκόπησαν ένα μεγάλο τμήμα του κόσμου και υποβάθμισαν εξίσου μουσουλμανικές και χριστιανικές χώρες, απομυζώντας αντιπαραγωγικά τους υποτελείς τους προς όφελος της αυτοκρατορικής δόξας και περιουσίας, «έθεσαν το ιστορικό προηγούμενο για τη μεταμφίεση των αυτοκρατορικών συγκρούσεων για τους υδατικούς πόρους και τα οικονομικά αγαθά ως σύγκρουση θρησκειών και πολιτισμών»[57].

Κατά το 1650, ήδη η πρόοδος της οικονομίας των μηχανών (ή της πρώιμης βιομηχανίας) και η εισαγωγή τροφίμων από το Νέο Κόσμο, είχαν συνδεθεί με την αστικοποίηση, που πλέον βασιζόταν στο εμπόριο και τη μεταποίηση, πάντα υπό την εποπτεία του βασιλικού ή/και του εκκλησιαστικού οίκου. Τα προϊόντα παράγονταν με την άδεια και υπό την επιστασία κρατικών μηχανισμών και μονοπωλίων. Η επέκταση και εξάπλωση του εμπορίου και της βιοτεχνίας μεταγενέστερα, δεν οφείλεται μόνο στην τεχνολογική πρόοδο, αλλά και στην υποχώρηση των κρατικών μονοπωλίων των βασιλέων, που επέτρεψε την παραγωγή και κατανάλωση νέων αγαθών από το ευρύ κοινό.

Στην Ευρώπη, η ανάπτυξη των μεσαιωνικών πόλεων συνδέθηκε με το εμπόριο και τις τέχνες, σε κλίμα ανταγωνισμού. Ο διαρκής πόλεμος καθιστούσε την εξασφάλιση του νερού απαραίτητη, όχι μόνο για την κατανάλωση από τους κατοίκους, αλλά και για αμυντικούς μηχανισμούς και νέους χρήστες όπως μύλους, βυρσοδεψεία και χαρτοπαραγωγούς. Η αποχέτευση, η υγιεινή και η μόλυνση του νερού εξελίχθηκαν σε κεντρικά ζητήματα και έπαιξαν καθοριστικό ρόλο στο μετασχηματισμό των μεθόδων διαχείρισης του νερού. Η επικράτηση της επιστημονικής μεθοδολογίας, βοήθησε τις κοινωνίες να

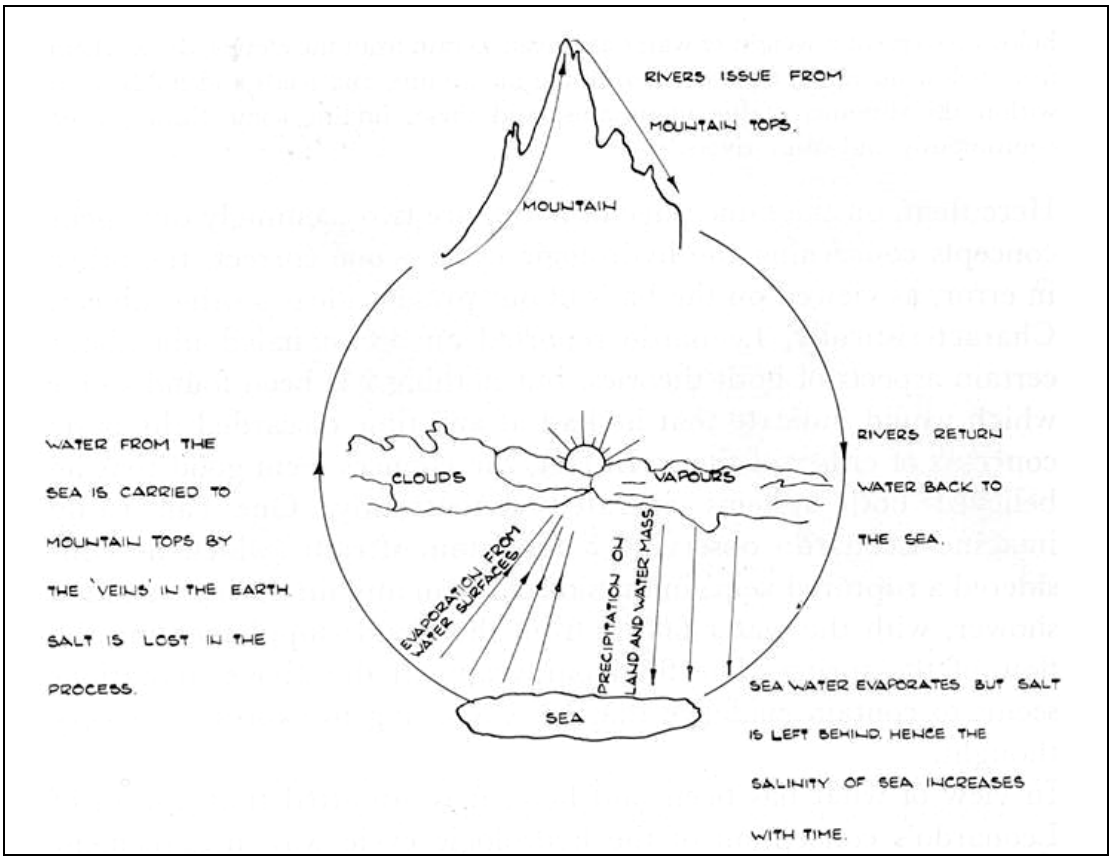
[55] Η λέξη universitas σημαίνει συντεχνία φοιτητών και καθηγητών.

[56] Η γνωστότερη είναι η επιδημία βουβωνικής πανώλης, γνωστή και ως Μαύρος Θάνατος.

[57] Fekri Al Hassan, 2003

αντιμετωπίσουν τα θέματα της αποψίλωσης των δασών και της αποξήρανσης των υγροτόπων. Η επιστήμη επίσης παρείχε και άλλα μέσα παραγωγής, μειώνοντας τη σήψη και τις επιδημίες. Με αυξανόμενη συχνότητα, οι πόλεις απολάμβαναν τα οφέλη πάρκων, δενδρόφυτων λεωφόρων, κρηνών και σιντριβανιών. Οι κρήνες και τα σιντριβάνια (Εικ. 40) έγιναν τα σύμβολα της ευημερίας και του θριάμβου της πόλης πάνω στο υδατικό πρόβλημα[58].

Ο Leonardo da Vinci (1452 – 1529), μια από τις δεσπόζουσες μορφές και σύμβολο της Αναγέννησης, μεταξύ των πλείστων ερευνών του, συνέλαβε θεμελιώδεις έννοιες της γεωλογίας[59] και της υδρολογίας (Εικ. 38), διατύπωσε μια σχέση μεταξύ βροχοπτώσεων και απορροής, μελέτησε τη ροή των ρευστών σε ανοικτούς αγωγούς (Εικ. 39) και πραγματοποίησε ιχνηθετήσεις με χρώματα. Στη διάρκεια του 16ου αιώνα οι Palissy και Besson είναι οι πρώτοι που ασχολήθηκαν συστηματικά με την υδρογεωλογία και στη διάρκεια του 17ου οι Perrault, Mariotte και Halley διεξήγαν υδρολογικές μετρήσεις και πειράματα, συσχετίζοντας τις παροχές των πηγών με την απορροή των ποταμών και τις βροχοπτώσεις, ενώ ο Castelli αποσαφήνιζε την «αρχή της συνεχείας» του Da Vinci, και κατασκεύασε το πρώτο βροχόμετρο, στη σκιά του Γαλιλαίου, του Koepler, του Newton και του Descartes.



Εικ. 38 – Αναπαράσταση των απόψεων του Da Vinci για τον υδρολογικό κύκλο (Πηγή: Lettenmaier 2004). Ο Da Vinci πίστευε ότι υπήρχε με κάποιο τρόπο υπόγεια τροφοδοσία από τη θάλασσα προς τα βουνά και μέσω αυτής γινόταν και αφαλάτωση.

---

[58] που οι Ρωμαίοι είχαν λύσει μια χιλιετία νωρίτερα.

[59] «Τα στρωματωμένα πετρώματα των βουνών είναι όλα στρώματα αργίλου, που αποτέθηκαν το ένα πάνω στο άλλο από τις διάφορες πλημμύρες των ποταμών… Σε κάθε κοιλότητα στις κορυφές των βουνών θα βρίσκουμε πάντα τις διαιρέσεις των στρωμάτων στους βράχους…

…τα κοχύλια στη Λομβαρδία βρίσκονται σε τέσσερα επίπεδα, και έτσι είναι παντού, αφού έχουν δημιουργηθεί σε διαφορετικές περιόδους…»

«…Αφού τα πράγματα είναι πολύ αρχαιότερα των γραμμάτων, δεν είναι θαύμα που στις μέρες μας δεν υπάρχουν καταγραφές αυτών των θαλασσών που έχουν καλύψει τόσο πολλές χώρες… Αλλά για εμάς είναι αρκετή η μαρτυρία των πραγμάτων που δημιουργήθηκαν στα αλμυρά νερά, και βρίσκονται πάλι σε ψηλά βουνά μακριά από τις θάλασσες…»

Εικ. 39 - Μέτρηση της ταχύτητας επιφανειακών υδάτων από το Leonadro Da Vinci (αναπαράσταση του Arthur Frazier, από Lettenmaier 2004).

Κατά την περίοδο της αναγέννησης, που κάθε άλλο παρά χωρίς διαταραχές[60] ήταν, αναπτύχθηκε σταδιακά η πρώιμη σύγχρονη οικονομική σκέψη, που σήμερα κατισχύει και σε όλους τους τομείς της διαχείρισης των φυσικών πόρων.

Η φορολογία, που σαν ιδέα είναι πανάρχαια αλλά κατά τη ρωμαϊκή περίοδο είχε αναπτυχθεί και συστηματοποιηθεί κατά το μέγιστο, προοριζόταν και για την κατασκευή και συντήρηση κοινωφελών έργων, διαδικασία που στο μεσαίωνα ατόνησε ιδιαίτερα. Τόσο στο μεσαίωνα, όσο και στην αναγέννηση, η οικονομική πολιτική στην Ευρώπη αντιμετώπιζε την οικονομική δραστηριότητα ως αγαθό του οποίου η φορολογία προοριζόταν για την αύξηση των εισοδημάτων της αριστοκρατίας και της εκκλησίας. Οι οικονομικές συναλλαγές κανονίζονταν από φεουδαλικά δικαιώματα με την παρακράτηση διοδίου ή μεριδίου, αλλά και από ταξικούς και θρησκευτικούς περιορισμούς σε όλα τα είδη από το ρουχισμό ως τα ενδιαιτήματα.

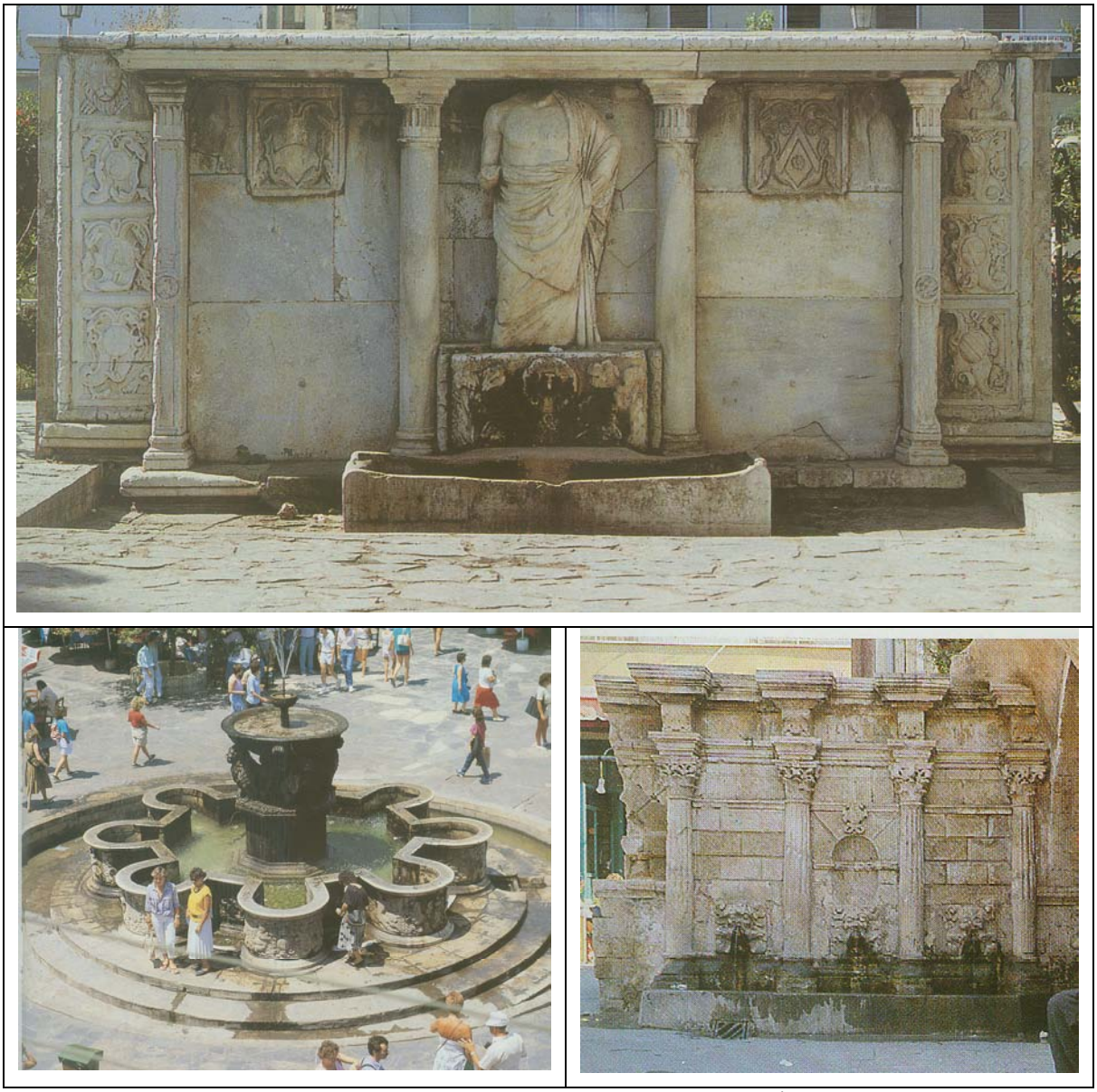
Ο Άραβας Ιμπν Χαλντούν (1332-1406), είχε γράψει ένα πρώιμο έργο πολιτικής και οικονομικής θεωρίας (Prolegomena), δείχνοντας πως η πυκνότητα πληθυσμού σχετίζεται με τον καταμερισμό των εργασιών, ο οποίος οδηγεί σε οικονομική ανάπτυξη, που με τη σειρά της αυξάνει τον πληθυσμό κ.οκ.

Ενώ κατά το μεσαίωνα η δυτική σκέψη επικεντρωνόταν μέσω των «σχολαστικών» σε θεολογικές αναζητήσεις, υπήρχε στους ίδιους κύκλους το σημαντικό ζήτημα του καθορισμού της αντικειμενικής (just) αξίας ενός αγαθού. Στην εποχή της Μεταρρύθμισης, το 16ο αιώνα πλέον, εισήχθησαν ιδέες για το ελεύθερο εμπόριο, τις οποίες αργότερα μετέφρασε σε νομικούς όρους ο Hugo de Groot (Grotius). Ο Ν. Μακιαβέλι[61] ήταν ένας από τους πρώτους συγγραφείς που θεωρητικοποίησαν την οικονομική πολιτική με τη μορφή συμβουλών. Υποστήριξε ότι οι ηγεμόνες και οι δημοκρατίες πρέπει να περιορίζουν τα έξοδά τους και να εμποδίζουν τους πλούσιους και τους φτωχούς να εκμεταλλεύονται και να προκαλούν οι μεν τους δε. Με αυτό τον τρόπο η πολιτεία θα φαινόταν «γενναιόδωρη» αφού δεν θα επιβάρυνε πολύ το κοινό της.

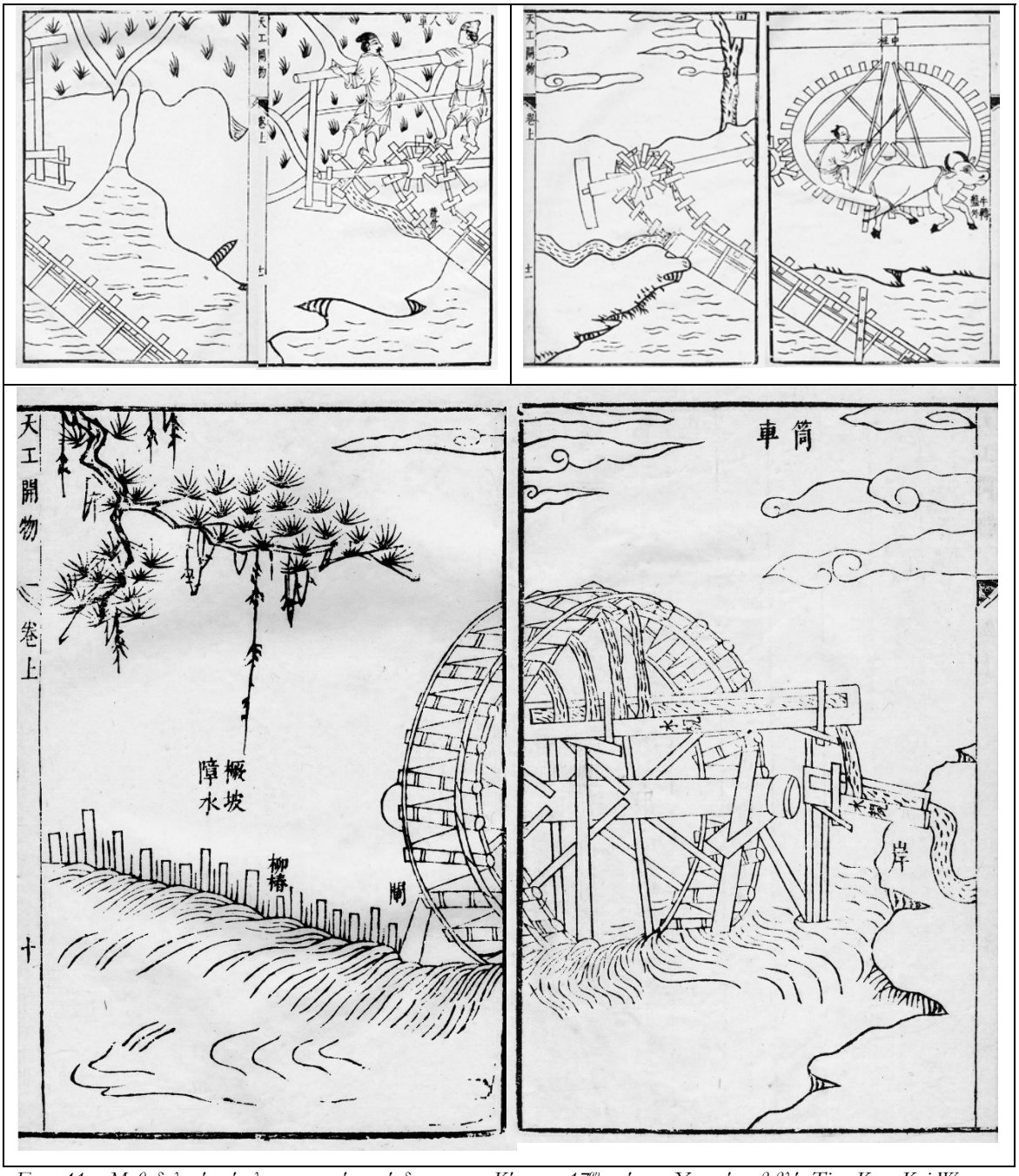
[60] Όπως οι θρησκευτικοί πόλεμοι κατά τη διάσπαση της ρωμαιοκαθολικής εκκλησίας από τους μεταρρυθμιστές

[61] Machiavelli, 1513.

Από το σημείο αυτό και μετά, αναπτύχθηκαν οι πρώιμες σχολές οικονομικής θεωρίας, όπως των μερκαντιλιστών (εμποριοκρατών), που ήταν οι πρώτοι που βρέθηκαν κοντά σε μια ολοκληρωμένη άποψη, δίνοντας έμφαση στο θετικό ισοζύγιο πληρωμών που έπρεπε να επιτυγχάνουν τα νεοσύστατα κράτη της δυτικής Ευρώπης.



Εικ. 40 – Αναγεννησιακές κρήνες στην Κρήτη κατά την περίοδο της Ενετοκρατίας. ***Επάνω:*** *Η κρήνη του Zuanne Bembo, που κατασκευάστηκε το 1588 (το ακέφαλο άγαλμα είναι ρωμαϊκό και είχε μεταφερθεί από την Ιεράπετρα).* ***Κάτω αριστερά:*** *Η κρήνη με τα Λιοντάρια, που εγκαινιάστηκε το 1628 από τον Μοροζίνι, στο Ηράκλειο. Πιθανολογείται ότι το ανώτερο τμήμα ανήκει σε παλιότερη κρήνη του 14ου αιώνα.* ***Κάτω δεξιά:*** *Η κρήνη Rimondi, του 1626, στο Ρέθυμνο. Πηγή: Κωφού, 1996.*



Εικ. 41 – Μεθοδολογίες άντλησης νερού για άρδευση στην Κίνα του 17ου αιώνα μ.Χ. από το βιβλίο Tian Kong Kai Wu, του Song Yingxing, 1637. Πηγή: http://echo.mpiwg-berlin.mpg.de/.

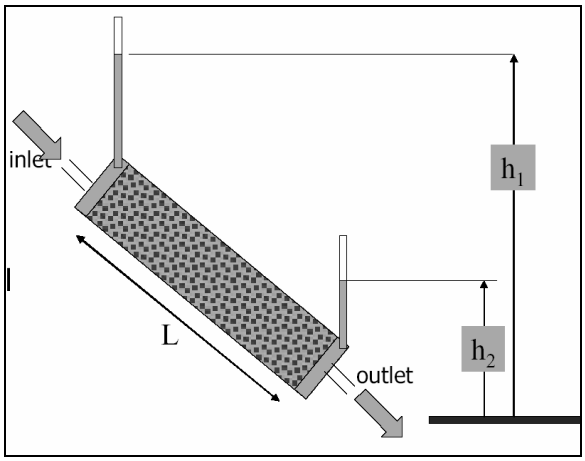
8. Στάδιο βιομηχανικής οικονομίας

1700 μ.Χ. – 1950 μ.Χ.

Το στάδιο αυτό αντιστοιχεί σε μια περίοδο οργασμού για το δυτικό κόσμο, στον οποίο παράγεται, κεφαλαιοποιείται και εφαρμόζεται τεράστια ποσότητα επιστημονικής γνώσης και τεχνολογικών εφαρμογών. Η δυτική Ευρώπη και η Β. Αμερική αλλάζουν ταχύτητα εξέλιξης σε σχέση με τον υπόλοιπο κόσμο και αυτό μεταφράζεται σε πολιτική, στρατιωτική και οικονομική υπεροπλία.

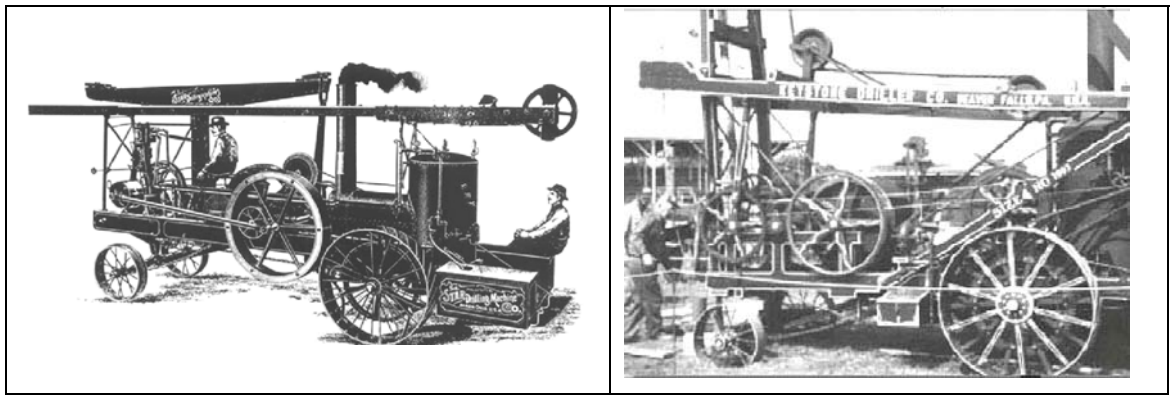
Σχετικά με τη διαχείριση του νερού, τα κανάλια και οι νερόμυλοι στο τέλος του 18ου αιώνα, άνοιξαν το δρόμο για έναν κόσμο όπου το νερό ελέγχεται και «καθοδηγείται». Ακόμα, τα κανάλια αποτέλεσαν τους κύριους άξονες για τη δημιουργία των εθνικών κρατών, ενισχύοντας τους διαπεριφερειακούς δεσμούς μέσα στις λεκάνες των μεγάλων ποταμών, όπως ακριβώς είχε γίνει χιλιάδες χρόνια πριν, κατά τη γένεση των ποτάμιων πολιτισμών της Αιγύπτου και της Μεσοποταμίας. Η γένεση των σύγχρονων κρατών – εθνών συνδέθηκε στενά με τη διαχείριση του νερού σε υπερτοπική κλίμακα για τις μεταφορές, το εμπόριο και τη βιομηχανία. Τα νερό δεν ήταν πια απαραίτητο για χρήση οικιακή, αγροτική και βιοτεχνική, αλλά αποτελούσε πλέον πηγή ενέργειας, όσο και πρώτη ύλη για τη βιομηχανία. Στους δυο αιώνες της βιομηχανοποίησης, σε συνδυασμό με την αστικοποίηση, δημιουργήθηκαν τεράστιες ανάγκες για νερό, και μάλιστα ανάγκες ανταγωνιστικές προς την αυξανόμενη ζήτηση της παραγωγής τροφής που έπρεπε να καλύψει την αύξηση του πληθυσμού. Η βιομηχανική ρύπανση του νερού με αιωρούμενα και διαλυμένα στερεά, οργανικές ύλες, βαρέα μέταλλα, συνθετικά χημικά και τοξικά απόβλητα άρχισε να προστίθεται στη ρύπανση που προέρχεται από τα λιπάσματα, τα παρασιτοκτόνα και τα λύματα της εστιασμένης κτηνοτροφίας.

Η βιομηχανοποιημένη γεωργία με τη χρήση μηχανημάτων, καυσίμων, λιπασμάτων και υδραυλικών έργων μεγάλης κλίμακας, μαζί με τις επιστημονικές μεθόδους αναπαραγωγής και διαχείρισης, έδωσαν τη δυνατότητα υποστήριξης πολύ μεγάλων πληθυσμών, που με τη σειρά τους έγιναν ένα τεράστιο εργατικό δυναμικό. Ταυτόχρονα, το δυναμικό αυτό αποτέλεσε το καταναλωτικό κοινό των αγροτικών και βιομηχανικών προϊόντων, αποφέροντας μεγάλα κέρδη στους γαιοκτήμονες, τους τραπεζίτες και τους βιομηχάνους. Ένα μέρος αυτών των κερδών επανεπενδύθηκε στην επιστήμη και στην τεχνολογία (Εικ. 42, Εικ. 43, Εικ. 44), με στόχο την περαιτέρω αύξηση των κερδών.



Εικ. 42 – Η συσκευή του Darcy (Darcy, 1856, από Fetter, 2001).

Εικ. 43 – Ανόρυξη γεώτρησης στις ΗΠΑ τη δεκαετία του 1870 με «ιπποδύναμη».



Εικ. 44 – Αυτοκινούμενα ατμοκίνητα γεωτρύπανα της δεκαετίας του 1900.

Η διανομή του πλούτου ήταν μεγαλύτερη στη βιομηχανοποιημένη δύση, εις βάρος των αποικιακών κτήσεων και των λιγότερο ανεπτυγμένων χωρών. Το αποτέλεσμα αυτής της ανισοκατανομής ήταν η επιδείνωση της φτώχειας με μια πληθυσμιακή έκρηξη, καθώς ήταν βιώσιμη και συμφέρουσα η αύξηση των μελών της οικογένειας. Η επάρκεια τροφής και η ιατρική μείωσαν τη θνησιμότητα (Εικ. 45). Αντίθετα με τη δύση, όπου η βιομηχανοποίηση, η μόρφωση και οι συντάξεις έκαναν σταδιακά πλέον επιθυμητές τις μικρές οικογένειες, τουλάχιστον στα μεσαία και στα ανώτερα κοινωνικά στρώματα, οδηγώντας σε μείωση των γεννήσεων με τη βελτίωση των συνθηκών διαβίωσης, οι οικογένειες των φτωχών χωρών επιθυμούσαν περισσότερα παιδιά για να αυξήσουν το εισόδημά τους και να εξασφαλίσουν τα γηρατειά τους.

Σ' αυτό το χρονικό διάστημα αναπτύχθηκε η σύγχρονη οικονομική θεωρία της δύσης, που με αφετηρία τους σχολαστικούς του μεσαίωνα, πέρασε στους μερκαντιλιστές της αναγέννησης, και τους φυσιοκράτες στην πρώιμη φάση της σύγχρονης οικονομικής θεωρίας. Η οικονομική θεωρία συστηματοποιήθηκε στη φάση των «κλασσικών» Adam Smith, David Ricardo και Karl Marx, οι οποίοι κατά τον 18ο και 19ο αιώνα ανέπτυξαν την «πολιτική οικονομία». Κατά την εποχή του Διαφωτισμού (18ος αιώνας)[62], οι Γάλλοι φυσιοκράτες όπως ο Francois Quesnay, ήταν ανάμεσα στους πρώτους που είδαν τα οικονομικά ως αυτοδύναμο αντικείμενο μελέτης. Ο Adam Smith έγραψε το κλασσικό έργο «The Wealth of Nations» (Ο πλούτος των Εθνών), ο David Ricardo συστηματοποίησε την οικονομική θεωρία, ενώ ο Karl Marx[63] ανέλυσε την ιστορία με όρους της «πάλης των τάξεων» και της τεχνολογικής προόδου με φανερές επιδράσεις από τον Hegel και από τη θεωρία της εξέλιξης του Charles Darwin[64], ασκώντας σοβαρή κριτική στην οικονομία της αγοράς.

Η κεντρική ιδέα του Smith ήταν ότι ανταγωνισμός μεταξύ διαφόρων προμηθευτών και αγοραστών θα παρήγαγε την καλύτερη δυνατή κατανομή των αγαθών και των υπηρεσιών, καθώς θα ενθάρρυνε τα άτομα να εξειδικευθούν και να βελτιώσουν το κεφάλαιό τους, για να παράγουν περισσότερη αξία με τον ίδιο μόχθο. Ο Smith βασίστηκε στην πεποίθηση ότι τα μεγάλα συστήματα μπορούν να αυτορυθμίζονται με τη δραστηριότητα των μερών τους, χωρίς την επιβολή κατευθύνσεων. Πρόκειται για το «αόρατο χέρι», που αποτελεί ακόμα και σήμερα την καρδιά της οικονομίας της αγοράς. Τόσο ο Smith, όσο και ο Marx, αγνοώντας τα όρια των φυσικών πόρων, δεν πίστευαν ότι το φυσικό περιβάλλον θα ήταν εμπόδιο στην αύξηση της παραγωγής, έχοντας εμπιστοσύνη στα τεχνολογικά επιτεύγματα.

Κατά τα τέλη του 19ου αιώνα εισήχθησαν στην οικονομική θεωρία νέες έννοιες, όπως το ευκαιριακό κόστος, των αποφάσεων που λαμβάνονται στο περιθώριο της οικονομικής δραστηριότητας.

---

[62] που ενέπνευσε και εμπνέει ακόμα τη δυτική διανόηση αλλά και πολλά απελευθερωτικά και επαναστατικά κινήματα έκτοτε,

[63] Marx, 1864.

[64] Darwin, 1859

Εικ. 45 – Ο χάρτης του Snow με τις κατοικίες των θυμάτων της χολέρας του Λονδίνου του 1866. Με κόκκινο σημειώνεται το μολυσμένο κοινόχρηστο πηγάδι. Με αυτό το χάρτη ο Snow εντόπισε το μολυσμένο πηγάδι και απομακρύνοντας την αντλία σταμάτησε την επιδημία. Το 1854 ο Snow είχε δημοσιεύσει μια εργασία για τη μετάδοση ασθενειών μέσω των υπόγειων νερών. ***Πάνω δεξιά:*** *Μακάβριο αλλά αποτελεσματικό για την κοινή γνώμη σκίτσο του George John Pinwell.*

Στις αρχές του 20ου αιώνα, η στατιστική άρχισε να καταλαμβάνει δεσπόζουσα θέση στις οικονομικές αναλύσεις, με την επεξεργασία των τιμών, της ανεργίας, της ροής του χρήματος και άλλων παραμέτρων, των οποίων η συνεκτίμηση αποτελεί έκτοτε κεντρικό θέμα των οικονομικών. Την ίδια εποχή, με την αλλαγή από τις μεθόδους προσδιορισμού των αξιών στη στατιστική ανάλυση, έγινε και η γέννηση του νέου κλάδου της μακροοικονομίας, που αναπτύχθηκε από τον John Maynard Keynes[65] και άλλους, όπως ο Hicks. Η μακροοικονομία κέρδισε έδαφος κατά τη Μεγάλη Ύφεση του Μεσοπολέμου, μαζί με τις ιδέες του Keynes για τη σπουδαιότητα του ρόλου του κεντρικού τραπεζικού συστήματος και την εμπλοκή της κυβέρνησης στις οικονομικές υποθέσεις, καθώς και την κριτική θεώρηση της πολιτικής οικονομίας, μετά το πρώτο Παγκόσμιο Πόλεμο.

Η περίοδος της «βιομηχανικής οικονομίας» κλείνει με το τέλος του Δευτέρου Παγκοσμίου Πολέμου, ο οποίος μαζί με ένα σκληρό μάθημα για τις συνέπειες του ολοκληρωτισμού, άφησε στην ανθρωπότητα μια ανεξίτηλη εικόνα που θα τη βοηθούσε στη συνέχεια να κοιτάξει στον καθρέφτη: την έκρηξη της ατομικής βόμβας.

[65] Keynes, 1935

9. Στάδιο παγκοσμιοποίησης της ανάπτυξης

1950 μ.Χ. – 1990 μ.Χ.

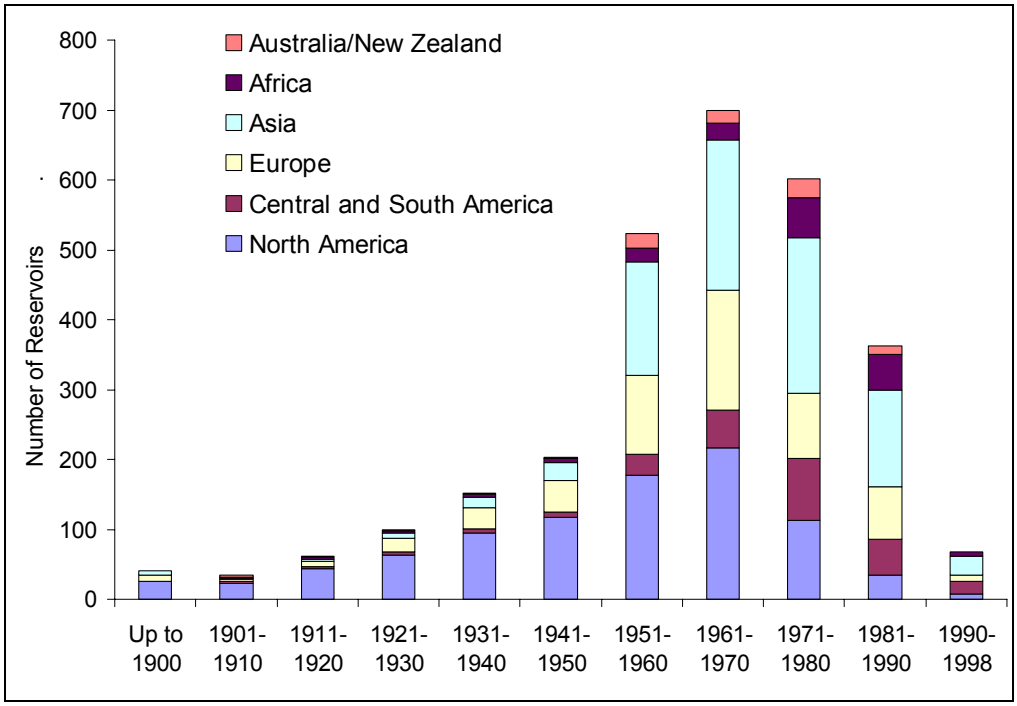
Οι παγκόσμιοι πόλεμοι άφησαν μια βαριά κληρονομιά στην ανθρωπότητα. Η βιωματική εμπειρία των επιπτώσεων και οι ανοιχτές πληγές της πλήρους σύρραξης σε όλες τις ηπείρους, η επίγνωση των διαστάσεων της αγριότητας που μπορεί να επιδείξει η ανθρώπινη φύση, ο φόβος και το δέος της εμπειρίας των νέων όπλων, η πολιτική και στρατιωτική ισχύς των νικητών μαζί με τα εξαιρετικά τεχνολογικά επιτεύγματα στη διάρκεια του πολέμου, έθεσαν το σκηνικό για το δεύτερο μισό του 20ου αιώνα. Μετά τους Ρωμαίους και τους Άραβες, οι ΗΠΑ και η ΕΣΣΔ προχώρησαν στην τρίτη «παγκοσμιοποίηση», που όπως και οι άλλες δύο, ξεκίνησε με πολεμικές επιχειρήσεις σε όλο τον εκάστοτε γνωστό κόσμο. Βασισμένη αφενός στην ελπίδα των λαών για ευημερία και αποφυγή ενός νέου πολέμου και αφετέρου στο φόβο των υπερδυνάμεων, ξεκίνησε μια διπλή παγκοσμιοποίηση με χαρακτηριστικά αυτοκρατορικής ηγεμονίας: η παγκοσμιοποίηση της οικονομίας της αγοράς του καπιταλιστικού μοντέλου και η παγκοσμιοποίηση του σοσιαλισμού, περίπου όπως τον εφάρμοζε το σοβιετικό πρότυπο. Πρόκειται για την 40ετή περίοδο του «ψυχρού πολέμου», της κούρσας των εξοπλισμών με πυρηνικά, των εμφυλίων πολέμων και των κρατών – «Μπανανιών» σε Ευρώπη, Ασία, Κεντρική και Νότια Αμερική και Αφρική. Τα δυο πολιτικά – οικονομικά μοντέλα επιδόθηκαν σε έναν ανταγωνισμό, με βάση κυρίως τις επιδόσεις τους σε μια νέα ομιχλώδη έννοια: την ανάπτυξη. Και ενώ η παγκόσμια κοινότητα, με την ίδρυση του Οργανισμού Ηνωμένων Εθνών έδινε τη συγκατάθεσή της για τη δημιουργία ενός παγκόσμιου πολιτικού φορέα για την αποφυγή των πολέμων, την εκτόνωση των κρίσεων και την παροχή βοήθειας στους πληθυσμούς που κινδυνεύουν, ταυτόχρονα έμπαινε σε ένα σύστημα κατάταξης και εξέλιξης με τους όρους των «ανεπτυγμένων» χωρών, με γνώμονα και κριτήριο τους δείκτες της οικονομίας της αγοράς, τόσο στο ανατολικό όσο και στο δυτικό πρότυπο. Από το 1948 και την ιστορική ομιλία του προέδρου Τρούμαν των ΗΠΑ στη διάσκεψη του νεοσύστατου ΟΗΕ, ο ρυθμός ανάπτυξης και το Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν (Gross Domestic Product, GDP) αποτελούν τους κεντρικούς στόχους όλων των χωρών, που χωρίστηκαν έκτοτε σε ανεπτυγμένες και μη, και η οικονομία της αγοράς κυριάρχησε στην πολιτική. Ακολούθησε μια περίοδος επιθετικών αναπτυξιακών επενδύσεων και προγραμμάτων βοήθειας, που ακόμα και όταν ξεκινούσαν με τις καλύτερες προθέσεις (Food and Agriculture Organization κ.λπ.) είχαν δεδομένο το δυτικό πολιτικό, οικονομικό και κοινωνικό μοντέλο ως πρότυπο και στόχο για τις κοινωνίες που βρίσκονταν εξελικτικά «πίσω» με τα μέτρα της οικονομίας (αλλά και αυτά των μαρξιστικών σχολών σκέψης).

Διάφορες στρατηγικές προσεγγίσεις της εποχής στο αναπτυξιακό ζήτημα διατηρούν και σήμερα τη δύναμη και το ενδιαφέρον τους[66]. Καταρχήν τότε μορφοποιήθηκαν ορισμένα «μείζονα προβλήματα», σύμφωνα με την αργκό των διεθνών οργανισμών, όπως η πείνα, η κατοικία, οι γυναίκες, η αστικοποίηση, ο υπερπληθυσμός και τέλος το περιβάλλον. Όλα ακολούθησαν ανεξάρτητες πορείες, προκάλεσαν διασκέψεις και διεκδίκησαν την ευαισθησία των προγραμματιστών. Σύντομα υπήρξε μια απόπειρα τα διάφορα αυτά ζητήματα να γίνουν αντικείμενο μιας «ενοποιητικής προσέγγισης στον σχεδιασμό και την ανάπτυξη». Η «συμμετοχική ανάπτυξη», η «ισόμορφη», η «ανθρωποκεντρική», η «ολοκληρωμένη», η «ενδογενής», η «ισόρροπη», η «κοινωνικά δίκαιη» ανάπτυξη, έγιναν όροι που προσέγγισαν το ζήτημα με χίλιους δυο διαφορετικούς, συχνά ενδιαφέροντες, τρόπους. Μέσω της «άλλης» και της «οικο-ανάπτυξης» καταλήξαμε στο μονοπάτι της «συντηρησιμότητας» (ή βιωσιμότητας, αειφορίας), της περίφημης «sustainability». Η Διακήρυξη του Κοκογιόκ (1974) που έθεσε ως στόχο την «ανάπτυξη του ανθρώπου», η ίδρυση του Οργανισμού Dag Hammerskjold (1975) με προγραμματική κατεύθυνση την «άλλη» ανάπτυξη, η ανακάλυψη από τους ειδικούς της UNESCO των όρων «ολοκληρωμένη ανάπτυξη» και «ενδογενής ανάπτυξη» (1976), η προσέγγιση των «βασικών αναγκών» από την ILO (1976), αποτέλεσαν ορισμένους από τους πλέον ενδιαφέροντες σταθμούς σ' αυτή την πορεία. Είχε βεβαίως προηγηθεί η Πρώτη Παγκόσμια Συνδιάσκεψη για το Περιβάλλον στη Στοκχόλμη το 1972, όπου η υπανάπτυξη εβλήθη ως δυνάμει ρυπαντής και όπου η ανάπτυξη θεωρήθηκε ως καλύτερη απάντηση στην οικολογική κρίση.

[66] Μοδινός, 1996

Ωστόσο, η ίδια η έννοια της ανάπτυξης στο δεύτερο μισό του 20ου αιώνα απέκτησε μια καθαρά οικονομική σημασία, και αφυδατώθηκε από τις άλλες συνιστώσες της, που είναι η εξέλιξη, ο μετασχηματισμός, κ.λπ. Ταυτόχρονα, οι λέξεις «ανάπτυξη» (development) και «αύξηση» (growth) διεθνώς ταυτίστηκαν μετά τη δεκαετία του 1940, κι έτσι συνειδητά για κάποιους και ασυνείδητα για άλλους διαμορφώθηκε ένα σημαντικό οξύμωρο σχήμα: η βιώσιμη (αειφόρος) ανάπτυξη (αύξηση των οικονομικών μεγεθών), που, όπως είδαμε στο προηγούμενο κεφάλαιο, στη φύση δεν υπάρχει, κι αυτό πέρα από κάθε αμφιβολία, αποδεικνύεται περίτρανα στα θέματα διαχείρισης των υδατικών πόρων.

Οι «φτωχές» χώρες υπέστησαν ταχεία βιομηχανοποίηση για να αντιμετωπίσουν την πληθυσμιακή έκρηξη, τη μετανάστευση στις πόλεις και τις αυξανόμενες ανάγκες του αστικού (ή μεσοαστικού) τρόπου ζωής. Αυτή είχε ως συνέπεια την αυξανόμενη ποσοτική και ποιοτική πίεση στους υφιστάμενους υδατικούς πόρους, τη βιαστική ανάπτυξη εκμεταλλεύσεων νέων υδατικών πόρων[67], χωρίς να λαμβάνεται υπόψη η υποβάθμιση του νερού των πόλεων και η αστοχία των αποχετευτικών υποδομών και την αποτυχία της ελαχιστοποίησης ή της πρόβλεψης της ρύπανσης από τη σύγχρονη αγροτική και βιομηχανική δραστηριότητα. Όλο και περισσότερα φράγματα κατασκευάστηκαν με κόστος στα τοπικά οικοσυστήματα, συμπεριλαμβανομένων και των τοπικών πληθυσμών μαζί με την πολιτιστική τους κληρονομιά[68], υπό την πίεση για νερό και ενέργεια. Οι βιομηχανικά ανεπτυγμένες χώρες βρέθηκαν αντιμέτωπες με την αυξανόμενη ζήτηση για ενέργεια, βιομηχανία, υπηρεσίες και αύξηση του αστικού χώρου. Είναι συνδεδεμένες με μη – δυτικές χώρες με ένα δίκτυο οικονομικών συναλλαγών και συνεπώς αντιμετωπίζουν πια (για χάρη της οικονομικής βιωσιμότητας και της παγκόσμιας ειρήνης) τη σχετική έλλειψη νερού, την ποιοτική υποβάθμιση του νερού από την ανεξέλεγκτη γεωργία, βιομηχανία, τα φράγματα, την αλόγιστη απόληψη και χρήση υπόγειου νερού και την ανθυγιεινή διαχείριση των αποβλήτων, τόσο στις χώρες τους, όσο και στον υπόλοιπο κόσμο.



Εικ. 46 – Αριθμός νέων ταμιευτήρων (φραγμάτων) ανά ήπειρο και δεκαετία για τον 20ο αιώνα (Gleick, από Lettenmeier).

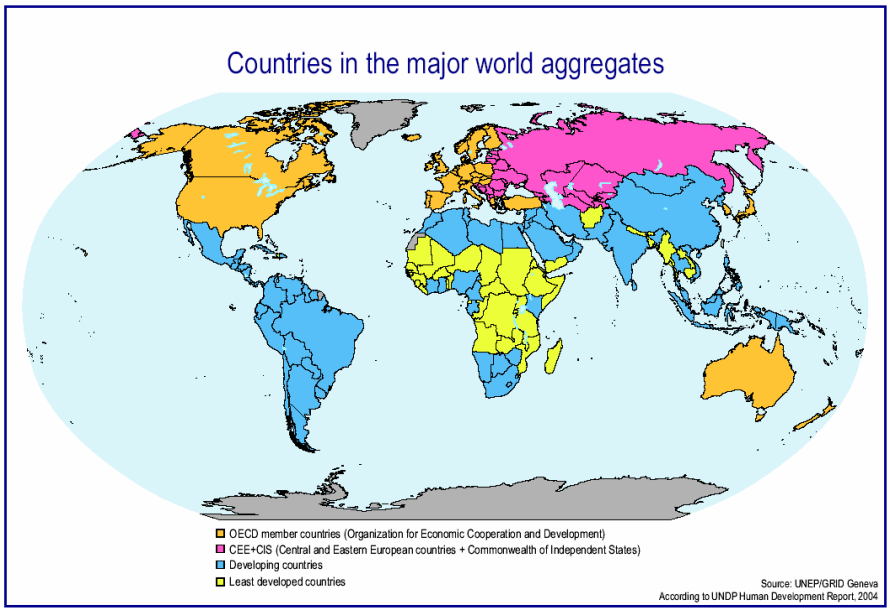
[67] Όπως η ανεξέλεγκτη ανόρυξη γεωτρήσεων σε όλες της αγροτικές περιοχές της Ελλάδας, με αποτέλεσμα την εξάντληση ή υφαλμύρινση όλων των κοκκωδών και πολλών καρστικών υδροφόρων οριζόντων, όπως στο Αργολικό πεδίο και στη Θεσσαλία.

[68] Με πιο πρόσφατο παράδειγμα το φράγμα των «τριών ποταμών», στην Κίνα.

9β. Η δικτυακή επανάσταση

Μετά τη διάλυση της Σοβιετικής Ένωσης και πριν την ανατολή του νέου «αντίπαλου δέους» (της τρομοκρατίας, το 2001), επήλθε μια περίοδος διάχυτης αισιοδοξίας, με αφετηρία το κλείσιμο της αυλαίας του ψυχρού πολέμου και την απομάκρυνση της σκιάς του πυρηνικού εφιάλτη από τον πλανήτη. Οι δυνάμεις της δύσης, κυρίως οι ΗΠΑ, που θεώρησαν ότι βγήκαν νικητές από τον ψυχρό πόλεμο, και δευτερευόντως η Ευρωπαϊκή Ένωση, που περνούσε πια από το συνεταιρικό επίπεδο σε μια πρώιμη φάση ωριμότητας, διαμορφώνοντας κοινές πολιτικές στα λιγότερο ακανθώδη θέματα αναζητώντας μια ταυτότητα για το μέλλον της, αναβάθμισαν το ρόλο τους σε διαχειριστές της κληρονομιάς (αν όχι «νόμιμους κληρονόμους») του πλανήτη. Ταυτόχρονα, οι δορυφορικές επικοινωνίες, τα παγκόσμια τηλεοπτικά δίκτυα και πάνω απ' όλα, το διαδίκτυο, έστησαν ένα πυκνότατο και ταχύτατο νευρικό σύστημα για την διάχυση και συλλογή ιδεών και πληροφοριών από και προς σχεδόν όλο τον κόσμο, ενώ οι βάσεις δεδομένων και τα γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών άλλαζαν σταδιακά το επίπεδο εποπτείας και σύνθεσης των δεδομένων από τη μακροοικονομία ως τη γεωστρατηγική.

Η έκθεση[69] της Παγκόσμιας Επιτροπής για το Περιβάλλον και την Ανάπτυξη στα τέλη του 1987, Our Common Future (Το κοινό μας μέλλον) είναι ένα έγγραφο ορόσημο για την εξέλιξη της αναπτυξιακής πολιτικής διεθνώς, καθώς όρισε τη βιώσιμη ανάπτυξη και καθόρισε τη γενική πορεία που ακολουθείται σήμερα από τους διεθνείς οργανισμούς και τα συνεργαζόμενα με αυτούς κράτη, ενώ η φιλοσοφία του πέρασε στις πολιτικές και κυρίως στα χρηματοδοτικά προγράμματα τόσο του ΟΗΕ όσο και της ΕΕ, καθορίζοντας σε βάθος και πλάτος τις επενδύσεις με εθνική ή ευρωπαϊκή ταμειακή προέλευση. Ο βασικός ορισμός της έκθεσης αυτής (που για τους προγραμματιστές και τους διαχειριστές ή managers είναι κάτι σαν την Κυριακή Προσευχή (το γνωστό «Πάτερ ημών…» των χριστιανών), πρεσβεύει ότι η ανάπτυξη πρέπει να γίνεται εντός των ορίων του περιβάλλοντος, έτσι ώστε να μην διακινδυνεύεται η δυνατότητα ανάπτυξης των επόμενων γενεών, δηλαδή να καλύπτει τις σημερινές ανάγκες, λαμβάνοντας υπόψη τις μελλοντικές.



Εικ. 47 - Οι ομάδες κρατών του πλανήτη με βάση το βαθμό ή τον τρόπο ανάπτυξης (Πηγή: ISDR): OECD (Οργανισμός Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης, ΟΟΣΑ), CEE+CIS (Χώρες Κεντρικής και Ανατολικής Ευρώπης και Κοινοπολιτεία Ανεξαρτήτων Κρατών), Developing Countries (Αναπτυσσόμενες Χώρες), Least developed countries (Λιγότερο ανεπτυγμένες χώρες).

[69] Είναι γνωστή και ως Αναφορά Brundtland, από το όνομα της πρωθυπουργού της Νορβηγίας, που είχε τεθεί επικεφαλής της επιτροπής

Πίνακας 3 – Αναλυτικός Πίνακας των σταδίων της διαχείρισης του νερού διαχρονικά.

ΣΤΑΔΙΟ	ΧΡΟΝΙΚΗ ΠΕΡΙΟΔΟΣ	ΑΙΧΜΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ	ΟΡΟΣΗΜΑ	ΠΡΟΣΩΠΑ
1 **Μετακίνηση του ανθρώπου προς το νερό**	25.000BP-16.000BP (23.000π.Χ.-14.000π.Χ.)	Πρόχειρα δοχεία συλλογής νερού από καρπούς, μπαμπού, φύλο, δέρμα. Μικρολιθικά εργαλεία	Τελευταία φάση της παγετώδους περιόδου. Ο άνθρωπος τροφοσυλλέκτης και κυνηγός.	
2 **Εγκατάσταση του ανθρώπου κοντά στο νερό**	16.000BP-10.000BP (14.000π.Χ.-8.000π.Χ.)	Κεραμικά δοχεία αποθήκευσης νερού. Εργαλεία συγκομιδής και άλεσης.	Σταδιακή υποχώρηση παγετώνων. Μετάβαση στη γεωργία. Πρώτοι αγροτικοί οικισμοί.	
3 **Έγγειες Βελτιώσεις**	10.000BP-5.200BP (8.000π.Χ.-3.200π.Χ.)	Αντιπλημμυρικά και αποστραγγιστικά κανάλια και αναχώματα.	Κλιματικό optimum. Γεωργία και κτηνοτροφία. Οργανωμένοι οικισμοί παρόχθιοι σε λίμνες και ποτάμια.	
4 **Γραφειοκρατία και Έργα Υποδομής**	5.200BP-2.700BP (3.200π.Χ.-700π.Χ.)	Έργα εγγείων βελτιώσεων μεγάλης κλίμακας (κανάλια, φράγματα, πηγάδια, γεωτρήσεις). Κανονισμοί και νόμοι του νερού.	Φράγμα Sadd-el-Kafara, έργα κοιλάδας al-Fayioum, Νειλόμετρο (Αίγυπτος), κανάλια Βαβυλώνας, κώδικας Χαμουραμπί (Μεσοποταμία), αποστράγγιση Κωπαΐδας, ύδρευση και αποχέτευση Κνωσσού, άθλοι του Ηρακλή (Ελλάδα-Ευρώπη), Qanats (Περσία), γεωτρήσεις (Κίνα), πηγάδια του Αβραάμ (Φοινίκη). Ποτάμια βασίλεια και πόλεις – κράτη. Φορολογία, Κτηματολόγιο, Γεωμετρία.	Ηρακλής Χαμουραμπί Σέσωστρις Σεμίραμις
5 **Παγκοσμιοποίηση Τεχνολογίας – Δημόσια Διαχείριση του Νερού**	700π.Χ.-300μ.Χ.	Μεταφορά, αποθήκευση και διανομή του νερού από τις πηγές στο αστικό και αγροτικό περιβάλλον. Σήραγγες, υδραγωγεία, δημόσια λουτρά και κρήνες.	Αστική οργάνωση. Νόμοι του Σόλωνα, Αθηναϊκή Δημοκρατία. Φιλοσοφία. Σύγκρουση αυτοκρατοριών. Πέρσες, Έλληνες, Ρωμαίοι. Παρακμή και διάλυση των ποτάμιων βασιλείων. Βιβλιοθήκες Περγάμου και Αλεξάνδρειας (Μουσείον). Επικράτηση του δημόσιου χαρακτήρα της διαχείρισης στο ρωμαϊκό σύστημα.	Σόλων Πυθαγόρας Θαλής Αρχιμήδης Ευκλείδης Ήρων Μάρκος Βιτρούβιος
6 **Μεσαίωνας – Εγκατάλειψη της Δημόσιας Διαχείρισης**	300μ.Χ.-1400μ.Χ.	Λουτρά Κωνσταντινούπολης. Αραβική Υδραυλική Μηχανική. Αμυντική χρήση του νερού. Νερόμυλοι και αντλίες με πιστόνια.	Κλιματικές μεταβολές, σιτοδείες και επιδημίες. Σταδιακή αποδιοργάνωση και διάλυση της ρωμαϊκής αυτοκρατορίας και του συστήματος διοίκησης και διαχείρισης. Ανάμιξη με το κελτικό, το γερμανικό και το σλαβικό στοιχείο. Ισλαμική επέκταση και αραβικές επιστήμες με κλασσικές επιρροές και έμφαση στα μαθηματικά και τη φιλοσοφία. Αλληλεξάρτηση εκκλησίας και κράτους (λατινοχριστιανικά και βυζαντινά κράτη). Εγκατάλειψη των	Ιουστινιανός Κασσιόδωρος Al Karaji

			κλασσικών από τη Δύση. Φέουδα. Μοναχισμός και γαιοκτητικές μονές. Πρώτα πανεπιστήμια. Διάχυση των αραβικών επιστημών στην Ευρώπη και εισαγωγή του τραπεζικού συστήματος.	
7 **Αναγέννηση – Επιστροφή στη Θετική σκέψη**	1500-1700	Άνθηση των επιστημών. Ορθολογισμός και πειραματισμός. Λογιστική. Νέες χρήσεις νερού και επιστροφή των υδραυλικών έργων στο αστικό περιβάλλον. Τυπογραφία.	Ύφεση των Αράβων και σταυροφορίες. Πτώση του Βυζαντίου. Νέος Κόσμος. Οικονομικά και πνευματικά ισχυρές πόλεις στη δύση. Εμπορικοί στόλοι και πανεπιστήμια. Μελέτη του υδρολογικού κύκλου. Αφετηρία της οικονομικής θεωρίας.	Da Vinci Palissy Μακιαβέλι
8 **Βιομηχανική Οικονομία**	1700-1950	Ενεργειακή και βιομηχανική χρήση του νερού. Ατμοκίνηση και ηλεκτρισμός. Μηχανές εσωτερικής καύσεως. Ανάπτυξη τεχνικής μηχανοκίνητων γεωτρήσεων. Δημόσιες και ιδιωτικές εταιρείες ύδρευσης και αποχέτευσης.	Δημιουργία σύγχρονων ευρωπαϊκών κρατών πάνω στους άξονες του νερού. Παρακμή οθωμανικής αυτοκρατορίας. Βιομηχανική ρύπανση. Υδραυλική μηχανική και σύγχρονη υδρολογία και υπόγεια υδραυλική. Αστικοποίηση. Σύγχρονη οικονομική θεωρία, καπιταλισμός και σοσιαλισμός. Γεωστρατηγική και αποικιοκρατία. Τηλεπικοινωνίες. Δημιουργία ΗΠΑ και ΕΣΣΔ. Χρηματοπιστωτικό σύστημα. Παγκόσμιοι Πόλεμοι.	Darcy Smith Marx
9 **Παγκοσμιοποίηση της οικονομικής ανάπτυξης**	1950-1990	Γεωτρήσεις και φράγματα στην αγροτική και βιομηχανική παραγωγή. Αστικά δίκτυα ύδρευσης και αποχέτευσης και επεξεργασία λυμάτων. Έλεγχος ποιότητας και σταθερότυπα.	ΝΑΤΟ, Σύμφωνο Βαρσοβίας και Ψυχρός Πόλεμος. Κούρσα οικονομικής ανάπτυξης σε παγκόσμιο επίπεδο. ΟΗΕ, ΕΟΚ, ΟΟΣΑ. Ταχεία και βίαιη βιομηχανοποίηση τρίτων χωρών. Επιταχυνόμενη εκμετάλλευση φυσικών πόρων. Ηλεκτρονικοί υπολογιστές και ενόργανη παρακολούθηση του υδρολογικού κύκλου. Ανάπτυξη δικτύων στις ΗΠΑ για αμυντικούς σκοπούς και διαδίκτυο στο CERN στην Ευρώπη. Οικολογικό κίνημα.	Horton Theis Keynes Τρούμαν
10 **Δικτυακή Επανάσταση και Αειφόρος Ανάπτυξη**	1990-	GIS. Δορυφορικές επικοινωνίες. Διαδίκτυο. Παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο. Βάσεις δεδομένων.	Πτώση του σοβιετικού μοντέλου. Παγκόσμια οικονομία της αγοράς. Our common future. Αειφόρος Ανάπτυξη. Δουβλίνο. Βαρκελώνη. Integrated Water Resources Management. Αρχές διαχείρισης νερού και προδιαγραφές για τη χρήση και παρακολούθηση με επιταγή διεθνών οργανισμών. Πλήρης ανάκτηση κόστους του νερού. Οδηγίες Ευρωπαϊκής Ένωσης για το νερό.	Brundtland

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΙΣΧΥΟΝ ΔΙΕΘΝΕΣ ΚΑΙ ΕΘΝΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΩΝ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ – ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΩΝ ΑΠΟΨΕΩΝ ΚΑΙ ΤΩΝ ΘΕΣΜΩΝ

Το ισχύον θεσμικό πλαίσιο που διέπει τη διαχείριση των υδατικών πόρων στην Ελλάδα είναι ο Νόμος 3199 του 2003, που αποτελεί πράξη εναρμόνισης του εθνικού δικαίου με αυτό της Ευρωπαϊκής Ένωσης, δηλαδή την Οδηγία 60 του 2000 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου. Πρόκειται για τον κεντρικό άξονα που συνοψίζει την ευρωπαϊκή πολιτική στο θέμα των υδάτων και αντικατοπτρίζει τις διεθνείς τάσεις των απόψεων για τη διαχείριση, ενσωματώνοντας τις σχετικές διεθνείς συμφωνίες και συνθήκες. Τα τελευταία χρόνια έχει αναπτυχθεί μεγάλη δραστηριότητα, συζήτηση και βιβλιογραφία γύρω από την «εφαρμογή της Οδηγίας – Πλαίσιο 2000/60». Πρέπει όμως να τονιστεί ότι, η δημιουργία της Οδηγίας 2000/60 (Water Framework Directive, WFD) δεν υπήρξε αυτόνομη και αυτοδύναμη διαδικασία, ούτε είναι στατική και τελεσίδικη. Η διαμόρφωση ενός κατά το δυνατόν πλήρους και περιεκτικού νομοθετικού πλαισίου για τη διαχείριση του νερού στην Ευρωπαϊκή Ένωση είναι μόνο μια από τις πλευρές της διεθνούς πολιτικής «για το περιβάλλον και την ανάπτυξη». Πρόκειται για μια πορεία των τελευταίων τριάντα και πλέον χρόνων (Πίνακας 1), κατά την οποία διεθνείς οργανισμοί, επιστημονικές ομάδες και διεθνή fora επιστημόνων (συμπεριλαμβανομένων των οικονομολόγων) προσπαθούν να βρουν μια ισορροπία μεταξύ της διατήρησης του φυσικού περιβάλλοντος και της αύξησης των οικονομικών μεγεθών. Η αλληλεπίδραση αυτή, που γίνεται στα πλαίσια διεθνών διασκέψεων και συνεδρίων, καταλήγει σε διεθνείς συμφωνίες, σε δεσμεύσεις των συμμετεχόντων φορέων σε στόχους και σε μεθοδολογίες, που τελικά εφαρμόζονται μέσα από τη δημιουργία νομοθετικών, οργανωτικών, οικονομικών και τεχνολογικών εργαλείων. Η αφετηρία για την πορεία αυτή ήταν μια δραματική διαπίστωση του τέλους της δεκαετίας του 1960, που ερχόταν σε αντίθεση με τη βάση των μέχρι τότε ακμαζουσών οικονομικών θεωριών που αναφέρθηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο. Οι φυσικοί πόροι δεν είναι ανεξάντλητοι και η ανθρώπινη δραστηριότητα μπορεί να επηρεάσει αρνητικά το περιβάλλον, σε βαθμό που να απειλείται η περαιτέρω ανάπτυξη, ή ακόμα και η επιβίωση του ανθρώπου.

Έτσι, το 1972 πραγματοποιήθηκε η πρώτη Παγκόσμια Συνδιάσκεψη για το Περιβάλλον υπό την αιγίδα του ΟΗΕ, που διαπίστωσε και έθεσε το πρόβλημα, ενώ η Διάσκεψη Κορυφής της Ευρωπαϊκής Οικονομικής Κοινότητας (ΕΟΚ, σήμερα Ε.Ε.) κατέληγε στο συμπέρασμα ότι πρέπει να δοθεί «ιδιαίτερη σημασία στο περιβάλλον στα πλαίσια της οικονομικής ανάπτυξης και της βελτίωσης της ποιότητας ζωής».

Το 1975, με κύριο γνώμονα την εξασφάλιση της δημόσιας υγείας, η ΕΟΚ εξέδωσε την οδηγία 440, που έθεσε προδιαγραφές ποιότητας για το πόσιμο νερό για τα κράτη – μέλη, με συγκεκριμένα επιτρεπόμενα όρια τιμών για ένα μακρύ κατάλογο ουσιών (ρύπων), που ακολουθήθηκε το 1976 από την οδηγία 160 σχετικά με τη νιτρορύπανση. Το ίδιο έτος έγινε η πρώτη οργανωμένη απόπειρα να τεθούν βάσεις συνεργασίας των ευρωπαϊκών και μη ευρωπαϊκών μεσογειακών χωρών με τη Διάσκεψη της Βαρκελώνης, με στόχο τη μείωση της ρύπανσης της Μεσογείου Θάλασσας.

Το 1977 στο συνέδριο της Mar del Plata, που πραγματοποιήθηκε για να δώσει διεξόδους σε περιπτώσεις ανταγωνιστικών χρήσεων και χρηστών του νερού, εισήχθη για πρώτη φορά ο όρος «Integrated Water Resources Management» (Ολοκληρωμένη Διαχείριση Υδατικών Πόρων) στο λεξιλόγιο της διαχείρισης του νερού, θέτοντας τις βάσεις για την «ολιστική» προσέγγιση του υδατικού προβλήματος.

Ακολούθησε η έκδοση της Οδηγίας 68 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου το 1980, με στόχο την προστασία των υπογείων υδάτων από επικίνδυνες ουσίες.

Η δεκαετία του 1980 ήταν σχετικά φαινομενικά αδρανής σε διεθνές επίπεδο σε σχέση με την ολοκληρωμένη διαχείριση του νερού, καθώς εστιάστηκε κυρίως σε τομεακές προσεγγίσεις, με έμφαση στους κανονισμούς, τις τεχνολογικές λύσεις και την παρακολούθηση της ποιότητας ως μείζον θέμα, και λιγότερο σε θέματα ισοζυγίων και ισορροπίας του υδρολογικού κύκλου.

Το 1986, ψηφίστηκε από το Ελληνικό Κοινοβούλιο ο νόμος 1650 για την προστασία του περιβάλλοντος, θεσπίζοντας περιβαλλοντικούς όρους για τις παρεμβάσεις στο φυσικό περιβάλλον, ένα

χρόνο νωρίτερα από το νόμο 1739/1987, που αποτέλεσε έκτοτε το θεσμικό πλαίσιο για τη διαχείριση των υδατικών πόρων στην Ελλάδα, μέχρι το 2003.

Το 1987, η Σύνοδος της Παγκόσμιας Επιτροπής για το Περιβάλλον και την Ανάπτυξη του ΟΗΕ, καταλήγει στη γνωστή Αναφορά Brundtland που εισάγει την έννοια της Βιώσιμης ή Αειφόρου Ανάπτυξης (Sustainable Development), ως διέξοδο στο πρόβλημα του διπόλου περιβάλλον – ανάπτυξη. Σε ευρωπαϊκό επίπεδο, η Ενιαία Ευρωπαϊκή Πράξη του 1987 θεσμοθετεί μια μεταρρύθμιση στον τομέα του περιβάλλοντος, με την προσθήκη ιδιαίτερου σχετικού κεφαλαίου στη συνθήκη για την ίδρυση της Ευρωπαϊκής Κοινότητας.

Το 1989, η Οικονομική Επιτροπή για την Ευρώπη υιοθετεί τον Καταστατικό Χάρτη για τη Διαχείριση των Υπόγειων Νερών του Οργανισμού Ηνωμένων Εθνών. Αυτό το έγγραφο αποτελεί σε μεγάλο βαθμό έναν «απευθείας πρόγονο» της Οδηγίας – Πλαίσιο του 2000, καθώς θέτει σε μεγάλο βαθμό θέματα διαχείρισης, παρακολούθησης, έρευνας, αδειοδότησης, τιμολογήσεων, κ.λπ., μόνο που αναφέρεται βασικά μόνο στα υπόγεια ύδατα, προφανώς υπό την πίεση της ταχύτατης υποβάθμισης των υπόγειων υδροφόρων από τη ρύπανση και τις ανεξέλεγκτες γεωτρήσεις που προκάλεσε η επιταχυνόμενη αγροτική (στο Νότο) και βιομηχανική (στο Βορρά) ανάπτυξη των δεκαετιών 1970 και 1980. Μεταξύ άλλων, στη Χάρτα θίγονται θεμελιώδη ζητήματα, όπως το θέμα του χαρακτήρα του νερού ως αγαθό και της ιδιοκτησίας του:

- «…**Τα υπόγεια νερά θα πρέπει να διακηρυχθούν σαν κοινό αγαθό** και οι διοικητικές αρχές με τη βοήθεια των Κυβερνήσεων θα πρέπει χάριν του δημοσίου συμφέροντος να περιορίσουν τα δικαιώματα της ιδιωτικής ιδιοκτησίας. Νέα νομοθεσία θα πρέπει να προσπαθήσει ν' αλλάξει τα δικαιώματα ιδιοκτησίας σε δικαιώματα χρήσης των υπόγειων νερών που να υπάγονται σ' ένα σύστημα αδειών κυβερνητικά ελεγχόμενο…». (V.3).
- «…**Η απόληψη νερού από υδροφορείς και ο τεχνητός εμπλουτισμός υπογείων υδάτων θα πρέπει να υπόκειται και να ελέγχεται από τις αρμόδιες αρχές** σύμφωνα με σαφείς προδιαγραφές που θα έχουν τεθεί μέσα σ' ένα κατάλληλο σύστημα έκδοσης αδειών…». (X.1).
- «…**Η παρακολούθηση και ο έλεγχος θα πρέπει να θεωρηθούν ως μια Δημοσιοϋπαλληλική δραστηριότητα**. Θα πρέπει να δημιουργηθεί υποδομή για τον συντονισμό της επεξεργασίας και της διαθεσιμότητας των δεδομένων και πληροφοριών της παρακολούθησης των υδροφορέων. Τα αποτελέσματα της συλλογής των δεδομένων θα πρέπει να συσχετίζονται με τις πληροφορίες για τα ποσοτικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά των υπόγειων υδροφορέων, καθώς και με λεπτομέρειες για τις θέσεις τους, χρήση τους και έκθεσή τους σε ποικίλες επιπτώσεις από τη χρήση της γης, όπως π.χ. γεωργία, βιομηχανία και αστική ανάπτυξη. **Οι πληροφορίες αυτές θα πρέπει να είναι άμεσα διαθέσιμες στους ενδιαφερόμενους…**». (XIII.3).

Η δεκαετία του 1990 που ακολούθησε, ήταν η περίοδος «οργασμού» σε παγκόσμιο και σε ευρωπαϊκό επίπεδο σε θέματα περιβάλλοντος, νερού (αλλά και φυσικών καταστροφών). Η Διάσκεψη του ΟΗΕ για το Περιβάλλον και την Ανάπτυξη στο Ρίο ντε Τζανέιρο το 1992 αποτελεί κομβικό γεγονός, καθώς κατέληξε στη διαβόητη Agenda 21, που σχηματοποίησε με συστηματικό τρόπο τις ιδέες για την αειφόρο ανάπτυξη και εξασφάλισε μεγάλο βαθμό συναίνεσης τόσο των ανεπτυγμένων, όσο και των υπό ανάπτυξη χωρών σε κοινούς στόχους. Σ' αυτή τη διάσκεψη τα θέματα του νερού δεν ήταν τόσο υψηλά στη θεματολογία των συζητήσεων, παρόλο που σε περιοχές όπως η Μεσόγειος είχαν ήδη λάβει κεντρική θέση, που αναδείχθηκε και στην «περιφερειακή Agenda 21» (Regional Mediterranean Agenda 21). Παρόλα ταύτα, στα πλαίσια της Agenda 21 όπου υιοθετήθηκε η αρχή της αειφόρου ανάπτυξης παγκοσμίως, συμπεριλήφθηκε η παράγραφος 6 του άρθρου 18, που αναφέρεται σαφώς στην «ολιστική διαχείριση του νερού».

Το 1992 έλαβε χώρα στο Δουβλίνο το Διεθνές Συνέδριο για το Γλυκό Νερό (Dublin International Freshwater Conference), σε μια προσπάθεια να μπει στο επίκεντρο του ενδιαφέροντος η ολοκληρωμένη διαχείριση των υδατικών πόρων (IWRM). Το Ρίο και το Δουβλίνο, σε συνέχεια της Αναφοράς Brundtland, ολοκλήρωσαν το ευρύ πλαίσιο της φιλοσοφίας της διαχείρισης του

περιβάλλοντος, και ειδικά του νερού, που στη συνέχεια τέθηκε σε εφαρμογή από τη διαθνή κοινότητα, και ειδικότερα από την Ευρωπαϊκή Ένωση. Στην παράγραφο 18.6 της Agenda 21 δηλώνεται ότι:

- «…η ολιστική διαχείριση του γλυκού νερού ως πεπερασμένης και πολύτιμης πηγής και η διασύνδεση τομεακών υδατικών σχεδίων και προγραμμάτων στο πλαίσιο της εθνικής οικονομικής και κοινωνικής πολιτικής είναι υψίστης σημασίας προτεραιότητας για τη δεκαετία του 1990 και έπειτα…».

Η Global Water Partnership (GWP) που μαζί με το Παγκόσμιο Συμβούλιο του Νερού (World Water Council), αποτέλεσαν έκτοτε τους βασικούς φορείς για την προώθηση της εφαρμογής αυτού του πλαισίου, ορίζουν την Integrated Water Resources Management ως εξής:

- «…μια διαδικασία που προάγει τη συντονισμένη ανάπτυξη και διαχείριση του νερού, της γης και των σχετικών πόρων, με σκοπό τη μεγιστοποίηση της επακόλουθης οικονομικής και κοινωνικής ευημερίας με δίκαιο τρόπο, χωρίς να διακινδυνεύει τη βιωσιμότητα των ζωτικών οικοσυστημάτων».

Στο Δουβλίνο το 1992 θεσπίστηκαν οι «τέσσερις αρχές του (γλυκού) νερού», οι οποίες έγιναν αποδεκτές άμεσα ή έμμεσα από τη διεθνή κοινότητα, αναδεικνύουν τη στενή αλληλεξάρτηση «οικονομικής, κοινωνικής και περιβαλλοντικής ασφάλειας», και έχουν ως εξής:

1. Το γλυκό νερό είναι ένας πεπερασμένος και πολύτιμος πόρος, απαραίτητος για τη συστήρηση της ζωής, της ανάπτυξης και του περιβάλλοντος. «Εφόσον το νερό συντηρεί τη ζωή, η αποτελεσματική διαχείριση των υδατικών πόρων απαιτεί ολιστική προσέγγιση, συνδέοντας την κοινωνική και οικονομική ανάπτυξη με την προστασία των φυσικών οικοσυστημάτων. Η αποτελεσματική διαχείριση συνδέει τις χρήσεις γης και νερού στο σύνολο μιας υδρολογικής λεκάνης ή ενός υπόγειου υδροφόρου».

2. Η ανάπτυξη και η διαχείριση του νερού πρέπει να βασίζονται σε μια συμμετοχική προσέγγιση, που περιλαμβάνει χρήστες, σχεδιαστές και πολιτικούς φορείς. «Η συμμετοχική προσέγγιση περιλαμβάνει την αύξηση της ευαισθησίας για τη σπουδαιότητα του νερού, ανάμεσα στους πολιτικούς φορείς και στην κοινή γνώμη. Σημαίνει ότι οι αποφάσεις λαμβάνονται στο κατώτερο δυνατό επίπεδο, με πλήρη διαβούλευση με το κοινό και εμπλοκή των χρηστών στο σχεδιασμό και την εφαρμογή των σχεδίων».

3. Οι γυναίκες διαδραματίζουν κεντρικό ρόλο στην παροχή, τη διαχείριση και την εξασφάλιση του νερού. «Αυτός ο κεντρικός ρόλος των γυναικών ως προμηθευτών και χρηστών του νερού και ως φυλάκων του ζωντανού περιβάλλοντος σπάνια αντικατοπτρίζεται στους θεσμικούς διακανονισμούς για το περιβάλλον και τη διαχείριση των υδατικών πόρων. Η αποδοχή και εφαρμογή αυτής της αρχής απαιτεί θετικές πολιτικές που να απευθύνονται στις ειδικές ανάγκες των γυναικών και να τις ενισχύουν και να τις εξοπλίζουν ώστε να συμμετέχουν σε όλα τα επίπεδα των προγραμμάτων για τους υδατικούς πόρους, στη λήψη αποφάσεων και την εφαρμογή τους, με καθορισμένο τρόπο».

4. Το νερό έχει οικονομική αξία σε όλες τις ανταγωνιστικές του χρήσεις και θα πρέπει να αναγνωρίζεται ως οικονομικό αγαθό. «Μέσα σ' αυτή την αρχή, είναι ζωτικής σημασίας να αναγνωριστεί πρώτα το θεμελιώδες δικαίωμα όλων των ανθρώπων στην πρόσβαση σε καθαρό νερό και υγιεινή σε τιμή εντός των δυνατοτήτων τους. Η προηγούμενη αποτυχία να αναγνωριστεί η οικονομική αξία του νερού έχει οδηγήσει σε σπατάλες και περιβαλλοντικά επιζήμιες χρήσεις του πόρου. Η διαχείριση του νερού ως οικονομικού αγαθού είναι ένας σημαντικός τρόπος να επιτευχθεί επαρκής και δίκαιη χρήση και να ενθαρρυνθεί η συντήρηση και η προστασία των υδατικών πόρων».

Η πρώτη αρχή είναι καθαρά αποτέλεσμα της επιστημονικής και τεχνολογικής προόδου, που έχει καταφέρει να αναγνωρίσει και εν μέρει να ποσοτικοποιήσει τις ευαίσθητες ισορροπίες και αλληλεπιδράσεις που εμπλέκονται στον υδρολογικό κύκλο, και στο υποσύνολο της διαθέσιμης ποσότητας για ανθρώπινη χρήση. Αποτελεί πλέον το θεμέλιο λίθο της διαχείρισης των υδατικών πόρων και είναι αποδεδειγμένη, όσο και αποδεκτή καθολικά.

Η δεύτερη αρχή αποτελεί απόσταγμα της πολυετούς διεθνούς εμπειρίας σε θέματα επίλυσης τοπικών, υπερτοπικών, διακρατικών και διεθνών διενέξεων με επίκεντρο τους υδατικούς πόρους. Η εμπειρία αυτή έχει δείξει ότι η συνέργεια και η συμμετοχική διαδικασία είναι ο ασφαλέστερος δρόμος για την αποφυγή των πάσης κλίμακας συγκρούσεων που δημιουργεί ο ανταγωνισμός για την εξασφάλιση του νερού εις βάρος του «γείτονα». Ο ΟΗΕ καλλιεργεί εδώ και αρκετά χρόνια αυτή την προσέγγιση (Cooperation vs Conflict) και η στάση αυτή υιοθετείται κατά το δυνατόν από όλους τους φορείς που σχεδιάζουν προγράμματα διαχείρισης, τουλάχιστον σε υψηλό επίπεδο.

Η τρίτη αρχή (όπως μάλλον και η δεύτερη) εισέρχεται σ' ένα πεδίο εμβάθυνσης πέρα από τον «πολιτισμό του νερού» και σχετίζεται με ολόκληρο το σύγχρονο δυτικό πολιτισμικό πρότυπο των τελευταίων δεκαετιών. Θεσμικά μέτρα όπως η ποσόστωση των φύλων στα εκλογικά ψηφοδέλτια και η εφαρμογή της τρίτης αρχής του νερού, έχουν πιθανώς κοινή αφετηρία την απόπειρα «επανόρθωσης» της ισότιμης συμμετοχής των δύο φύλων στη διακυβέρνηση και εν γένει τη λήψη αποφάσεων, ενώ παράλληλα απευθύνονται και σε κοινωνίες όπου πράγματι υπάρχει η «ειδική» σχέση της γυναίκας με το νερό, μόνο που αυτή οφείλεται ακριβώς στη διαφορετική της κοινωνική θέση σε σχέση με τον ανδρικό πληθυσμό. Πάντως, αν και η δύση προσπαθεί προς αυτή την κατεύθυνση συστηματικά και ενεργά τις τελευταίες δεκαετίες, παράλληλα με τη χειραφέτηση της γυναίκας αναπτύσσονται παρενέργειες στον τομέα της οικογένειας και της μητρότητας, που τοποθετούν τη γυναίκα σε μια διελκυστίνδα μεταξύ βιολογικής και ψυχολογικής ολοκλήρωσης από τη μια, και κοινωνικής αναγνώρισης και καριέρας από την άλλη. Στις μη ευρωπαϊκές (ή μη δυτικές ή μη βόρειες) κοινωνίες, η προσπάθεια αναβάθμισης του ρόλου της γυναίκας στη λήψη αποφάσεων έχει να διανύσει μακρύ δρόμο, μακρύτερο και από τη μετάβαση των αντίστοιχων συστημάτων διακυβέρνησης σε αντιπροσωπευτικές «αστικές» δημοκρατίες. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η περιστασιακή μαζική εμπλοκή σε ξυλοδαρμούς στα κοινοβούλια της Άπω Ανατολής. Σε κοινωνίες που δεν διαθέτουν τους αντιπροσωπευτικούς θεσμούς της δημοκρατίας στο ιστορικό τους οπλοστάσιο, χρειάζεται μεγάλος χρόνος ωρίμανσης, από τη στιγμή που μια κρίσιμη μάζα πολιτών ή υπηκόων θα πειστεί για τα πλεονεκτήματα της δημοκρατίας ή της ισότητας των φύλων μέχρι να υπάρξει κοινή αποδοχή των σχετικών θεσμών και κανόνων. Επιπλέον, η αντιπροσωπευτική δημοκρατία και η ισότητα των φύλων δεν θεωρούνται παντού αυταπόδεικτα ορθές επιλογές, όπως δεν θεωρούνταν ούτε στην Ευρώπη, μέχρι πριν από κάποια χρόνια, ή ακόμα και σήμερα, σε κάποιες ομάδες πληθυσμού. Σε κάθε περίπτωση ενδεχομένως να άξιζε να εξεταστεί το κατά πόσο μια «δημοκρατική» παγκόσμια κοινότητα θα μπορούσε να αναγνωρίζει το δικαίωμα της επιλογής κάποιου λαού να μην αποζητά δημοκρατική διακυβέρνηση, ή ακόμα και καμιά διακυβέρνηση, σε μια ακραία ερμηνεία της αρχής της αυτοδιάθεσης, στο όνομα της οποίας πριμοδοτούνται, χρηματοδοτούνται και εξοπλίζονται επιλεκτικά διάφορα εθνικιστικά, αποσχιστικά, αυτονομιστικά ή απελευθερωτικά κινήματα ανά τον κόσμο. Ποιες είναι οι πιθανότητες ανοχής της παγκόσμιας κοινότητας ή επιβίωσης στον πλανήτη μιας ομάδας «εκ πεποιθήσεως τροφοσυλλεκτών»;

Η τέταρτη αρχή ανοίγει μια συζήτηση που πιθανότατα θα συνεχίζεται για αρκετές δεκαετίες. Κάποιος κακόπιστος θα μπορούσε μάλιστα να υποστηρίξει ότι για χάρη της τέταρτης αρχής γίνεται όλος ο θόρυβος σχετικά με τη διαχείριση του νερού. Από το Δουβλίνο κι έπειτα, μπαίνει στο τραπέζι το θέμα της «ανάκτησης του πλήρους κόστους» ή «πλήρους ανάκτησης του κόστους» (full cost recovery), για ένα δημόσιο αγαθό[70]. Οι πρώτες αντιρρήσεις για τη διατύπωση της τέταρτης αρχής προέρχονται από τους ίδιους τους κύκλους της IWRM (Skoullos et al, 2002):

- «Συχνά λέγεται ότι πολλές αποτυχίες του παρελθόντος στη διαχείριση των υδατικών πόρων μπορούν να αποδοθούν στο γεγονός ότι το νερό θεωρείτο και θεωρείται δωρεάν αγαθό. Είναι πολύ πιο σωστό να ειπωθεί ότι οι αποτυχίες συνδέονται με το γεγονός ότι δεν έχει αναγνωριστεί η πλήρης αξία του νερού. Παρά ταύτα, ειδικά στη Μεσόγειο, η μη οικονομική αξία του νερού δεν θα έπρεπε να υποτιμάται. Το νερό, όπως ο αέρας, είναι ένα δημόσιο αγαθό. Όμως, η χρήση και η διαχείρισή του απαιτεί επενδύσεις και κόστη και συνεπώς η αξία του έχει δυο συνιστώσες: την οικονομική και την εγγενή. Η οικονομική αξία εξαρτάται από το χρήστη και τον τρόπο χρήσης του νερού, περιλαμβάνει την τιμή στους απευθείας χρήστες, τα καθαρά κέρδη από τη χρήση, τα καθαρά κέρδη από τις έμμεσες χρήσεις και τη συνεισφορά του νερού

[70] Από το Κιότο και μετά αυτό το θέμα εμμέσως επεκτείνεται και στον ατμοσφαιρικό αέρα.

στην επίτευξη των κοινωνικών στόχων. Η εγγενής αξία περιλαμβάνει μη χρηστικές αξίες (π.χ. αξία ύπαρξης, αξία για τη φύση, πολιτιστική, κοινωνική αξία κ.λπ.)».

Δεν φαίνεται βέβαιο κατά πόσο θα είναι στο διηνεκές επιτυχημένη αλλά και βιώσιμη η οικονομική αποτίμηση της «συνολικής» αξίας του νερού και πολύ περισσότερο η πλήρης ανάκτηση του κόστους, ειδικά όταν στην «τιμή» περιλαμβάνεται και η «εγγενής αξία». Επίσης, δεν είναι καθόλου βέβαιο ότι θα μειωθεί η σπατάλη[71]. Αυτό που είναι βέβαιο είναι ότι θα αλλάξει η ποσοστιαία προσβασιμότητα στο νερό ανάμεσα στις διάφορες κοινωνικές ομάδες ή τους τομεακούς χρήστες, ανάλογα με τις οικονομικές τους δυνατότητες ή την κερδοφορία του τομέα. Επιπλέον, θα πρέπει να υπολογιστούν και οι επιπτώσεις στην ανταγωνιστικότητα των ήδη πιεσμένων αγροτικών προϊόντων, τουλάχιστον στο Νότο (της Ευρώπης), όπου η αγροτική χρήση κυμαίνεται γύρω στο 80% του συνόλου του νερού που καταναλώνεται.

Στο σημείο αυτό θεωρήθηκε χρήσιμο να παρατεθεί ο ορισμός του δημόσιου (κοινού) αγαθού, και μάλιστα προερχόμενου από φορέα του χρηματοπιστωτικού συστήματος (Asian Development Bank), ώστε να συγκριθεί αφενός με την τέταρτη αρχή του Δουβλίνου, όσο και με τον Καταστατικό Χάρτη των υπόγειων νερών του ΟΗΕ:

- **«Δημόσια αγαθά**: Αγαθά που χαρακτηρίζονται από πολύ χαμηλά επίπεδα αφαιρεσιμότητας και εξαιρεσιμότητας, σε αντίθεση προς τα ιδιωτικά αγαθά. Η χαμηλή αφαιρεσιμότητα υπαινίσσεται ότι ένα αγαθό είναι διαθέσιμο σε όλους τους καταναλωτές ταυτόχρονα και η κατανάλωση από έναν καταναλωτή δεν εξαντλεί ούτε μειώνει τη διαθέσιμη παροχή σε κάποιον άλλον. Η χαμηλή εξαιρεσιμότητα υπαινίσσεται ότι εάν ένα αγαθό παρέχεται σε έναν καταναλωτή σε μια ορισμένη περιοχή τότε οι άλλοι καταναλωτές στην ίδια περιοχή δεν μπορούν εύκολα να αποκλειστούν από την κατανάλωση του ίδιου αγαθού. Παράδειγμα καθαρού δημόσιου αγαθού αποτελεί η εθνική ασφάλεια, που είναι διαθέσιμη σε όλους τους πολίτες μιας χώρας ταυτόχρονα. Αρκετά άλλα αγαθά είναι οιωνοί δημόσια, παρουσιάζοντας χαμηλά επίπεδα αφαιρεσιμότητας και εξαιρεσιμότητας. Τα δημόσια αγαθά γενικά παρέχονται υπό δημόσια ιδιοκτησία, παρόλο που αρκετά από αυτά μπορούν να παρέχονται υπό συμβάσεις και κανονισμούς, υπό ιδιωτική ιδιοκτησία.
- **Ιδιωτικά αγαθά**: Αγαθά που χαρακτηρίζονται από πολύ υψηλά επίπεδα αφαιρεσιμότητας και εξαιρεσιμότητας. Η αφαιρεσιμότητα σημαίνει ότι η κατανάλωση του αγαθού από ένα χρήστη μειώνει τη διαθέσιμη ποσότητα για τους υπόλοιπους. Η εξαιρεσιμότητα σημαίνει ότι ο παραγωγός μπορεί να περιορίζει τη χρήση του αγαθού στους καταναλωτές που είναι πρόθυμοι να πληρώσουν γι' αυτό, αποκλείοντας αυτούς που δεν πληρούν το συγκεκριμένο ή κάποια άλλα κριτήρια. Εκτός από ειδικές περιπτώσεις, επί παραδείγματι, σε συνθήκες φυσικού μονοπωλίου ή εκεί όπου η κυβέρνηση δεν διαθέτει τη δυνατότητα να θέσει κανονισμούς, η παραγωγή ιδιωτικών αγαθών αναλαμβάνεται από ιδιωτική ιδιοκτησία».

Με βάση τα παραπάνω, παραμένει ένα θεμελιώδες ερώτημα για το μέλλον:

- Πόσο «δημόσιο αγαθό» είναι σήμερα ή θα είναι στο μέλλον το νερό, ή, πόσο «ιδιωτικό» μπορεί να γίνει;

Εκτός από την Agenda 21 που παρήχθη στο Ρίο και τις τέσσερις αρχές του νερού που διατυπώθηκαν στο Δουβλίνο, το 1992, σε επίπεδο Ευρωπαϊκής Ένωσης, έγινε μεταρρύθμιση της Κοινής Αγροτικής Πολιτικής, καθώς διαπιστώθηκε ότι η ΚΑΠ είχε μεν επιτρέψει τον εκσυγχρονισμό της ευρωπαϊκής γεωργίας, αλλά με σημαντική επιδείνωση του περιβάλλοντος. Με τη μεταρρύθμιση αυτή ενθαρρύνθηκε η παραγωγή προϊόντων με λιγότερο εντατικές μεθόδους καλλιέργειας και ξεκίνησαν να εφαρμόζονται γεωργο-περιβαλλοντικά και δασοκομικά προγράμματα.

---

[71] Ένα αντίστοιχο χειροπιαστό παράδειγμα αποτελεί η λειτουργία του νέου οδικού δικτύου της Αττικής Οδού στο λεκανοπέδιο της Αθήνας. Υποστηρίχθηκε με αρκετό σθένος από τους υπεύθυνους της εταιρίας αλλά και από συγκοινωνιολόγους ότι ένα σχετικά υψηλό αντίτιμο διοδίου θα λειτουργήσει ρυθμιστικά ως παράγοντας εξορθολογισμού της χρήσης από τους οδηγούς, το αντίστοιχο που υποστηρίζεται δηλαδή για τη χρήση του νερού. Παρά ταύτα, η Αττική Οδός πλησιάζει τα όρια του κορεσμού της πριν συμπληρωθεί μια τριετία από την έναρξη λειτουργίας της, και ενώ η ταχύτητα κυκλοφορίας δεν αποτελεί καν ζωτικό στοιχείο της επιβίωσης και της οικονομίας.

Το 1993, επιβεβαιώθηκε στο άρθρο 170 (πρώην 130Ρ) της συνθήκης για την Ευρωπαϊκή Ένωση ο προσανατολισμός προς «σταθερή και διαρκή, σεβόμενη το περιβάλλον, ανάπτυξη», με την έναρξη ισχύος της συνθήκης (Μάαστριχτ).

Το 1995 με την αναθεώρηση της σύμβασης της Βαρκελώνης, οι μεσογειακές χώρες ίδρυσαν τη Μεσογειακή Επιτροπή Αειφόρου Ανάπτυξης (Mediterranean Commission of Sustainable Development) και εντός αυτής η Ομάδα Διαχείρισης του Γλυκού Νερού (Task Force on Freshwater Management) που παράγει έκτοτε σχετικές προτάσεις. Το ίδιο έτος υπογράφεται στην Ευρωπαϊκή Ένωση η Σύμβαση του Ελσίνκι για την προστασία και τη χρησιμοποίηση ποταμών που διασχίζουν σύνορα καθώς και των διεθνών λιμνών (διασυνοριακά ύδατα). Ακολουθεί η έκδοση από το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο της Οδηγίας 1996/61 για τον ολοκληρωμένο έλεγχο και την πρόληψη της ρύπανσης (γνωστή ως IPPC).

Το 1997 γίνεται στο Μαρακές το πρώτο World Water Forum από το Παγκόσμιο Συμβούλιο του Νερού (WWC) και την GWP, υπό την αιγίδα του ΟΗΕ. Ακόμα, το 1997 εγκρίθηκε στο Ευρωπαϊκό Συμβούλιο η συνθήκη του Άμστερνταμ, με την οποία ενσωματώθηκε στο προοίμιο και στους στόχους της συνθήκης για την Ευρωπαϊκή Ένωση, η αρχή της «αειφόρου ανάπτυξης». Ακόμα περιλήφθηκε στο άρθρο 2 για την ίδρυση της Ευρωπαϊκής Κοινότητας, στο οποίο ορίζεται η αποστολή της Ευρωπαϊκής Κοινότητας. Με το νέο άρθρο 6 της συνθήκης για την ίδρυση της Ευρωπαϊκής Κοινότητας εισάγεται ρήτρα για την ένταξη του περιβάλλοντος στον καθορισμό όλων των λοιπών πολιτικών, ως μέσο για την προώθηση της αειφόρου ανάπτυξης. Επίσης θεσπίζεται η δημιουργία μέτρων εναρμόνισης που υποχρεώνει τα κράτη μέλη να συμμορφώνονται με την υψηλού επιπέδου προστασία του περιβάλλοντος που καθορίζει η Ευρωπαϊκή Επιτροπή με προτάσεις, εκτός ειδικά αιτιολογημένων περιπτώσεων διατήρησης παλαιότερων ή θέσπισης νέων εθνικών διατάξεων από κάποιο κράτος.

Την ίδια εποχή έχουν ήδη ωριμάσει οι διεθνείς συζητήσεις γύρω από την επίδραση του ανθρώπου στις αλλαγές του κλίματος και το Δεκέμβριο του 1997 εγκρίνεται η σύμβαση πλαισίου του ΟΗΕ για την Αλλαγή του Κλίματος, γνωστή ως Πρωτόκολλο του Κιότο[72].

Στην Ελλάδα, το 1997 ψηφίζεται ο νόμος σχετικά με την εφαρμογή του προγράμματος «Ι. Καποδίστριας», με στόχο την γεωγραφική, διοικητική, οργανωτική και οικονομική αναδιάρθρωση της πρωτοβάθμιας τοπικής αυτοδιοίκησης.

Το 1998, σε συνέχεια πρωτοβουλίας του Σουηδού πρωθυπουργού στο Συμβούλιο του Λουξεμβούργου (1997), στη σύνοδο του Κάρντιφ, τέθηκαν τα θεμέλια της ανάληψης συντονισμένης δράσης σε κοινοτική κλίμακα για την ενσωμάτωση των περιβαλλοντικών απαιτήσεων στις πολιτικές της Ε.Ε. («Διαδικασία του Κάρντιφ») αφορώντας σε πρώτη φάση τα συμβούλια υπουργών «γεωργίας», μεταφορών» και «ενέργειας». Η πολιτική περιβάλλοντος βασίζεται πλέον στις αρχές:

- της προφύλαξης
- της προληπτικής δράσης
- της ανάληψης διορθωτικών ενεργειών για την αντιμετώπιση των προβλημάτων στην πηγή
- «ο ρυπαίνων πληρώνει».

Στο Ευρωπαϊκό Συμβούλιο της Βιέννης κλήθηκαν και οι ομάδες υπουργών «εσωτερικής αγοράς, «βιομηχανίας» και «ανάπτυξης» να καθορίσουν τις δικές τους στρατηγικές για την ενσωμάτωση της περιβαλλοντικής πολιτικής στο σχεδιασμό τους. Ωστόσο, το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο ψήφισε την αναθεώρηση και αντικατάσταση της Οδηγίας 440 του 1975, με την 83 του 1998, για το «νερό ανθρώπινης κατανάλωσης». Την ίδια χρονιά, οι συναντήσεις της επιτροπής του ΟΗΕ για την αειφόρο ανάπτυξη (CSD 6) και το Συνέδριο του Παρισιού (Paris Water Conference) έθεσαν την ολοκληρωμένη διαχείριση των υδατικών πόρων στο επίκεντρο του ζητήματος του νερού, ως αξιόπιστη

[72] Το πρωτόκολλο του Κιότο επικυρώθηκε από την Ε.Ε. και τα κράτη μέλη το 2002, ενώ από το 2003 και 2004 στο Ευρωπαϊκό Συμβούλιο κλήθηκαν τα κράτη μέλη να επιτύχουν το στόχο του και να εκδοθεί οδηγία σχετικά με το σύστημα εμπορίας των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου.

απάντηση στα συσσωρευόμενα προβλήματα και τις υφιστάμενες ή επαπειλούμενες «κρίσεις του νερού».

Το 1999, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή υπέβαλε στο Συμβούλιο προτάσεις για

- την ενσωμάτωση των πολιτικών που εφαρμόζονται στο χώρο του περιβάλλοντος στο πλαίσιο της διαμόρφωσης της «ενιαίας αγοράς»
- την ολοσχερή ενσωμάτωση της περιβαλλοντικής διάστασης στην αναπτυξιακή διαδικασία των υπό ανάπτυξη χωρών και κατά συνέπεια
- τη στρατηγική ενσωμάτωση της αειφόρου ανάπτυξης στην πολιτική συνεργασίας σε οικονομικά και αναπτυξιακά θέματα.

Στο Συμβούλιο της Κολωνίας επιβεβαιώθηκαν οι δεσμεύσεις του Κάρντιφ και της Βιέννης και κλήθηκαν οι υπουργοί «γενικών υποθέσεων», «ECOFIN» και «αλιείας» να υποβάλλουν έκθεση για την ενσωμάτωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων και της βιώσιμης ανάπτυξης στις πολιτικές τους, πράγμα που έγινε στο Συμβούλιο της Νίκαιας, το 2000.

Η Οδηγία 2000/60

Το 2000 εκδίδεται από το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο η Οδηγία 2000/60, η οποία:

- αντιμετωπίζει το νερό ως ενιαία οντότητα στα πλαίσια του υδρολογικού κύκλου και αναγνωρίζει την ανάγκη ολοκληρωμένης διαχείρισης με αναγνώριση, κατάταξη, παρακολούθηση και βελτίωση των επιφανειακών, υπόγειων και παράκτιων υδάτινων σωμάτων, ως αλληλεξαρτώμενων ενοτήτων
- θέτει ενιαίες προδιαγραφές για την ποιοτική, ποσοτική και οικολογική παρακολούθηση του συνόλου του υδρολογικού κύκλου, σε κάθε λεκάνη
- αναθέτει στα κράτη μέλη την εκπόνηση ολοκληρωμένων περιφερειακών σχεδίων διαχείρισης σε κάθε λεκάνη, συμπεριλαμβάνοντας σε αυτά τις διαδικασίες διαβούλευσης με τους χρήστες και τους τρόπους τιμολόγησης
- θέτει χρονοδιάγραμμα (Πίνακας 2) για την ολοκλήρωση της αποτύπωσης της υφιστάμενης κατάστασης, την ενεργοποίηση των σχεδίων διαχείρισης και την τακτική τους αναθεώρηση, καθώς και την έναρξη αντιστροφής της κάθε τύπου υποβάθμισης, όπου έχει καταγραφεί.

Στη συνέχεια εκδίδονται έγγραφα καθοδήγησης (Guidance Documents) με στόχο την κατά ενιαίο και ομοιόμορφο τρόπο εφαρμογή της Οδηγίας από όλα τα κράτη μέλη (τυπολογία των υδάτινων σωμάτων, παρακολούθηση ανά τύπο, χρήση GIS, τιμολόγηση, κ.λπ.).

Ακολούθησε το 2nd World Water Forum το 2000 στη Χάγη και το διεθνές συνέδριο για το νερό (International Freshwater Conference) στη Βόννη το 2001, που ενίσχυσαν τη θέση των απόψεων περί ολοκληρωμένης διαχείρισης του νερού. Η Διακήρυξη της Χιλιετίας (UN CSD 10) (Πίνακας 3) και τα αποτελέσματα της Παγκόσμιας Συνόδου Κορυφής για την αειφόρο ανάπτυξη (World Summit on Sustainable Development, WWSD) στο Γιοχάνεσμπουργκ το 2002, ενέκριναν νέους στόχους, προγράμματα εργασίας και χρονοδιαγράμματα στον τομέα του νερού, των αλιευτικών πόρων, των ωκεανών, των χημικών προϊόντων, της βιοποικιλότητας, της ενέργειας, των μεθόδων παραγωγής και της αειφόρου κατανάλωσης (!), στους οποίους δεσμεύτηκε η Ευρωπαϊκή Ένωση.

Η ορθολογική διαχείριση των υδατικών πόρων, θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη όλες τις πλευρές του θέματος (ολιστική προσέγγιση). Σύμφωνα με την οδηγία, είναι αναγκαία η πολυπαραμετρική προσέγγιση στη βάση των Περιοχών Λεκάνης Απορροής Ποταμού (River Basin Districts), που αντιστοιχούν στα υδατικά διαμερίσματα, όπως έχουν ήδη διαχωριστεί από το Υπουργείο Γεωργίας. Οι περιοχές αυτές είναι περιοχές ξηράς και θάλασσας που αποτελούνται από μια ή περισσότερες λεκάνες απορροής, μαζί με τα συναφή επιφανειακά, υπόγεια και παράκτια ύδατα, όπως αυτά ορίζονται στο Άρθρο 2(1) της οδηγίας 2000/60. Η καταγραφή των υδατικών αναγκών και των ποσοτικών και

ποιοτικών χαρακτηριστικών τους σε κάθε υδατικό διαμέρισμα και της ετήσιας και εποχικής χωροχρονικής τους διακύμανσης, είναι εξίσου απαραίτητη.

Η Ε.Ε. εστιάζει επίσης την πολιτική της στα παραπάνω, ως εξής:

«Ο στόχος για την επίτευξη καλής κατάστασης των υδάτων θα πρέπει να επιδιωχθεί για κάθε Λεκάνη Απορροής Ποταμού, ούτως ώστε να συντονίζονται τα μέτρα που αφορούν επιφανειακά και υπόγεια ύδατα που ανήκουν στο ίδιο οικολογικό, υδρολογικό και υδρογεωλογικό σύστημα.» (33).

Η πολιτική του νερού είναι εναρμονισμένη με τη γενικότερη πολιτική για το περιβάλλον στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Η πολιτική περιβάλλοντος στηρίζεται στις αρχές της προφύλαξης[73] και της προληπτικής δράσης, της ανάληψης διορθωτικών ενεργειών στην πηγή, καθώς και στην αρχή «ο ρυπαίνων πληρώνει»[74].

Οι υδατικοί πόροι για κάθε διαμέρισμα θα πρέπει να εξεταστούν και υπό το πρίσμα των τάσεων της μεταβολής του κλίματος. Θα πρέπει επίσης να τονιστεί ότι δεν μπορεί να γίνει χρήση των υδατικών πόρων χωρίς σοβαρές περιβαλλοντικές επιπτώσεις, παρά μόνο μέσα στα όρια του ποσοστού της κατείσδυσης και απορροής (I+R) που ανανεώνεται από τα κατακρημνίσματα σε ετήσια βάση, και αυτή η ανανέωση δεν είναι σταθερή.

Επιπλέον, σύμφωνα με την οδηγία:

- «Τα κράτη μέλη προστατεύουν, αναβαθμίζουν και αποκαθιστούν όλα τα συστήματα των επιφανειακών υδάτων, με την επιφύλαξη της εφαρμογής του εδαφίου (iii) για τα τεχνητά και ιδιαιτέρως τροποποιημένα υδατικά συστήματα, με σκοπό την επίτευξη μιας καλής κατάστασης των επιφανειακών υδάτων το αργότερο 15 έτη μετά την ημερομηνία έναρξης ισχύος της παρούσας οδηγίας» (Άρθρο 4, §1, (ii)).

---

[73] Η ιδέα της αρχής της προφύλαξης γεννήθηκε από μία ανακοίνωση της Επιτροπής που εγκρίθηκε το Φεβρουάριο του 2000 σχετικά με την «προσφυγή στην αρχή της προφύλαξης», όπου ορίζει την έννοια αυτή και αναλύει τον τρόπο με τον οποίο προβλέπει να την εφαρμόσει.Η ανακοίνωση αυτή συμπληρώνει το Λευκό Βιβλίο για την Ασφάλεια των Τροφίμων (Ιανουάριος του 2000), καθώς και τη συμφωνία που συνήφθη στο Μόντρεαλ, το Φεβρουάριο του 2000, όσον αφορά το Πρωτόκολλο της Καρθαγένης για τη βιοασφάλεια.

Στο εν λόγω έγγραφο, η Επιτροπή προσδιορίζει τις περιπτώσεις στις οποίες έχει εφαρμογή η αρχή της προφύλαξης:

- τα επιστημονικά δεδομένα είναι ανεπαρκή ή αβέβαια ή δεν καταλήγουν σε οριστικά συμπεράσματα ·
- από μια πρώτη επιστημονική αξιολόγηση προκύπτουν βάσιμοι φόβοι για δυνάμει επικίνδυνες επιδράσεις στο περιβάλλον και στην υγεία του ανθρώπου, των ζώων και των φυτών.

Στις δύο αυτές περιπτώσεις, οι κίνδυνοι που δημιουργούνται δεν συμβιβάζονται με το υψηλό επίπεδο προστασίας που επιδιώκει η Ευρωπαϊκή Ένωση. Στην ανακοίνωση αναφέρονται επίσης τρεις κανόνες που καλό είναι να τηρούνται έτσι ώστε η αρχή της προφύλαξης να παρακολουθείται:

- διενέργεια πλήρους επιστημονικής αξιολόγησης από ανεξάρτητη Αρχή για τον προσδιορισμό του βαθμού επιστημονικής αβεβαιότητας
- αξιολόγηση των κινδύνων και των συνεπειών της απουσίας κοινοτικής δράσης
- συμμετοχή όλων των ενδιαφερομένων, με όσο το δυνατόν μεγαλύτερη διαφάνεια, στην επεξεργασία των σχεδιαζόμενων μέτρων.

Η Επιτροπή υπενθυμίζει επίσης ότι η εφαρμογή της αρχής της προφύλαξης είναι δυνατόν να έχει ως αποτέλεσμα μια απόφαση για δράση ή μη δράση. Η απόφαση αυτή είναι συνάρτηση του βαθμού κινδύνου που θεωρείται «αποδεκτός». Ένα παράδειγμα πρακτικής εφαρμογής της αρχής της προφύλαξης από την Ένωση ήταν η προσωρινή αναστολή των εγκρίσεων εμπορευματοποίησης γενετικώς τροποποιημένων οργανισμών από το 1999 ως τον Μάιο του 2004.

[74] Η περιβαλλοντική ευθύνη αποτελεί εφαρμογή της αρχής «ο ρυπαίνων πληρώνει» η οποία προβλέπεται στη συνθήκη για την ίδρυση της Ευρωπαϊκής Κοινότητας. Ρυθμίζεται από την οδηγία 2004/35/ΕΚ.

Η περιβαλλοντική ευθύνη εφαρμόζεται στις περιβαλλοντικές ζημίες και στους κινδύνους ζημιών εφόσον προκύπτουν από επαγγελματική δραστηριότητα, μόλις είναι δυνατόν να καθοριστεί αιτιώδης συνάφεια μεταξύ της ζημίας και της εν λόγω δραστηριότητας. Ως περιβαλλοντικές ζημίες ορίζονται οι άμεσες ή έμμεσες ζημίες που προξενούνται στο υδάτινο περιβάλλον, στα είδη και στους φυσικούς βιότοπους που προστατεύονται από το δίκτυο Natura 2000, καθώς και η άμεση ή έμμεση μόλυνση των εδαφών η οποία συνεπάγεται σημαντικό κίνδυνο για την υγεία του ανθρώπου.

Καθορίζονται δύο καθεστώτα ευθύνης: ένα καθεστώς κατά το οποίο δεν απαιτείται απόδειξη για τον καταλογισμό της ευθύνης και ένα καθεστώς κατά το οποίο πρέπει να προσκομίζεται απόδειξη του δόλου ή της αμέλειας. Το πρώτο καθεστώς ισχύει στις επικίνδυνες ή ενδεχομένως επικίνδυνες επαγγελματικές δραστηριότητες που απαριθμούνται από την κοινοτική νομοθεσία. Στην περίπτωση αυτή, μπορεί να καταλογισθεί ευθύνη στον επικεφαλής της εκμετάλλευσης έστω και εάν ο ίδιος δεν διέπραξε αδίκημα. Το δεύτερο καθεστώς ισχύει στις υπόλοιπες επαγγελματικές δραστηριότητες εφόσον έχει επέλθει ζημία ή υφίσταται επικείμενος κίνδυνος για τα είδη και τους φυσικούς βιότοπους που προστατεύονται από την κοινοτική νομοθεσία. Κατά το καθεστώς αυτό, η ευθύνη του επικεφαλής της εκμετάλλευσης καταλογίζεται μόνον εφόσον αυτός διέπραξε αδίκημα ή επέδειξε αμέλεια.

- «Κάθε κράτος μέλος εξασφαλίζει ότι, για κάθε Περιοχή Λεκάνης Απορροής Ποταμού ή για κάθε τμήμα Διεθνούς Περιοχής Λεκάνης Απορροής Ποταμού το οποίο βρίσκεται στο έδαφός του, αναλαμβάνεται :
    - ανάλυση των χαρακτηριστικών της,
    - επισκόπηση των επιπτώσεων των ανθρώπινων δραστηριοτήτων στην κατάσταση των επιφανειακών και των υπόγειων υδάτων, και
    - οικονομική ανάλυση της χρήσης ύδατος (Άρθρο 5, §1).

Τα υδρογεωλογικά χαρακτηριστικά, όπως η γεωμετρία του υδροφόρου, είναι απαραίτητη συνθήκη για την κατανόηση της ποσοτικής και ποιοτικής αλληλεπίδρασης μεταξύ επιφανειακών και υπογείων υδάτων και τον υπολογισμό του όγκου του υπόγειου νερού. Εξάλλου, θεωρείται αναγκαίος ο συνδυασμός του τεχνητού εμπλουτισμού με την αντιπλημμυρική προστασία, εφόσον το διαχειριστικό πλαίσιο, μεταξύ άλλων, θα πρέπει «να συνεισφέρει στο μετριασμό των επιπτώσεων από πλημμύρες και ξηρασίες» (Άρθρο 1, (ε)) και, πραγματικά, υπάρχουν στην Ελλάδα πολλές περιοχές που προσφέρονται γι' αυτό το συνδυασμό, όπως το Θριάσιο πεδίο και ο Θεσσαλικός κάμπος.

Η εμπλοκή πληθώρας επιστημονικών ειδικοτήτων είναι θεμελιώδης για την ορθολογική διαχείριση, ενώ εξίσου σημαντική είναι και η γνώση της σχετικής εθνικής και ευρωπαϊκής νομοθεσίας, μαζί με την εφαρμογή των σύγχρονων αρχών που διέπουν τη διαχείριση του περιβάλλοντος και του νερού. Για να επιτευχθούν οι παραπάνω στόχοι, η κεντρική και οι περιφερειακές διαχειριστικές υπηρεσίες θα πρέπει να ξεκαθαρίσουν τα επίπεδα των αρμοδιοτήτων τους για την εφαρμογή των κανόνων της οδηγίας (Άρθρο 3, §2, 6), με γνώμονα ότι «οι αποφάσεις λαμβάνονται όσο πιο κοντά γίνεται στις περιοχές που επηρεάζεται ή χρησιμοποιείται το νερό»[75] (13).

Οι αρμόδιες υπηρεσίες θα χρειαστούν εξειδικευμένο επιστημονικό και τεχνικό προσωπικό, καθώς και σύγχρονες υλικοτεχνικές υποδομές. Ταυτόχρονα χρειάζεται διασύνδεση στο πλαίσιο που ορίζει η οδηγία. Τα χαρακτηριστικά κάθε υδατικού διαμερίσματος, καθώς και οι μεσο-μακροπρόθεσμες τάσεις τους θα αξιολογηθούν σοβαρά μόνο μέσα από αυτή τη διαδικασία, ώστε να τεθούν σε εφαρμογή ορθολογικά και βιώσιμα μέτρα και δράσεις.

Τα διαχειριστικά σχέδια αναθεωρούνται και επαναξιολογούνται κάθε έξι χρόνια, και παρακολουθούνται με συστηματικό και ομοιόμορφο τρόπο σε ολόκληρη την Ε.Ε.:

- «Τα κράτη μέλη εξασφαλίζουν την κατάρτιση προγραμμάτων για την παρακολούθηση της κατάστασης των υδάτων, ώστε να υπάρχει συνεκτική και συνολική εικόνα της κατάστασης των υδάτων σε κάθε Περιοχή Λεκάνης Απορροής Ποταμού (Άρθρο 8, §2):
    - για τα επιφανειακά ύδατα, τα προγράμματα καλύπτουν:
        - τον όγκο και τη στάθμη ή το ρυθμό ροής στο μέτρο που αφορά την οικολογική και τη χημική τους κατάσταση και το οικολογικό τους δυναμικό
        - την οικολογική και τη χημική τους κατάσταση και το οικολογικό τους δυναμικό,
    - για τα υπόγεια ύδατα, τα προγράμματα καλύπτουν την παρακολούθηση της χημικής και της ποσοτικής τους κατάστασης,
    - για τις προστατευόμενες περιοχές, τα προγράμματα συμπληρώνονται με τις προδιαγραφές που περιέχονται στην κοινοτική νομοθεσία με την οποία έχουν καθοριστεί οι επιμέρους προστατευόμενες περιοχές.»

[75] Πρόκειται για την εφαρμογή των αρχών της εγγύτητας και της επικουρικότητας, που είναι γενικές στην Ε.Ε. και διατρέχουν όλα τα επίπεδα της ευρωπαϊκής πολιτικής. Σημαίνει ότι οι αποφάσεις λαμβάνονται στο πλησιέστερο κέντρο λήψης αποφάσεων και οι ιεραρχικά υπερκείμενες διοικητικές δομές παρεμβαίνουν μόνο όταν υπάρχει αδυναμία επίλυσης ενός προβλήματος στο χαμηλότερο επίπεδο.

Η ελληνική πορεία ως τη 2000/60

Η εφαρμογή της Οδηγίας 2000/60 στην Ελλάδα έχει αποτελέσει αντικείμενο πολλών συζητήσεων και αντιπαραθέσεων και συνιστά ένα δύσκολο στόχο για τη χώρα. Όπως συμβαίνει και σε άλλες χώρες της Ευρώπης, (π.χ. Ιταλία) η ανάγκη να εκπονηθούν και να εκτελεστούν ολοκληρωμένα σχέδια διαχείρισης των υδατικών πόρων, έφερε στο προσκήνιο και μάλιστα με πιεστικές χρονικές απαιτήσεις επίλυσης, προβλήματα που επί δεκαετίες χρόνιζαν και διογκώνονταν. Ένα κεντρικό ζήτημα που έπρεπε να επιλυθεί ήταν αυτό του φορέα που θα αναλάμβανε την κεντρική ευθύνη και αρμοδιότητα του συντονισμού της διαχείρισης των υδάτων. Η έκδοση της οδηγίας το Δεκέμβριο του 2000, βρήκε την Ελλάδα να προσπαθεί ακόμα χωρίς επιτυχία να εφαρμόσει το νόμο 1739 του 1987, με κυρίαρχο χαρακτηριστικό της προσπάθειας την ασυνεννοησία και τον ανταγωνισμό μεταξύ υπηρεσιών του δημοσίου. Έτσι, διάφοροι οργανισμοί και υπηρεσίες εξέλαβαν καταρχήν ως δικό τους καθήκον και δικαίωμα την ανάληψη αυτού του έργου, δηλαδή της διαχείρισης των υδατικών πόρων σε εθνικό επίπεδο. Είναι χαρακτηριστικό ότι, το 2002, δύο χρόνια δηλαδή μετά την έκδοση της Οδηγίας, βρήκε στην Ελλάδα το ΥΠΕΧΩΔΕ να έχει αναθέσει την πιλοτική μελέτη για το Υδατικό Διαμέρισμα της Θεσσαλίας, ενώ το Υπουργείο Ανάπτυξης παράλληλα να έχει αναθέσει τις περιφερειακές μελέτες για όλα τα υδατικά διαμερίσματα, τα οποία νωρίτερα και σε ανύποπτο χρόνο είχε διαχωρίσει το Υπουργείο Γεωργίας. Αυτό ήταν ουσιαστικά το τελευταίο επεισόδιο σε μια πορεία της χώρας να καλύψει το κενό μεταξύ ανεπτυγμένων και υπό ανάπτυξη κρατών, στο συντομότερο δυνατό χρονικό διάστημα.

Η πορεία αυτή ουσιαστικά ξεκίνησε αρκετά μετά το τέλος του Α' Παγκοσμίου Πολέμου, και χωρίζεται σε διακριτές φάσεις με ιδιαίτερα χαρακτηριστικά, τα οποία έχουν συνοψίσει οι Παπασταματίου και Περγιαλιώτης (2001) (Πίνακας 3). Πρακτικά πρόκειται για δυο περιόδους με επιμέρους στάδια:

- Στην πρώτη περίοδο (1925-1958) η διαχείριση εστιάζεται στα **επιφανειακά ύδατα** και σχετίζεται κυρίως με αντιπλημμυρικά και αποστραγγιστικά έργα για την εξασφάλιση καλλιεργήσιμων εκτάσεων. Χαρακτηριστικό της περιόδου είναι η κρατική διοίκηση στα μεγάλα έργα, και η αποκεντρωμένη διοίκηση στα έργα τοπικής εμβέλειας από μη κρατικούς φορείς, με το σύστημα των αναγκαστικών συνεταιρισμών. Η παρουσία της εταιρίας ULEN στην ύδρευση της Αθήνας και τα έργα του φράγματος του Μαραθώνα, η μεταφορά νερού από την Πάρνηθα και η σήραγγα του Μπογιατίου, ανήκουν στην περίοδο αυτή. Στο μεταπολεμικό στάδιο η διαχείριση κινείται ακόμα στην κατεύθυνση των εγγείων βελτιώσεων, κυρίως με αντιπλημμυρικά και αποξηραντικά έργα, τόσο για την αύξηση των καλλιεργήσιμων εκτάσεων, όσο και για την καταπολέμηση της ελονοσίας και του τυφοειδούς πυρετού. Δαπανώνται περί τα 17.5 εκατομμύρια δολάρια προερχόμενα από το σχέδιο Marshall, ενώ κατασκευάζονται και μεγάλα φράγματα εκτροπής ποταμών.
- Η δεύτερη περίοδος (1959-2003) χαρακτηρίζεται από επιμέρους στάδια με θεαματικές διαφορές μεταξύ τους. Κατά το πρώτο στάδιο (1959-1969) δημιουργούνται οι ΥΕΒ με τις σχετικές στελεχιακές και υλικοτεχνικές υποδομές, και ενεργοποιούνται πενταετή προγράμματα για τη μεγιστοποίηση των αρδευόμενων γαιών. Παράλληλα, αναπτύσσεται μεγάλη ερευνητική δραστηριότητα, κυρίως προς την κατεύθυνση της αξιοποίησης του **υπόγειου δυναμικού**, με συνεργασίες του ελληνικού δημοσίου με το FAO (ΟΗΕ) και το BRGM (Γαλλία). Ταυτόχρονα εμφανίζονται τα σκυρόδετα αρδευτικά δίκτυα. Κατά το δεύτερο στάδιο (1970-1980) συστηματοποιείται η εκμετάλλευση των υπόγειων κοιτασμάτων νερού, ενώ εμφανίζονται και τα πρώτα μοντέλα μαθηματικής προσομοίωσης των κοκκωδών υδροφόρων. Ξεκινά η χρήση αντλιοστασίων σε ποταμούς και πηγές ενώ αναπτύσσονται συλλογικά αρδευτικά δίκτυα τεχνητής βροχής. Στο τρίτο στάδιο (1981-1988) και με την ένταξη της Ελλάδας στην ΕΟΚ, γίνεται προσπάθεια εντατικοποίησης της γεωργικής παραγωγής, με στόχο την αύξηση της ανταγωνιστικότητας των ελληνικών προϊόντων. Με κύριο ευρωπαϊκό χρηματοδοτικό εργαλείο τα Μεσογειακά Ολοκληρωμένα Προγράμματα (ΜΟΠ), εμφανίζεται μια έκρηξη στον αριθμό των ιδιωτικών (και μάλιστα ανεξέλεγκτων) γεωτρήσεων, ενώ την ίδια στιγμή εμπλέκονται σε μεγάλο βαθμό και συγχέονται μεταξύ τους, οι αρμοδιότητες των φορέων που δραστηριοποιούνται στη διαχείριση του νερού. Γίνεται η πρώτη ολοκληρωμένη νομοθετική ενέργεια για την προστασία του περιβάλλοντος (Ν. 1650/1986) αλλά και η πρώτη νομοθετική

απόπειρα για τη συνολική διαχείριση των υδατικών πόρων (Ν. 1739/1987). Στο τέταρτο στάδιο (1989-1994) η δραστηριότητα στα έργα ανάπτυξης/εκμετάλλευσης των υδατικών πόρων συνεχίζεται με ταμιευτήρες και λιμνοδεξαμενές (κυρίως σε νησιά) ενώ καταργείται η μηχανολογική υποστήριξη των ΥΕΒ και αντικαθίσταται με εργολαβίες, που αντλούν τελικά τη χρηματοδότηση από το 1ο Κοινοτικό Πλαίσιο Στήριξης. Τα έργα κατασκευάζονται πλέον (τουλάχιστον τυπικά) με βάση τους περιβαλλοντικούς όρους του νόμου 1650/86. Το πέμπτο στάδιο (1994-2003) βρίσκει την Ελλάδα μάλλον σε αμηχανία σε σχέση με τη διαχείριση του νερού. Η απορρόφηση κονδυλίων από το 2ο και 3ο ΚΠΣ είναι μάλλον χαμηλή για τα έργα του νερού, ενώ γίνονται προσπάθειες για την εναρμόνιση της εθνικής με την ευρωπαϊκή πολιτική για τους υδατικούς πόρους και το περιβάλλον. Το στάδιο αυτό – και η περίοδος – κλείνει με τη θέσπιση του νόμου 3199/2003 σε εναρμόνιση με την Οδηγία 2000/60.

Μέχρι εκείνη τη χρονική στιγμή, ένας μεγάλος αριθμός οργανισμών με όχι και τόσο ξεκάθαρες αρμοδιότητες είχαν εμπλακεί στη διαχείριση των υδατικών πόρων. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα ένα χαοτικό «σύστημα» διαχείρισης και τελικά κανένας από τους φορείς δεν είχε συνολική και ξεκάθαρη εικόνα της κατάστασης των αποθεμάτων και των αναγκών, αλλά ούτε και ουσιαστικό έλεγχο. Το πρώτο «Σχέδιο Διαχείρισης των Υδατικών Πόρων της Χώρας» εκπονήθηκε το 1996 με ευθύνη του Υπουργείου Ανάπτυξης. Σε επίπεδο υπουργείων, οι αρμοδιότητες με βάση τον προηγούμενο νόμο, είχαν ως εξής:

- Υπουργείο Γεωργίας, για τις αγροτικές χρήσεις.
- Υπουργείο Εσωτερικών, Δ.Δ. και Α. για την ύδρευση, εκτός των περιοχών Αθήνας και Θεσσαλονίκης (ΥΠΕΧΩΔΕ).
- Υπουργείο Περιβάλλοντος, ΧΩ. και Δ.Ε. για την περιβαλλοντική προστασία.
- Υπουργείο Ανάπτυξης για τη βιομηχανική χρήση και παραγωγή ενέργειας, εκτός από την ευθύνη για τους φυσικούς πόρους.
- Υπουργείο Μεταφορών για τη χρήση του νερού στις μεταφορές.
- Υπουργείο Πολιτισμού, για αθλητικές χρήσεις.
- Ε.Ο.Τ., για σκοπούς αναψυχής και θεραπευτικής αγωγής.

Όπως είναι φανερό, η ελληνική πολιτεία έχει ασχοληθεί διαχρονικά με τα προβλήματα της διαχείρισης του νερού, ειδικά σε χρονικά διαστήματα επικείμενων ή εξελισσόμενων κρίσεων έλλειψης και ειδικά στα μεγάλα αστικά κέντρα όπως η Αθήνα αλλά και στις αγροτικές περιοχές όπως η Θεσσαλία, το Αργολικό πεδίο κ.λπ. Παρά ταύτα, το πρόβλημα επανέρχεται με δραματικό τρόπο κάθε φορά, και φαίνεται ότι οι μέχρι στιγμής προσπάθειες έχουν αποτύχει να αντιμετωπίσουν το ζήτημα με ριζικό και επαρκή τρόπο, διαχρονικά. Δεν είναι λίγες οι περιπτώσεις όπου εμφανίζονται φαινόμενα ανταγωνισμού μεταξύ οικισμών, δήμων, νομών ή περιφερειών. Αυτό δείχνει ότι οι προσεγγίσεις που έχουν γίνει έχουν αποτύχει σε τέτοιο βαθμό, ώστε να μην γίνεται καν κατανοητό από τους πολίτες ή και από τους φορείς, το δικαίωμα του γείτονα στην πρόσβαση σε ένα δημόσιο αγαθό που δεν διαθέτει. Τα κοινά χαρακτηριστικά όλων των προσπαθειών μπορούν να συνοψιστούν στα εξής (Mariolakos et al, 2002):

- Οι ενέργειες που εφαρμόζονται είναι βιαστικές, συνήθως υπό συνθήκες τεράστιας κοινωνικής και οικονομικής πίεσης, που εναλλάσσονται με μακρές περιόδους αδράνειας.
- Οι μελέτες περιορίζονται σε στενά γεωγραφικά όρια που τίθενται από διοικητικά και όχι υδρογεωλογικά κριτήρια, με συνέπεια την ανεπάρκεια των συμπερασμάτων.
- Εφαρμόζονται βραχυπρόθεσμες λύσεις τοπικού ενδιαφέροντος που σύντομα αποδεικνύονται μη βιώσιμες και ανελαστικές στην προσαρμογή σε μια δυναμική εξελισσόμενη κατάσταση.
- Το κόστος είναι δυσανάλογα υψηλό και συχνά αβάσταχτο, ειδικά για τους αγρότες, σε σχέση με τα αποτελέσματα.

- Η έλλειψη συνολικού σχεδιασμού οδηγεί σε σπατάλη και απώλεια οικονομικών πόρων χωρίς τα αναμενόμενα αποτελέσματα. Αντιθέτως, συχνά εμφανίζονται δυσμενείς επιπτώσεις είτε με τη μορφή της εξάντλησης των αποθεμάτων, είτε με τη μορφή της αλλοίωσης της ποιότητας των υδροφόρων και των υδροφορέων (υφαλμύρινση, συμπύκνωση, χημική ρύπανση κ.λπ.).
- Δεν εφαρμόζεται η μέθοδος του τεχνητού εμπλουτισμού των καρστικών ή κοκκωδών υδροφόρων με πλεονάζοντα ύδατα της υγράς περιόδου. Τα ανθρακικά πετρώματα καλύπτουν περίπου το 30% της ελληνικής χέρσου, ενώ οι νεοτεκτονικές αποθέσεις (30%) στις πεδινές περιοχές είναι κατά το ήμισυ (15%) κοκκώδεις υδροφόροι. Η εφαρμογή του ASR (Aquifer Storage and Recovery) στα ανθρακικά περιθώρια και υπόβαθρα των λεκανών, θα ενίσχυε και τους καρστικούς και τους κοκκώδεις υδροφόρους (Mariolakos et al, 2001).
- Ο όποιος σχεδιασμός για την αντιμετώπιση της ανεπάρκειας του νερού στην Ελλάδα βασίζεται πλέον στην κατασκευή μικρών ή μεγαλύτερων ταμιευτήρων, που θα έπρεπε να είναι η τελευταία εναλλακτική λύση, διότι η εξατμισοδιαπνοή παρουσιάζει πολύ υψηλές τιμές, διακόπτεται η δίαιτα των κατάντη περιοχών σε νερό και ιζήματα και ενισχύεται η συμπύκνωση των στρωμάτων.
- Ένα εξίσου σημαντικό τμήμα της διαχείρισης του νερού στην Ελλάδα σχετίζεται με διασυνοριακούς πόρους, που η Ελλάδα μοιράζεται με γειτονικές χώρες όπως η Αλβανία, η ΠΓΔΜ, η Βουλγαρία και η Τουρκία. Η Ευρωπαϊκή Ένωση ενδιαφέρεται ιδιαίτερα για τον τομέα αυτόν της πολιτικής του νερού και γι' αυτό γίνεται και ιδιαίτερη αναφορά στην οδηγία 2000/60. Δυστυχώς, η απουσία εθνικού οργανισμού διαχείρισης των υδατικών πόρων έχει μέχρι στιγμής οδηγήσει σε μακρά αδράνεια τη διαμόρφωση πολιτικής και συμφωνιών με τις γειτονικές χώρες, σε μια χρονική στιγμή που το νερό αποτελεί μήλο της έριδος ή ακόμα και αιτία πολέμου σε άλλες περιοχές. Έτσι η χώρα απουσιάζει από τα διεθνή fora όπου γίνεται συζήτηση γι' αυτά τα θέματα (π.χ. ISARM).

Ο Νόμος 3199/2003

Από το Νοέμβριο του 2003 ισχύει στην Ελλάδα ο νόμος 3199 «Προστασία και διαχείριση των υδάτων – Εναρμόνιση με την Οδηγία 2000/60/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 23ης Οκτωβρίου 2000».

Στο Κεφάλαιο Α (άρθρο 2) δίνονται οι ορισμοί που δίνει και η Οδηγία 2000/60 για τα κάθε μορφής ύδατα, υδάτινα σώματα και συστήματα, τους χαρακτηρισμούς της κατάστασης των υδάτων, τις λεκάνες κ.λπ.

Στο Κεφάλαιο Β (άρθρα 3, 4, 5 και 6) περιγράφεται η διοικητική δομή, η οποία συνοψίζεται επιγραμματικά στα ακόλουθα:

- Η κεντρική ευθύνη και αρμοδιότητα ανατίθεται στο ΥΠΕΧΩΔΕ.
- Δημιουργούνται διοικητικά/εκτελεστικά όργανα σε τρία επίπεδα:
    - Εθνική Επιτροπή Υδάτων (Χάραξη πολιτικής)
    - Κεντρική Υπηρεσία Υδάτων (Κεντρική διοίκηση)
    - Διεύθυνση Υδάτων Περιφέρειας (Περιφερειακή διοίκηση)
- Δημιουργούνται όργανα γνωμοδότησης/διαβούλευσης, σε τρία επίπεδα:
    - Εθνικό Συμβούλιο Υδάτων (Χάραξη πολιτικής)
    - Γνωμοδοτική Επιτροπή Υδάτων (Κεντρική διοίκηση)
    - Περιφερειακό Συμβούλιο Υδάτων (Περιφερειακή διοίκηση)

Πρόκειται για ένα – επιτέλους – απλό και αποκεντρωμένο διοικητικό σχήμα, που όμως καλείται να λάβει υπόψη και κυρίως να ενσωματώσει και να συνθέσει τις απόψεις, ανάγκες και ιδέες ή περιορισμούς,

όλων των φορέων από την πρωτοβάθμια τοπική αυτοδιοίκηση μέχρι τις μη κυβερνητικές οργανώσεις και από τους αγροτικούς συνεταιρισμούς μέχρι τη βιομηχανία. Θεωρητικά το σχήμα αυτό πρέπει να λειτουργήσει ως εξής:

Η Εθνική Επιτροπή Υδάτων, χαράσσει την εθνική πολιτική, η οποία γίνεται αντικείμενο διαβούλευσης στο Εθνικό Συμβούλιο Υδάτων. Η Κεντρική Υπηρεσία Υδάτων εφαρμόζει την πολιτική αυτή σε κεντρικό επίπεδο, με τη βοήθεια της Γνωμοδοτικής Επιτροπής Υδάτων, δίνοντας τους κύριους άξονες και τις κατευθυντήριες γραμμές στις Διευθύνσεις Υδάτων των Περιφερειών. Κάθε Διεύθυνση Υδάτων Περιφέρειας, καταρτίζει το σχέδιο διαχείρισης υδατικών πόρων και τα προγράμματα μέτρων για το χώρο ευθύνης της με διετή ως εξαετή ορίζοντα, τα οποία γίνονται αντικείμενο διαβούλευσης στο Περιφερειακό Συμβούλιο Υδάτων. Τα περιφερειακά σχέδια διαχείρισης και προγράμματα μέτρων υποβάλλονται και εγκρίνονται από την Κεντρική Υπηρεσία Υδάτων, η οποία καταρτίζει τα εθνικά προγράμματα και ετήσιες εκθέσεις, τα οποία υποβάλλονται στο Εθνικό Συμβούλιο Υδάτων και στην Εθνική Επιτροπή Υδάτων, η οποία τα εγκρίνει τελικά και τα παρουσιάζει στη Βουλή.

Στο Κεφάλαιο Γ (άρθρα 7, 8 και 9) περιγράφονται οι αρμοδιότητες των Διευθύνσεων Υδάτων της Περιφέρειας σχετικά με το Σχέδιο Διαχείρισης (άρθρο 7), τα προγράμματα Μέτρων και Παρακολούθησης της κατάστασης των υδάτων (άρθρο 8) και το πρόγραμμα Ειδικών Μέτρων κατά της ρύπανσης (άρθρο 9).

Στο Κεφάλαιο Δ, που αφορά τη χρήση των υδάτων, θεσπίζονται κανόνες για τη χρήση των υδάτων, τις άδειες χρήσης νερού και την ανάκτηση κόστους για τις υπηρεσίες ύδατος (άρθρα 10, 11 και 12 αντίστοιχα). Από αυτό το κεφάλαιο, αξίζει να υπογραμμιστούν τα ακόλουθα:

- «Η χρήση για ύδρευση έχει προτεραιότητα, ως προς την ποσότητα και την ποιότητα, έναντι κάθε άλλης χρήσης» (Άρθρο 10, §1).
- «Κάθε χρήση πρέπει να αποβλέπει στη βιώσιμη και ισόρροπη ικανοποίηση των αναπτυξιακών αναγκών και να διασφαλίζει τη μακροπρόθεσμη προστασία των υδάτων, την επάρκεια των αποθεμάτων τους και τη διατήρηση της ποιότητάς τους, ιδιαίτερα δε τη μείωση και την αποτροπή της ρύπανσής τους» (Άρθρο 10, §2α).
- «Η ικανοποίηση της ζήτησης του νερού γίνεται με βάση τα όρια και τις δυνατότητες των υδατικών αποθεμάτων, λαμβανομένων υπόψη των αναγκών για τη διατήρηση των οικοσυστημάτων, καθώς και της ισορροπίας που απαιτείται μεταξύ άντλησης κι ανατροφοδότησης των υπόγειων υδάτων. Οι ανάγκες των χρήσεων σε νερό ικανοποιούνται κατά το δυνατόν σε επίπεδο λεκάνης απορροής ποταμού. Κατά τη διαχείριση των υδάτων πρέπει να εξασφαλίζεται η εξοικονόμηση νερού μέσω της χρήσης τεχνικών μεθόδων, οικονομικών κινήτρων και εργαλείων» (Άρθρο 10,§2β).
- «Για την έκδοση άδειας χρήσης νερού ή εκτέλεσης έργου αξιοποίησης υδατικών πόρων πρέπει να τεκμηριώνεται η διαθεσιμότητα των ποσοτήτων νερού που θα αξιοποιηθούν, καθώς και η σκοπιμότητα έκδοσής της σύμφωνα με το οικείο Σχέδιο Διαχείρισης και τα μέτρα που καθορίζονται από το Πρόγραμμα Μέτρων» (Άρθρο 11, §1).
- «Με απόφαση της Εθνικής Επιτροπής Υδάτων, …, καθορίζονται οι διαδικασίες, η μέθοδος και τα επίπεδα ανάκτησης του κόστους των υπηρεσιών ύδατος στις διάφορες χρήσεις λαμβάνοντας υπόψη:
    - την ανάλυση των χαρακτηριστικών των λεκανών απορροής,
    - την επισκόπηση των επιπτώσεων των ανθρώπινων δραστηριοτήτων στην κατάσταση των επιφανειακών και των υπόγειων υδάτων,
    - την οικονομική ανάλυση,…,
    - την αρχή «ο ρυπαίνων πληρώνει»,

- τα κοινωνικά, τα περιβαλλοντικά και τα οικονομικά αποτελέσματα της ανάκτησης, καθώς και τις γεωγραφικές και τις κλιματολογικές συνθήκες της οικείας περιοχής» (Άρθρο 12).

Στο Κεφάλαιο Ε (άρθρα 13 και 14) περιγράφονται τα των διοικητικών και ποινικών διώξεων για παραβάσεις του νόμου αυτού, και στο Κεφάλαιο ΣΤ (άρθρα 15 και 16) διάφορες εξουσιοδοτικές και μεταβατικές διατάξεις.

Ο Κώδικας της Τοπικής Αυτοδιοίκησης

Στο νέο κώδικα της τοπικής αυτοδιοίκησης (Μέρος Τρίτο), περιγράφονται αναλυτικά οι τομεακές αρμοδιότητες Δήμων και Κοινοτήτων και ο τρόπος άσκησής τους. Πολλές από αυτές αναφέρονται άμεσα ή σχετίζονται έμμεσα με τους υδατικούς πόρους. Πιο συγκεκριμένα:

- (Άρθρο 75, Ι) «Οι δημοτικές και οι κοινοτικές αρχές διευθύνουν και ρυθμίζουν όλες τις τοπικές υποθέσεις, σύμφωνα με τις αρχές της επικουρικότητας και της εγγύτητας με στόχο την προστασία, την ανάπτυξη και τη συνεχή βελτίωση των συμφερόντων και της ποιότητας ζωής της τοπικής κοινωνίας».
- (Άρθρο 75, Ι, α) Τομέας Ανάπτυξης. Περιλαμβάνεται:
    - «Η προστασία, η αξιοποίηση και η εκμετάλλευση των τοπικών φυσικών πόρων και περιοχών, των ιαματικών πηγών και των ήπιων ή ανανεώσιμων μορφών ενέργειας, καθώς και η κατασκευή, συντήρηση και διαχείριση των σχετικών έργων και εγκαταστάσεων, σύμφωνα με την κείμενη νομοθεσία» (§1).
    - «Ο σχεδιασμός, η κατασκευή, συντήρηση και διαχείριση υποδομών για τη στήριξη της τοπικής οικονομίας, όπως έργων οδοποιίας, συστημάτων άρδευσης, αντιπλημμυρικών και εγγειοβελτιωτικών έργων» (§7).
    - «Η εκμετάλλευση δημοτικών και κοινοτικών δασών» (§13).
    - «Η διαχείριση και εκμετάλλευση δημοτικών και κοινοτικών καλλιεργητικών εκτάσεων και βοσκοτόπων, καθώς και αποκαλυπτόμενων καλλιεργητικών εκτάσεων που τους παραχωρούνται από το Δημόσιο» (§14).
- (Άρθρο 75, Ι, β) Τομέας Περιβάλλοντος. Περιλαμβάνεται:
    - «Η εκπόνηση τοπικών προγραμμάτων για την προστασία και αναβάθμιση του φυσικού, αρχιτεκτονικού και πολιτιστικού περιβάλλοντος, στο πλαίσιο των εθνικών και ευρωπαϊκών πολιτικών» (§1).
    - «Η προστασία και διαχείριση των υδάτινων πόρων, η προστασία του εδάφους και των εσωτερικών υδάτων από την αλιεία (λιμνοθάλασσες, λίμνες, ιχθυοτροφεία, ποταμοί) και η καταπολέμηση της ρύπανσης στην περιφέρειά τους» (§2).
    - «Η ίδρυση και λειτουργία δημοτικών και κοινοτικών εργαστηρίων» (§3).
    - «Η καθαριότητα όλων των κοινόχρηστων χώρων της εδαφικής τους περιφέρειας, η αποκομιδή και διαχείριση των αποβλήτων, καθώς και η κατασκευή, συντήρηση και διαχείριση συστημάτων αποχέτευσης και βιολογικού καθαρισμού και η λήψη προληπτικών και κατασταλτικών μέτρων για την προστασία των κοινόχρηστων χώρων και ιδιαίτερα των χώρων διάθεσης απορριμμάτων από εκδήλωση πυρκαγιάς, σύμφωνα με την κείμενη σχετική νομοθεσία» (§4).
    - «Η παροχή συνδρομής στην αρμόδια πυροσβεστική υπηρεσία, με κάθε πρόσφορο μέσο που διαθέτουν, για την αντιμετώπιση πυρκαγιών, ιδίως σε περιοχές που έχουν δασικό χαρακτήρα» (§5).
    - «Η ίδρυση και λειτουργία σφαγείων» (§6).

- «Η μελέτη, διαχείριση και εκτέλεση προγραμμάτων οικιστικής και πολεοδομικής ανάπτυξης» (§7).
- «Η λήψη μέτρων για την αποκατάσταση και ανάπλαση των περιοχών της περιφέρειάς τους, κυρίως σε περιοχές όπου αναπτύσσεται εκμετάλλευση ορυκτού πλούτου και εγκαθίστανται μονάδες επεξεργασίας αποβλήτων» (§8).
- «Η συμμετοχή τους σε θέματα πολεοδομίας, χωροταξίας και χρήσεων γης, όπως αυτή προβλέπεται από την κείμενη νομοθεσία» (§9).

- (Άρθρο 75, Ι, γ) Τομέας Ποιότητας Ζωής και Εύρυθμης Λειτουργίας των Πόλεων και των Οικισμών. Περιλαμβάνονται:
  - «Η εξασφάλιση και διαρκής βελτίωση των τεχνικών και κοινωνικών υποδομών στις πόλεις και τα χωριά όπως η κατασκευή, συντήρηση και διαχείριση συστημάτων ύδρευσης, αφαλάτωσης, τηλεθέρμανσης, έργων ηλεκτροφωτισμού των κοινόχρηστων χώρων, η δημιουργία χώρων πρασίνου, χώρων αναψυχής, πλατειών και λοιπών υπαίθριων κοινόχρηστων χώρων» (§1).
  - «Η μέριμνα και η λήψη μέτρων για την προστασία της δημόσιας υγείας, όπως ο υγειονομικός έλεγχος των δημοτικών και κοινοτικών δεξαμενών νερού, ο υγειονομικός έλεγχος των καταστημάτων και επιχειρήσεων που λειτουργούν στην περιφέρειά τους, ο έλεγχος της ηχορύπανσης, της κοινής ησυχίας και της εκπομπής ρύπων, θορύβων και άλλων επιβαρύνσεων του περιβάλλοντος από τροχοφόρα, η περισυλλογή και εν γένει η μέριμνα για τα αδέσποτα ζώα και η δημιουργία καταφυγίων, σύμφωνα με την κείμενη νομοθεσία» (§10).

- (Άρθρο 75, Ι, ζ) Τομέας Πολιτικής Προστασίας. Περιλαμβάνονται:
  - «Ο συντονισμός και η επίβλεψη του έργου της πολιτικής προστασίας για την πρόληψη, ετοιμότητα, αντιμετώπιση και αποκατάσταση των καταστροφών που συμβαίνουν στα διοικητικά τους όρια» (§1).

- (Άρθρο 76) Άσκηση αρμοδιοτήτων:
  - «Οι δημοτικές και κοινοτικές αρχές… θα πρέπει να λαμβάνουν υπόψη:
    - τις εθνικές, περιφερειακές και ευρωπαϊκές πολιτικές που σχετίζονται με τις αρμοδιότητές τους
    - την ανάγκη συνεργασίας και συντονισμού με άλλες τοπικές ή δημόσιες αρχές και οργανισμούς, οι οποίοι έχουν την αρμοδιότητα να δρουν και να διαθέτουν πόρους στην περιφέρειά τους
    - την ανάγκη για υψηλής ποιότητας περιβαλλοντική προστασία και προστασία της πολιτιστικής κληρονομιάς, καθώς και την ανάγκη προώθησης της βιώσιμης ανάπτυξης των περιοχών τους» (§1).
  - «Οι αρμοδιότητας της παρ. Ι του άρθρου 75 μπορούν να ασκηθούν προς όφελος:
    - ολόκληρης ή τμήματος της εδαφικής τους περιφέρειας,
    - όλων ή μέρους των κατοίκων της περιφέρειάς τους
    - σε διαδημοτικό επίπεδο μέσω σχετικών συμβάσεων ή διαδημοτικής συνεργασίας, σύμφωνα με τις προβλέψεις του παρόντος» (§2).

- (Άρθρο 77) Γνώμη των δημοτικών και κοινοτικών αρχών για ειδικά θέματα:
  - «Δεν επιτρέπεται απαλλοτρίωση, διάθεση, δέσμευση ή οποιουδήποτε είδους επέμβαση ή περιορισμός στη διοίκηση, στη διαχείριση και στη διάθεση δημοτικών ή κοινοτικών κτημάτων, έργων, υπηρεσιών και υδάτων αρδεύσεως, χωρίς προηγούμενη γνώμη του οικείου δημοτικού ή κοινοτικού συμβουλίου» (§6).

- (Άρθρο 79) Κανονιστικές Αποφάσεις:
    - «Οι δημοτικές και κοινοτικές αρχές ρυθμίζουν θέματα της αρμοδιότητάς τους εκδίδοντας τοπικές κανονιστικές αποφάσεις, στο πλαίσιο της κείμενης νομοθεσίας, με τις οποίες:
        - Θέτουν κανόνες:
            - για την προστασία του φυσικού, αρχιτεκτονικού και πολιτιστικού περιβάλλοντος, των θαλασσών από πηγές ξηράς και των υπόγειων και επίγειων υδάτινων αποθεμάτων από τη ρύπανση.
        - Καθορίζουν τους όρους και τις προϋποθέσεις:
            - Για τη χρήση και λειτουργία των συστημάτων ύδρευσης, άρδευσης και αποχέτευσης» (§1).
    - «Οι αποφάσεις της ανωτέρω παραγράφου λαμβάνονται από τα δημοτικά ή κοινοτικά συμβούλια με την απόλυτη πλειοψηφία του συνόλου των μελών τους, το συντομότερο δυνατό διάστημα από την έναρξη της δημοτικής ή κοινοτικής περιόδου. Την έκδοση των τοπικών κανονιστικών αποφάσεων των Δήμων εισηγείται στο δημοτικό συμβούλιο η δημαρχιακή επιτροπή. Εάν η κανονιστική διάταξη αφορά αποκλειστικά την περιφέρεια ενός τοπικού διαμερίσματος ή οικισμού, η δημαρχιακή επιτροπή διαμορφώνει την εισήγησή της, μετά από γνώμη του οικείου τοπικού συμβουλίου. Για τη διαμόρφωση της εισήγησης, η δημαρχιακή επιτροπή λαμβάνει υπόψη τις παρατηρήσεις και τις προτάσεις των αρμόδιων κοινωνικών και επαγγελματικών φορέων και ομάδων πολιτών της περιφέρειας του Δήμου, με τους οποίους έρχεται σε διαβούλευση, καθώς και τυχόν ειδικές μελέτες που έχουν εκπονηθεί για την αντιμετώπιση των ανωτέρω ζητημάτων» (§2).
    - «Με τις κανονιστικές αποφάσεις της παραγράφου 1 μπορεί να καθορίζονται οι περιπτώσεις, για τις οποίες επιβάλλονται διοικητικά μέτρα και πρόστιμα, ορίζοντας το ύψος του προστίμου και τη διαδικασία επιβολής τους» (§3).
    - «Οι τοπικές κανονιστικές αποφάσεις δημοσιεύονται υποχρεωτικά, κατά το πλήρες κείμενό τους, στο δημοτικό ή κοινοτικό κατάστημα το Δήμου ή της Κοινότητας….» (§4).

Πέρα από τα παραπάνω, ο νόμος με τον οποίο τέθηκε σε εφαρμογή το πρόγραμμα «Ι. Καποδίστριας», προβλέπει για τα τοπικά συμβούλια και τους προέδρους τους, μεταξύ άλλων, τα παρακάτω:

- «Το δημοτικό συμβούλιο… μπορεί να αναθέτει στα τοπικά συμβούλια…:
    - Τη συντήρηση και λειτουργία των εσωτερικών δικτύων ύδρευσης, των αντλιοστασίων και των υδρομαστεύσεων.
    - Τη συντήρηση και λειτουργία του δικτύου άρδευσης.
    - Τη συντήρηση και λειτουργία εγκαταστάσεων στους βοσκοτόπους.
    - Τη συντήρηση του συστήματος αποχέτευσης.» (Άρθρο 6, §2).
- «Το τοπικό συμβούλιο έχει τις ακόλουθες ειδικές αρμοδιότητες:
    - Προτείνει στο δημοτικό συμβούλιο τον τρόπο διάθεσης των βοσκησίμων εκτάσεων που βρίσκονται στην περιφέρεια του δημοτικού διαμερίσματος.» (Άρθρο 6, §4β).
    - «Διατυπώνει σύμφωνη γνώμη για την εκμίσθωση χωρίς δημοπρασία δασικών εκτάσεων…» (Άρθρο 6, §4γ).

Η εγκύκλιος Υ2/4852/8-11-2000 του Υπουργείου Υγείας

Η εγκύκλιος αυτή που εκδόθηκε πριν ακόμα από την κυκλοφορία της Οδηγίας 2000/60, «έχει ως θέμα την με συστηματικούς ελέγχους παρακολούθηση της ποιότητας του πόσιμου ύδατος για λόγους προστασίας της δημόσιας υγείας. Αναφέρεται επίσης στην εξειδίκευση ευθυνών σε όλα τα επίπεδα της Δημόσιας Διοίκησης (Υπουργεία, Περιφέρειες, Νομαρχιακές Αυτοδιοικήσεις, Δήμοι)».

Μεταφέρονται στο παρόν κείμενο αποσπάσματά της, που θεωρήθηκαν ιδιαίτερα χρήσιμα:

«Η διασφάλιση παροχής καθαρού και υγιεινού νερού από τα υπόγεια και επιφανειακά νερά σε όλους τους πολίτες της χώρας μας αποτελεί μια από τις σημαντικότερες ευθύνες της Δημόσιας Διοίκησης. Για την επίτευξη του στόχου αυτού πέρα από τον προγραμματισμό και σχεδιασμό σωστών έργων, είναι αναγκαίο να τηρούνται ανελλιπώς οι διαδικασίες ελέγχου από τους αρμόδιους φορείς, όπως προβλέπεται από την κείμενη νομοθεσία.

Εντούτοις, έχει διαπιστωθεί ότι συχνά ο έλεγχος αυτός είναι ελλιπής, οι υπεύθυνοι δεν επιδεικνύουν την προσήκουσα επιμέλεια, και οι φορείς Τοπικής Αυτοδιοίκησης δεν αξιολογούν με προτεραιότητα τα έργα εκσυγχρονισμού των δικτύων ύδρευσης.

Συγκεκριμένα:

- Δεν λαμβάνονται όλα τα απαραίτητα μέτρα για την προστασία των πηγών ύδρευσης (γεωτρήσεις, υδρομαστεύσεις, φυσικές δεξαμενές ύδατος κλπ.).
- Τα συστήματα ύδρευσης (εξωτερικά και εσωτερικά δίκτυα) δεν συντηρούνται επαρκώς, δεν ελέγχονται συστηματικά και δεν αντικαθίστανται τα φθαρμένα δίκτυα με προτεραιότητα.
- Οι έλεγχοι που προβλέπονται από την κείμενη νομοθεσία δεν εφαρμόζονται επαρκώς.

Στόχος του Υπουργείου Υγείας και Πρόνοιας είναι να συστηματοποιηθεί ο έλεγχος του πόσιμου νερού και να υπάρχει πλήρης εικόνα των προβλημάτων και του ελέγχου σε επίπεδο Δήμου, Νομού και Επικράτειας.

Σε αυτήν την κατεύθυνση, με την παρούσα δίδονται σαφείς οδηγίες στους Δήμους και τις Νομαρχιακές Αυτοδιοικήσεις που έχουν την ευθύνη για τον πρωτοβάθμιο έλεγχο, καθώς επίσης εξειδικεύεται η διαδικασία δευτεροβάθμιου ελέγχου και ο ρόλος των Περιφερειών και του Υπουργείου Υγείας και Πρόνοιας.»

Η εγκύκλιος επιμερίζει την ευθύνη ύδρευσης από υγειονομικής πλευράς σε τρεις βαθμούς (τοπικό, νομαρχιακό, περιφερειακό). Ειδικά για τον πρώτο βαθμό ευθύνης, ορίζει τα εξής:

«Σύμφωνα με το άρθρο 11. 2 της Α5/288/86 (ΦΕΚ 53Β 379Β) Υγ. Διάταξη και το άρθρο 9 της Γ3α/761/68 Υγ. Διάταξης υπεύθυνοι ύδρευσης είναι:

- για τις υδρεύσεις Δήμων η Δημοτική Αρχή, σύμφωνα με τα καθοριζόμενα στο άρθρο 23 παρ. 1 του Ν. 1065/80 «Περί κυρώσεως Δημοτικού και Κοινοτικού Κώδικα'» (ΦΕΚ 168 Α), ή ο αντίστοιχος για την ύδρευση τοπικός Οργανισμός ή Επιχείρηση ή Σύνδεσμος Δήμων και Κοινοτήτων και κατά τα προβλεπόμενα από τον Ν. 1416/84 (λ.χ Δ.Ε.Υ.Α.)
- για τις βιομηχανίες, ιδρύματα κ.λ.π, τα οποία διαθέτουν δική τους ύδρευση οι νόμιμοι εκπρόσωποί τους.
- για τις βιομηχανίες, που βρίσκονται εγκατεστημένες μέσα σε βιομηχανικές περιοχές που διαθέτουν κεντρικό δίκτυο ύδρευσης η ΕΤΒΑ
- για τις ιδιωτικές υδρεύσεις οι ιδιοκτήτες ή οι νομείς των εγκαταστάσεων ύδρευσης.»

Στη συνέχεια καθορίζονται οι υποχρεώσεις των υπευθύνων ύδρευσης, ως εξής:

«Οι ως άνω υπεύθυνοι ύδρευσης φέρουν την ευθύνη της μελέτης, κατασκευής, λειτουργίας και συντήρησης του συστήματος ύδρευσης, της διενέργειας υγειονομικών αναγνωρίσεων, εργαστηριακών

εξετάσεων και γενικά της λήψης κάθε μέτρου, προκειμένου να παρέχεται πόσιμο νερό σε ποσότητα επαρκή για τις ανάγκες του υδρευόμενου πληθυσμού, χωρίς διακοπές και το σύστημα ύδρευσης να είναι απαλλαγμένο από κάθε υγειονομικό κίνδυνο και υποχρεούνται:

- να θέτουν στην διάθεση των αρμόδιων υγειονομικών αρχών το αρχείο υγειονομικών αναγνωρίσεων, εργαστηριακών εξετάσεων, το ημερολόγιο ύδρευσης (που οφείλουν να τηρούν), καθώς και κάθε πληροφορία και στοιχείο που αφορά στην εκλογή της πηγής υδροληψίας, και την μελέτη, κατασκευή, λειτουργία και συντήρηση του συστήματος ύδρευσης, και το χρησιμοποιούμενο προσωπικό.
- να γνωστοποιούν αμέσως στην Δ/νση Υγείας της Ν. Α. κάθε υγειονομικό κίνδυνο που εμφανίζεται, καθώς και τα μέτρα που θα ληφθούν για την εξουδετέρωσή του.
- να συμμορφώνονται στις υποδείξεις και οδηγίες των οικείων υπηρεσιών υγείας.
- να διενεργούν την προβλεπόμενη σύμφωνα με την ΥΜ /5673/57 (ΦΕΚ 5/58 Β) Υγ. Διάταξη υποχρεωτική απολύμανση που επιβάλλεται για υδρεύσεις, που εξυπηρετούν οικισμούς άνω των 3000 κατοίκων.
- να αναθέσουν σε συγκεκριμένο πρόσωπο (με μόνιμο αναπληρωτή του για τις περιπτώσεις απουσίας του), την παρακολούθηση της κανονικής λειτουργίας και συντήρησης του εξοπλισμού απολύμανσης του πόσιμου νερού για τη σωστή εφαρμογή της απολύμανσης. Τα ονόματα των ως άνω προσώπων (τακτικού και αναπληρωτή) θα αποστέλλονται εγγράφως στην Δ/νση υγείας της Ν. Α., η οποία μπορεί να μην τα εγκρίνει και να ζητήσει την αντικατάστασή τους, εφόσον κριθούν ανεπαρκή για την εργασία αυτή. Τα ως άνω στοιχεία κοινοποιούνται υποχρεωτικά και στην οικεία Περιφέρεια.
- να τηρούν ειδικό βιβλίο, στο οποίο θα καταχωρούνται τα αποτελέσματα μετρήσεων υπολειμματικού χλωρίου, οι οποίες θα γίνονται με συχνότητες που καθορίζονται στην ΥΜ/5673/57 (ΦΕΚ 5/58 Β) Υγ. Διάταξη και προσδιορίζεται με τη μέθοδο DPD* (χρωματομετρική) και όχι της ορθοτολιδίνης.
- να διενεργούν δειγματοληπτικούς και εργαστηριακούς ελέγχους σε αντιπροσωπευτικά προκαθορισμένα σημεία ολόκληρου του δικτύου διανομής από την πηγή υδροληψίας μέχρι τη διάθεση στον καταναλωτή. Προς τούτο πρέπει να καταρτίσουν προγράμματα παρακολούθησης, τα οποία θα αναφέρονται μεταξύ άλλων και στον καθορισμό των σημείων δειγματοληψίας. Ένα ποσοστό των δειγμάτων πρέπει να λαμβάνεται από σταθερά σημεία (αντλιοστάσια, δεξαμενές αποθήκευσης) ως επίσης και σε μέρη όπου υπήρξαν προβλήματα στο παρελθόν. Άλλα δείγματα να λαμβάνονται τυχαία στο δίκτυο μεταξύ των οποίων θα περιλαμβάνονται κατά προτεραιότητα πολυσύχναστα κτίρια λ.χ. νοσοκομεία, σχολεία, δημόσια κτίρια, πολυκατοικίες, ξενοδοχεία, εργοστάσια και άλλες θέσεις που υπάρχει μεγάλη πιθανότητα κινδύνου μόλυνσης λ.χ διακλαδώσεις, σημεία υποπίεσης. Τα προγράμματα αυτά υποβάλλονται στην Δ/νση υγείας της Ν.Α προς έγκριση, μαζί με την κατάλληλη απεικόνιση σε σχέδια των σημείων δειγματοληψίας, και κοινοποιούνται στις Περιφέρειες.»

Επίσης, καθορίζονται οι στόχοι της υγειονομικής αναγνώρισης:

«Η υγειονομική αναγνώριση των διαφόρων τμημάτων του συστήματος ύδρευσης και του τρόπου λειτουργίας του σε συνδυασμό με λήψη δειγμάτων νερού για εργαστηριακή εξέταση και τον έλεγχο του υπολειμματικού χλωρίου, γίνεται προκειμένου να παρακολουθείται συστηματικά η κατάσταση των συστημάτων ύδρευσης.

Τα κυριότερα στοιχεία που εξετάζονται κατά την αναγνώριση είναι:

- Λεκάνη απορροής υδροληψίας, πηγή υδροληψίας, εξωτερικοί αγωγοί, αντλιοστάσιο,
- δεξαμενές, δίκτυο διανομής, σύστημα επεξεργασίας, απολύμανση, εσωτερικές υδραυλικές εγκαταστάσεις.

Σημειώνεται ότι εκτός από την κατάλληλη υγειονομική προστασία των υπόγειων πηγών υδροληψίας και των αγωγών μεταφοράς του νερού, πρέπει υποχρεωτικά να τηρούνται και οι κατάλληλες αποστάσεις ασφαλείας από γειτονικές εστίες ρύπανσης και μόλυνσης.»

Τέλος, καθορίζονται κανόνες σχετικά με τους εργαστηριακούς ελέγχους:

«Οι εργαστηριακές αναλύσεις των υπεύθυνων ύδρευσης θα διενεργούνται σε οργανωμένα εργαστήρια των υπευθύνων Ο.Τ.Α., Δ.Ε.Υ.Α., Ε.Τ.Β.Α., της περιοχής ευθύνης του, ή σε συνεργασία με οργανωμένα εργαστήρια γειτονικών Ο.Τ.Α., ενώ οι εργαστηριακές αναλύσεις για λογαριασμό των λοιπών αρμόδιων Αρχών θα διενεργούνται σε Δημόσια (Κ.Ε.Δ.Υ., Γ.Χ.Κ.) και Πανεπιστημιακά εργαστήρια.

Στις περιπτώσεις όπου σήμερα δεν υφίστανται δομές εργαστηριακών ελέγχων για τους υπεύθυνους ύδρευσης α' βαθμού, θα χρησιμοποιούνται οι εργαστηριακές δομές ελέγχων του Δημοσίου και των Πανεπιστημίων.

Οι Γενικοί Γραμματείς των Περιφερειών στα πλαίσια του νέου προγραμματισμού του Γ' Κοινοτικού Πλαισίου Στήριξης 2000-2006 με προτεραιότητα προωθούν έργα ενίσχυσης δομών εργαστηρίων ελέγχου στις περιοχές όπου υπάρχει έλλειμμα και φροντίζουν για την κατά νόμο πιστοποίησή τους.

Υπενθυμίζεται ότι οι εργαστηριακές εξετάσεις δεν αποτελούν τη μόνη βάση για να γίνει αποδεκτή ή να απορριφθεί μια ύδρευση, αν δεν επιβεβαιώνονται από τα πορίσματα της υγειονομικής αναγνώρισης. Τα αποτελέσματα των εργαστηριακών εξετάσεων και ιδιαίτερα των μικροβιολογικών, ερμηνεύονται πάντα κάτω από το φως των παρατηρήσεων της υγειονομικής αναγνώρισης της περιοχής υδροληψίας, για την οποία η εργαστηριακή εξέταση αποτελεί συμπληρωματικό και όχι αποφασιστικό στοιχείο. Κάθε εξέταση δεν αντικατοπτρίζει παρά την κατάσταση της στιγμής της δειγματοληψίας, ενώ η αναγνώριση επιτρέπει την επισήμανση των υπαρκτών και ακόμη δυνητικών κινδύνων.»

Με βάση την εγκύκλιο αυτή (και σύμφωνα με το εθνικό θεσμικό πλαίσιο σε εφαρμογή των οδηγιών της Ευρωπαϊκής Ένωσης), καταμερίζεται ο βαθμός ευθύνης για την παρακολούθηση και την προστασία της ποιότητας του ποσίμου νερού και των πηγών ύδρευσης στους τρεις βαθμούς της τοπικής αυτοδιοίκησης. Οι φορείς της Τοπικής Αυτοδιοίκησης με τη σειρά τους, καλούνται να αναθέσουν μέχρι φυσικού προσώπου την παρακολούθηση αυτή, αλλά και να λάβουν πρωτοβουλία για τη διενέργεια των εργαστηριακών ελέγχων από πιστοποιημένους δημόσιους φορείς, με στόχο όμως τον εξοπλισμό και τη στελέχωση εργαστηρίων από την ίδια την τοπική αυτοδιοίκηση (και μάλιστα με προτεραιότητα στην χρηματοδότηση από τα Περιφερειακά Επιχειρησιακά Προγράμματα). Ο περιοδικός έλεγχος της ποιότητας θα διαβιβάζεται υπό μορφή τεχνικών δελτίων ποιότητας στις αρμόδιες Υπηρεσίες Υγείας του Υπουργείου.

Ο ρόλος της Τοπικής Αυτοδιοίκησης αναδεικνύεται κρίσιμος για την εφαρμογή της αειφορικής πολιτικής του νερού, και τη σύγκλιση προς τους ποσοτικούς και ποιοτικούς στόχους που έχουν τεθεί σε εθνικό και ευρωπαϊκό επίπεδο μέσα στο χρονοδιάγραμμα που ήδη εφαρμόζεται. Είναι λοιπόν απαραίτητη η ανάληψη πρωτοβουλιών από την Τοπική Αυτοδιοίκηση, η οποία σημειωτέον αντιμετωπίζει καθημερινά και καλείται να δώσει λύσεις στα πιεστικά προβλήματα της τοπικής κοινωνίας και οικονομίας.

Πιο συγκεκριμένα, η πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια τοπική αυτοδιοίκηση καλείται να καλύψει το κενό και τη χρονική υστέρηση της κεντρικής διοίκησης, αλλιώς είναι πολύ πιθανό η όλη προσπάθεια να μην έχει πρακτικά αποτελέσματα. Είναι απαραίτητη η κατάρτιση προγραμμάτων που θα καταλήξουν στη γνώση και παρακολούθηση της δυναμικής μεταβολής των πρωτογενών στοιχείων σε κάθε περιοχή, σε ό,τι αφορά την ποιότητα και την ποσότητα των επιφανειακών και υπόγειων υδάτων, τα υδρομετεωρολογικά και υδρογεωλογικά στοιχεία, και βέβαια τη χωροχρονική κατανομή και μεταβολή των αναγκών σε κάθε περιοχή, που είναι σημείο κλειδί για τη διαχείριση.

Η βέλτιστη λειτουργία της περιφερειακής διαχείρισης των υδάτινων πόρων μπορεί να επιτευχθεί, εάν κατά την κατάρτιση και αναθεώρηση των σχεδίων διαχείρισης, υπάρχει μια συνεχής ενημέρωση με ακριβή, λεπτομερή και αξιόπιστα στοιχεία για το σύνολο της περιοχής του κάθε υδατικού διαμερίσματος, και μάλιστα όχι εφάπαξ, αλλά με συνεχή ανανέωση των στοιχείων, τα οποία λόγω της

φύσης τους μεταβάλλονται περιοδικά και μη περιοδικά (πληθυσμιακά, οικονομικά, αναπτυξιακά χαρακτηριστικά μιας περιοχής, άξονες ανάπτυξης και σχεδιαζόμενα έργα και δράσεις, αλλαγή χρήσεων γης, κλιματικές μεταβολές, ρύπανση και περιβαλλοντικές πιέσεις, υπερεκμετάλλευση υπόγειων και επιφανειακών υδάτων κ.λπ.).

Εικόνες

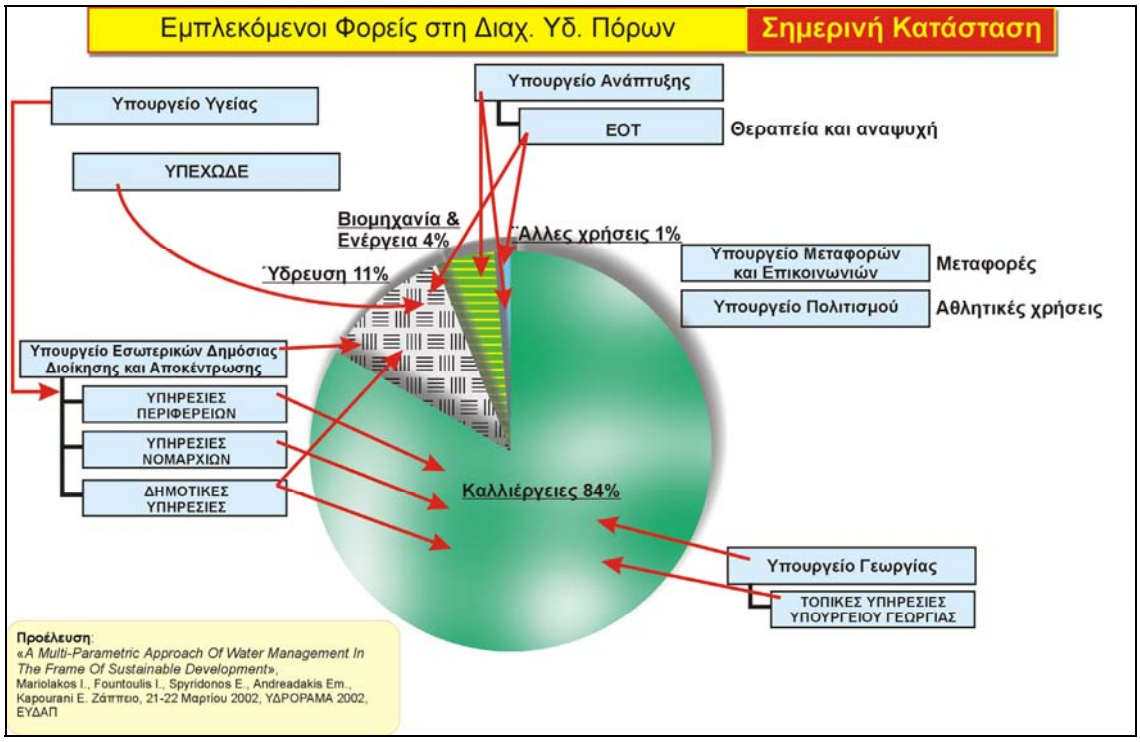
ΕΤΟΣ	ΤΟΠΟΣ	ΓΕΓΟΝΟΣ	ΟΡΟΣΗΜΟ
1972	UN-Στοκχόλμη	1η Παγκόσμια Συνδιάσκεψη για το Περιβάλλον	Περιβαλλοντικό πρόβλημα
1975	EEC-Βρυξέλλες	Έκδοση Οδηγίας 440	Προδιαγραφές ποιότητας πόσιμου νερού
1976	EEC-Βρυξέλλες	Έκδοση Οδηγίας 160	Προδιαγραφές για τα νερά κολύμβησης
1977	Mar del Plata	Συνέδριο	Εισαγωγή του όρου I.W.R.M.
1980	EEC-Βρυξέλλες	Έκδοση Οδηγίας 68	Προστασία υπόγειων υδάτων από επικίνδυνες ουσίες
1986	ΕΔ-Αθήνα	Νόμος 1650	Νόμος για την προστασία του περιβάλλοντος
1987	ΕΔ-Αθήνα	Νόμος 1739	Νόμος για τη διαχείριση των υδατικών πόρων
1987	UN-Γενεύη	Σύνοδος Παγκόσμιας Επιτροπής για το Περιβάλλον και την Ανάπτυξη	Αναφορά Brundtland "Our Common Future" – Εισαγωγή του όρου «Αειφόρος Ανάπτυξη» (Sustainable Development)
1987	EEC-Βρυξέλλες	Ενιαία Ευρωπαϊκή Πράξη	Μεταρρύθμιση στον τομέα του Περιβάλλοντος – Προσθήκη ιδιαίτερου κεφαλαίου στη συνθήκη για την ίδρυση της ΕΟΚ
1989	EEC-Βρυξέλλες	ECOFIN	Αποδοχή του Καταστατικού Χάρτη για τη Διαχείριση των Υπόγειων Νερών
1991	EEC-Βρυξέλλες	Έκδοση Οδηγίας	Οδηγία για τη ρύπανση των υδάτων από νιτρικές ουσίες
1992	UN-Ρίο ντε Τζανέιρο	Διάσκεψη για το Περιβάλλον και την Ανάπτυξη	Agenda 21 – Υιοθέτηση της «αειφόρου ανάπτυξης» - Άρθρο για την ολιστική διαχείριση του νερού (18.6)
1992	Δουβλίνο	International Freshwater Conference	Τέσσερις Αρχές του (Γλυκού) Νερού: Ολιστική προσέγγιση – Συνεργατική Διαδικασία – Συμμετοχή γυναικών – Οικονομική αξία
1992	EEC-Βρυξέλλες	Μεταρρύθμιση της Κοινής Αγροτικής Πολιτικής	Μείωση εντατικών καλλιεργειών – Εφαρμογή γεωργο-περιβαλλοντικών προγραμμάτων
1993	EU-Μάαστριχτ	Έναρξη ισχύος συνθήκης Ε.Ε.	Επιβεβαίωση του προσανατολισμού προς «σταθερή και διαρκή, σεβόμενη το περιβάλλον, ανάπτυξη (άρθρο 170)
1995	MED-Βαρκελώνη	Αναθεώρηση της Σύμβασης της Βαρκελώνης	Ίδρυση Μεσογειακής Επιτροπής Αειφόρου Ανάπτυξης και Ομάδας Διαχείρισης Γλυκού Νερού
1995	EU-Ελσίνκι	Σύμβαση του Ελσίνκι	Προστασία και χρησιμοποίησης ποταμών που διασχίζουν σύνορα και διεθνών λιμνών
1996	EU-Βρυξέλλες	Έκδοση Οδηγίας 61	Ολοκληρωμένος έλεγχος και πρόληψη της

			ρύπανσης
1997	UN-Μαρακές	1st World Water Forum	Το νερό κεντρικό πρόβλημα του πλανήτη
1997	EU-Άμστερνταμ	Συνθήκη Άμστερνταμ	Ενσωμάτωση της «αειφόρου ανάπτυξης» στη συνθήκη για την Ευρωπαϊκή Ένωση. Το περιβάλλον στις τομεακές πολιτικές.
1997	UN-Κιότο	Σύμβαση για την Αλλαγή του Κλίματος	Πρωτόκολλο του Κιότο – Δεσμεύσεις για τις εκπομπές αερίων
1997	ΕΔ-Αθήνα	Νόμος	Πρόγραμμα Ι.Καποδίστριας – Αναδιάρθρωση και αρμοδιότητες διαχείρισης νερού στην Α' Τοπική Αυτοδιοίκηση
1998	EU-Βρυξέλλες	Έκδοση Οδηγίας 83	Οδηγία για το νερό «ανθρώπινης κατανάλωσης
1998	EU-Κάρντιφ	Σύνοδος Ε.Ε.	«Διαδικασία του Κάρντιφ» - Ενσωμάτωση της περιβαλλοντικής πολιτικής και της αειφόρου ανάπτυξης στις τομεακές πολιτικές
1998	Παρίσι	Paris Water Conference	Έμφαση στην ολοκληρωμένη διαχείριση των υδατικών πόρων
1999	EU-Βρυξέλλες	Προτάσεις της Commission	Περιβαλλοντική πολιτική στην «ενιαία αγορά» και όροι αειφόρου ανάπτυξης στις σχέσεις με τρίτες χώρες
2000	EU-Βρυξέλλες	Έκδοση Οδηγίας 60	Προδιαγραφές και χρονοδιάγραμμα περιφερειακής ολοκληρωμένης διαχείρισης υδατικών πόρων
2000	Χάγη	2nd World Water Forum	Έμφαση στην IWRM
2001	Βόννη	International Freshwater Conference	Έμφαση στην IWRM
2002	UN-Γιοχάνεσμπουργκ	World Summit on Sustainable Development	Στόχοι, προγράμματα και δεσμεύσεις (και από την Ε.Ε.) για τους υδατικούς πόρους και την αειφόρο ανάπτυξη
2003	ΕΔ-Αθήνα	Νόμος 3199	Νόμος εναρμόνισης με την Οδηγία 2000/60

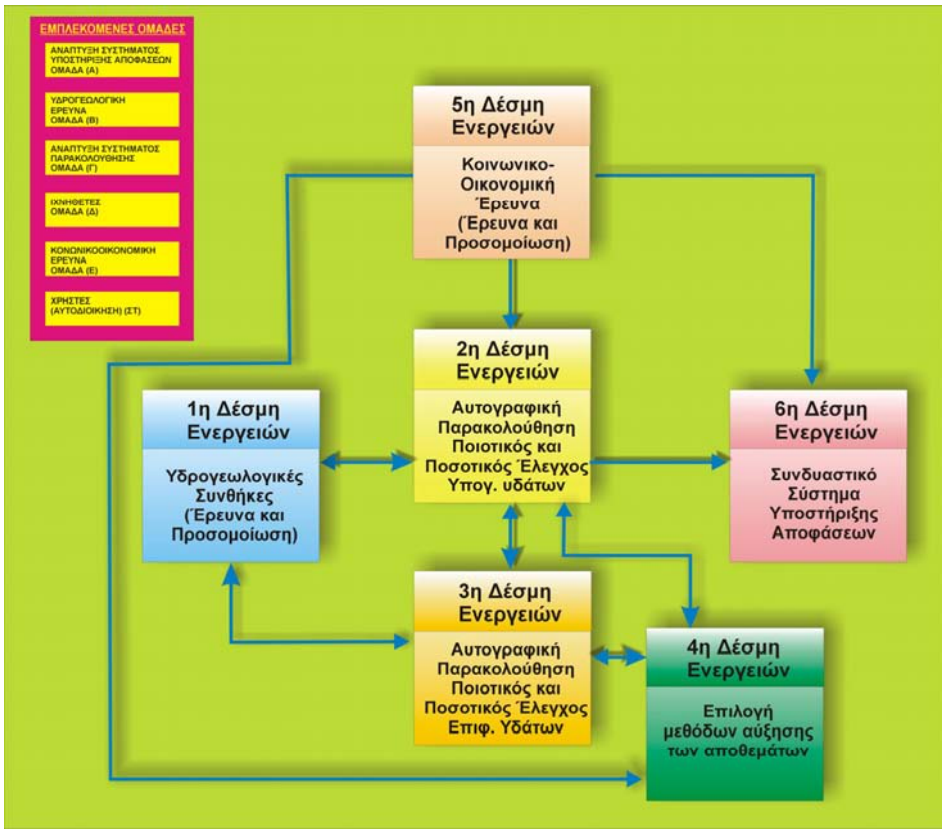
Πίνακας 4 – Σταθμοί των τελευταίων 30 ετών για τη διαμόρφωση και θεσμοθέτηση της ισχύουσας φιλοσοφίας στη διαχείριση των υδατικών πόρων.

Year	Action
2000	Δημοσίευση της Οδηγίας 2000/60 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου που καθορίζει το πλαίσιο δράσεων της Ε.Ε. για την πολιτική του νερού.
2001	
2002	Καθορίζονται τα ευρωπαϊκά κριτήρια που αφορούν τη ρύπανση των υδάτων από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή.
2003	Τα κράτη-μέλη ενεργοποιούν νομοθετικές, κανονιστικές και διοικητικές ρυθμίσεις, καθορίζουν τις Περιοχές Λεκανών Απορροής Ποταμού (Π.Λ.Α.Π., που αντιστοιχούν στα υδατικά διαμερίσματα, Υ.Δ.) και εντέλλουν τις αρμόδιες διοικητικές αρχές για τη διαχείρισή τους.
2004	Γίνεται ανάλυση των χαρακτηριστικών των Υ.Δ., εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από την ανθρώπινη δραστηριότητα και οικονομική ανάλυση της χρήσης νερού, και καταχώρηση σε ευρωπαϊκό επίπεδο των προστατευόμενων περιοχών.
2005	Κατάρτιση στρατηγικών για την πρόληψη και τον έλεγχο της ρύπανσης των υπόγειων υδάτων σε εθνικό και ευρωπαϊκό επίπεδο.
2006	Πλήρης ενεργοποίηση των προγραμμάτων παρακολούθησης της κατάστασης επιφανειακών και υπογείων υδάτων και προστατευόμενων περιοχών.
2007	Τα κράτη μέλη λαμβάνουν πρωτοβουλία για τη συμμετοχή των ενδιαφερομένων φορέων στο διάλογο για την εφαρμογή της Οδηγίας, και ειδικά για την κατάρτιση, επισκόπηση και ενημέρωση των σχεδίων διαχείρισης για κάθε υδατικό διαμέρισμα.
2008	Αποκρυσταλλώνονται τα σχέδια διαχείρισης υδάτινων πόρων για τα υδατικά διαμερίσματα, αποστέλλονται αντίγραφα στην Ευρωπαϊκή Επιτροπή μέσα σε τρεις μήνες από τη δημοσίευσή τους και υποβάλλουν αναφορές για την πρόοδο της εφαρμογής των σχεδίων και των μέτρων μέσα σε τρία χρόνια από τη δημοσίευση του κάθε σχεδίου ή της αναθεώρησής του.
2009	Τελική προθεσμία πιθανής δημοσίευσης σχεδίων διαχείρισης των υδατικών διαμερισμάτων και εφαρμογής των προγραμμάτων και μέτρων.
2010	Τα κράτη – μέλη ξεκινούν την ανάκτηση του κόστους του νερού, συμπεριλαμβανομένων και των περιβαλλοντικών επιπτώσεων, βάσει της αρχής «ο ρυπαίνων πληρώνει».
2011	Αναφορά για την εφαρμογή των προγραμμάτων και μέτρων.
2012	
2013	Επανεκτίμηση και αναθεώρηση των σχεδίων διαχείρισης στα υδατικά διαμερίσματα.
2014	
2015	Αποκατάσταση «καλής κατάστασης επιφανειακών υδάτων». Επανεκτίμηση των σχεδίων διαχείρισης.

Πίνακας 5 – Χρονοδιάγραμμα εφαρμογής της Οδηγίας – Πλαίσιο για τα Νερά (2000/60) από την Ε.Ε. και τα Κράτη-Μέλη.



Εικ. 48 – Σχηματική απεικόνιση των αρμοδιοτήτων πριν την εφαρμογή της οδηγίας 2000/60 (Mariolakos et al, 2002).



Εικ. 49 – Οι δέσμες ενεργειών που απαιτούνται για αποτελεσματική υποστήριξη αποφάσεων στη διαχείριση υδατικών πόρων (από Mariolakos et al, 2002).

Χρονική Περίοδος	Περίοδος	Στάδιο	Χαρακτηριστικά
1925-1940	A	1	▪ Αντιπλημμυρικά και αποξηραντικά έργα στις μεγάλες πεδιάδες (κυρίως Κεντρική – Βόρεια Ελλάδα) o Μεγάλα έργα (κρατική διοίκηση) o Τοπικά έργα ▪ Υδραυλικά Ταμεία (κρατική διοίκηση) ▪ Αναγκαστικοί Συνεταιρισμοί Εγγείων Βελτιώσεων (μη κρατική διοίκηση) ▪ Ξένες Μελετοκατασκευές (Θεσσαλία, Ήπειρος, Θεσσαλονίκη, Σέρρες-Δράμα) ▪ Ελληνικές Μελετοκατασκευές (Λυσιμαχία, Λεσίνι, Τρίνασος, Ξυνιάδα) ▪ Ύδρευση πρωτεύουσας (ULEN) o Φράγμα Μαραθώνα o Σήραγγα Μπογιατίου
1940-1949			▪ Β' Παγκόσμιος Πόλεμος ▪ Εμφύλιος Πόλεμος
1949-1958	A	2	▪ Επιδιόρθωση, συντήρηση, αποκατάσταση υφιστάμενων έργων ▪ Προετοιμασία για μεγάλα συλλογικά αρδευτικά έργα ▪ Χρηματοδότηση από το σχέδιο Marshall μέσω των Υπουργείων Δημοσίων Έργων και Γεωργίας ▪ Φράγματα εκτροπής (Αλιάκμονας, Αξιός, Αχελώος) ▪ Φράγμα Ταυρωπού ▪ Σήραγγες Κάρλας και Λαψίστας ▪ Δαπάνη 17500000$ ▪ Καταπολέμηση ελονοσίας και τυφοειδούς πυρετού ▪ Αντιπλημμυρική προστασία 6 εκ. στρεμμάτων ▪ Αποξήρανση 600 χιλ. στρ. ▪ Τεχνικές Μελέτες Φραγμάτων (Πηνειός Ηλείας, Αλφειός, Αχελώος, Καλαμάς, Νέστος ▪ Ιδιωτικά μικρά αρδευτικά έργα με κρατική ενίσχυση
1959-1969	B	1	▪ Πενταετή προγράμματα εγγείων βελτιώσεων για τη μεγιστοποίηση των αρδευόμενων γεωργικών γαιών ▪ Δημιουργία ΥΕΒ και στελέχωση με επιστημονικό δυναμικό ▪ Συνεργασία με F.A.O. και B.R.G.M. ▪ Μακρόπνοες μελέτες για εναλλακτικές έγγειες βελτιώσεις ▪ Σκυρόδετα αρδευτικά δίκτυα και διώρυγες ▪ Πρώτη προτεραιότητα στη διερεύνηση και αξιοποίηση των υπόγειων υδατικών πόρων ▪ Περιβαλλοντική ευαισθησία για την αποστράγγιση περιοχών ▪ Υλίκη στην ύδρευση της πρωτεύουσας ▪ ULEN – Οργανισμός Αποχέτευσης Πρωτευούσης
1970-1980	B	2	▪ Αρδευτικά δίκτυα τεχνητής βροχής (συλλογικά) ▪ Μεγάλα έργα ανάπτυξης υπογείων υδάτων (Θεσσαλία, Έβρος, κ.λπ.) και μαθηματικά μοντέλα προσομοίωσης υδροφόρων ▪ Αντλιοστάσια σε ποταμούς και πηγές ▪ Ελληνική Εταιρία Υδάτων – ΟΑΠ ▪ Μόρνος στην ύδρευση της πρωτεύουσας
1981-1988	B	3	▪ Ένταξη στην ΕΟΚ ▪ Μεσογειακά Ολοκληρωμένα Προγράμματα ▪ Αύξηση της ανταγωνιστικότητας της αγροτικής οικονομίας o Ανεξέλεγκτες ιδιωτικές γεωτρήσεις χωρίς επιστημονική υποστήριξη o Εμπλοκή αρμοδιοτήτων μεταξύ φορέων ▪ Νομοθεσία o 1650/86 (Περιβάλλον) o 1739/87 (Νερό) ▪ ΕΥΔΑΠ
1989-1994	B	4	▪ 1ο Κοινοτικό Πλαίσιο Στήριξης o Μικρομεσαία αρδευτικά έργα με περιβαλλοντικούς όρους, ταμιευτήρες και λιμνοδεξαμενές o Κατάργηση μηχανολογικής υποστήριξης ΥΕΒ – αντικατάσταση με εργολαβίες ▪ Εύηνος στην ύδρευση της πρωτεύουσας
1994-2003	B	5	▪ Προσπάθεια εναρμόνισης με την ευρωπαϊκή πολιτική και συνδυασμού της περιβαλλοντικής πολιτικής με τη διαχείριση των υδατικών πόρων ▪ 2ο και 3ο Κ.Π.Σ. με μερική απορρόφηση σε έργα του νερού ▪ Διερεύνηση και πιλοτική εφαρμογή έργων τεχνητού εμπλουτισμού

Πίνακας 6 – Περίοδοι διαχείρισης των υδατικών πόρων στη σύγχρονη Ελλάδα (στοιχεία κυρίως από Περγιαλιώτης και Παπασταματίου 2001 και http://www.eydap.gr).

Επίπεδο Δράσης	Αρμοδιότητα	Γνωμοδότηση/Διαβούλευση
Χάραξη πολιτικής	Εθνική Επιτροπή Υδάτων	Εθνικό Συμβούλιο Υδάτων
Κεντρική διοίκηση	Κεντρική Υπηρεσία Υδάτων	Γνωμοδοτική Επιτροπή Υδάτων
Περιφερειακή διοίκηση	Διεύθυνση Υδάτων Περιφέρειας	Περιφερειακό Συμβούλιο Υδάτων

Πίνακας 7 – Η διοικητική διάρθρωση της διαχείρισης των υδατικών πόρων στην Ελλάδα, όπως θεσμοθετήθηκε με το νόμο 3199/2003.

ΕΘΝΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΥΔΑΤΩΝ
Υπουργός Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων (Πρόεδρος)
Υπουργός Οικονομίας και Οικονομικών
Υπουργός Εσωτερικών, Δημόσιας Διοίκησης και Αποκέντρωσης
Υπουργός Ανάπτυξης
Υπουργός Υγείας
Υπουργός Γεωργίας
Υπουργός Εξωτερικών (για θέματα διακρατικών υδάτων)
Άλλοι Υπουργοί (για θέματα αρμοδιοτήτων τους)

Πίνακας 8 – Η σύνθεση της Εθνικής Επιτροπής Υδάτων (η αναπλήρωση των υπουργών γίνεται από τους Γενικούς Γραμματείς των υπουργείων).

ΕΘΝΙΚΟ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟ ΥΔΑΤΩΝ
Υπουργός Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων (Πρόεδρος)
Εκπρόσωπος από κάθε κόμμα που εκπροσωπείται στη Βουλή
Εκπρόσωπος της ΕΝΑΕ (Ένωση Νομαρχιακών Αυτοδιοικήσεων Ελλάδος)
Εκπρόσωπος της ΚΕΔΚΕ (Κεντρική Ένωση Δήμων και Κοινοτήτων Ελλάδος)
Εκπρόσωπος της ΕΔΕΥΑ (Ένωση Δημοτικών Επιχειρήσεων Ύδρευσης και Αποχέτευσης)
Εκπρόσωπος των εταιριών ύδρευσης και αποχέτευσης που δεν εκπροσωπούνται από την ΕΔΕΥΑ
Εκπρόσωπος της ΠΑΣΕΓΕΣ (Πανελλήνια Συνομοσπονδία Ένωσης Γεωργικών Συνεταιρισμών)
Εκπρόσωπος του ΣΕΒ (Σύνδεσμος Ελληνικών Βιομηχανιών)
Εκπρόσωπος της ΔΕΗ (Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού)
Εκπρόσωπος της ΓΣΕΕ (Γενική Συνομοσπονδία Εργατών Ελλάδος)
Εκπρόσωπος του ΤΕΕ (Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος)
Εκπρόσωπος του ΓΕΩΤΕΕ (Γεωτεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος)
Εκπρόσωπος του ΙΓΜΕ (Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών)
Εκπρόσωπος του ΕΚΘΕ (Εθνικό Κέντρο Θαλασσίων Ερευνών, τώρα ΕΛΚΕΘΕ)
Εκπρόσωπος του ΕΚΒΥ (Εθνικό Κέντρο Βιοτόπων – Υγροτόπων)

Εκπρόσωπος του ΕΚΕΦΕ Δημόκριτος (Εθνικό Κέντρο Φυσικών Επιστημών)
Εκπρόσωπος δύο περιβαλλοντικών μη κυβερνητικών οργανώσεων
Εκπρόσωπος του ΕΚΠΑΑ (Εθνικό Κέντρο Περιβάλλοντος και Αειφόρου Ανάπτυξης)
Εκπρόσωπος του ΙΝΚΑ (Ινστιτούτο Καταναλωτών)
Εκπρόσωπος του ΕΘΙΑΓΕ (Εθνικό Ίδρυμα Αγροτικών και Γεωργικών Ερευνών)
Εκπρόσωπος της Εθνικής Επιτροπής για την καταπολέμηση της απερήμωσης (Πρόεδρος)

Πίνακας 9 - Η σύνθεση του Εθνικού Συμβουλίου Υδάτων.

ΓΝΩΜΟΔΟΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΥΔΑΤΩΝ
Προϊστάμενος της Κεντρικής Υπηρεσίας Υδάτων (Πρόεδρος)
Εκπρόσωπος του Υπουργείου Ανάπτυξης
Εκπρόσωπος του Υπουργείου Γεωργίας
Εκπρόσωπος του Υπουργείου Οικονομίας και Οικονομικών
Εκπρόσωπος του Υπουργείου Εσωτερικών, Δημόσιας Διοίκησης και Αποκέντρωσης

Πίνακας 10 – Η σύνθεση της Γνωμοδοτικής Επιτροπής Υδάτων.

ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΟ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟ ΥΔΑΤΩΝ
Γενικός Γραμματέας της Περιφέρειας (Πρόεδρος)
Προϊστάμενος της Διεύθυνσης Υδάτων της Περιφέρειας
Εκπρόσωπος από κάθε Νομαρχιακή Αυτοδιοίκηση της Περιφέρειας
Εκπρόσωπος από κάθε Τοπική Ένωση Δήμων και Κοινοτήτων της Περιφέρειας
Εκπρόσωπος όλων των ΔΕΥΑ της Περιφέρειας
Εκπρόσωπος του Τεχνικού Επιμελητηρίου
Εκπρόσωπος του Γεωτεχνικού Επιμελητηρίου
Εκπρόσωπος του Εμπορικού Επιμελητηρίου
Εκπρόσωπος του Βιομηχανικού Επιμελητηρίου
Εκπρόσωπος κάθε Ένωσης Αγροτικών Συνεταιρισμών της Περιφέρειας
Εκπρόσωπος των περιβαλλοντικών μη κυβερνητικών οργανώσεων
Εκπρόσωπος από κάθε ΓΟΕΒ (Γενικό Οργανισμό Εγγείων Βελτιώσεων)
Εκπρόσωπος από κάθε φορέα διαχείρισης προστατευόμενης περιοχής

Πίνακας 11 – Η σύνθεση του Περιφερειακού Συμβουλίου Υδάτων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Βασικές θεωρητικές απαιτήσεις – Αντίστροφη πορεία με βάση τις ανάγκες

Στο πρώτο κεφάλαιο αναφέρθηκε ότι η έννοια της διαχείρισης των υδατικών πόρων, όπως ερμηνεύθηκε, συντίθεται από τρεις έννοιες: «νερό», «τεχνολογία» και «διοίκηση». Η επάρκεια, ποσοτική και ποιοτική, καθενός από τους τρεις, αλλά και του συνδυασμού των τριών, καθορίζει την επιτυχία της διαχείρισης, διαχρονικά. Ο παράγοντας «νερό», συνοψίζει την περιβαλλοντική, κλιματολογική, υδρολογική, υδρογεωλογική κ.λπ. δηλαδή τη φυσική κατάσταση του ίδιου του πόρου σε συγκεκριμένο χωροχρονικό παράθυρο. Ο παράγοντας «τεχνολογία» συνοψίζει το οπλοστάσιο της εκάστοτε κοινωνίας στο πεδίο της επιστημονικής γνώσης, της ανάπτυξης εφαρμογών, της διαχείρισης έργων και εξοπλισμού. Ο παράγοντας «διοίκηση» συνοψίζει το ιδεολογικό, πολιτικό, θεσμικό, κανονιστικό, θρησκευτικό, εθιμικό κ.λπ. πλαίσιο και τις σχετικές δομές που το εφαρμόζουν ή το επιβάλλουν στην κοινωνία.

Στο δεύτερο κεφάλαιο παρουσιάστηκαν κάποια από τα διαχρονικά αποτελέσματα που είχε στη διαχείριση του νερού η εξέλιξη αυτών των παραγόντων σε ένα τμήμα της ανθρώπινης ιστορίας. Η βαθιά αλληλεπίδραση μεταξύ και των τριών παραγόντων είναι έκδηλη και μεγαλύτερη όσο πλησιάζει κανείς στη σημερινή εποχή, καθώς έχουν γιγαντωθεί οι ανθρώπινες κοινωνίες και πλέον επιδρούν σημαντικά στο περιβάλλον παγκοσμίως αλλά και διακυβεύουν μεγάλα κοινωνικο-οικονομικά οικοδομήματα στη σχέση τους με αυτό, ενώ η «διοίκηση» διατρέχει και επηρεάζεται από αυτή τη σχέση σε βάθος και πλάτος.

Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάστηκαν οι σύγχρονες απόψεις σχετικά με τη διαχείριση των υδατικών πόρων από το διεθνή χώρο και ο τρόπος με τον οποίο έχουν φτάσει στην Ελλάδα, μέσω της διοίκησης (Εικ.1). Επίσης, παρουσιάστηκαν συνοπτικά οι αναγκαίες δράσεις σε όλα τα επίπεδα, έτσι ώστε να καταρτιστούν τελικά τα βασικά στοιχεία της διαχείρισης, δηλαδή τα περιφερειακά σχέδια διαχείρισης, καθώς και τα σχετικά χρονοδιαγράμματα.

Ακριβώς στο σημείο αυτό παρουσιάζεται ένα σοβαρό κενό, ειδικά (και ιδιαίτερα) για την Ελλάδα (Εικ. 2). Πρόκειται για την απόσταση μεταξύ της κατάρτισης και εφαρμογής του οποιουδήποτε σχεδίου διαχείρισης στο μέλλον και της κάλυψης των αναγκών των πολιτών στο πιεστικό παρόν. Στην πραγματικότητα, στην Ελλάδα είναι τόσο μικρός ο χρόνος ζωής του σύγχρονου κράτους και τόσες πολλές οι αλλαγές σε αυτό τα τελευταία χρόνια μεταπολεμικά, που δεν υπάρχουν καν τα περισσότερα από τα πρωτογενή στοιχεία που είναι αναγκαία για την κατάρτιση ενός σχεδίου διαχείρισης. Ουσιαστικά γίνεται μια σύσταση διοικητικής δομής περίπου από το μηδέν, και ενώ πρόκειται πράγματι για μια από τις σοβαρότερες επενδύσεις σε βάθος χρόνου για τη χώρα, στο μεταξύ οι ανάγκες πιέζουν.

Αυτό το κενό τόσο μέσω του νόμου, που σωστά εφαρμόζει την αρχή της εγγύτητας, όσο και λόγω της πραγματικής εγγύτητας των δημοτικών αρχών προς τα προβλήματα των πολιτών, καλούνται να το γεφυρώσουν οι καποδιστριακοί δήμοι, τις περισσότερες φορές χωρίς κανένα εργαλείο στα χέρια τους, εκτός από οδηγίες και περιστασιακές χρηματοδοτήσεις. Έτσι οι δήμοι πρέπει να δώσουν λύσεις, έστω και προσωρινές, τηρώντας πάντα τους νόμους. Κατά συνέπεια, δεν μπορούν ούτε να περιμένουν την εκπόνηση των σχεδίων διαχείρισης και, πολύ περισσότερο, δεν μπορούν να περιμένουν τη σύσταση, τη στελέχωση και την ωρίμανση των υπηρεσιών των περιφερειών. Τέλος, δεν μπορούν να περιμένουν την ωρίμανση της επιστημονικής έρευνας με τους ρυθμούς που αυτή εξελίσσεται αυθορμήτως.

Ο Δήμος Θεραπνών αποτελεί μια τέτοια χαρακτηριστική περίπτωση, καθώς δεν υπάρχει για παράδειγμα, παρελθόν λεπτομερών υδρολογικών στοιχείων για τη συγκεκριμένη περιοχή, υπάρχουν έργα που γίνονται, έγιναν ή θα γίνουν σε σχέση με την κάλυψη των υδατικών αναγκών, υπάρχουν προβλήματα επάρκειας και τοπικοί ανταγωνισμοί, ενώ η γεωλογική και υδρογεωλογική έρευνα στην περιοχή κάθε άλλο παρά ώριμη μπορεί να θεωρηθεί , κυρίως σε σχέση με τους υδατικούς πόρους (που σημειωτέον δεν «συγχωρούν» οποιοδήποτε θεωρητικό μοντέλο, εάν δεν ανταποκρίνεται στην πραγματικότητα).

Θεωρητικά, η πορεία της έρευνας για τη διαχείριση (μόνο των υπόγειων νερών, για παράδειγμα) θα έπρεπε να είναι περίπου ως εξής: (Amer. Soc. Civil. Engrs, 1972 από Καλλέργης, 1999).

- Πριν την έναρξη της έρευνας:
  - Αναγνώριση του προβλήματος
  - Εναλλακτικά σχέδια για τη διαχείριση των υπόγειων νερών
  - Έκθεση
- Κατά την έρευνα:
  - **Τοπογραφικά στοιχεία**. Τοπογραφικοί χάρτες, αεροφωτογραφίες, μηκοτομές είναι απαραίτητα στοιχεία. Χρησιμοποιούνται για την απογραφή των σημείων νερού (γεωτρήσεις – πηγάδια – φρέατα – πηγές), τη μέτρηση της στάθμης των υδροφόρων οριζόντων κ.λπ.).
  - **Γεωλογικά στοιχεία**. Περιλαμβάνονται οι γεωλογικοί χάρτες, η υπεδαφική χαρτογράφηση, οι τομές των γεωτρήσεων υφιστάμενων και νέων, οι γεωφυσικές μετρήσεις μέσα στις γεωτρήσεις, οι δοκιμές άντλησης, από τις οποίες υπολογίζονται οι τιμές T και S, οι χημικές αναλύσεις του νερού, η χαρτογράφηση των υδροφόρων, ελεύθερων και αρτεσιανών (από την ερμηνεία των υπεδαφικών γεωλογικών δεδομένων) και τα διάφορα τεκτονικά στοιχεία που επηρεάζουν τα υδροφόρα στρώματα (διαρρήξεις κ.λπ.)
  - **Υδρολογικά στοιχεία**. Πρόκειται για τα υδρολογικά στοιχεία που θα επιτρέψουν τη διατύπωση της εξίσωσης της υδρολογικής ισορροπίας. Τα στοιχεία αυτά είναι: Επιφανειακές εισροές και εκροές, εισαγόμενο και εξαγόμενο νερό (με βάση εκτελούμενες μετρήσεις), η βροχόπτωση για τη σύνταξη των βροχομετρικών χαρτών (με τη μέθοδο Thiessen), η εξατμισοδιαπνοή (με τη μέθοδο Thornthwaite, Blaney-Griddle, τη χρήση αεροφωτογραφιών κ.λπ.), η εξάτμιση (από τις ελεύθερες επιφάνειες νερού), τα λύματα και τα απόβλητα κ.ά.
  - **Μεταβολές της επιφανειακής αποθήκευσης**. Υπολογίζονται άμεσα από τη διακύμανση της στάθμης στους ταμιευτήρες και τις λίμνες.
  - **Μεταβολές της υγρασίας του εδάφους**. Από μετρήσεις ιδιαίτερα κατά την έναρξη και τη λήξη της αρδευτικής περιόδου (για τις αρδευόμενες περιοχές).
  - **Διατύπωση και επιλογή εναλλακτικών στόχων της διαχείρισης**. Κοινωνικοί, οικονομικοί, νομικοί περιορισμοί, παροχή νερού με χαμηλό κόστος, κ.λπ.
  - **Λήψη έγκρισης και χρηματοδότηση της έρευνας**.
  - **Ανάπτυξη στόχων της έρευνας.** Έκθεση όπου συγκροτούνται τα διάφορα εναλλακτικά σχέδια διαχείρισης, τελικός στόχος η σύνταξη ενός κατάλληλου σχεδίου διαχείρισης.
  - **Επιλογή του σκοπού της έρευνας**. Καθορισμός της περιοχής, του προγράμματος και της φάσης της έρευνας (π.χ.προκαταρκτική εξέταση, αναγνώριση, οικονομική σκοπιμότητα).
  - **Σύνταξη του προγράμματος ερευνών**. Συλλογή στοιχείων, συνέχιση μετρήσεων, κ.λπ.
  - **Δημιουργία της ομάδας σχεδιασμού**. Γεωλόγοι, Μηχανικοί, Οικονομολόγοι, Νομικοί, κ.λπ.).
  - **Έναρξη ερευνών**, με την εξής σειρά:
    - **Προβολή των μελλοντικών αναγκών σε νερό**. Παρούσες και μελλοντικές χρήσεις και ανάγκες νερού για την άρδευση, ύδρευση και βιομηχανία.
    - **Επιφανειακή και υπόγεια έρευνα.** Γεωφυσική έρευνα, γεωτρητική έρευνα, δοκιμές άντλησης.
    - **Υπολογισμός των υδατικών πόρων**. Διαθέσιμες ποιότητες τοπικών υδατικών πόρων και διαθέσιμες ποσότητες νερού για εισαγωγή.
    - **Δυνατότητες των υφιστάμενων μέσων άντλησης και εμπλουτισμού**. Αρχείο των υφιστάμενων έργων άντλησης και εμπλουτισμού και δυνατότητες για την τροποποίηση των υφιστάμενων σχεδίων.
    - **Οριακές συνθήκες υδροφόρων οριζόντων**. Ποιότητα και ποσότητα των υπόγειων εισροών και εκροών.
    - **Νομικά και οργανωτικά θέματα**. Δουλείες στα επιφανειακά και υπόγεια νερά, βλάβες από τον υποβιβασμό της στάθμης του υπόγειου νερού, απαραίτητα οργανωτικά σχήματα κ.λπ.
    - **Μεταβολές στην αποθήκευση υπόγειου νερού**. Από τους χάρτες υδροϊσοϋψών, τη σύγκριση δοκιμών αντλήσεων, παλιών και νέων, κ.λπ., πρέπει να συλλέγονται τα παλιά διαγράμματα δοκιμών αντλήσεων και να υπολογίζεται το S και το ενεργό πορώδες των ελεύθερων υδροφόρων. Συνιστάται η κατασκευή ισοπληθών χαρτών Δh (με καμπύλες ίσης μεταβολής της στάθμης), οπότε το γινόμενο S επί Δh (επί την αντίστοιχη επιφάνεια δίνει τη μεταβολή της αποθήκευσης του υπόγειου νερού, για κάθε υδροφόρο στη λεκάνη. Οι μετρήσεις στάθμης πρέπει να γίνονται σε στατικές κατά το δυνατόν συνθήκες, μετά το τέλος των εποχών της ψηλής απόληψης και του εμπλουτισμού.
    - **Υπόγειες εισροές και εκροές**. Πρόκειται για τα φυσικά μεγέθη που πολύ δύσκολα υπολογίζοται γιατί δεν είναι δυνατή η άμεση μέτρησή τους. Συχνά υπολογίζεται το ένα μέγεθος ή η διαφορά τους από την εξίσωση του υδρολογικού ισοζυγίου σαν ο μόνος άγνωστος αυτού. Η γεωλογική έρευνα μπορεί να δείξει ότι απουσιάζουν είτε οι εισροές είτε οι εκροές είτε και τα δύο. Το βασικό πρόβλημα είναι ο εντοπισμός των δρόμων υπόγειων νερών από μία λεκάνη σε μία άλλη. Ο καλύτερος τρόπος, για έναν τέτοιο

εντοπισμό είναι η ερμηνεία των υδραυλικών κλίσεων από τους ισοπιεζομετρικούς χάρτες. Γνωρίζοντας τις κλίσεις και τις μεταβιβαστικότητες (Τ) μπορεύν να υπολογιστούν οι υπόγειες ροές από το νόμο του Darcy.

Το ερώτημα που τίθεται στο σημείο αυτό είναι το εξής:

Πώς μπορεί κανείς να καταλήξει με επιστημονικό τρόπο σε συγκεκριμένες ρεαλιστικές αλλά και σύννομες προτάσεις διαχείρισης, χωρίς να περιμένει αρκετές δεκαετίες και χωρίς να επενδύσει τα τεράστια ποσά που απαιτούνται και που δεν διαθέτει ένας Δήμος για τη συστηματική εφαρμογή της «ευθείας» οδού;

Το ερώτημα αυτό αποτέλεσε αντικείμενο προβληματισμού σε όλη τη διάρκεια των εργασιών, καθώς η κανονική πορεία της έρευνας συναντούσε και θα συναντούσε διαρκώς κενά στοιχείων, δεδομένων κ.λπ. Εξάλλου, επειδή το ίδιο το θέμα της εργασίας προσπαθεί να προσομοιώσει και να προτείνει λύσεις πάνω σε πραγματικές συνθήκες, έπρεπε να χρησιμοποιηθούν τα εργαλεία που μπορεί πραγματικά ένας καποδιστριακός δήμος να χρησιμοποιήσει αυτή τη στιγμή για να κάνει μια ορθολογική **προσέγγιση** της διαχείρισης του νερού.

Έτσι, η μεθοδολογία που προτιμήθηκε για την εκπόνηση της εργασίας είναι η «αναλυτική». Δηλαδή, αντί να ξεκινήσουμε από το θεωρητικό σχήμα των απαιτούμενων επιμέρους ερευνών για να θεμελιωθεί βήμα προς βήμα το γνωσιακό υπόβαθρο στο οποίο θα βασιστεί η διαχείριση, όπως οφείλουν για παράδειγμα να κάνουν σε βάθος χρόνου τα περιφερειακά σχέδια διαχείρισης, θα γίνει το αντίστροφο: Ξεκινώντας από τις υποχρεώσεις και τους περιορισμούς που απορρέουν για το ρόλο του Δήμου στη διαχείριση του νερού, η έρευνα θα προχωρά με βάση τα ερωτήματα που ανακύπτουν στην πορεία από τις πραγματικές ανάγκες και τις θεσμικές προϋποθέσεις. Τα κενά που θα διαπιστώνονται στην πορεία θα πρέπει αναγκαστικά να συμπληρώνονται από παραδοχές, εκτιμήσεις ή υποθέσεις, με τη σχετική σημείωση στις προτάσεις που θα ενταχθούν στο τέλος, για την κάλυψή τους με τεκμηριωμένο τρόπο και με βάση πάντα τις αρχές που έχουν αναφερθεί στα προηγούμενα (όπως η αρχή της προφύλαξης). Θα πρέπει συνεχώς να θυμόμαστε ότι **ο Δήμος ούτως ή άλλως θα χρησιμοποιήσει τους υδατικούς πόρους του**, ακόμα κι αν δεν υπάρχουν απαντήσεις σε πολλά επιστημονικά ερωτήματα. Έτσι, είναι προτιμότερο να είναι γνωστά τα αδύναμα σημεία και οι παραδοχές για να δοθούν υποχρεωτικά κάποιες λύσεις, παρά να υπάρχει άγνοια των κινδύνων. Είναι αυτονόητο ότι εκεί που δεν υπάρχει σαφής γνώση, θα λαμβάνεται η δυσμενέστερη περίπτωση ως υπόθεση εργασίας.

Ξεκινώντας λοιπόν από τις υποχρεώσεις του Δήμου, μπορούμε να επισημάνουμε τα ακόλουθα, ως αρχικές απαιτήσεις ως προς την υφιστάμενη νομοθεσία:

- **Διάθεση νερού σε όλους τους πολίτες του δήμου** (μη εξαίρεση). Εφόσον το νερό θεωρείται δημόσιο αγαθό, και ένας φορέας του δημοσίου (δημοτική αρχή) είναι εντεταλμένος για την παροχή του στο κοινό, τότε οφείλει να το παρέχει ανεξαιρέτως σε όλους τους πολίτες και, αν είναι δυνατόν, με ομοιόμορφο τρόπο. Το γεγονός αυτό έχει τις ακόλουθες συνέπειες, ως προς τις απαιτήσεις σε δεδομένα για τη λήψη αποφάσεων:
    - Πρέπει να είναι καταγεγραμμένες και γνωστές οι ανάγκες σε ποσότητα και σε ποιότητα, όπως και η κατανομή τους στο χώρο του Δήμου, οι εποχιακές μεταβολές τους και οι μακροχρόνιες τάσεις τους. Κατά συνέπεια πρέπει να είναι γνωστά τα αντίστοιχα πληθυσμιακά στοιχεία και οι χρήσεις γης, καθώς και η οικονομική δραστηριότητα της περιοχής.
    - Πρέπει να είναι γνωστό εάν το δυναμικό της περιοχής επαρκεί για την κάλυψη των αναγκών με βάση την υφιστάμενη κατάσταση και την πρόγνωση για το μέλλον. Έτσι πρέπει να είναι γνωστό καταρχήν το υδρολογικό ισοζύγιο της περιοχής, όσο το δυνατόν καλύτερα. Επιπλέον, είναι αναγκαίο να εξασφαλιστεί (πάλι λόγω της μη εξαίρεσης) ότι η χρήση από το συγκεκριμένο δήμο δεν υποβαθμίζει και δεν αποκλείει την πρόσβαση των γειτονικών δήμων από το φυσικό πόρο.
- **Πρώτη προτεραιότητα στην κάλυψη της ύδρευσης** (2000/60, κώδικας Τ.Α.). Η υποχρέωση του δήμου να καλύπτει κατά προτεραιότητα το σύνολο των αναγκών της ύδρευσης του πληθυσμού ανά πάσα στιγμή, ανάγεται σε ποσοτικές και ποιοτικές απαιτήσεις. Πρέπει να εξασφαλίζονται ικανές ποσότητες νερού που να καλύπτουν τις ανάγκες, τηρώντας πάντα τα κριτήρια ποσιμότητας, όπως ισχύουν με βάση την οδηγία 1998/83/ΕΚ για το «νερό ανθρώπινης κατανάλωσης».

- **Υγειονομικός – περιβαλλοντικός έλεγχος και προστασία των πηγών υδροληψίας** (εγκύκλιος Υπ. Υγείας). Η εξασφάλιση της ποιότητας του νερού απαιτεί προστασία τόσο των πηγών υδροληψίας όσο και των περιοχών τροφοδοσίας τους. Έτσι, πέρα από τους τακτικούς ελέγχους ποιότητας που απαιτούνται τόσο στο δίκτυο όσο και στις πηγές υδροληψίας, πρέπει να προσδιοριστούν ζώνες προστασίας στις περιοχές τροφοδοσίας και να εντοπιστούν πιθανοί κίνδυνοι (π.χ. εστίες ρύπων).
- **Βελτίωση ή τουλάχιστον μη επιβάρυνση της κατάστασης των υδάτων** (2000/60, 3199/03). Η κατάσταση των υδάτων, όπως ορίζεται από τη νομοθεσία, έχει ποσοτικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά, σύμφωνα με τους ορισμούς της οδηγίας 2000/60 και τη μεταφορά τους στο νόμο 3199/2003. Τόσο όμως τα ποσοτικά, όσο και τα ποιοτικά χαρακτηριστικά αναφέρονται σε συγκεκριμένα, διακριτά συστήματα υδάτων. Έτσι, για να γίνει οποιαδήποτε ενέργεια προς την κατεύθυνση της βελτίωσης της κατάστασης των υδάτων, θα πρέπει να είναι γνωστά τα συστήματα υδάτων και η κατάστασή τους. Κατά συνέπεια, είναι απαραίτητο να γίνουν τα ακόλουθα:
    - Αναγνώριση και διάκριση των συστημάτων υδάτων. Πρέπει δηλαδή να αναγνωριστούν τα συστήματα υδάτων (ποια και τι είδους είναι, η έκταση και τα όριά τους).
    - Ανίχνευση της σχέσης επικοινωνίας και αλληλεξάρτησης μεταξύ των συστημάτων υδάτων.
    - Διαπίστωση της κατάστασης για κάθε σύστημα υδάτων. Δηλαδή, να διαπιστωθούν τα ποσοτικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά τους με βάση τα ποιοτικά περιβαλλοντικά πρότυπα (ποσοτική και χημική κατάσταση για τα υπόγεια ύδατα, χημική και οικολογική κατάσταση για τα επιφανειακά).

Οι δυο τελευταίες υποχρεώσεις σημαίνουν πολλές απαιτήσεις δεδομένων με βασικότερες τις εξής:

- Δεδομένα ποσότητας και ποιότητας για όλες τις πηγές υδροληψίας.
- Καθορισμός των περιοχών τροφοδοσίας των σημείων υδροληψίας.
- Εντοπισμός εστιών ρύπανσης εντός της περιοχής τροφοδοσίας.

Όπως είναι φανερό, η έρευνα που ασχολείται με τα συστήματα υδάτων απαιτεί τη διερεύνηση της περιοχής στους ακόλουθους άξονες:

- **Γεωλογική δομή και Υδρογεωλογία**
    - Διάκριση των (πιθανά) υδροφόρων σχηματισμών από τη λιθοστρωματογραφία της περιοχής – Υδρολιθολογία.
    - Θετικά και αρνητικά όρια μεταξύ των συστημάτων υδάτων.
        - Στρωματογραφικά όρια
        - Τεκτονικά όρια
    - Περιοχές επικοινωνίας
        - Πηγαίες εκφορτίσεις
        - Υπόγεια κυκλοφορία νερού
        - Υδροφόροι ορίζοντες και συστήματα υπογείων υδάτων
- **Γεωμορφολογία και Υδρολογία**
    - Ανάλυση λεκανών και υδρογραφικού δικτύου
    - Διάκριση των συστημάτων επιφανειακών υδάτων
    - Δίαιτα υδρογραφικού δικτύου
    - Περιοχές τροφοδοσίας από/απωλειών προς τα συστήματα υπογείων υδάτων
- **Υδροχημεία**
    - Χημική κατάσταση των συστημάτων υδάτων
    - Αλληλεπιδράσεις και σχέσεις με κριτήριο την ποιότητα

Μετά τη διάκριση και το χαρακτηρισμό της κατάστασης των συστημάτων υδάτων είναι δυνατή η σύγκριση με τη σημερινή κατάσταση εκμετάλλευσης και τρωτότητας κάθε συστήματος, με βάση τις ανθρώπινες παρεμβάσεις. Σε κάθε σύστημα υδάτων, του οποίου η περιοχή τροφοδοσίας είναι πλέον γνωστή, μπορούν να αναγνωριστούν:

- Οι πιθανές (ή βεβαιωμένες) εστίες ρύπανσης, σημειακές ή διάχυτες.
- Τα σημεία εκμετάλλευσης (πηγάδια, γεωτρήσεις, υδρομαστεύσεις).

Η αντιπαραβολή αυτών των δεδομένων με το δυναμικό και την κατάσταση κάθε συστήματος θα οδηγήσει τελικά στη διαμόρφωση των προτάσεων για τη διαχείριση, σύμφωνα με την κατανομή των αναγκών, που προαναφέρθηκε.

Στα επόμενα μέρη της εργασίας θα γίνει η ανάλυση όπως περιγράφηκε παραπάνω, κατά την ακόλουθη σειρά:

- **Ανάλυση χαρακτηριστικών του Δήμου** (φυσικογεωγραφική θέση, πληθυσμιακή και αναπτυξιακή φυσιογνωμία, χρήσεις γης, κατανομή υδατικών αναγκών και περιβαλλοντικές πιέσεις).
- **Ανάλυση συστημάτων υδάτων** (γεωλογική – υδρογεωλογική έρευνα, γεωμορφολογική – υδρολογική έρευνα, υδροχημεία, διάκριση και χαρακτηρισμός συστημάτων υδάτων)
- **Κριτική της σημερινής διαχείρισης και προτάσεις**.

Εννοείται ότι, σε κάθε περίπτωση, οι προτάσεις θα πρέπει να ενσωματωθούν, να αφομοιωθούν και να εναρμονιστούν με το σχέδιο διαχείρισης της περιφέρειας, όταν ολοκληρωθεί.

ΜΕΡΟΣ Β

ΑΝΑΛΥΣΗ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΤΟΥ ΔΗΜΟΥ ΘΕΡΑΠΝΩΝ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΦΥΣΙΚΟΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΘΕΣΗ ΤΟΥ ΔΗΜΟΥ 92

1.1. Ιστορία και φυσιογνωμία του Δήμου 92

1.2. Φυσικογεωγραφική θέση του Δήμου Θεραπνών 96

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΥΔΑΤΙΚΕΣ ΑΝΑΓΚΕΣ ΤΟΥ ΔΗΜΟΥ ΘΕΡΑΠΝΩΝ 99

1.1. Εισαγωγή 99

1.2. Ποσοτικά χαρακτηριστικά 101

1.2.1. Νερό ανθρώπινης κατανάλωσης 101

1.2.2. Νερό για άρδευση και κτηνοτροφική χρήση 104

1.2.3. Άλλες χρήσεις 112

1.2.4. Σύνολο των υδατικών αναγκών 113

1.3. Ποιοτικά χαρακτηριστικά 115

1.3.1. Νερό ανθρώπινης κατανάλωσης 115

1.3.2. Αγροτικές χρήσεις 121

1.3.4. Οικολογική χρήση 126

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΠΙΕΣΕΙΣ ΣΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΥΔΑΤΩΝ 131

3.1. Ρύπανση και Μόλυνση 131

3.2. Εκτίμηση ρυπαντικών φορτίων 133

3.2.1. Μεθοδολογία εκτίμησης των ρυπαντικών φορτίων 133

3.2.2. Βιομηχανικά απόβλητα 134

3.2.3. Αστικά απόβλητα 143

3.2.4. Κτηνοτροφικά απόβλητα 146

3.2.5. Επιστρεφόμενη αρδευτική ροή 147

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΦΥΣΙΚΟΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΘΕΣΗ ΤΟΥ ΔΗΜΟΥ

1.1. Ιστορία και φυσιογνωμία του Δήμου

Το όνομα του δήμου όπως φυσικά και του παλαιότερου που βρισκόταν στην ίδια περίπου περιοχή, προήλθε από την αρχαία πόλη της Λακωνίας, Θεράπνη. Στην ανατολική όχθη του Ευρώτα και νοτιοανατολικά της Σπάρτης κατά τους μυθικούς και προϊστορικούς χρόνους βρισκόταν η πόλη Θεράπναι ή Θεράπνη. Κατά την παράδοση το όνομα της το πήρε από την κόρη του αυτόχθονου Λέλεγα, πρώτου βασιλιά της Λακωνικής[1]. Ήταν κτισμένη πάνω σε λόφο όπου υπήρχε ιερό του Μενελάου και η λοφοσειρά είχε ονομασθεί Μενελάϊο. Επίσης υπήρχε ιερό της Ελένης που κατά τον Ηρόδοτο οι μητέρες πήγαιναν για θεραπεία τα δύσμορφα παιδιά τους . Λέγεται ότι εκεί είχαν ταφεί η Ελένη και ο Μενέλαος. Κατά τους ιστορικούς χρόνους ήταν κέντρο συναθροίσεως των Σπαρτιατών.

Εικ. 1 – Η γεωγραφική θέση του Δήμου Θεραπνών (σκούρο πράσινο χρώμα) μέσα στη λεκάνη του Ευρώτα (ανοιχτό πράσινο χρώμα) και στην Ελλάδα..

[1] Θεράπνη δὲ ὄνομα μὲν τῷ χωρίῳ γέγονεν ἀπὸ τῆς Λέλεγος θυγατρός, Μενελάου δέ ἐστιν ἐν αὐτῇ ναός, καὶ Μενέλαον καὶ Ἑλένην ἐνταῦθα ταφῆναι λέγουσιν. (Παυσανίας Λακωνικά, XIX, 9).

Ο Δήμος Θεραπνών σχηματίστηκε με Βασιλικό Διάταγμα της 21.3.1835 κατατάχθηκε στη Γ' τάξη και περιλάμβανε τα χωριά και τις τοποθεσίες: Χρύσαφα, Πλατάνα, Πέρπενη, Μελάθρα, Κεφαλάς, Αφυσού, Ζαγάνα, Παυλέϊκα, Μικρή Μονή Αγίων Τεσσαράκοντα, Μονή Αγίων Τεσσαράκοντα, Γαραγκίνι, Μπαμπάσι, Βασιλοπέραμα Γκορτζά, Ζούπαινα, Τσούνι, Μόρου, Πλέσια Τσούκα Φλώκα.

Η αρχική σφραγίδα του Δήμου έφερε σαν έμβλημα στο μέσον της ρείθρο ποταμού πλησίον λόφου επί του οποίου υψούτο ανάκτορο και λέγεται πως συμβόλιζε το Μενελάϊο Ανάκτορο, που βρίσκεται πάνω στον κοκκινόβραχο και κάτωθέν του ρέει ο ποταμός Ευρώτας και που σήμερα ανήκει διοικητικά στο δήμο Σπάρτης.

Εικ. 2 – Το έμβλημα του Δήμου Θεραπνών

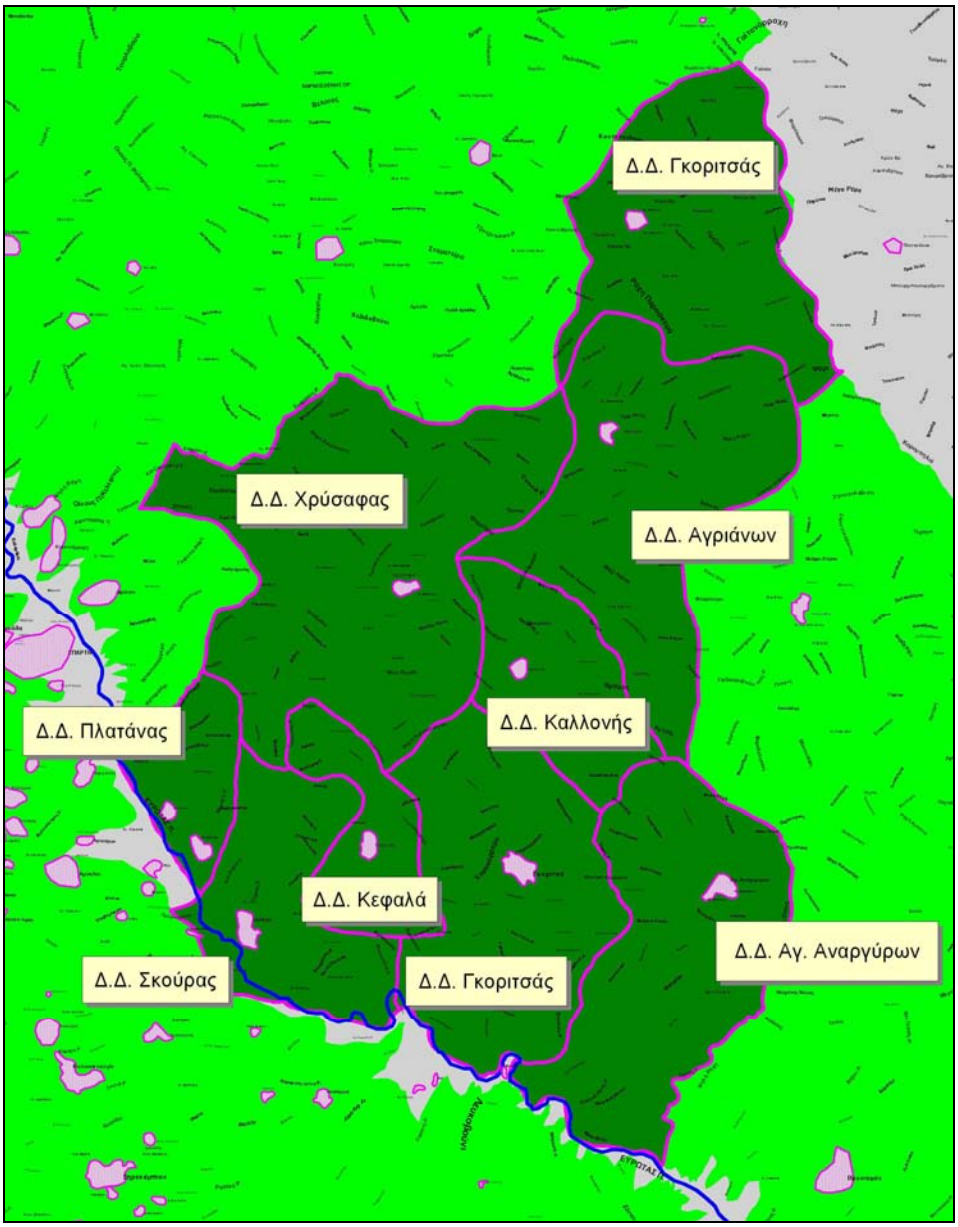
Στα πλαίσια της εφαρμογής του προγράμματος Ιωάννης Καποδίστριας, με το νόμο 2539/97 για τη συγκρότηση της πρωτοβάθμιας τοπικής αυτοδιοίκησης, στο νομό Λακωνίας δημιουργήθηκαν είκοσι νέοι δήμοι και παρέμειναν δύο κοινότητες. Ο Δήμος Θεραπνών, με έδρα τη Γκοριτσά, είναι ένας από αυτούς.

Στο γεωργικό τομέα, η ελαιοκαλλιέργεια αποτελεί τη βασική οικονομική δραστηριότητα της περιοχής και την περασμένη δεκαετία έγιναν επενδύσεις σ' αυτήν (αρδευτικά έργα για βελτίωση και αύξηση της παραγωγής). Η βιολογική γεωργία άρχισε δυναμικά να αναπτύσσεται για την ποιοτική αναβάθμιση των προϊόντων , αλλά χρειάζεται ακόμη εκσυγχρονισμός του κλάδου με την εισαγωγή νέων παραγωγικών επενδύσεων. Επίσης ο Δήμος είναι ιδρυτικό μέλος της αστικής μη κερδοσκοπικής εταιρείας «Τοπικό Σύμφωνο για την Ελιά και το Ελαιόλαδο» που στόχος της είναι η προβολή και προώθηση του ελαιόλαδου και των προϊόντων της ελιάς σε εθνικό, ευρωπαϊκό και παγκόσμιο επίπεδο.

Στον κτηνοτροφικό τομέα, η κτηνοτροφία αποτελεί τη δεύτερη βασική οικονομική δραστηριότητα στην περιοχή.

Η μεταποιητική δραστηριότητα άρχισε να αναπτύσσεται με την δημιουργία στα Χρύσαφα Οινοποιείου, στην Γκοριτσά σύγχρονης μονάδα τυποποίησης συσκευασίας & εμπορίας βρώσιμης ελιάς και στον Κεφαλά μονάδας τυποποίησης και συσκευασίας ελαιοκομικών προϊόντων Βιολογικής παραγωγής, ενώ υπάρχει η πρόθεση να προσελκυσθούν και νέες επενδύσεις.

Η τουριστική ανάπτυξη της περιοχής εξακολουθεί να στηρίζεται στα πρότυπα της δεκαετίας του '60 και εστιάζεται κυρίως στους θερινούς μήνες, όμως η περιοχή Αγριάνοι – Πολύδροσο(Τσίντζινα) διαθέτουν ασύγκριτα πλεονεκτήματα για την ανάπτυξη του χειμερινού τουρισμού, αφού υπάρχει πρόθεση να συνδυαστούν με το μεγάλο αρχαιολογικό ενδιαφέρον που παρουσιάζει η περιοχή, καθώς η αξιοποίηση της ιστορικής και πολιτιστικής κληρονομιάς της περιοχής αποτελεί κατά τη δημοτική αρχή ζήτημα πρώτης προτεραιότητας.

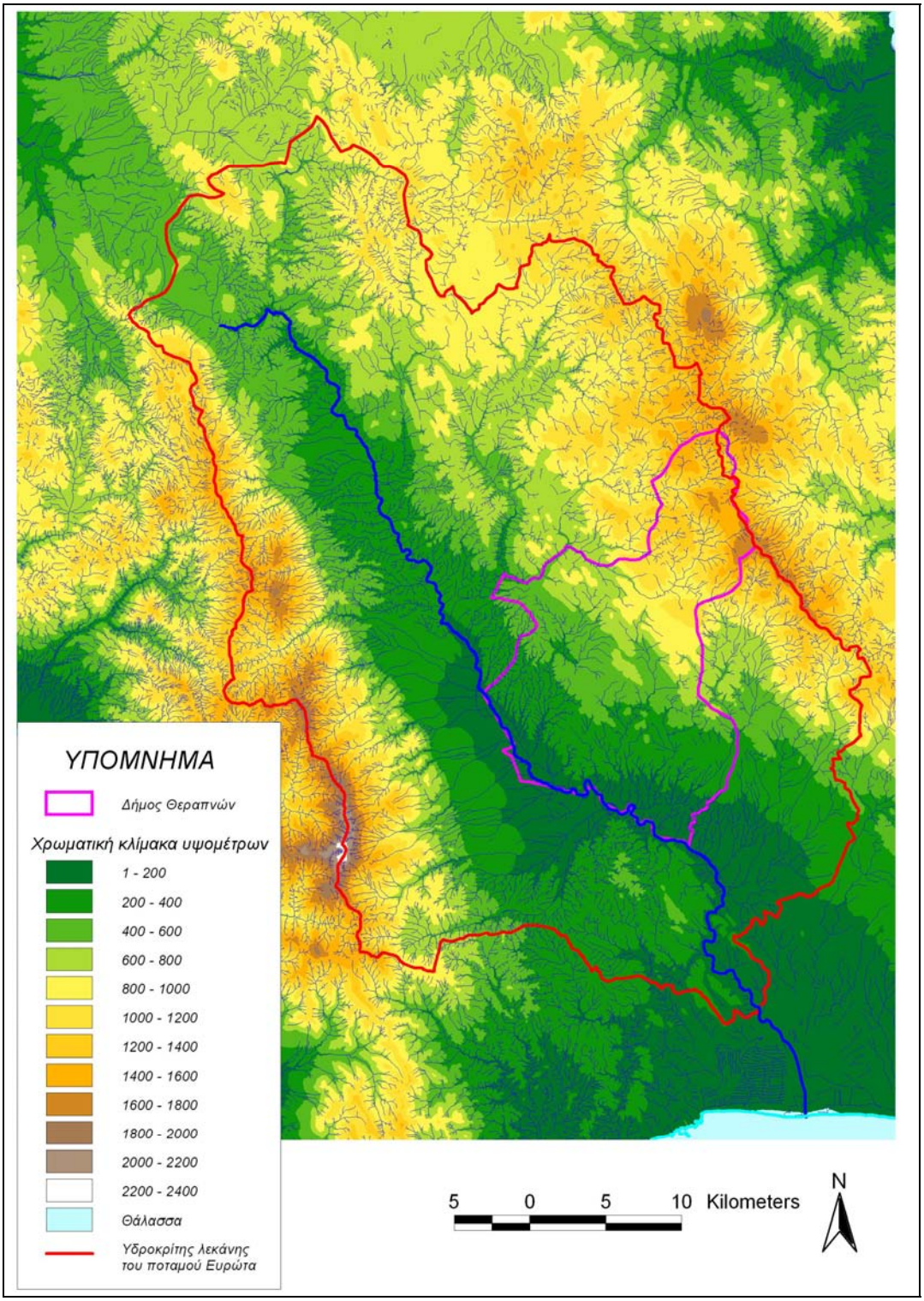


Εικ. 3 – Τα δημοτικά διαμερίσματα του Δήμου Θεραπνών.

Ο Δήμος σήμερα αποτελείται από οκτώ δημοτικά διαμερίσματα:

- Δ.Δ. Γκοριτσάς, με κύριους οικισμούς την Γκοριτσά που είναι και έδρα του Δήμου, και το Πολύδροσο, στην ορεινή περιοχή. Το δ.δ. Γκοριτσάς περιλαμβάνει δύο διαφορετικές περιοχές στην έκταση του δήμου, (Γκοριτσά και Πολύδροσο).
- Δ.Δ. Σκούρας, με κύριο οικισμό τη Σκούρα
- Δ.Δ. Χρύσαφας, με κύριο οικισμό τη Χρύσαφα.
- Δ.Δ. Πλατάνας, με κύριους οικισμούς την Πλατάνα και τη Ζαγάνα.
- Δ.Δ. Κεφαλά, με κύριο οικισμό τον Κεφαλά.
- Δ.Δ. Αγίων Αναργύρων, με κύριο οικισμό τους Αγίους Αναργύρους (Ζούπαινα).

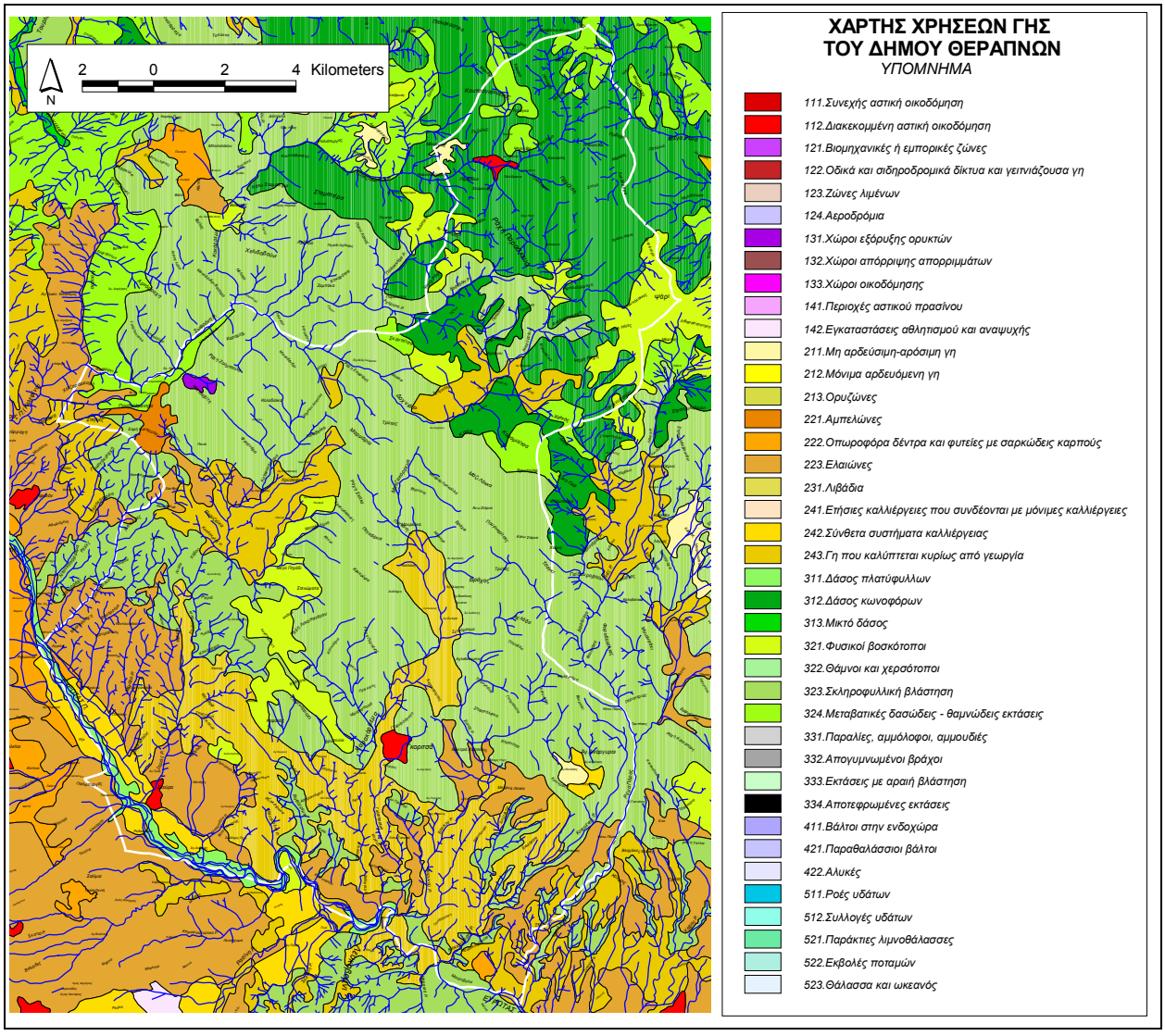
- Δ.Δ. Αγριάνων, με κύριο οικισμό τους Αγριάνους.
- Δ.Δ. Καλλονής, με κύριο οικισμό την Καλλονή.



Εικ. 4 – Η θέση του Δήμου Θεραπνών σε σχέση με τη λεκάνη του Ευρώτα .

1.2. Φυσικογεωγραφική θέση του Δήμου Θεραπνών

Ο Δήμος Θεραπνών καλύπτει μια έκταση περίπου 262 Km² στην περιοχή των δυτικών παρυφών του όρους Πάρνων, από την κορυφογραμμή του όρους ως την κοίτη του Ευρώτα. Η περιοχή του Δήμου καλύπτει υψόμετρα από 100 έως και πάνω από 1600 μέτρα, δηλαδή περιλαμβάνει πεδινές, ημιορεινές και ορεινές περιοχές και τοπία που περιλαμβάνουν μια μεγάλη ποικιλία από την ορεινή ζώνη των κωνοφόρων ως τα δάση πλατύφυλλων των παρόχθιων περιοχών του Ευρώτα, και από τα χαρακτηριστικά τοπία της σκληροφυλλικής βλάστησης και τους βοσκότοπους ημιορεινών εκτάσεων ως τους ελαιώνες των χαμηλότερων περιοχών και τις μόνιμα αρδευόμενες καλλιέργειες των παρόχθιων περιοχών.



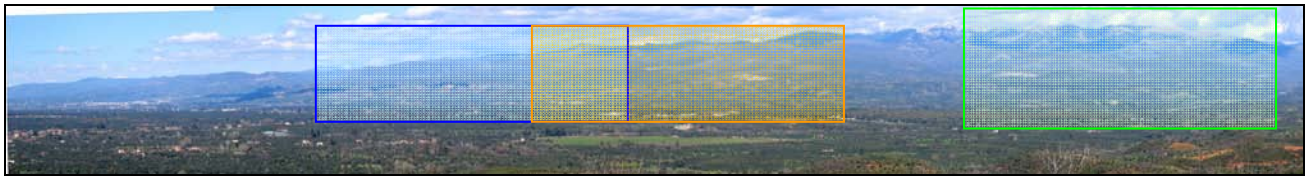
Εικ. 5 – Χάρτης χρήσεων γης του Δήμου Θεραπνών.

Πρόκειται γενικά για μια αραιοκατοικημένη περιοχή (περίπου 50 κάτοικοι ανά km²) με μικρούς οικισμούς διεσπαρμένους σε όλη την έκτασή της. Οι οικισμοί αναπτύσσονται σε τρεις ομάδες:

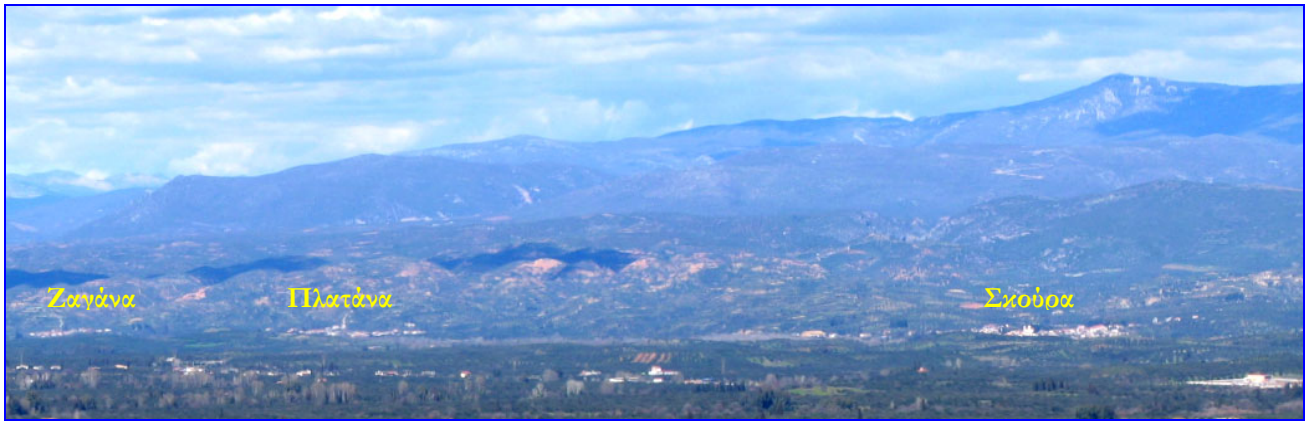
- Παρόχθιοι οικισμοί (κοντά στον Ευρώτα): Πλατάνα, Ζαγάνα και Σκούρα.
- Ημιορεινοί οικισμοί: Χρύσαφα, Κεφαλάς, Γκοριτσά, Άγιοι Ανάργυροι και Καλλονή.

- Ορεινοί απομονωμένοι οικισμοί: Αγριάνοι και Πολύδροσο.

Εικ. 6 – Πανοραμική άποψη από τα ανατολικά του δυτικού Πάρνωνα με τις κυριότερες οικιστικές μονάδες.



Εικ. 7 – Περιοχές εστίασης των επόμενων φωτογραφιών.



Εικ. 8 – Οι παρόχθιοι οικισμοί του Δήμου Θεραπνών κατά μήκος του ποταμού Ευρώτα.

Εικ. 9 – Οι οικισμοί Χρύσαφα και Κεφαλάς.

Το νοτιοδυτικό όριο του Δήμου είναι ο ποταμός Ευρώτας, σε μήκος περίπου ίσο με το ¼ του συνολικού μήκους του ποταμού (πάνω από 20 km). Το ορεινό τμήμα του Δήμου αποτελεί τμήμα της

λεκάνης του Οινούντα, ο οποίος εκβάλλει στον Ευρώτα βόρεια της Σπάρτης. Τμήμα της κοίτης του Οινούντα αποτελεί το βορειοδυτικό όριο του Δήμου Θεραπνών με το δήμο Οινούντος. Στην ημιορεινή και πεδινή περιοχή (κάτω από τα 800 μέτρα υψόμετρο) αναπτύσσονται μικρότερα υδρογραφικά δίκτυα χειμάρρων που εκβάλλουν στον Ευρώτα.

Εικ. 10 – Οι οικισμοί Γκοριτσά και Άγιοι Ανάργυροι. Η Καλλονή δεν φαίνεται γιατί βρίσκεται στο βύθισμα πίσω από τη δεύτερη λοφοσειρά.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΥΔΑΤΙΚΕΣ ΑΝΑΓΚΕΣ ΤΟΥ ΔΗΜΟΥ ΘΕΡΑΠΝΩΝ

1.1. Εισαγωγή

Ο υπολογισμός των υδατικών αναγκών μιας περιοχής είναι μια σύνθετη διαδικασία που προϋποθέτει τη συγκέντρωση και επεξεργασία μιας πληθώρας στοιχείων. Έτσι είναι αναγκαία η γνώση στατιστικών, ποσοτικών και ποιοτικών στοιχείων τόσο σχετικά με τον πληθυσμό και τις χωροχρονικές μεταβολές του, μεσο-μακροπρόθεσμες ή περιοδικές, όσο και σχετικά με τις χρήσεις του νερού ανάλογα με τις επιμέρους πάγιες ή εποχικές ανάγκες του πληθυσμού για όλες τις υφιστάμενες ή σχεδιαζόμενες δραστηριότητες που λαμβάνουν χώρα στην περιοχή. Είναι αναγκαία, σε τελική ανάλυση, η γνώση με όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ακρίβεια τεσσάρων βασικών παραμέτρων:

- ΠΟΣΟ,
- ΠΟΤΕ,
- ΠΟΥ,
- και ΤΙ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ νερό χρειάζεται μια περιοχή.

Η ποσοτική παράμετρος εξετάζει το προφανές θέμα της ζήτησης, κυρίως συνολικά. Δηλαδή, εάν τα υδάτινα αποθέματα της περιοχής επαρκούν για να καλύπτουν στο σύνολό τους τις υδατικές ανάγκες της. Υπό το πρίσμα της αειφόρου ανάπτυξης, αυτό σημαίνει ότι πρέπει να δοθεί μια απάντηση στο ερώτημα εάν τα ρυθμιστικά αποθέματα, δηλαδή οι ποσότητες που ετησίως εισέρχονται στην περιοχή με τη μορφή κατακρημνισμάτων ή απορροών, επαρκούν για να καλύψουν τις υδατικές ανάγκες του χώρου, χωρίς να επιβαρυνθούν τα αποθέματα των υδροφόρων οριζόντων και των υδάτινων επιφανειών (πτώση στάθμης, υφαλμύρωση, υποβάθμιση ποιότητας κ.λπ.), ενώ ταυτόχρονα θα αναβαθμίζονται υδρολογικές – οικολογικές παράμετροι, όπως η δίαιτα των ποταμών και τυχόν υδάτινα οικοσυστήματα (υδροβιότοποι κ.λπ.). Είναι προφανές βέβαια ότι, στην περίπτωση που υπάρχει αρνητικό ισοζύγιο προσφοράς και ζήτησης πρέπει είτε να αναζητηθεί λύση μέσω μείωσης της κατανάλωσης, είτε, σε περίπτωση που αυτό δεν είναι δυνατόν, μεταφορά νερού από άλλες περιοχές (περίπτωση λεκανοπεδίου Αθήνας, Μάνης, κ.λπ.). Παρά ταύτα, συνήθως ακόμα και αν το συνολικό ισοζύγιο είναι θετικό, παρατηρούνται προβλήματα έλλειψης νερού σε πολλές περιοχές, πράγμα που αναδεικνύει τη σημασία των παραμέτρων που αναφέρονται παρακάτω.

Η χρονική παράμετρος έχει σχέση με τις πάγιες και τις εποχικές υδατικές ανάγκες μιας περιοχής, και αποκτά ιδιαίτερη σημασία σε περιοχές με έντονο αγροτικό ή τουριστικό χαρακτήρα, όπου για προφανείς λόγους, στη διάρκεια του έτους υπάρχουν περίοδοι με πολύ αυξημένες ανάγκες, που συνήθως συνδυάζονται και με τις ελάχιστες βροχοπτώσεις. Μια ακόμα διάσταση είναι οι μακροχρόνιες τάσεις των αναγκών είτε λόγω αύξησης του πληθυσμού, είτε λόγω ανάπτυξης υδροβόρων δραστηριοτήτων (π.χ. ανάπτυξη τουρισμού ή βιομηχανική δραστηριότητα), είτε απλά λόγω της ανόδου του βιοτικού επιπέδου του πληθυσμού. Αναδεικνύεται έτσι η ανάγκη σχεδιασμού της μακροχρόνιας και περιοδικής διαθεσιμότητας των υδάτινων αποθεμάτων.

Η χωρική διάσταση αναδεικνύει το πρόβλημα της κατανομής του ύδατος σε μια περιοχή, καθώς ανάλογα με τις χρήσεις γης και την αστικοποίηση, διαφορετικές περιοχές έχουν διαφορετικές ποσοτικές και ποιοτικές υδατικές ανάγκες, και πολλές φορές οι περιοχές όπου υπάρχουν διαθέσιμα αποθέματα δεν ταυτίζονται με τις περιοχές που υπάρχει ανάγκη, για διάφορους λόγους. Προκύπτει λοιπόν το πρόβλημα της διαθεσιμότητας και της μεταφοράς του νερού, που χρειάζεται διαχειριστική δεξιότητα και οικονομική ανάλυση.

Η ποιότητα είναι μια παράμετρος εξίσου σημαντική με την ποσότητα, καθώς η υποβάθμιση των ποιοτικών χαρακτηριστικών του υδάτινου δυναμικού, αφαιρεί τις υποβαθμισμένες ποσότητες από κάποιες χρήσεις, ή ακόμα και από όλες τις χρήσεις. Η διαβάθμιση της καταλληλότητας ποιότητας του νερού ανάλογα με τη χρήση, αποτελεί ένα χρήσιμο εργαλείο, το οποίο φαίνεται ότι δεν έχει αξιοποιηθεί επαρκώς, τουλάχιστον σε ό,τι αφορά τον ελλαδικό χώρο. Έτσι, παρατηρείται το φαινόμενο να γίνεται κατανάλωση ποσίμου ύδατος σε αρδευτικές ή βιομηχανικές χρήσεις, ενώ μεγάλες ποσότητες λίγο ή περισσότερο υποβαθμισμένες που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για ποικίλες χρήσεις,

μένουν ανεκμετάλλευτες και χύνονται στη θάλασσα (π.χ. νερά βιολογικών καθαρισμών ή επιστροφές αρδευτικών έργων).

Από τα παραπάνω γίνεται φανερό ότι η ορθολογική και αειφορική διαχείριση των υδάτινων πόρων προϋποθέτει αφενός μεν τη γνώση των πρωτογενών στοιχείων που αφορούν στις τέσσερις παραπάνω παραμέτρους, αφετέρου δε την πολυεπίπεδη σύνθεσή τους, ώστε να σχηματιστεί ένα πλήρες, ακριβές και ευανάγνωστο πλαίσιο που να περιγράφει τις πραγματικές συνθήκες των υδατικών αναγκών σε κάθε περιοχή.

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, είναι αναγκαία η όσο το δυνατόν μεγαλύτερη πληρότητα και ακρίβεια των πρωτογενών στοιχείων, για τη διαμόρφωση μιας ρεαλιστικής εικόνας της υφιστάμενης κατάστασης για την προσφορά και τη ζήτηση και τα επιμέρους χαρακτηριστικά που περιγράφηκαν. Πρέπει λοιπόν να σημειωθεί, ότι επειδή μόλις τα τελευταία χρόνια έχει αρχίσει να προσανατολίζεται σε αυτές τις αρχές η διαχείριση στο Ελληνικό χώρο με αργά βήματα, δεν υπάρχει καν ομοιόμορφη και τακτική συλλογή πρωτογενών στοιχείων, εκτός βέβαια από τα στοιχεία που συλλέγονται από την Εθνική Στατιστική Υπηρεσία. Πρακτικά αυτό σημαίνει δυο πράγματα:

- Ότι ένα πολύ σημαντικό ζητούμενο της προσπάθειας πρέπει να είναι η υπόδειξη δεσμών ενεργειών και επιμέρους δράσεων, που να οδηγούν στη δημιουργία μιας πλήρους και διαρκώς εμπλουτιζόμενης πλατφόρμας πληροφόρησης, ώστε να είναι δυνατή σε δεύτερο χρόνο η αναθεώρηση του μοντέλου διαχείρισης, όπως ορίζεται και από την οδηγία 2000/60 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου, υπό το φάσμα των νέων στοιχείων.
- Ότι η πρώτη απόπειρα δημιουργίας σχεδίου διαχείρισης (master plan) σε οποιοδήποτε επίπεδο, θα έχει σημαντικές ανακρίβειες λόγω έλλειψης αρκετών επιμέρους ή συνόλων στοιχείων, θα αποτελεί όμως την απαραίτητη βάση για τις περαιτέρω ενέργειες.

Στα επόμενα αναλύονται, στο βαθμό που κατέστη δυνατό να συλλεχθούν, τα στοιχεία που αφορούν τις ποσοτικές και ποιοτικές υδατικές ανάγκες του Δήμου Θεραπνών ανάλογα με τη χρήση, και την χωροχρονική κατανομή τους, όσο και τις μακροχρόνιες τάσεις τους. Ακολούθως, θα προταθούν και οι απαραίτητες ενέργειες για τη συστηματικότερη ανάπτυξη της πληροφοριακής πλατφόρμας, στην οποία θα στηρίζεται η διαχείριση των υδάτινων πόρων.

Οι χρήσεις του νερού διακρίνονται σε:

- Καταναλωτικές, δηλαδή χρήσεις που απαιτούν την αφαίρεση μιας ποσότητας νερού από το φυσικό υδάτινο σύστημα, της οποίας μόνο ένα ποσοστό επιστρέφει άμεσα ή έμμεσα στο φυσικό περιβάλλον, με διαφοροποιημένη ποιοτική κατάσταση.
- Μη καταναλωτικές, ή δεσμεύσεις, δηλαδή χρήσεις όπου το νερό δεν απομακρύνεται από το φυσικό υδάτινο σύστημα και δεν μεταβάλλονται τα ποιοτικά του χαρακτηριστικά.

Καταναλωτικές χρήσεις είναι:

- Η ύδρευση, που κατανέμεται όλο το χρόνο, με αυξημένη κατανάλωση κατά τους μήνες Ιούλιο και Αύγουστο.
- Η άρδευση, που γίνεται κυρίως κατά την ξηρά περίοδο (Μάιος – Σεπτέμβριος) και κορυφώνεται συνήθως κατά τους μήνες Ιούλιο και Αύγουστο.
- Η κτηνοτροφική χρήση, ειδικά σε μόνιμες κτηνοτροφικές μονάδες.
- Η βιομηχανική χρήση, που κατανέμεται όλο το χρόνο.
- Η χρήση για παραγωγή ενέργειας, κυρίως για ψύξη ατμοηλεκτρικών σταθμών.

Μη καταναλωτικές χρήσεις, είναι:

- Η χρήση σε ιχθυοκαλλιέργειες, με περιορισμένη ποιοτική υποβάθμιση του νερού.
- Η χρήση για παραγωγή ενέργειας, στους υδροηλεκτρικούς σταθμούς.

- Η περιβαλλοντική χρήση, δηλαδή σε υδρορεύματα και φυσικές ή τεχνητές υδάτινες επιφάνειες (π.χ. λίμνες), για τη διατήρηση της ποιότητας των υδάτων και τη συντήρηση οικοσυστημάτων.

1.2. Ποσοτικά χαρακτηριστικά

1.2.1. Νερό ανθρώπινης κατανάλωσης

Σύμφωνα με την Οδηγία 1998/83/ΕΚ της Ευρωπαϊκής Ένωσης, σχετικά με την ποιότητα νερού ανθρώπινης κατανάλωσης, αυτό ορίζεται ως εξής:

«…νερό ανθρώπινης κατανάλωσης:

α) το νερό, είτε στη φυσική του κατάσταση είτε μετά από επεξεργασία, που προορίζεται για πόση, μαγείρευμα, προπαρασκευή τροφής ή άλλες οικιακές χρήσεις, ανεξάρτητα από την προέλευσή του και από το εάν παρέχεται από δίκτυο διανομής, από βυτίο, ή σε φιάλες ή δοχεία

β) το νερό που χρησιμοποιείται στις επιχειρήσεις παραγωγής τροφίμων για την παρασκευή, επεξεργασία, συντήρηση ή εμπορία προϊόντων ή ουσιών που προορίζονται για ανθρώπινη κατανάλωση, εκτός αν οι αρμόδιες εθνικές αρχές κρίνουν ότι η ποιότητα του νερού δεν μπορεί να επηρεάσει την υγιεινή των τροφίμων στην τελική τους μορφή».

Οι υδατικές ανάγκες ποσίμου για την περιοχή του Δήμου Θεραπνών υπολογίστηκαν με γνώμονα τη μεγιστοποίηση του υπολογισμού, έτσι ώστε να καλύπτονται σε κάθε περίπτωση με ασφάλεια οι παρούσες και οι μελλοντικές, στο βαθμό που μπορεί να γίνει πρόγνωση, ανάγκες. Ο υπολογισμός έγινε με βάση το μόνιμο πληθυσμό του Δήμου, με στοιχεία της απογραφής του 2001 της ΕΣΥΕ, και για την τάση μεταβολής του πληθυσμού ελήφθησαν υπόψη στοιχεία όλων των απογραφών από το 1941 και μετά. Ο πληθυσμός σχεδιασμού, με τον οποίο γίνονται οι τελικοί υπολογισμοί, είναι ο μόνιμος πληθυσμός προσαυξημένος κατά 20%, ώστε να συμπεριλάβει ασφαλώς τόσο τους αλλοδαπούς οικονομικούς μετανάστες που εργάζονται στην περιοχή μόνιμα ή περιοδικά, αλλά και τον τουρισμό της περιοχής.

Η κατά κεφαλήν κατανάλωση ποσίμου ύδατος προσδιορίστηκε από την ερευνητική ομάδα στα 250 λίτρα την ημέρα ανά κάτοικο, ενώ συνήθως υπολογίζεται γύρω στα 200 λίτρα την ημέρα ανά κάτοικο. Αυτό έγινε για να καλύψει αφενός κατά ένα μέρος την αυξημένη κατανάλωση λόγω (κυρίως διερχόμενου) τουρισμού και αφετέρου την αναπόφευκτη κατανάλωση ποσίμου νερού από τους κατοίκους, σε άλλες χρήσεις πλην της οικιακής (π.χ. άρδευση σε αγροικίες κ.λπ.).

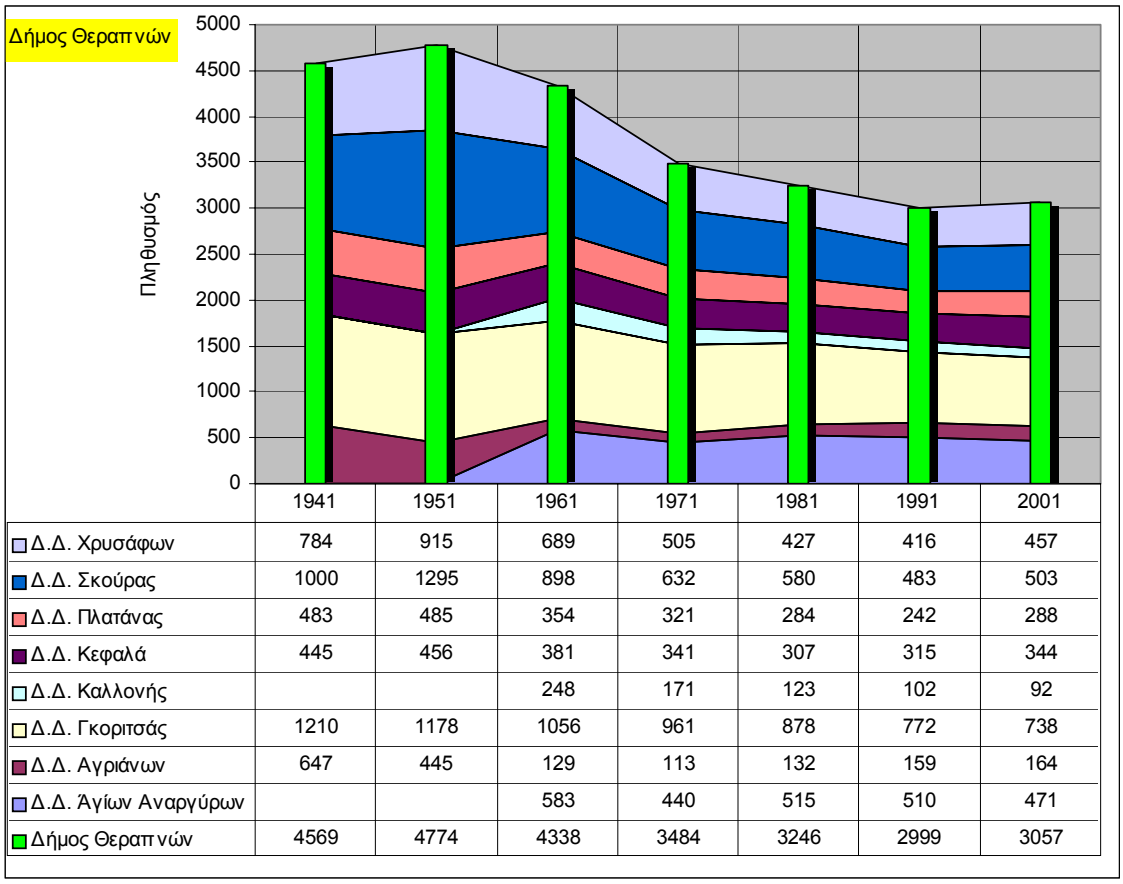
Στη συνέχεια, υπολογίστηκαν οι μέγιστες ημερήσιες και ετήσιες ανάγκες ποσίμου ύδατος ανά οικισμό και δημοτικό διαμέρισμα, και στο σύνολο του Δήμου Θεραπνών.

1.2.1.1. Πληθυσμιακά στατιστικά στοιχεία

Μια δυσκολία που προέκυψε κατά την επεξεργασία των πληθυσμιακών στοιχείων για τον υπολογισμό των αναγκών σε πόσιμο νερό, ήταν ότι η διακύμανση του πληθυσμού στο Δήμο Θεραπνών δεν μπορεί να οδηγήσει σε ασφαλή συμπεράσματα για την πρόγνωση του πληθυσμού για τις επόμενες δεκαετίες. Πιο συγκεκριμένα, ενώ από τη δεκαετία του 1950 μέχρι και τη δεκαετία του 1980 ο συνολικός πληθυσμός των οικισμών που αποτελούν σήμερα τον Δήμο Θεραπνών μειωνόταν με κυμαινόμενο ρυθμό, κατά τη δεκαετία του 1990 ο πληθυσμός συγκρατήθηκε στην περιοχή του Δήμου και αυξήθηκε οριακά.

Κατά τα άλλα, η τάση απομάκρυνσης του πληθυσμού από την ευρύτερη περιοχή και μετακίνησής του από τις ορεινές περιοχές προς τις πεδινές ήταν πολύ έντονη στις δεκαετίες του 1950 και 1960 αλλά συνεχίζεται ακόμα με βραδύτερο ρυθμό, ενώ ο συνολικός πληθυσμός από το 1971 μέχρι σήμερα κυμαίνεται στις 3000-3500 κατοίκους.

Οι πλήρεις πίνακες και τα διαγράμματα των στατιστικών στοιχείων που αφορούν τον πληθυσμό των οικισμών που σήμερα εντάσσονται πλέον στο Δήμο Θεραπνών, παρουσιάζονται εκτός κειμένου, στο Παράρτημα Α1.



	1941	1951	1961	1971	1981	1991	2001
Δ.Δ. Χρυσάφων	784	915	689	505	427	416	457
Δ.Δ. Σκούρας	1000	1295	898	632	580	483	503
Δ.Δ. Πλατάνας	483	485	354	321	284	242	288
Δ.Δ. Κεφαλά	445	456	381	341	307	315	344
Δ.Δ. Καλλονής			248	171	123	102	92
Δ.Δ. Γκοριτσάς	1210	1178	1056	961	878	772	738
Δ.Δ. Αγριάνων	647	445	129	113	132	159	164
Δ.Δ. Άγίων Αναργύρων			583	440	515	510	471
Δήμος Θεραπνών	4569	4774	4338	3484	3246	2999	3057

Εικ. 11 – Πληθυσμιακή εξέλιξη των (νυν) δημοτικών διαμερισμάτων του Δήμου και συνολικά του Δήμου με βάση τα στοιχεία της ΕΣΥΕ.

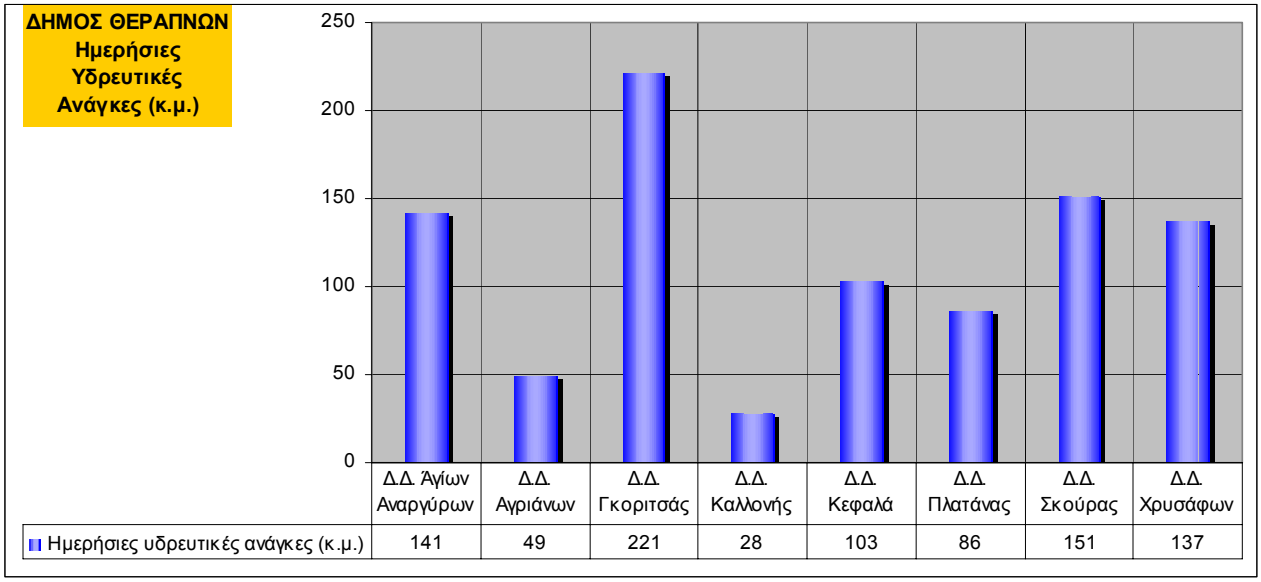
1.2.1.2. Υπολογισμός αναγκών ποσίμου ύδατος του Δήμου Θεραπνών

Στον πίνακα που ακολουθεί εμφανίζονται οι υπολογισμοί των αναγκών ποσίμου ύδατος σε κυβικά μέτρα για το Δήμο Θεραπνών ανά Δημοτικό Διαμέρισμα και στο σύνολο του Δήμου, σε ημερήσια και ετήσια βάση. Υπενθυμίζεται ότι έχει ληφθεί μέση ημερήσια κατανάλωση 250 λίτρα ανά κάτοικο.

	Πληθυσμός 2001	Πληθυσμός Σχεδιασμού (περιλαμβάνει 20% τουρισμό, μετανάστες, κ.λπ.)	Ημερήσιες υδρευτικές ανάγκες (κ.μ.)	Ετήσιες υδρευτικές ανάγκες (κ.μ.)
Δ.Δ. Άγίων Αναργύρων	471	565	141	51575
Δ.Δ. Αγριάνων	164	197	49	17958
Δ.Δ. Γκοριτσάς	738	886	221	80811
Δ.Δ. Καλλονής	92	110	28	10074

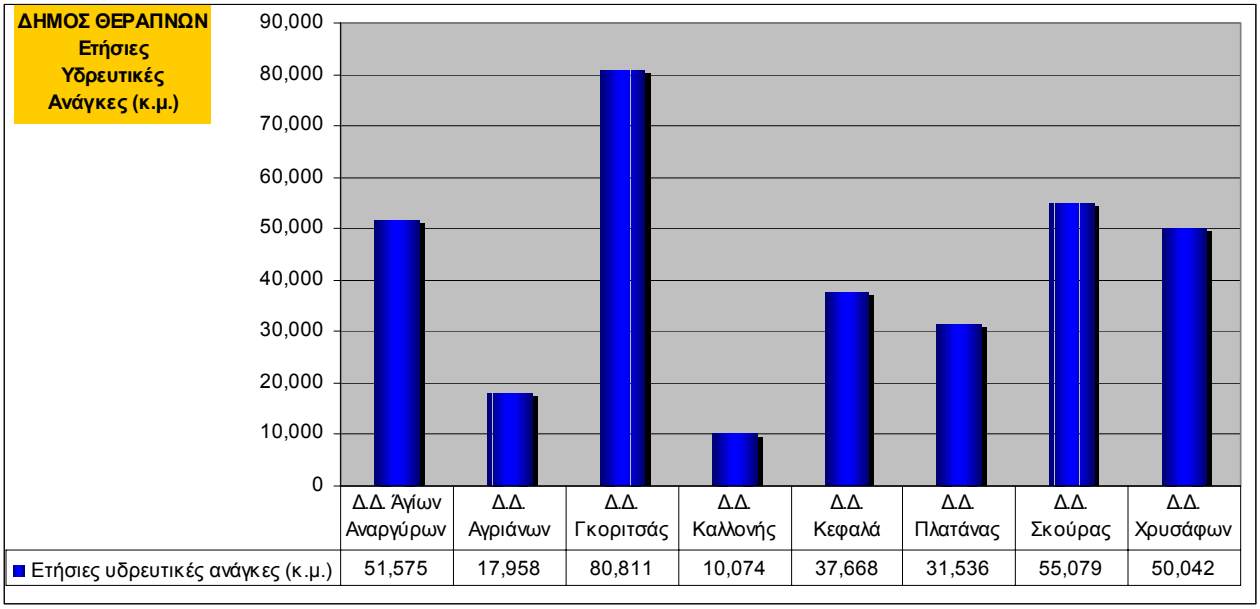
Δ.Δ. Κεφαλά	344	413	103	37668
Δ.Δ. Πλατάνας	288	346	86	31536
Δ.Δ. Σκούρας	503	604	151	55079
Δ.Δ. Χρυσάφων	457	548	137	50042
Δήμος Θεραπνών	3057	3668	917	334742

Πίνακας 1 – Ημερήσιες ανάγκες ύδρευσης στο σύνολο του Δήμου και ανά δημοτικό διαμέρισμα.

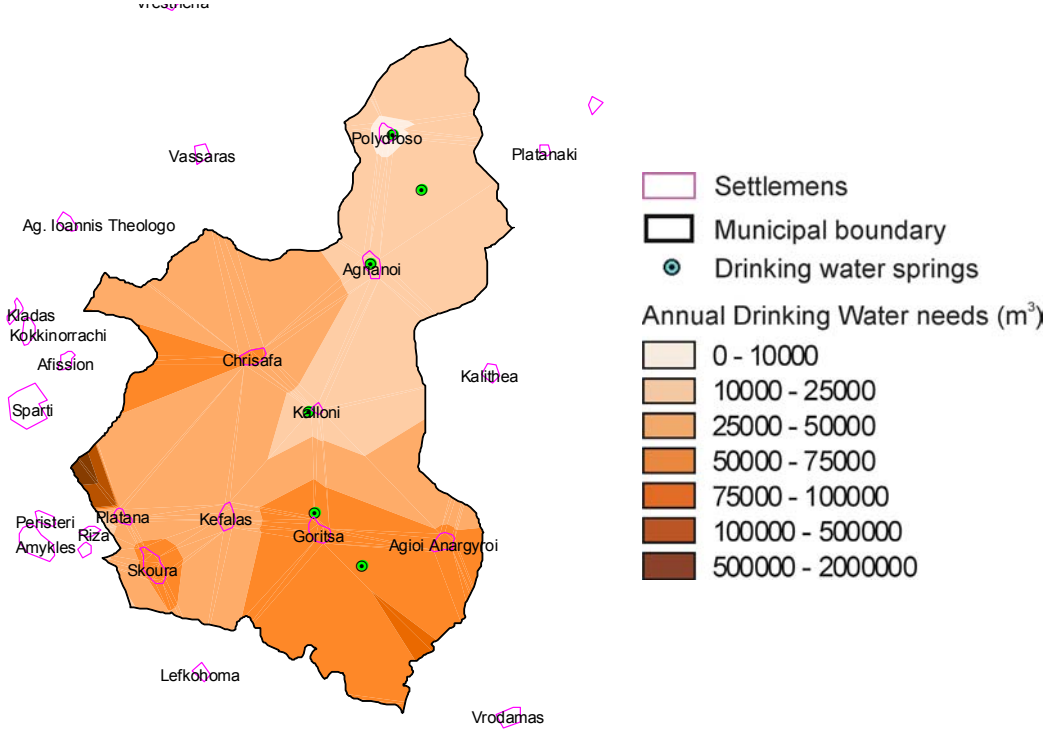


Εικ. 12 - Ημερήσιες ανάγκες ύδρευσης του Δήμου Θεραπνών ανά δημοτικό διαμέρισμα.

Όπως φαίνεται στον πίνακα και στο διάγραμμα αλλά και στο χάρτη κατανομής των αναγκών σε πόσιμο νερό του Δήμου Θεραπνών, υπάρχει μια ανισοκατανομή των αναγκών με αυξημένη ζήτηση στο δυτικό και στο νότιο τμήμα του Δήμου, δηλαδή στις χαμηλότερες περιοχές, όπου όμως είναι και εντονότερο το πρόβλημα της εύρεσης υδάτινων αποθεμάτων με ποιότητα ποσίμου. Παρ' όλα αυτά, κατά την διάρκεια της έρευνας, διαπιστώθηκε ότι στην ξηρά περίοδο του 2002, παρουσιάστηκε έλλειψη πόσιμου νερού σε περιοχές με μικρές σχετικά ανάγκες, όπως η Καλλονή, όπου η στείρευση των πηγών ύδρευσης της περιοχής ανάγκασε το Δήμο να μεταφέρει νερό με βυτία, όπως έγινε και στους Αγριάνους. Αυτό αναδεικνύει για το Δήμο Θεραπνών μια διάσταση του προβλήματος της χωροχρονικής διαθεσιμότητας των υδάτινων αποθεμάτων. Εν κατακλείδι πάντως, οι υπολογισμοί έδειξαν ότι οι ανάγκες του Δήμου σε πόσιμο νερό είναι της τάξης των 1000 κυβικών μέτρων ημερησίως, μια ποσότητα που, όπως θα αναλυθεί παρακάτω, δεν είναι δύσκολο να εξασφαλίζεται σαν σύνολο, χρειάζεται όμως να ληφθεί πρόνοια για την επίλυση του προβλήματος της κατανομής, που δημιουργεί και την έλλειψη κατά περιοχές και περιόδους.



Εικ. 13 – Ετήσιες ανάγκες ύδρευσης του Δήμου Θεραπνών ανά δημοτικό διαμέρισμα.



Εικ. 14 – Χωρική κατανομή των ετήσιων αναγκών σε «νερό ανθρώπινης κατανάλωσης στο Δήμο Θεραπνών, με βάση τα στατιστικά στοιχεία του πληθυσμού για το 2001. Η κατανομή έχει λάβει υπόψη και τους γύρω οικισμούς (εκτός Δήμου) (από Mariolakos et al, 2003).

1.2.2. Νερό για άρδευση και κτηνοτροφική χρήση

Ο υπολογισμός των αρδευτικών αναγκών του Δήμου Θεραπνών βασίστηκε αφενός στα επίσημα στατιστικά στοιχεία της ΕΣΥΕ σχετικά με τις χρήσεις γης στην έκταση του Δήμου και τις σχεδιαζόμενες δράσεις για την περιοχή του Δήμου, και αφετέρου στους πίνακες που ορίζουν τη ζήτηση

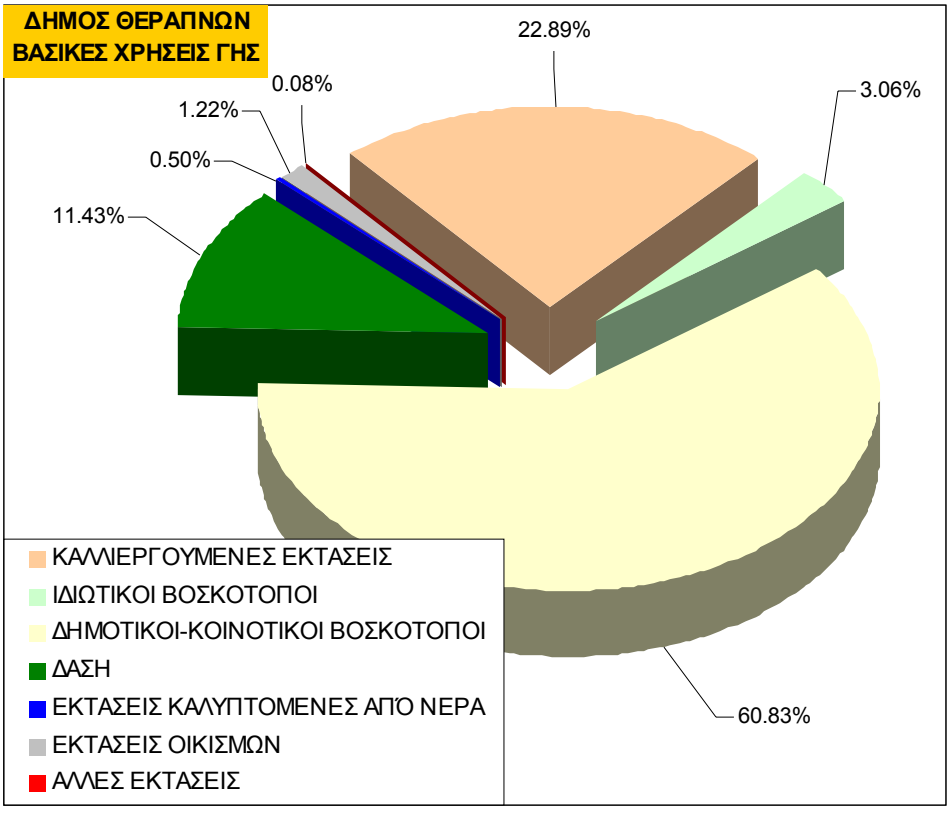
σε νερό για κάθε κατηγορία καλλιέργειας, σύμφωνα με την Κοινή Υπουργική Απόφαση Φ16/6631/2-6-89 (ΦΕΚ Β 428) όπως παρουσιάζονται στους πίνακες του Παραρτήματος Α1 (3).

Για την ασφάλεια των υπολογισμών, θεωρήθηκε ότι όλες οι καλλιέργειες αρδεύονται συστηματικά, κατά την ξηρά περίοδο (Απρίλιος – Σεπτέμβριος).

Έτσι υπολογίστηκαν οι ανάγκες των μηνών της αρδευτικής περιόδου (Απρίλιος – Σεπτέμβριος) κατά μήνα και στο σύνολό τους, σύμφωνα με το πρότυπο που εφαρμόστηκε στο Σχέδιο Διαχείρισης των Υδατικών Πόρων της Χώρας (Υπουργείο Ανάπτυξης).

Κατά παρόμοιο τρόπο έγινε και ο υπολογισμός των αναγκών σε νερό για κτηνοτροφική χρήση. Βασίστηκε αφενός στα στατιστικά στοιχεία της ΕΣΥΕ για τα είδη και τον αριθμό των ζώων που σταυλίζονται στην περιοχή του Δήμου Θεραπνών, και αφετέρου στις παραδοχές του Σχεδίου Διαχείρισης των Υδατικών Πόρων της Χώρας (Υπουργείο Ανάπτυξης) για τις ανάγκες σε νερό για κάθε είδος ζώου. Αναλυτικά τα στοιχεία παρατίθενται στο Παράρτημα Α1 (4).

Από τις 261,8 χιλιάδες στρέμματα που αποτελούν τη συνολική έκταση του Δήμου, η χρησιμοποιούμενη γεωργική έκταση καλύπτει τις 227,1 χιλιάδες στρέμματα. Στο σύνολο του Δήμου, το μεγαλύτερο ποσοστό (60.83%) καλύπτεται από δημοτικούς βοσκότοπους που καταλαμβάνουν 159200 στρέμματα, ενώ υπάρχουν και 8000 στρέμματα ιδιωτικών βοσκότοπων (3.06%). Οι καλλιεργούμενες εκτάσεις καταλαμβάνουν 59900 στρέμματα, δηλαδή 22.89% της έκτασης του Δήμου, ενώ 29900 στρέμματα (11.43%) είναι χαρακτηρισμένες δασικές εκτάσεις, 3200 στρέμματα (1.22%) καταλαμβάνουν οι οικισμοί, και 0.50%, δηλαδή 1300 στρέμματα είναι χαρακτηρισμένες υδάτινες επιφάνειες (κοίτες, κυρίως του Ευρώτα).

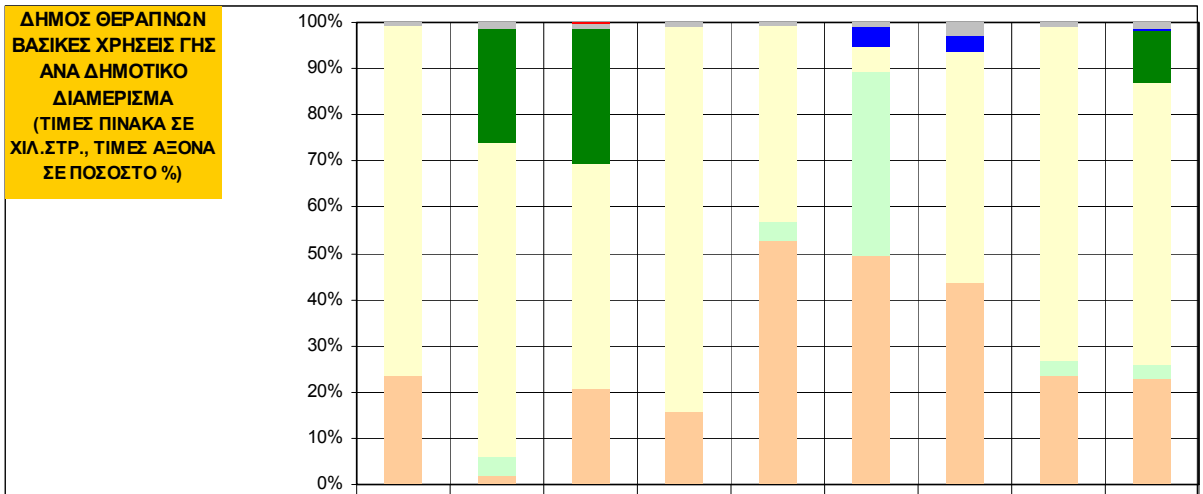


Εικ. 15

Η υφιστάμενη κατάσταση της γεωργίας στο Δήμο Θεραπνών είναι αποτέλεσμα περιβαλλοντικών συνθηκών όπως το είδος του εδάφους και το κλίμα, ιστορικών γεγονότων όπως η κατάτμηση και η

διανομή του αγροτικού κλήρου, αλλά κυρίως είναι αποτέλεσμα των μέτρων πολιτικής τα οποία εφαρμόστηκαν κατά καιρούς.

Το χαμηλό ποσοστό των καλλιεργούμενων εκτάσεων επί της συνολικής έκτασης του Δήμου, περίπου 22,9 %, οφείλεται στο ανάγλυφο του εδάφους με τους εκτεταμένους ορεινούς όγκους.



	Άγιοι Ανάργυροι	Αγριάνοι	Γκορπσά	Καλλονή	Κεφαλάς	Πλατάνα	Σκούρα	Χρύσαφα	Σύνολο
ΑΛΛΕΣ ΕΚΤΑΣΕΙΣ	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20
ΕΚΤΑΣΕΙΣ ΟΙΚΙΣΜΩΝ	0.20	0.50	0.80	0.20	0.10	0.10	0.60	0.70	3.20
ΕΚΤΑΣΕΙΣ ΚΑΛΥΠΤΟΜΕΝΕΣ ΑΠΟ ΝΕΡΑ	0.10	0.00	0.10	0.00	0.00	0.40	0.70	0.00	1.30
ΔΑΣΗ	0.00	9.80	20.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	29.90
ΔΗΜΟΤΙΚΟΙ-ΚΟΙΝΟΤΙΚΟΙ ΒΟΣΚΟΤΟΠΟΙ	27.80	27.00	33.90	13.40	5.20	0.50	10.40	41.00	159.20
ΙΔΙΩΤΙΚΟΙ ΒΟΣΚΟΤΟΠΟΙ	0.00	1.70	0.00	0.00	0.50	3.80	0.00	2.00	8.00
ΚΑΛΛΙΕΡΓΟΥΜΕΝΕΣ ΕΚΤΑΣΕΙΣ	8.70	0.70	14.40	2.50	6.50	4.70	9.10	13.30	59.90

Εικ. 16 – Ποσοστιαίες χρήσεις γης στα διαμερίσματα του Δήμου Θεραπνών.

Όπως φαίνεται και στο παραπάνω διάγραμμα, η έκταση της καλλιεργούμενης γης μειώνεται στα ορεινά δημοτικά διαμερίσματα και αυξάνεται στα πεδινά, ενώ είναι αξιοσημείωτη η έκταση των ιδιωτικών βοσκότοπων στο Δημοτικό Διαμέρισμα της Πλατάνας (3800 στρέμματα).

1.2.2.1. Υδατικές ανάγκες καλλιεργειών και κτηνοτροφίας

Η ελαιοκαλλιέργεια αποτελεί τη βασική οικονομική δραστηριότητα της περιοχής. Η σημασία της ελαιοκαλλιέργειας αποδεικνύεται από το γεγονός ότι τα 649.235 παραγωγικά ελαιόδενδρα (ελαιοκομική περίοδος 1999-2000) καλύπτουν περίπου το 75% της καλλιεργούμενης έκτασης. Αξιοποιεί τα λιγότερο εύφορα ή ακόμη και πετρώδη εδάφη όπου δεν θα προόδευε καμία άλλη καλλιέργεια. Οι απαιτήσεις της σε νερό είναι χαμηλές. Αποτελεί μοναδική πηγή εισοδήματος για πολλές οικογένειες και παράγεται προϊόν άριστης ποιότητας.

Περίπου 45000 στρέμματα ελαιοκαλλιέργειας είναι κατανεμημένα στο Δήμο Θεραπνών, των οποίων οι μηνιαίες, ετήσιες και ημερήσιες αρδευτικές ανάγκες παρουσιάζονται στον πίνακα που ακολουθεί. Κατά μέσον όρο, τους θερινούς μήνες ο Δήμος Θεραπνών χρειάζεται κατ' ελάχιστον 126 – 150 χιλιάδες κυβικά μέτρα νερού άρδευσης ημερησίως, μόνο για τα ελαιόδενδρα. Ετησίως δε, η ποσότητα αυτή ανέρχεται σε 23-27 εκατομμύρια κυβικά μέτρα νερού.

	ΠΙΝΑΚΑΣ 7	
	Κατάταξη καλλιεργειών σε κατηγορίες σύμφωνα με τον φυτικό συντελεστή Κ	
	ΚΥΑ Φ.16/6631/2.6.89 (ΦΕΚ Β 428)	
Α/Α	**Είδη καλλιεργειών**	**Κατηγορία**
Α.	**ΑΡΟΤΡΑΙΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ**	
1	**Σιτηρά για καρπό**	
1	Σιτάρι μαλακό	Ο
2	Σιτάρι σκληρό	Ο
3	Κριθάρι	Ο
4	Βρώμη	Ο
5	Σίκαλη	Ο
6	Αραβόσιτος (χωρίς συγκαλλιέργεια)	V
7	Αραβόσιτος (με συγκαλλιέργεια)	V
8	Ρύζι	VIII
9	Σόργο	V
10	Λοιπά	V
2	**Βρώσιμα όσπρια**	
1	Φασόλια (χωρίς συγκαλλιέργεια)	III
2	Φασόλια (με συγκαλλιέργεια)	V
3	Κουκιά	Ο
4	Φακή	Ο
5	Ρεβύθια	Ο
6	Λαθούρι	Ο
7	Μπιζέλια	Ο
8	Λοιπά	Ο
3	**Κτηνοτροφικά όσπρια**	
1	Βίκος	Ο
2	Ρόβη	Ο
3	Λουπίνα	Ο
4	Λαθούρι	Ο
5	Σπόρος τριφυλλιών	Ο
6	Λοιπά	Ο
4	**Βιομηχανικά φυτά**	
1	Καπνός (Ανατολικού τύπου)	II
2	Καπνός (Δυτικού τύπου)	IV
3	Βαμβάκι (ποτιστικό)	III
4	Βαμβάκι (ξερικό)	Ο
5	Σουσάμι	Ο
6	Ηλιόσπορος	IV
7	Σόργο	V
8	Αραχίδα	IV
9	Ζαχαρότευτλα	IV
10	Σόγια σπόρος	III
11	Σπόρος πασατέμπου	IV
12	Κόκκινο πιπέρι	IV
13	Αρωματικά φυτά	III
14	Λοιπά	III
5	**Κτηνοτροφικά φυτά για σανό**	
1	Κριθάρι	Ο
2	Βρώμη	Ο
3	Βίκος	Ο
4	Τριφύλλια (πολυετή)	VII
5	Τριφύλλια (ετήσια)	VII
6	Κοφτολίβαδα	Ο
7	Λοιπά	Ο
6	**Κτηνοτροφικά φυτά για ριζώματα**	
1	Αραβόσιτος	V
2	Σόργο	V
3	Τεύτλα	IV
7	**Κτηνοτροφικά φυτά για γρασίδια**	
1	Κριθάρι	Ο
2	Βρώμη	Ο
3	Βίκος	Ο
4	Λαθούρι	Ο
5	Τεχνητοί Λιμώνες	VI

Α/Α	**Είδη καλλιεργειών**	**Κατηγορία**
8	**Πεπονοειδή και πατάτες**	
1	Καρπούζια	IV
2	Πεπόνια	IV
3	Πατάτες (συγκομιδή την άνοιξη)	Ο
4	Πατάτες (συγκομιδή το καλοκαίρι)	IV
5	Πατάτες (συγκομιδή φθινόπωρο ή χειμώνα)	IV
6	Γλυκοπατάτες	Ο
Β	**ΛΑΧΑΝΙΚΑ - ΚΗΠΕΥΤΙΚΗ ΓΗ**	
1	**Λαχανικά**	
1	Τομάτες (Βιομηχανικές)	IV
2	Τομάτες (Επιτραπέζιες)	IV
3	Τομάτες θερμοκηπίου	IV
4	Φασολάκια	IV
5	Λάχανα	IV
6	Κουνουπίδια	IV
7	Κολοκυθάκια	IV
8	Κρεμμύδια ξερά	Ο
9	Σκόρδα ξερά	Ο
10	Αγκινάρες	IV
11	Ραδίκια	IV
12	Σπανάκι	IV
13	Σπαράγγια	IV
14	Φράουλες	III
15	Λοιπά λαχανικά	IV
16	Αγγούρια (υπαίθρου)	IV
17	Αγγούρια (θερμοκηπίου)	IV
18	Μελιτζάνες (υπαίθρου)	IV
19	Μελιτζάνες (θερμοκηπίου)	IV
20	Αρακάς	Ο
21	Μπάμιες (ποτιστικές)	IV
22	Μπάμιες (ξερικές)	Ο
23	Πράσα	IV
24	Μαρούλια	IV
2	**Κηπευτική γη**	
1	Λαχανικά, θερμοκήπια	IV
2	Λοιπά	IV
Γ	**ΑΜΠΕΛΙΑ ΚΑΙ ΣΤΑΦΙΔΑΜΠΕΛΑ**	
1	Αμπέλια για κρασί	I
2	Αμπέλια επιτραπέζιων σταφυλιών	I
3	Κορινθιακή σταφίδα	I
4	Σουλτανίνα	I
5	Λοιπά	I
Δ	**ΔΕΝΔΡΩΔΕΙΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ**	
1	**Εσπεριδοειδή**	
1	Πορτοκαλιές	I
2	Λεμονιές	I
3	Μανταρινιές	I
4	Λοιπά	I
2	**Οπώρες**	
1	Μηλιές	III
2	Αχλαδιές	III
3	Ροδακινιές	III
4	Βερικοκιές	III
5	Κερασιές	III
6	Λοιπά	III
3	**Ξηροί καρποί**	
1	Συκιές	Ο
2	Δαμασκηνιές	I
3	Αμυγδαλιές	I
4	Καρυδιές	Ο
5	Λεπτοκαρυές	Ο
6	Λοιπά	I
4	**Λοιπά δένδρα**	
1	Ελιές	I
2	Λοιπά	I

Πίνακας 2 – Κατηγορίες καλλιεργειών.

Όρια για τη χρήση αρδευτικού νερού κατά κατηγορία καλλιεργειών (κυβικα μέτρα νερού κατά στρέμμα για κάθε μήνα)																
Υ.Δ. 03	I		II		III		IV		V		VI		VII		VIII	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
Απρίλιος	63	74	69	81	75	88	80	94	86	101	92	108	98	115	138	162
Μάιος	82	99	90	108	98	117	105	126	112	135	120	144	127	153	180	216
Ιούνιος	93	113	102	123	110	133	119	143	127	154	136	164	144	174	204	246
Ιούλιος	102	121	111	132	120	143	129	154	139	165	148	176	157	187	222	264
Αύγουστος	96	115	105	126	114	136	122	147	131	157	140	168	149	178	210	252
Σεπτέμβριος	77	93	84	102	91	110	98	119	105	127	112	136	119	144	168	204

Πίνακας 3 – Όρια για τη χρήση νερού κατά κατηγορία καλλιεργειών για το υδατικό διαμέρισμα της Ανατολικής Πελοποννήσου.

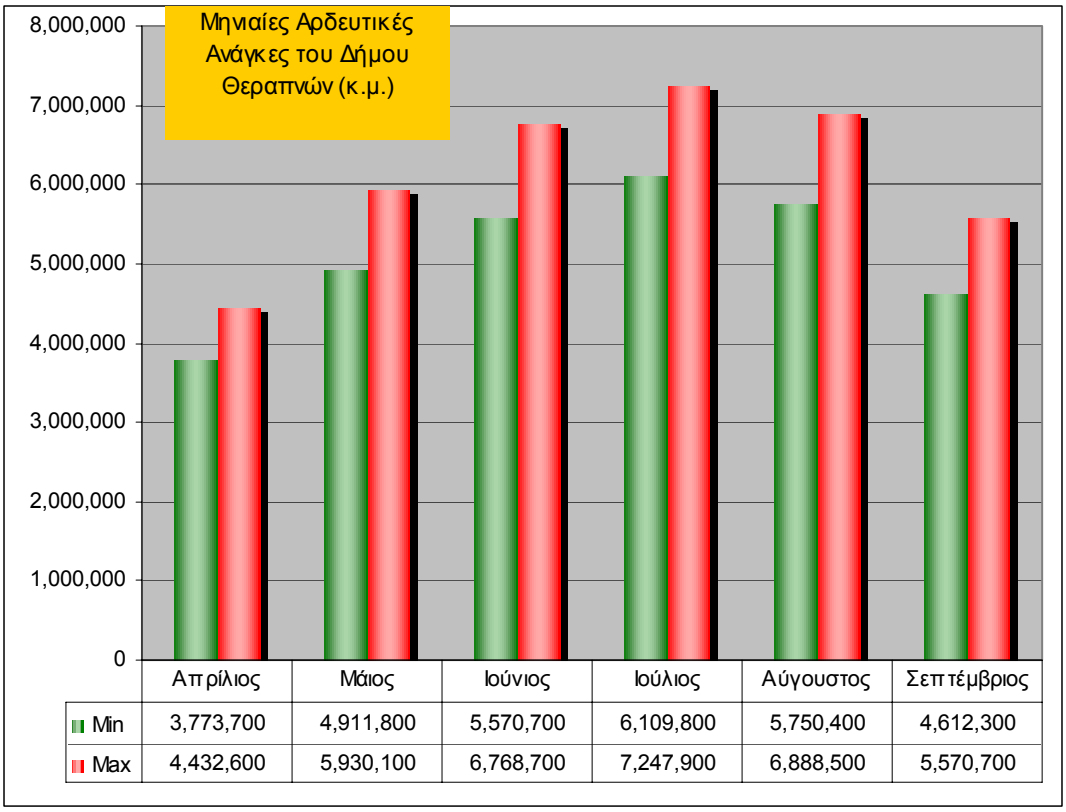
Υ.Δ. 03	I		Εκτάσεις ελαιόδενδρων (στρ)	Μηνιαίες Αρδευτικές Ανάγκες (κ.μ.)		Ημερήσιες Αρδευτικές Ανάγκες (κ.μ.)	
Μήνας	Min	Max		Min	Max	Min	Max
Απρίλιος	63	74	44925	2,830,275	3,324,450	94,343	110,815
Μάιος	82	99	44925	3,683,850	4,447,575	118,834	143,470
Ιούνιος	93	113	44925	4,178,025	5,076,525	139,268	169,218
Ιούλιος	102	121	44925	4,582,350	5,435,925	147,818	175,352
Αύγουστος	96	115	44925	4,312,800	5,166,375	139,123	166,657
Σεπτέμβριος	77	93	44925	3,459,225	4,178,025	115,308	139,268
Σύνολο				**23,046,525**	**27,628,875**		

Πίνακας 4 – Οι αρδευτικές ανάγκες των ελαιόδενδρων για το δήμο Θεραπνών, σύμφωνα με τις απαιτήσεις άρδευσης ανά στρέμμα, όπως δίνονται από το Σχέδιο Διαχείρισης του ΥΤΛΑΝ για το υδατικό διαμέρισμα της Ανατολικής Πελοποννήσου.

Στο σύνολο του Δήμου, αν υποτεθεί ότι αρδεύεται όλη η καλλιεργούμενη έκταση, η υπολογιζόμενη μέση ανάγκη σε νερό άρδευσης κατά τους θερινούς μήνες ανέρχεται σε 167-201 χιλιάδες κυβικά μέτρα ημερησίως, ενώ σε ετήσια βάση η συνολική ποσότητα είναι περίπου 30 ως 36 εκατομμύρια κυβικά μέτρα.

Υ.Δ. 03	I		**Εκτάσεις καλλιέργειας (στρ)**	Μηνιαίες Αρδευτικές Ανάγκες (κ.μ.)		Ημερήσιες Αρδευτικές Ανάγκες (κ.μ.)	
Μήνας	Min	Max		Min	Max	Min	Max
Απρίλιος	63	74	59900	3,773,700	4,432,600	125,790	147,753
Μάιος	82	99	59900	4,911,800	5,930,100	158,445	191,294
Ιούνιος	93	113	59900	5,570,700	6,768,700	185,690	225,623
Ιούλιος	102	121	59900	6,109,800	7,247,900	197,090	233,803
Αύγουστος	96	115	59900	5,750,400	6,888,500	185,497	222,210
Σεπτέμβριος	77	93	59900	4,612,300	5,570,700	153,743	185,690
Ετήσιο Σύνολο				**30,728,700**	**36,838,500**		

Πίνακας 5 – Οι θεωρητικές συνολικές αρδευτικές ανάγκες του Δήμου.



Εικ. 17 – Μηνιαίες αρδευτικές ανάγκες του Δήμου Θεραπνών.

Σχετικά με την σχεδιαζόμενη ανάπτυξη καλλιέργειας αρωματικών φυτών στην περιοχή του Δήμου Θεραπνών, οι αναγκαίες ποσότητες νερού άρδευσης υπολογίζονται στον επόμενο πίνακα. Συγκεκριμένα, για την ξηρά περίοδο θα απαιτούνται κατά μέσον όρο 6.5-8.0 χιλιάδες κυβικά μέτρα νερού ημερησίως, ενώ σε ετήσια βάση η συνολική ποσότητα ανέρχεται σε 1.2-1.5 εκατομμύρια κυβικά μέτρα νερού άρδευσης.

Υ.Δ. 03	III		**Εκτάσεις αρωματικών φυτών (στρ)**	Μηνιαίες Αρδευτικές Ανάγκες (κ.μ.)		Ημερήσιες Αρδευτικές Ανάγκες (κ.μ.)	
Μήνας	Min	Max		Min	Max	Min	Max
Απρίλιος	75	88	2000	150,000	176,000	5,000	5,867
Μάιος	98	117	2000	196,000	234,000	6,323	7,548
Ιούνιος	110	133	2000	220,000	266,000	7,333	8,867
Ιούλιος	120	143	2000	240,000	286,000	7,742	9,226
Αύγουστος	114	136	2000	228,000	272,000	7,355	8,774
Σεπτέμβριος	91	110	2000	182,000	220,000	6,067	7,333
Σύνολο				1,216,000	1,454,000		

Πίνακας 6 – Ανάγκες καλλιέργειας αρωματικών φυτών.

Πρέπει να σημειωθεί ότι οι ποσότητες αυτές που υπολογίζονται ως υδατικές ανάγκες της άρδευσης, στην πραγματικότητα μπορεί να εμφανίζονται προσαυξημένες κατά πολύ, ανάλογα με τη μέθοδο άρδευσης που εφαρμόζεται στις καλλιέργειες.

Στην Υπουργική Απόφαση Φ.16/6631 του 1989 (ΦΕΚ 428 Β), όπου καθορίζονται τα όρια αναγκαίων ποσοτήτων νερού για αρδευτική χρήση, υπολογίζονται επίσης οι απώλειες νερού κατά τη μεταφορά του από το σημείο υδροληψίας μέχρι την εφαρμογή στον αγρό. Έτσι, υπολογίζεται ο βαθμός απόδοσης του αρδευτικού, που βέβαια είναι πάντα μικρότερος από 100%.

Γενικά, ο βαθμός απόδοσης ανάλογα με τη μέθοδο άρδευσης, παρουσιάζεται στον ακόλουθο πίνακα.

Μέθοδος άρδευσης	**Βαθμός απόδοσης**
Με σταγόνες ή μικροεκτοξευτές	0,90
Με τεχνητή βροχή	0,85
Με επιφανειακές μεθόδους	0,75

Πίνακας 7 – Βαθμός απόδοσης άρδευσης ανάλογα με τη μέθοδο.

Οι απώλειες εκτιμώνται ως εξής:

- Για μικρή έκταση, όπου η μεταφορά νερού γίνεται από μικρή απόσταση, οι απώλειες μεταφοράς δεν λαμβάνονται υπόψη στην εφαρμογή των ορίων.
- Για μικρά ομαδικά ή και μεμονωμένα δίκτυα, όπου κατά τη μεταφορά του νερού εκτιμάται ότι υπάρχουν απώλειες, αυτές εξετάζονται κατά περίπτωση και λαμβάνονται υπόψη σε ποσοστό ως 5% το πολύ για μεταφορά νερού με κλειστό αγωγό και σε ποσοστό ως 10% το πολύ για μεταφορά με ανοικτό αγωγό.

Στην περίπτωση αυτή ο βαθμός απόδοσης της μεθόδου άρδευσης και οι απώλειες μεταφοράς λαμβάνονται υπόψη από κοινού, διαιρώντας τα όρια με τους ακόλουθους συντελεστές ανάλογα με το ποσοστό απωλειών που θα εκτιμηθεί:

Ποσοστό απωλειών κατά τη μεταφορά	**Σύστημα άρδευσης**		
	Με σταγόνες ή μικροεκτοξευτές	**Με τεχνητή βροχή**	**Με επιφανειακές μεθόδους**
1%	0,8910	0,8415	0,7425
2%	0,8820	0,8330	0,7350
3%	0,8730	0,8245	0,7275
4%	0,8640	0,8160	0,7200
5%	0,8550	0,8075	0,7125
6%		0,7990	0,7050
7%		0,7905	0,6975
8%		0,7820	0,6900
9%		0,7735	0,6825
10%		0,7650	0,6750

Πίνακας 8 – Τελικοί συντελεστές απόδοσης άρδευσης ανάλογα με τη μέθοδο, λαμβάνοντας υπόψη και τις απώλειες των δικτύων.

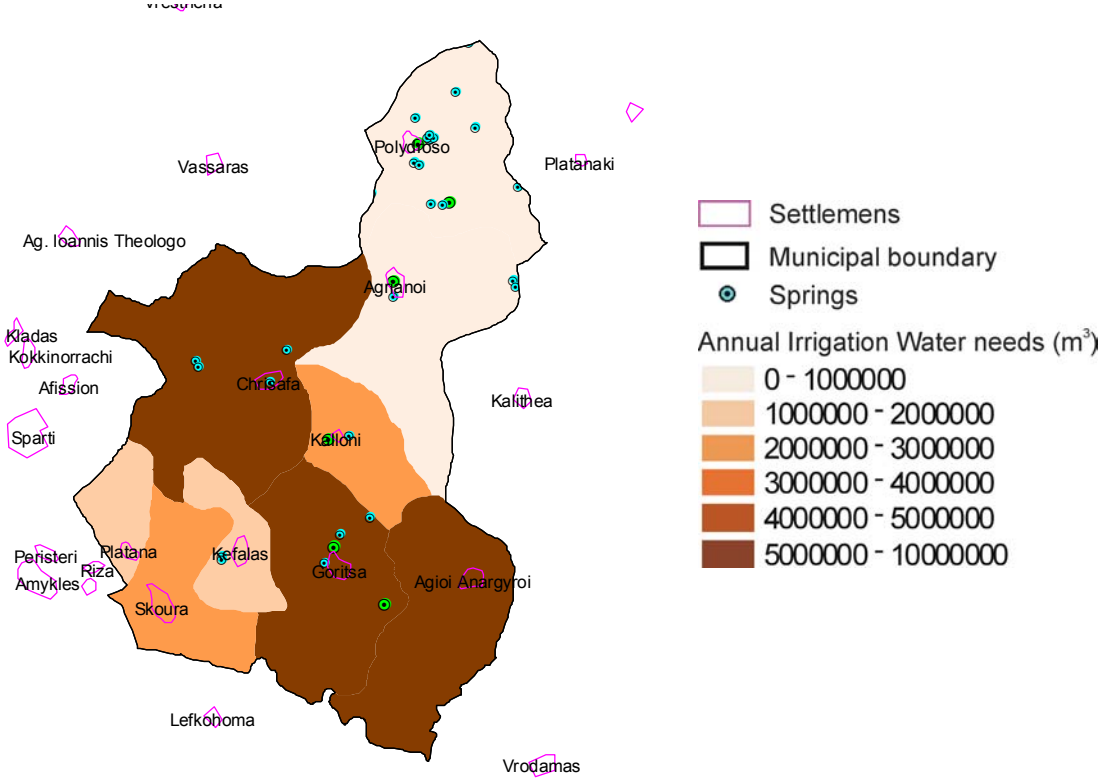
- Σε περίπτωση συλλογικών δικτύων (άνω των 1000 στρεμμάτων) οι απώλειες κατά τη μεταφορά υπολογίζονται στο μέγιστο, δηλαδή για μεταφορά με κλειστό αγωγό 5% και με ανοικτό αγωγό 10%.

Στην περίπτωση αυτή ο βαθμός απόδοσης της μεθόδου άρδευσης και οι απώλειες μεταφοράς λαμβάνονται υπόψη από κοινού, διαιρώντας τα όρια με τους ακόλουθους συντελεστές:

- Μεταφορά με κλειστό αγωγό
  - Άρδευση με σταγόνες ή μικροεκτοξευτές, 0,8550
  - Άρδευση με τεχνητή βροχή, 0,8075
  - Άρδευση με επιφανειακές μεθόδους, 0,7125
- Μεταφορά με ανοικτή διώρυγα
  - Άρδευση με τεχνητή βροχή, 0,7650
  - Άρδευση με επιφανειακές μεθόδους, 0,6750

Από τα παραπάνω είναι προφανές ότι:

- Οι πραγματικές αρδευτικές ανάγκες προσαυξάνονται κατά ένα σημαντικό ποσοστό λόγω απωλειών, αυτό δε κυμαίνεται ανάλογα με τη μέθοδο άρδευσης. Αυτό το ποσοστό πάντως δεν μπορεί να είναι λιγότερο από 10% συνολικά. Αυτό σημαίνει, ότι οι ετήσιες (και μάλιστα κατά την ξηρά περίοδο) ανάγκες άρδευσης στην περιοχή του Δήμου προσαυξάνονται κατά 3 ως 3.5 εκατομμύρια κυβικά μέτρα.
- Ανάλογα με τη μέθοδο άρδευσης μπορεί να αυξηθεί σημαντικά ο βαθμός απόδοσης, και να ελαχιστοποιηθούν οι απώλειες. Για παράδειγμα, η επιλογή της άρδευσης με σταγόνες ή μικροεκτοξευτές μπορεί να μειώσει τις απώλειες μέχρι και 18%.



Εικ. 18 – Γεωγραφική κατανομή ανά δημοτικό διαμέρισμα των ετήσιων αναγκών αρδευτικού νερού στο Δήμο Θεραπνών με βάση τις χρήσεις γης από την απογραφή του 1991 (από Mariolakos et al, 2003).

Οι υδατικές ανάγκες για κτηνοτροφική χρήση παρουσιάζονται στον επόμενο πίνακα. Σημειώνεται ότι οι υδατικές ανάγκες για κτηνοτροφική χρήση είναι πολύ μικρές σε σχέση με τις αρδευτικές ανάγκες των καλλιεργειών, πλην όμως δεν παύει να απαιτείται μια επιπλέον ποσότητα νερού καλής ποιότητας σε ημερήσια βάση. Η μέση ποσότητα που απαιτείται για την κάλυψη των (επίσημα καταγεγραμμένων) κτηνοτροφικών αναγκών ανέρχεται σε περίπου 280 κυβικά μέτρα ημερησίως, ενώ σε ετήσια βάση η ποσότητα αυτή ανέρχεται σε τουλάχιστον 100 χιλιάδες κυβικά μέτρα νερού.

Α/Α	**Κατηγορίες ζώων**	**Ημερήσιες Ανάγκες σε νερό ανά είδος ζώου (lt)**	**Κεφάλια**	**Συνολικές ημερήσιες ανάγκεςκ.μ.**	**Ετήσιες ανάγκες σε νερό (κ.μ.)**
1	Βοοειδή	70			
2	Προβατοείδή	15	4341	65.1	23,767
3	Αιγοειδή	15	14580	218.7	79,826
4	Χοίροι	15			
5	Ιπποειδή	70			
6	Κουνέλια	2			
7	Πουλερικά	0.5			
		Σύνολο		**283.8**	**103,592**

Πίνακας 9 – Ανάγκες κτηνοτροφίας.

1.2.3. Άλλες χρήσεις

Εκτός από την ύδρευση, την άρδευση και την κτηνοτροφία, οι καταναλωτικές χρήσεις συμπληρώνονται από τη βιομηχανική χρήση και την χρήση για παραγωγή ενέργειας. Στην περιοχή δεν υπάρχει παραγωγή ενέργειας, ενώ και η βιομηχανική δραστηριότητα δεν μπορεί να χαρακτηριστεί έντονη, παρά τις μεγάλες μονάδες επεξεργασίας εσπεριδοειδών που υπάρχουν στα όρια, αλλά εκτός του Δήμου.

Εντός των ορίων του Δήμου Θεραπνών λειτουργούν 9 ελαιοτριβεία από τα οποία τα 7 είναι φυγοκεντρικά και 3 μονάδες τυποποίησης ελαιολάδου. Οι μονάδες επεξεργασίας και τυποποίησης επιτραπέζιας ελιάς είναι επίσης 3.

Η μεταποιητική δραστηριότητα άρχισε σταδιακά να αναπτύσσεται με την δημιουργία Οινοποιείου στα Χρύσαφα, σύγχρονης μονάδας τυποποίησης συσκευασίας & εμπορίας βρώσιμης ελιάς στην Γκοριτσά και Μονάδας τυποποίησης και συσκευασίας ελαιοκομικών προϊόντων Βιολογικής παραγωγής στον Κεφαλά.

Οι μονάδες αυτές λειτουργούν κυρίως εποχιακά και δεν έχουν συνολικά μεγάλες απαιτήσεις σε νερό, παρ' όλα αυτά έγινε μια προσπάθεια υπολογισμού των καταναλώσεών τους κατ' εκτίμηση, από πληροφορίες που συλλέχθηκαν, τουλάχιστον όσον αφορά στα ελαιουργεία.

Έτσι, με βάση την πληροφορία ότι τα φυγοκεντρικά ελαιουργεία χρειάζονται περίπου 700 λίτρα την ώρα, υπολογίστηκε η απαιτούμενη ποσότητα νερού για τη λειτουργία των ελαιουργείων σε ημερήσια και εποχιακή βάση, ανά δημοτικό διαμέρισμα, όπως φαίνεται στον ακόλουθο πίνακα.

Πρέπει να σημειωθεί, ότι επειδή οι προδιαγραφές ποιότητας του νερού που προορίζεται για χρήση από μονάδες παραγωγής τροφίμων ταυτίζονται με αυτές του ποσίμου ύδατος, οι ποσότητες που υπολογίζονται ως ανάγκες των ελαιουργείων, προστίθενται στις ανάγκες ύδρευσης, για να υπολογιστεί το σύνολο «νερού ανθρώπινης κατανάλωσης», όπως ορίζεται σύμφωνα με την Οδηγία 98/83/ΕΚ της

Ευρωπαϊκής Ένωσης. Έτσι, οι ημερήσιες ανάγκες νερού ανθρώπινης κατανάλωσης προσαυξάνονται αντιστοίχως.

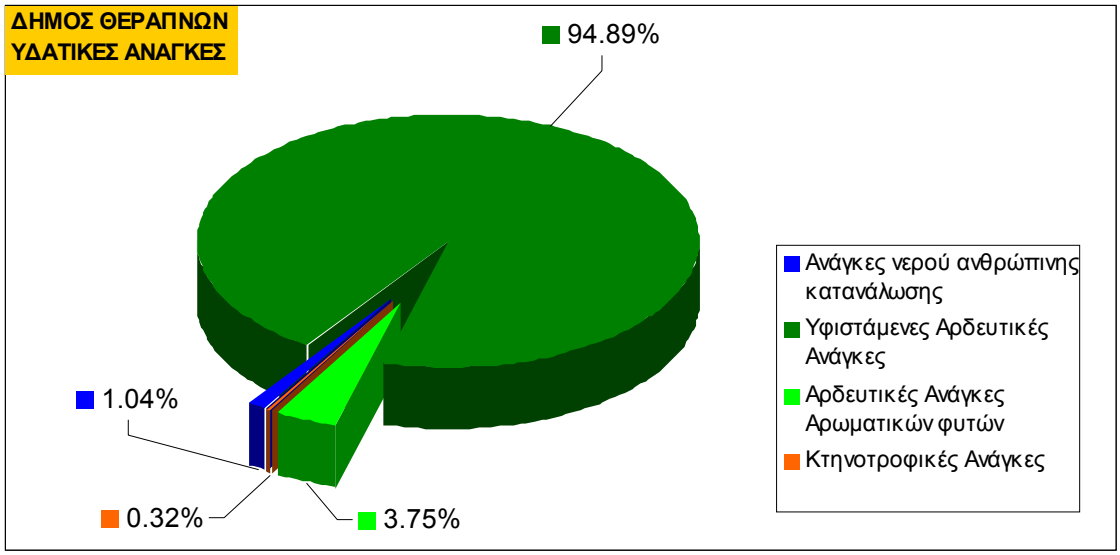
	Αριθμός ελαιουργείων	**Παροχή (λίτρα ανά ώρα)**	**Ώρες λειτουργίας την ημέρα (κατ' εκτίμηση)**	**Ημερήσιες ανάγκες (κ.μ.)**	**Μηνιαίες ανάγκες (κ.μ.)**	**Ανάγκες περιόδου Οκτωβρίου - Ιανουαρίου (κ.μ.)**
Συνθήκες για 1 ελαιουργείο	1	700	12	8.4	252	1008
Δ.Δ. Άγίων Αναργύρων	2	1400	24	16.8	504	2016
Δ.Δ. Αγριάνων	0	0	0	0	0	0
Δ.Δ. Γκοριτσάς	1	700	12	8.4	252	1008
Δ.Δ. Καλλονής	1	700	12	8.4	252	1008
Δ.Δ. Κεφαλά	1	700	12	8.4	252	1008
Δ.Δ. Πλατάνας	1	700	12	8.4	252	1008
Δ.Δ. Σκούρας	2	1400	24	16.8	504	2016
Δ.Δ. Χρύσαφας	1	700	12	8.4	252	1008
Για το σύνολο των ελαιουργείων (9)	**9**	**6300**	**108**	**75.6**	**2268**	**9072**

Πίνακας 10 – Υδρευτικές ανάγκες ελαιουργίας.

Η τουριστική ανάπτυξη της περιοχής εξακολουθεί να στηρίζεται στα πρότυπα της δεκαετίας του ’60 και κυρίως τους θερινούς μήνες, όμως η περιοχή Αγριάνοι – Πολύδροσο (Τσίντζινα) διαθέτουν πλεονεκτήματα για την ανάπτυξη του χειμερινού τουρισμού και του αγροτουρισμού, σε συνδυασμό με το αρχαιολογικό ενδιαφέρον που παρουσιάζει η περιοχή. Όσον αφορά στις υδρευτικές ανάγκες λόγω τουρισμού, αυτές συνυπολογίζονται και αυτές στις γενικές υδρευτικές ανάγκες του Δήμου.

1.2.4. Σύνολο των υδατικών αναγκών

Όπως φαίνεται στα παρακάτω διαγράμματα και στον πίνακα που τα συνοδεύει, τη μερίδα του λέοντος στην καταναλωτική ζήτηση για νερό έχει η άρδευση, η οποία την ξηρά περίοδο (Απρίλιος – Σεπτέμβριος) απαιτεί 192 χιλιάδες κυβικά μέτρα νερού ημερησίως, και σε ετήσια βάση απαιτεί ούτε λίγο ούτε πολύ το 95% του νερού που χρειάζεται συνολικά ο Δήμος. Η ανισοκατανομή αυτή τόσο ποσοτικά όσο και χρονικά αναδεικνύει το πρόβλημα της χρονικής διαθεσιμότητας του νερού, ειδικά για την άρδευση, που φυσικά απαιτείται τους μήνες με τη μικρότερη διαθεσιμότητα. Είναι προφανές ότι ένα από τα προβλήματα που πρέπει να αντιμετωπιστούν είναι η «χρονική μεταφορά» της διαθεσιμότητας μεγάλων ποσοτήτων νερού προς την ξηρά περίοδο, πρέπει δηλαδή να βρεθεί ένας τρόπος αποταμίευσης ικανών ποσοτήτων νερού κατά την υγρή περίοδο, ώστε να είναι διαθέσιμες το καλοκαίρι.



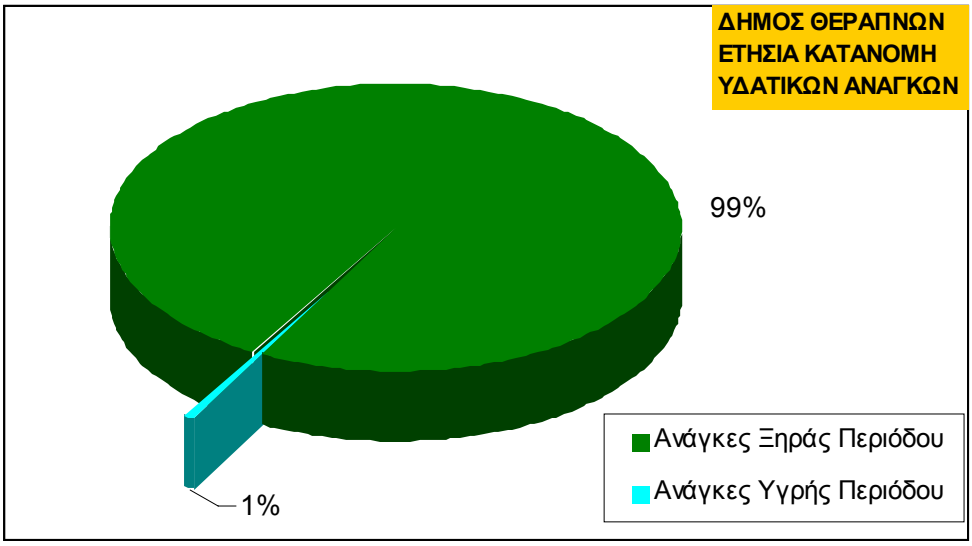
Εικ. 19 – Ποσοστιαία κατανομή των συνολικών υδατικών αναγκών του Δήμου Θεραπνών.

Κατηγορία Αναγκών	**Ποσότητες σε κ.μ.**	**Ποσοστό**	**Ημερήσιες ανάγκες (Ξηρά περίοδος)**	**Ημερήσιες ανάγκες (Υγρή περίοδος)**
Ανάγκες νερού ανθρώπινης κατανάλωσης	335,750	0.95%	920	920
Υφιστάμενες Αρδευτικές Ανάγκες (προσαυξημένες κατά 10% λόγω απωλειών στην άρδευση)	33,801,570	95.33%	184,708	0
Αρδευτικές Ανάγκες Αρωματικών φυτών	1,216,000	3.43%	6,645	0
Κτηνοτροφικές Ανάγκες	103,592	0.29%	284	284
Σύνολο	**35,456,912**	100.00%	**192,557**	**1,204**

Πίνακας 11 - Ημερήσιες υδατικές ανάγκες του Δήμου κατά την ξηρά και την υγρή περίοδο.

	Πληθυσμός 2001	Πληθυσμός Σχεδιασμού (περιλαμβάνει 20% τουρισμό, μετανάστες, κ.λπ.)	Ημερήσιες υδρευτικές ανάγκες (κ.μ.)	**Ημερήσιες** ανάγκες νερού ανθρώπινης κατανάλωσης (μαζί με ελαιουργεία) (κ.μ.)	Ετήσιες υδρευτικές ανάγκες (κ.μ.)	**Ετήσιες** ανάγκες νερού ανθρώπινης κατανάλωσης (μαζί με ελαιουργεία) (κ.μ.)
Δ.Δ. Άγίων Αναργύρων	471	565	141	158	51,575	52,583
Δ.Δ. Αγριάνων	164	197	49	49	17,958	19,974
Δ.Δ. Γκοριτσάς	738	886	221	230	80,811	80,811
Δ.Δ. Καλλονής	92	110	28	36	10,074	11,082
Δ.Δ. Κεφαλά	344	413	103	112	37,668	38,676
Δ.Δ. Πλατάνας	288	346	86	95	31,536	32,544
Δ.Δ. Σκούρας	503	604	151	168	55,079	56,087
Δ.Δ. Χρύσαφας	457	548	137	146	50,042	52,058
Δήμος Θεραπνών	3057	3668	917	**993**	334,742	**335,750**

Πίνακας 12 – Ανάγκες ύδρευσης ανά δημοτικό διαμέρισμα του Δήμου Θεραπνών.



Εικ. 20 – Σχέση υδατικών αναγκών υγρής – ξηράς περιόδου.

1.3. Ποιοτικά χαρακτηριστικά

1.3.1. Νερό ανθρώπινης κατανάλωσης

Η Οδηγία 1998/83 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου καθορίζει τις παραμέτρους, τον τρόπο και τη συχνότητα ελέγχου του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης, καθώς και τις προδιαγραφές των μεθόδων ανάλυσης για κάθε παράμετρο. Οι παραμετρικές τιμές που καθορίζονται από την Οδηγία, πρέπει να τηρούνται:

α) για το νερό που παρέχεται από δίκτυο διανομής, στο σημείο, εντός του κτιρίου ή της κτιριακής εγκατάστασης, στο οποίο βγαίνει από τις βρύσες που χρησιμοποιούνται συνήθως για ανθρώπινη κατανάλωση

β) για το νερό που παρέχεται από βυτίο, στο σημείο όπου το νερό βγαίνει από το βυτίο

γ) για νερό που τοποθετείται σε φιάλες ή δοχεία προς πώληση, στο σημείο στο οποίο το νερό τοποθετείται σε φιάλες ή δοχεία

δ) για το νερό που χρησιμοποιείται σε επιχείρηση παραγωγής τροφίμων, στο σημείο όπου το νερό χρησιμοποιείται στην επιχείρηση.

Είναι βέβαια προφανές ότι όταν το νερό δεν ανταποκρίνεται στις προϋποθέσεις των ορίων των παραμέτρων, πρέπει μα εξακριβώνεται εάν αυτό οφείλεται στην επεξεργασία, την αποθήκευση, το δίκτυο διανομής ή τις εγκαταστάσεις του σημείου δειγματοληψίας, ή ακόμα και στην ποιότητα του νερού στην πηγή υδροληψίας. Κατά συνέπεια, εκτός από την παρακολούθηση στο σημείο κατανάλωσης, πρέπει να γίνεται και παρακολούθηση στις πηγές υδροληψίας.

Η παρακολούθηση της ποιότητας του νερού περιλαμβάνει:

- Μικροβιολογικές παραμέτρους
- Χημικές παραμέτρους
- Ενδεικτικές παραμέτρους
- Παραμέτρους δοκιμαστικής παρακολούθησης

Οι παράμετροι αυτές και τα αντίστοιχα όρια καταλληλότητας παρουσιάζονται στους επόμενους πίνακες, οι οποίοι προέρχονται από τα Παραρτήματα της σχετικής Οδηγίας.

Παράμετρος	Παραμετρική τιμή (αριθμός/100 ml)
Escherichia coli (E. coli)	0
Εντερόκοκκοι	0

Για το νερό που πωλείται σε φιάλες ή δοχεία, ισχύουν τα ακόλουθα:

Παράμετρος	Παραμετρική τιμή
Escherichia coli (E. coli)	0/250 ml
Εντερόκοκκοι	0/250 ml
Pseudomonas aeruginosa	0/250 ml
Αριθμός αποικιών σε 22 °C	100/ml
Αριθμός αποικιών 37 °C	20/ml

Εικ. 21 – Μικροβιολογικές παράμετροι του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης (Οδηγία 1998/83 ΕΚ, Παράρτημα Ι, Μέρος Α).

Ορίζονται δύο διαδικασίες παρακολούθησης:

- **Δοκιμαστική παρακολούθηση**. Σκοπός της δοκιμαστικής παρακολούθησης είναι να παρέχονται, σε τακτική βάση, στοιχεία για την οργανοληπτική και μικροβιολογική ποιότητα του νερού που διατίθεται για ανθρώπινη κατανάλωση καθώς και πληροφορίες για την αποτελεσματικότητα της επεξεργασίας του ποσίμου ύδατος (ιδίως της απολύμανσης) εφόσον γίνεται, ώστε να διαπιστωθεί κατά πόσον το νερό ανθρώπινης κατανάλωσης τηρεί τις σχετικές παραμετρικές τιμές της οδηγίας. Σε δοκιμαστική παρακολούθηση τίθενται οι παράμετροι του Πίνακα Α του Παραρτήματος ΙΙ υπόκεινται. Τα κράτη μέλη μπορούν να προσθέτουν και άλλες παραμέτρους στον πίνακα αυτόν εάν το κρίνουν σκόπιμο.
- **Ελεγκτική παρακολούθηση**. Σκοπός της ελεγκτικής παρακολούθησης είναι να παρέχονται τα στοιχεία που απαιτούνται για να διαπιστωθεί κατά πόσον τηρούνται όλες οι παραμετρικές τιμές της παρούσας οδηγίας. Όλες οι παράμετροι[2] που καθορίζονται σύμφωνα με το άρθρο 5 παράγραφοι 2 και 3 (Πίνακας Γ του Παραρτήματος Ι), υπόκεινται σε ελεγκτική παρακολούθηση, εκτός αν οι αρμόδιες αρχές αποφανθούν, για χρονική περίοδο που καθορίζουν οι ίδιες, ότι μια παράμετρος δεν υπάρχει πιθανότητα να εμφανισθεί σε μία δεδομένη παροχή νερού σε συγκεντρώσεις οι οποίες θα δημιουργούσαν κίνδυνο παραβίασης της αντίστοιχης παραμετρικής τιμής.

Η συχνότητα παρακολούθησης σύμφωνα με την οδηγία είναι ανάλογη της κατανάλωσης και εξαρτάται από την ημερήσια ποσότητα νερού που παράγεται. Ξεκινά από ελεύθερη για καθορισμό από τα κράτη μέλη συχνότητα για ημερήσιες ποσότητες μικρότερες από 100κ.μ. για την ίδια ζώνη ύδρευσης, και φτάνει σε 4 τουλάχιστον ελέγχους το χρόνο, προσαυξημένες ανάλογα με τον ημερήσιο όγκο, για τα μεγάλα κέντρα.

[2] Πρόκειται για τις «ενδεικτικές παραμέτρους»

Παράμετρος	Παραμετρική τιμή	Μονάδα
Ακρυλαμίδιο	0,10	μg/l
Αντιμόνιο	5,0	μg/l
Αρσενικό	10	μg/l
Βενζόλιο	1,0	μg/l
Βενζο-α-πυρένιο	0,010	μg/l
Βόριο	1,0	mg/l
Βρωμικά άλατα	10	μg/l
Κάδμιο	5,0	μg/l
Χρώμιο	50	μg/l
Χαλκός	2,0	mg/l
Κυανιούχα άλατα	50	μg/l
1,2-διχλωροαιθάνιο	3,0	μg/l
Επιχλωρυδρίνη	0,10	μg/l
Φθοριούχα άλατα	1,5	mg/l
Μόλυβδος	10	μg/l
Υδράργυρος	1,0	μg/l
Νικέλιο	20	μg/l
Νιτρικά άλατα	50	mg/l
Νιτρώδη άλατα	0,50	mg/l
Παρασιτοκτόνα	0,10	μg/l
Σύνολο παρασιτοκτόνων	0,50	μg/l
Πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες	0,10	μg/l
Σελήνιο	10	μg/l
Τετραχλωροαιθένιο και Τριχλωραιθένιο	10	μg/l
Ολικά τριαλογονομεθάνια	100	μg/l
Βινυλοχλωρίδιο	0,50	μg/l

Εικ. 22 – Χημικές παράμετροι του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης (Οδηγία 1998/83 ΕΚ, Παράρτημα Ι, Μέρος Β).

Παράμετρος	Παραμετρική τιμή	Μονάδα
Αργίλιο	200	μg/l
Αμμώνιο	0,50	mg/l
Χλωριούχα άλατα	250	mg/l
Clostridium perfringens (συμπεριλαμβανομένων των σπορίων)	0	αριθμός/100 ml
Χρώμα	Αποδεκτό για τους καταναλωτές και άνευ ασυνήθους μεταβολής	
Αγωγιμότητα	2 500	μS cm^{-1} στους 20 °C
Συγκέντρωση ιόντων υδρογόνου	≥ 6,5 και ≤ 9,5	μονάδες pH
Σίδηρος	200	μg/l
Μαγγάνιο	50	μg/l
Οσμή	Αποδεκτή στους καταναλωτές και άνευ ασυνήθους μεταβολής	
Οξειδωσιμότητα	5,0	mg/l O_2
Θειικά άλατα	250	mg/l
Νάτριο	200	mg/l
Γεύση	Αποδεκτή στους καταναλωτές και άνευ ασυνήθους μεταβολής	
Αριθμός αποικιών σε 22°C	Άνευ ασυνήθους μεταβολής	
Κολοβακτηριοειδή	0	αριθμός/100 ml
Ολικός οργανικός άνθρακας (TOC)	Άνευ ασυνήθους μεταβολής	
Θολότητα	Αποδεκτή στους καταναλωτές και άνευ ασυνήθους μεταβολής	

ΡΑΔΙΕΝΕΡΓΕΙΑ

Παράμετρος	Παραμετρική τιμή	Μονάδα
Τρίτιο	100	becquerel/l
Ολική ενδεικτική δόση	0,10	mSv/έτος

Εικ. 23 – Ενδεικτικές παράμετροι νερού ανθρώπινης κατανάλωσης και επιτρεπόμενες τιμές (Οδηγία 1998/83 ΕΚ, Παράρτημα Ι, Μέρος Γ).

Αργίλιο (σημείωση 1)

Αμμώνιο

Χρώμα

Αγωγιμότητα

Clostridium Perfringens (συμπεριλαμβανομένων των σπορίων) (σημείωση 2)

Escherichia coli (E. coli)

Συγκέντρωση ιόντων υδρογόνου

Σίδηρος (σημείωση 1)

Νιτρώδη άλατα (σημείωση 3)

Οσμή

Pseudomonas aeruginosa (σημείωση 4)

Γεύση

Αριθμός αποικιών σε 22 °C και 37 °C (σημείωση 4)

Κολοβακτηριοειδή

Θολότητα

Σημείωση 1: Απαιτείται μόνον όταν χρησιμοποιείται ως κροκιδωτικό (*).

Σημείωση 2: Απαιτείται μόνον όταν το νερό προέρχεται ή επηρεάζεται από επιφανειακό νερό (*).

Σημείωση 3: Απαιτείται μόνον όταν για την απολύμανση γίνεται χλωραμίνωση (*).

Σημείωση 4: Απαιτείται μόνον για νερό που διατίθεται προς πώληση σε φιάλες ή σε δοχεία.

Εικ. 24 – Αναλυόμενες παράμετροι νερού ανθρώπινης κατανάλωσης στη δοκιμαστική παρακολούθηση (Οδηγία 1998/83 ΕΚ, Παράρτημα ΙΙ, Πίνακας Α).

Με βάση τα προβλεπόμενα από τη συγκεκριμένη οδηγία και σε συνδυασμό με τις εκτιμώμενες ανάγκες ύδρευσης των οικισμών (περίπου από 50 ως 250 κ.μ. ημερησίως ανά οικισμό), στο Δήμο Θεραπνών θα πρέπει να εκτελούνται **τέσσερις αναλύσεις δοκιμαστικής παρακολούθησης και μια ανάλυση ελεγκτικής παρακολούθησης ετησίως στα σημεία τήρησης** κάθε ζώνης παροχής.

Εξάλλου, θα πρέπει να γίνονται τουλάχιστον δύο έλεγχοι ετησίως στις πηγές υδροληψίας (υγρή – ξηρά περίοδος), έτσι ώστε να διαπιστώνεται η κατάσταση του υδάτινου αποθέματος από το οποίο γίνεται η υδροληψία. Πρέπει να σημειωθεί ότι στις παρόχθιες περιοχές υπάρχει βέβαια επίδραση από το νερό του Ευρώτα, ενώ στις περιοχές αγροτικής, κτηνοτροφικής και μεταποιητικής δραστηριότητας υπάρχουν οι αντίστοιχες πιέσεις στα υπόγεια νερά, μέσω λυμάτων, επιστρεφόμενων αρδεύσεων κ.λπ., των οποίων αποδέκτες είναι τα ρεύματα των επιφανειακών υδάτων (χείμαρροι) ή ο ίδιος ο Ευρώτας. Έτσι, η παρακολούθηση της ποιότητας του πόσιμου νερού πρέπει να συνοδεύεται και να συμπληρώνεται από την παρακολούθηση της ποιότητας των επιφανειακών και υπόγειων υδάτων της περιοχής.

Είναι επίσης σημαντικό η πληροφόρηση για τα αποτελέσματα να είναι άμεσα διαθέσιμη στους φορείς που εκτελούν ελέγχους, έτσι ώστε να προλαμβάνονται καταστάσεις όπως για παράδειγμα ξαφνική υποβάθμιση του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης λόγω κάποιου επεισοδίου ανθρωπογενούς ρύπανσης.

Όγκος διανεμόμενου ή παραγόμενου νερού ημερησίως σε μια ζώνη παροχής (Σημειώσεις 1 και 2) m^3		Δοκιμαστική παρακολούθηση Αριθμός δειγμάτων ετησίως (Σημειώσεις 3, 4 και 5)	Ελεγκτική παρακολούθηση Αριθμός δειγμάτων ετησίως (Σημειώσεις 3 και 5)
	≤ 100	(Σημείωση 6)	(Σημείωση 6)
> 100	≤ 1 000	4	1
> 1 000	≤ 10 000	4 + 3 ανά 1 000 m^3 και άνω/ημερησίως του συνολικού όγκου	1 + 1 ανά 3 300 m^3 και άνω/ημερησίως του συνολικού όγκου
> 10 000	≤ 100 000		3 + 1 ανά 10 000 m^3 και άνω/ημερησίως του συνολικού όγου
> 100 000			10 + 1 ανά 25 000 m^3 και άνω/ημερησίως του συνολικού όγκου

Σημείωση 1: Ως ζώνη παροχής νοείται μια γεωγραφικά καθορισμένη περιοχή εντός της οποίας το νερό ανθρώπινης κατανάλωσης εισέρχεται από μία ή περισσότερες πηγές και εντός της οποίας η ποιότητα του νερού μπορεί να θεωρηθεί ως περίπου ομοιόμορφη.

Σημείωση 2: Οι όγκοι υπολογίζονται ως μέσες τιμές για ένα ημερολογιακό έτος. Για τον καθορισμό της ελάχιστης συχνότητας, τα κράτη μέλη μπορούν να χρησιμοποιούν τον αριθμό κατοίκων μιας ζώνης παροχής αντί του όγκου του νερού, θεωρώντας ότι κάθε άτομο καταναλίσκει 200 l/ημερησίως.

Σημείωση 3: Στην περίπτωση περιοδικής παροχής, βραχείας διαρκείας, η συχνότητα παρακολούθησης του νερού που διανέμεται με βυτία αποφασίζεται από τα ενδιαφερόμενα κράτη μέλη.

Σημείωση 4: Για τις διάφορες παραμέτρους του παραρτήματος Ι, τα κράτη μέλη δύνανται να μειώνουν τον αριθμό δειγμάτων που αναφέρονται στον πίνακα εάν:

α) οι τιμές των αποτελεσμάτων που επιτυγχάνονται από δείγματα λαμβανόμενα επί περίοδο τουλάχιστον δύο συνεχών ετών είναι σταθερές και σημαντικώς καλύτερες από τις οριακές τιμές του παραρτήματος Ι και

β) δεν υπάρχει κάποιος παράγων που ενδέχεται να υποβιβάσει την ποιότητα του νερού.

Η κατώτατη συχνότητα δεν πρέπει να είναι μικρότερη του 50 % του αριθμού των δειγμάτων που αναφέρονται στον πίνακα εκτός της ειδικής περιπτώσεως της σημείωσης 6.

Σημείωση 5: Στο μέτρο του δυνατού, ο αριθμός των δειγμάτων πρέπει να κατανέμεται ομοιόμορφα στο χρόνο και το χώρο.

Σημείωση 6: Η συχνότητα πρέπει να αποφασίζεται από τα ενδιαφερόμενα κράτη μέλη.

Εικ. 25 – Ελάχιστη συχνότητα δειγματοληψίας και αναλύσεων ελεγκτικής παρακολούθησης του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης που παρέχεται από δίκτυο διανομής ή από βυτίο ή χρησιμοποιείται σε επιχείρηση παραγωγής τροφίμων (Οδηγία 1998/83 ΕΚ, Παράρτημα ΙΙ, Πίνακας Β1).

1.3.2. Αγροτικές χρήσεις

1.3.2.1. Καλλιέργειες

Ο προσδιορισμός της καταλληλότητας του νερού για άρδευση, ή αλλιώς, ο προσδιορισμός του κατάλληλου νερού άρδευσης, δεν γίνεται μόνο με μια μέθοδο. Επίσης, δεν υπάρχουν καθολικά σταθερότυπα νερού άρδευσης, γιατί η καταλληλότητα δεν εξαρτάται μόνο από ο νερό αλλά και από άλλους παράγοντες, όπως το είδος της καλλιέργειας, η σύσταση του εδάφους, οι συνθήκες στράγγισης κ.λπ. Οι συνήθεις έλεγχοι για την καταλληλότητα του νερού άρδευσης περιλαμβάνουν κυρίως τρία σημεία[3]:

- Συγκέντρωση ολικών αλάτων. Επιδρά δυσμενώς στην καρποφορία διότι μπορεί να προκαλέσει εναλάτωση των εδαφών και έτσι επιδρά στην ωσμωτική πίεση στο ριζικό σύστημα. Συνήθως δεν χρησιμοποιείται στην αξιολόγηση του νερού άρδευσης η ίδια η συγκέντρωση ολικών αλάτων, αλλά η ειδική ηλεκτρική αγωγιμότητα.
- Βαθμός αλκαλίωσης. Η εκατοστιαία αναλογία νατρίου είναι σημαντική παράμετρος, γιατί μια αυξημένη αναλογία νατρίου προς το σύνολο των κατιόντων που περιέχονται στο νερό προκαλεί αλκαλίωση των κολλοειδών και δημιουργία παθογενών εδαφών, λόγω αποκροκίδωσης. Συνήθως χρησιμοποιείται η περιεκτικότητα % σε εναλλακτικό νάτριο. Επίσης χρησιμοποιείται η αναλογία SAR (συντελεστής προσρόφησης νατρίου) και ο διορθωμένος SAR, που λαμβάνει υπόψη την πρόσθετη επίδραση της καθίζησης και διάλυσης του νατρίου στο έδαφος, που συνδέεται με τη συγκέντρωση ανθρακικών και όξινων ανθρακικών ιόντων.
- Ιοντικό περιβάλλον. Θεωρείται ότι στα νερά που χρησιμοποιούνται για άρδευση και στο εδαφικό νερό πρέπει να συνεξετάζονται και οι σχέσεις μεταξύ των ιόντων που περιέχονται στα νερά, γιατί από αυτές εξαρτάται η ομαλή απορρόφηση των θρεπτικών μεγαλοστοιχείων, των ιχνοστοιχείων και των βοηθητικών στοιχείων θρέψης, ανάπτυξης και καρποφορίας των καλλιεργειών από το ριζικό σύστημα.

Η ταξινόμηση κατά Richards (1954) συνδυάζει την ηλεκτρική αγωγιμότητα με το SAR. Το U.S. Salinity Laboratoty πρότεινε την ταξινόμηση των νερών σε τέσσερις κύριες ομάδες ως προς την ηλεκτρική αγωγιμότητα μέχρι 6000μS/cm (C1, C2, C3, C4) και σε τέσσερις ομάδες ως προς την αναλογία SAR (S1, S2, S3, S4), ορίζοντας έτσι 16 τύπους υδάτων άρδευσης. Αργότερα ο Durand επέκτεινε τις κατηγορίες της αγωγιμότητας σε πέντε με όριο τα 20000μS/cm, διαμορφώνοντας 20 τύπους υδάτων.

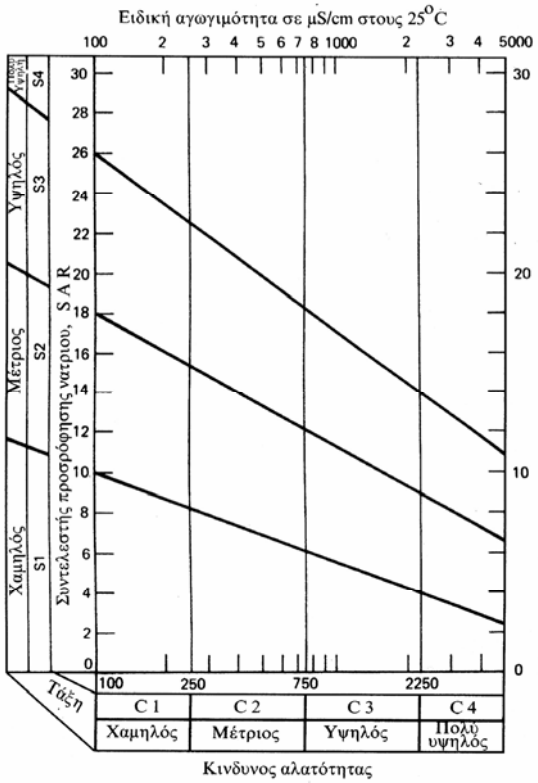
Η ταξινόμηση του νερού άρδευσης κατά Wilcox (1955) λαμβάνει υπόψη την ηλεκτρική αγωγιμότητα και το βαθμό αλκαλίωσης και ταξινομεί τα νερά άρδευσης σε πέντε κατηγορίες:

- Αρίστης ποιότητας νερά
- Νερά καλής ποιότητας
- Νερά επιτρεπόμενα έως αμφίβολα. Χρησιμοποιούνται όταν υπάρχουν συνθήκες καλής στράγγισης.
- Νερά Αμφίβολα έως ακατάλληλα. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν για άρδευση αλατούχων εδαφών υγρών περιοχών, όταν υπάρχουν συνθήκες καλής στράγγισης και έκπλυση αλάτων της ριζόσφαιρας των καλλιεργειών.
- Νερά ακατάλληλα.

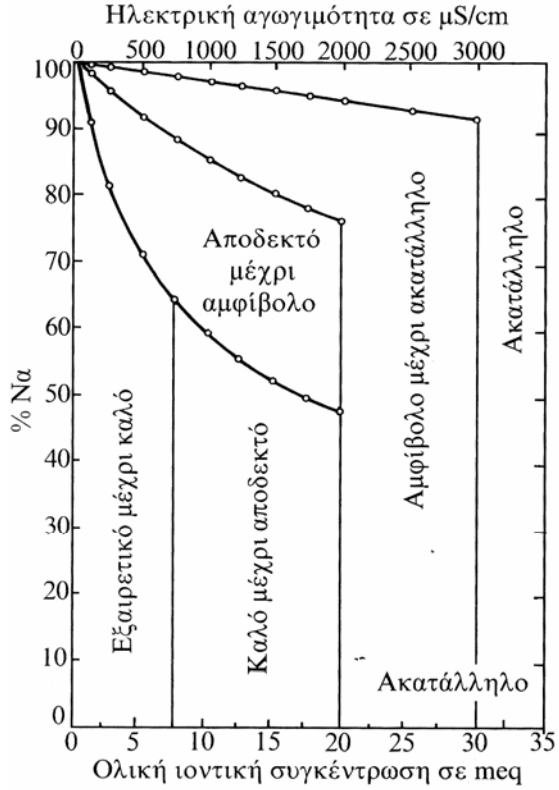
[3] Μαλεφάκης 1998, Καλλέργης 2000, κ.λπ.

Κατηγορίες αγωγιμότητας			Κατηγορίες SAR	
C1	Νερά μικρής αλατότητας (<250μS/cm). Πολύ καλής ποιότητας, κατάλληλα για άρδευση κάθε τύπου εδάφους και καλλιέργειας		S1	Νερά μικρής ικανότητας αλκαλίωσης (SAR<10). Κατάλληλα για άρδευση εδαφών οποιασδήποτε μηχανικής σύστασης, με καλή στράγγιση και έκπλυση αλάτων.
C2	Νερά μέτριας αλατότητας (250-750μS/cm). Κατάλληλα για άρδευση εδαφών με καλή στράγγιση και καλλιεργειών ημιανθεκτικών στα άλατα.		S2	Νερά μέσης ικανότητας αλκαλίωσης (10<SAR<18). Προκαλούν αύξηση του βαθμού αλκαλίωσης εδαφών μικρής έως μέσης διαπερατότητας. Για αρδεύσεις εδαφών με καλή στράγγιση και έκπλυση αλάτων, με ανάλογη ποσότητα ενεργού ασβεστίου, είτε καλίου και οργανική ύλη.
C3	Νερά μέτριας ως υψηλής αλατότητας (750-2250μS/cm). Για άρδευση διαπερατών εδαφών με συνθήκες πολύ καλής στράγγισης και έκπλυσης αλάτων, με επαρκή ποσότητα ενεργού ασβεστίου και οργανικής ύλης, και για καλλιέργειες ανθεκτικές στα άλατα.		S3	Νερά υψηλής ικανότητας αλκαλίωσης (18<SAR<26). Είναι επικίνδυνα και προκαλούν άμεση αλκαλίωση των εδαφών. Είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν για αρδεύσεις διαπερατω'ν εδαφών με μεγάλη περιεκτικότητα ενεργού ασβεστίου, είτε με προσθήκη ανάλογης ποσότητας καλιούχων αλάτων, χουμικών ενώσεων ή τύρφης. Για εδάφη με συνθήκες καλής στράγγισης και έκπλυσης αλάτων, με μικρό εύρος αρδεύσεων και προσθήκη αρκετής ποσότητας νερού σε κάθε άρδευση
C4	Νερά υψηλής αλατότητας (2250-5000μS/cm). Για άρδευση διαπερατών εδαφών με συνθήκες πολύ καλής στράγγισης και έκπλυσης αλάτων, και για καλλιέργειες ανθεκτικές στα άλατα.		S4	Νερά πολύ υψηλής ικανότητας αλκαλίωσης (SAR>26). Ακατάλληλα για αρδεύσεις. Επιφέρουν ταχύτατη αλκαλίωση των εδαφών. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν μόνο αν η αγωγιμότητά τους είναι στην κατηγορία C1 ή C2 και με προσθήκη γύψου για τη βελτίωση της σχέσης SAR.
C5	Νερά πολύ υψηλής αλατότητας (5000-20000μS/cm). Για άρδευση πολύ διαπερατών εδαφών με συνθήκες πολύ καλής στράγγισης και έκπλυσης αλάτων, με επαρκή ποσότητα ενεργού ασβεστίου και οργανικής ύλης, και για καλλιέργειες πολύ ανθεκτικές στα άλατα.			

Εικ. 26 – Περιγραφή των κατηγοριών αγωγιμότητας και δείκτη προσαρόφησης νατρίου, από το συνδυασμό των οποίων προκύπτουν οι 16 (20 κατά Durand) κατηγορίες υδάτων άρδευσης.



Εικ. 27 – Διάγραμμα ταξινόμησης αρδευτικών νερών (Richards, 1954 από Καλλέργης, 2000).



Εικ. 28 – Διάγραμμα ταξινόμησης αρδευτικού νερού κατά Wilcox (1955) από Καλλέργης, 2000.

Επειδή όπως προαναφέρθηκε η καταλληλότητα του νερού για άρδευση εξαρτάται μεταξύ άλλων και από το είδος της καλλιέργειας, στη διαχείριση των νερών άρδευσης μπορεί να συμβούν δύο καταστάσεις:

- Το είδος της καλλιέργειας να καθορίζει την ποιότητα νερού που θα χρησιμοποιηθεί. Μεταξύ δηλαδή διάφορων πηγών νερού άρδευσης, να επιλεγεί το νερό που είναι καλύτερο για την εκάστοτε καλλιέργεια.
- Η ποιότητα του νερού να καθορίζει το είδος της καλλιέργειας. Εάν είναι περιορισμένες οι εναλλακτικές πηγές νερού άρδευσης, τότε αναγκαστικά η ποιότητα του νερού περιορίζει τις επιλογές του είδους που θα καλλιεργηθεί.

Είδος φυτού	Ηλεκτρική αγωγιμότητα μmhoc/cm 25°C	Ολικά άλατα PPm	Αντοχή σε ωσμωτική πίεση σε ατμόσφαιρες
Α. Οπωροφόρα δένδρα			
Χουμοριές	6000	4200	15,8
Ελιές	1000	700	3,6
Βερικοκιές Δαμασκηνιές	700	490	2,5
Κιτριές πορτοκαλιές	700	490	2,5
Ροδιές Λεμονιές	800	560	2,9
Συκιές Μπανανιές	500	350	1,8
Αχλαδιές Ροδακινιές	500	350	1,8
Μηλιές Αμυγδαλιές	500	350	1,8
Αμπέλια Φραουλιές	500	350	1,8
Β. Δημητριακά			
Σιτάρι	500 -1000	350 -700	1,8 - 3,6
Κριθάρι	900	650	3,3
Σίκαλη	1000	700	3,6
Βρώμη	1000	700	3,6
Ρύζι	500 - 900	350 - 630	1,8 - 3,3
Αραβόσιτος	800	560	3,0

Φυτικά είδη	Ηλεκτρική αγωγιμότητα μmhoc/cm 25°C	Ολικά άλατα PPm	Ωσμωτική πίεση Atm (ατμόσφαιρες)
Γ. Λαχανικά			
Λάχανα	1200	840	4,3
Πιπεριές	1000 - 1500	700 - 1050	3,6 - 5,4
Ραπάνια	1300 - 1500	910 - 1050	4,7 - 5,4
Καρότα	1000 - 1100	700 - 770	3,6 - 3,9
Κρεμμύδια	1300 - 1500	910 - 1050	4,7 - 5,4
Κουκιά	750	530	2,6
Αγγινάρες	1100	770	3,9
Σπαράγγια	1100 - 1200	770 - 840	3,9 - 4,3
Παντζάρια	1200	840	4,3
Βλήτα	1000 - 1200	700 - 840	3,6 - 3,9
Ραδίκια	1000 - 1100	700 - 770	3,6 - 4,0
Καρπούζια	1300 - 1500	910 - 1050	4,7 - 5,4
Μελιτζάνες	1000 - 1200	700 - 840	3,6 - 4,3
Αγγούρια	500	280	1,8
Φράουλες	500	280	1,8
Δ. Βιομηχανικά φυτά			
Βαμβάκι	1300 - 1400	910 - 980	4,7 - 5,0
Σακχαρότευτλα	1400	980	5,1
Καπνά	500	350	1,8

Εικ. 29 – Ανθεκτικότητα φυτικών καλλιεργειών στα υδατοδιαλυτά άλατα του εδαφικού νερού και των νερών που χρησιμοποιούνται συνήθως για αρδεύσεις (από Μαλεφάκης, 1998).

Για τις δύο κυριότερες καλλιέργειες που ευδοκιμούν στη Λακωνία (ελιές και εσπεριδοειδή) σύμφωνα με την ανθεκτικότητα των καλλιεργειών, από άποψη αγωγιμότητας χρειάζονται νερά χαμηλής ως μέτριας αγωγιμότητας στις κατηγορίες C1 και C2, ενώ μπορούν υπό ορισμένες συνθήκες να χρησιμοποιηθούν για τις ελιές και ορισμένα νερά της C3. Ειδικά για τα εσπεριδοειδή πρέπει να τονιστεί ότι είναι πολύ ευαίσθητα στα άλατα, και ειδικά στα ιόντα νατρίου και χλωρίου. Σύμφωνα με τον Wilcox, η συγκέντρωση των ιόντων χλωρίου και νατρίου στο νερό άρδευσης των εσπεριδοειδών δεν μπορεί να υπερβαίνει τα 120mg/l.

1.3.2.2. Κτηνοτροφία

Η δεύτερη σε σπουδαιότητα οικονομική δραστηριότητα για το Δήμο Θεραπνών είναι η κτηνοτροφία, γεγονός που δείχνει τη σημασία της εξασφάλισης νερού κατάλληλης ποιότητας για τα ζώα που εκτρέφονται.

Γενικά τα όρια ποιότητας για το νερό ποτίσματος των ζώων είναι πιο ελαστικά από αυτά που έχουν οριστεί για το νερό ανθρώπινης κατανάλωσης. Θεωρείται γενικά κατάλληλο για όλα τα ζώα το νερό με ολικά διαλυμένα στερεά (TDS) σε συγκέντρωση λιγότερη από 3000 mg/l, ενώ τα όρια για διάφορα στοιχεία που θεωρούνται γενικά επικίνδυνα για τη δημόσια υγεία (Αργίλιο, Αρσενικό, Αλογόνα, Κάδμιο, Χρώμιο, Κοβάλτιο, Υδράργυρος, Χαλκός κ.λπ.), είναι περίπου τα διπλάσια από αυτά που αφορούν τον άνθρωπο. Νεαρά ζώα, ή ζώα που βρίσκονται σε κύηση ή γαλακτισμό, είναι πιο ευαίσθητα σε υψηλές συγκεντρώσεις αλάτων από τα ηλικιωμένα ζώα[4]. Νερό με πάνω από 7000mg/l διαλυμένα στερεά, θεωρείται επικίνδυνο για το πότισμα των οικιακών ζώων.

Τα όρια αυτά μπορούν να διαφοροποιούνται κατά περιοχές και κατά είδος ζώου. Ενδεικτικά αναφέρονται οι τιμές του Hem (1970) με ανώτατο όριο TDS για τα πουλερικά 2860, για τους χοίρους 4290, τα άλογα 6435, τις αγελάδες 9150, τα μοσχάρια 10100 και για τα αιγοπρόβατα 12900.

Στοιχείο		**Μέγιστη συγκέντρωση σε mg/l**
TDS	Μικρά ζώα	3000
	Πουλερικά	5000
	Άλλα ζώα	7000
Al		5
As		0,2
B		5
Cd		0,05
Cr		1
Co		1
Cu		0,5
F		2
Pb		0,1
Hg		0,01
NO_3-N+NO_2-N		100
NO_3-N		10
NO_2-N		10
Se		0,05
Va		0,1
Zn		25

Εικ. 30 – Κριτήρια ποιότητας νερού για το πότισμα οικιακών ζώων (από Καλλέργης, 2000).

[4] Καλλέργης, 2000.

1.3.4. Οικολογική χρήση

Ο ποταμός Ευρώτας, του οποίου μήκος πάνω από 20 χιλιόμετρα διασχίζει το Δήμο Θεραπνών, είναι ο τελικός αποδέκτης διάθεσης υγρών (και όχι μόνο) λυμάτων από μεγάλο τμήμα της κεντρικής και βόρειας Λακωνίας. Συγκεντρώνει τις επιπτώσεις στα επιφανειακά ύδατα της οικιστικής ανάπτυξης της περιοχής που περιλαμβάνει και την αστική και βιομηχανική περιοχή της Σπάρτης, αλλά και μεγάλο τμήμα των επιπτώσεων της μεταποιητικής δραστηριότητας όλων των περιοχών εντός της λεκάνης του ποταμού. Ταυτόχρονα όμως, ο Ευρώτας είναι ένα ποτάμιο σύστημα που συντηρεί ένα φυσικό και ιστορικό τοπίο και επιμέρους οικοσυστήματα κατά μήκος του, ενώ ταυτόχρονα εμπλουτίζει έναν αριθμό φρεάτιων και καρστικών υδροφόρων οριζόντων των οποίων η σπουδαιότητα αυξάνεται προς τα νότια. Έτσι, η έννοια «οικολογική χρήση» έχει μεγαλύτερο βάθος και πλάτος από αυτό που δείχνει ο τυπικός όρος και δεν περιλαμβάνει μόνο τα οικοσυστήματα. Είναι λοιπόν αναγκαίο να συντηρείται τόσο η ροή του ποταμού σύμφωνα με τη φυσική τάση, όσο και η ελάχιστη αποδεκτή ποιότητα του νερού.

Κατά την εκπόνηση του προγράμματος «Συνεχής Τηλεμετρική Παρακολούθηση της Ποιότητας των Υδάτων του Ευρώτα Ποταμού και Αυτόματο Σύστημα Άμεσης Ειδοποίησης» που εκπονείται από ερευνητική ομάδα του Πανεπιστημίου Αθηνών με επιστημονικό υπεύθυνο τον Ομότιμο Καθηγητή Dr rer. nat. Ηλία Μαριολάκο από το 2004 μέχρι σήμερα (2007), αντιμετωπίστηκε το πρόβλημα της κατάταξης της ποιοτικής κατάστασης των υδάτων του ποταμού, με βάση κάποια σταθερότυπα.

Τα σταθερότυπα ποιότητας για το χαρακτηρισμό της ποιότητας του ποταμού Ευρώτα για κάθε παράμετρο που παρακολουθείται από το πρόγραμμα, έχουν καθοριστεί από την Ευρωπαϊκή Νομοθεσία, και συγκεκριμένα την Οδηγία 1998/83 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου, που αφορά τα νερά που προορίζονται για ανθρώπινη κατανάλωση. Αυτό γίνεται για δύο βασικούς λόγους.

Ο πρώτος λόγος είναι ότι για κάθε τμήμα ενός ποτάμιου συστήματος, τα ακριβή όρια της φυσικής του κατάστασης διαφέρουν. Σε περιοχές άλλων κρατών όπου η ποιότητα του νερού παρακολουθείται συστηματικά επί σειρά ετών, συχνά καθορίζονται στενά όρια για κάθε τμήμα, ανάλογα με την κατάταξη που έχει γίνει βάσει της προηγούμενης παρακολούθησης.

Ο δεύτερος λόγος είναι ότι το νερό του Ευρώτα βρίσκεται σε άμεση υδραυλική επικοινωνία τόσο με κοκκώδεις όσο και με καρστικούς υδροφόρους ορίζοντες, των οποίων το νερό χρησιμοποιείται και ως πηγή ποσίμου. Συνεπώς κάθε επιβάρυνση της κατάστασης της ποιότητας στον Ευρώτα μεταφέρεται απευθείας (αν δεν αθροίζεται κιόλας) στους υπόγειους υδροφόρους.

Κρίθηκε από την επιστημονική ομάδα, ότι ο πλέον εποπτικός τρόπος παρουσίασης των δεδομένων είναι ο τρόπος που κατ' εφαρμογή της Οδηγίας 2000/60 του Ε.Κ. παρουσιάζει τα αποτελέσματα της παρακολούθησης ποιότητας το σύστημα SEQ-EAU (Système d' Evaluation de Qualité de l' Eau, του γαλλικού Υπουργείου Περιβάλλοντος και Χωροταξίας).

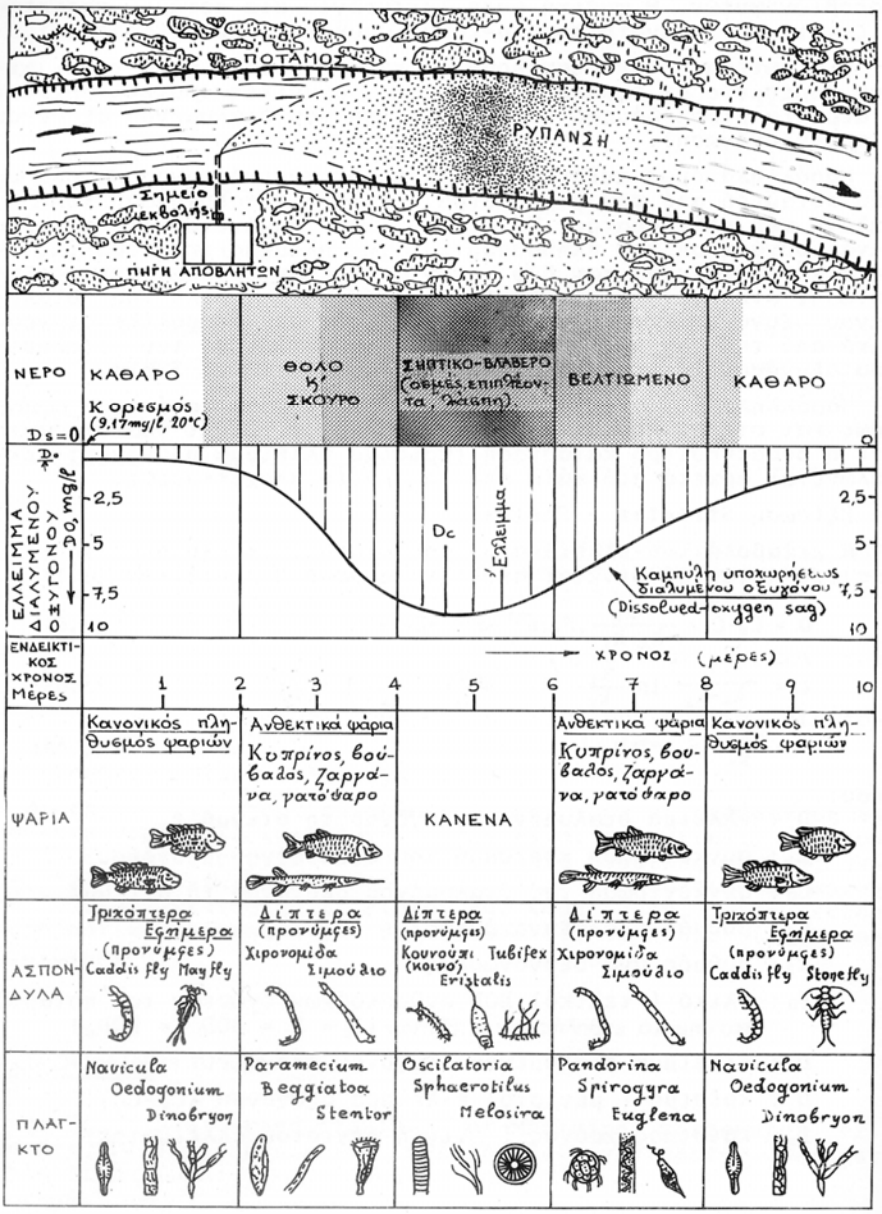
Χρησιμοποιούνται πέντε κατηγορίες από το «πολύ καλό» (μπλε χρώμα) μέχρι το «πολύ κακό» (κόκκινο χρώμα). Τα όρια κάθε κατηγορίας λαμβάνουν υπόψη:

- Τη γαλλική και την ευρωπαϊκή νομοθεσία που αφορά το νερό που προορίζεται για ανθρώπινη κατανάλωση και κολύμβηση.
- Τις συστάσεις των διεθνών οργανισμών (U.S.A. Environmental Protection Agency κ.λπ.)
- Στοιχεία από διεθνείς βάσεις δεδομένων
- Βιβλιογραφία.

Βέβαια η πλήρης αποτύπωση της ποιοτικής κατάστασης των επιφανειακών υδάτων περιλαμβάνει πλήθος περισσότερων παραμέτρων και δεικτών, δεν ήταν όμως δυνατό να συμπεριληφθεί μεγάλος αριθμός κι έτσι χρησιμοποιήθηκαν οι πλέον χαρακτηριστικές για τις οποίες ήταν τεχνικά εφικτό να εφαρμοστεί αξιόπιστη τηλεμετρική παρακολούθηση κρατώντας τη δαπάνη σε ρεαλιστικά επίπεδα.

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ		Πολύ Καλό	Καλό	Μέτριο	Κακό	Πολύ κακό
Διαλυμένο Οξυγόνο (mg/l)		>8	6	4	3	<3
Θολότητα (NTU)		<2	35	70	105	>105
Θερμοκρασία (^{0}C)		<21,5	23,5	25	28	>28
Αγωγιμότητα (μS/cm)		<2500	3000	3500	4000	>4000
pH	min	6,5	6	5,5	4,5	<4,5
	MAX	8,2	8,5	9	10	<10

Εικ. 31 - Κατηγορίες ποιότητας του νερού για τις μετρούμενες παραμέτρους στον ποταμό Ευρώτα, σύμφωνα με το σύστημα SEQ-EAU.



Εικ. 32 – Ρύπανση ποταμού με ανεπεξέργαστα απόβλητα και αυτοκαθαρισμός. Ενδεικτικές μεταβολές των βιοκοινωνιών σε συνάρτηση με τη ρύπανση (από Μαρκαντωνάτος, 1984).

Επίσης για λόγους τεκμηρίωσης παρατίθενται από την ελληνική βιβλιογραφία τα όρια τιμών μεγαλοστοιχείων, ιχνοστοιχείων και παραμέτρων λυμάτων και αποβλήτων, για την αποχέτευση στους ενδιάμεσους και τελικούς αποδέκτες, που δίνονται από τον τ. Διευθυντή Ινστιτούτου Εδαφολογίας και Εδαφοϋδρολογικού Εργαστηρίου Υπηρεσίας Εγγείων Βελτιώσεων του Υπουργείου Γεωργίας, κ. Ι. Μαλεφάκη (1998).

Αποδείχθηκε πάντως ότι, για τις συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή της Λακωνίας, ιδιαίτερα κρίσιμη αλλά και ενδεικτική παράμετρος προς παρακολούθηση είναι αυτή του διαλυμένου οξυγόνου[5] (ή του βαθμού κορεσμού του νερού σε οξυγόνο), η οποία ούτως ή άλλως αποτελεί σημαντικό δείκτη της οικολογικής ποιότητας και δείχνει την οργανική ρύπανση. Ο Ευρώτας είναι ένα ποτάμι που ενώ έχει υψηλή δυνατότητα αυτοκαθαρισμού, ταυτοχρόνως έχει και πεπερασμένα όρια αντοχής σε σχέση με το βαθμό της οργανικής ρύπανσης, δεδομένου μάλιστα ότι όταν αυτή ξεπεράσει κάποιες τιμές δεν επιβιώνουν τα ψάρια στο ποτάμι.

Παράμετρος	Μονάδα	Επιτρεπόμενα όρια διάθεσης		
		Υπόνομος	Ρεύμα	Θάλασσα
Κολοβακτηριοειδή	K/100 ml	-	1000	-
Κολοβακτηρίδια	»	-	200	-
BOD5	mg/l	500	40	40
COD	»	1000	120	150
Διαλυμένο οξυγόνο	»	-	3	-
Θερμοκρασία	°C	35	28	35
PH	-	6 - 9	6 - 9	6 - 9
Αιωρούμενα στερεά (SS)	mg/l	500	50	40
Καθιζανόμενα στερεά 2 ώρες σε κώνο inhoff	»	10	χωρίς	0,5
Διαλυμένα στερεά	»	3000	1000	1500
Μεγαλοστερεά	Διάμετρος σε cm	<1,5	χωρίς	<1
Απορρυπαντικά	mg/l	50	5	5
Φυτικά και ζωικά λίπη και έλαια	»	40	5	20
Ορυκτά έλαια - Υδρογονάνθρακες	»	15	1	15
Αλδεύδες	»	-	-	1
Αμμωνικά σαν άζωτο	»	25	10	12
Νιτρώδη (NO'_2)	»	4	1	0,6
Νιτρικά (NO'_3)	»	20	4	20
Θειώδη σαν (SO''_4)	»	1	0,2	1
Θειούχα (S'')	»	-	-	2
Θειικά (SO''_4)	»	1500	1000	-

Εικ. 33 - Όρια τιμών μεγαλοστοιχείων, ιχνοστοιχείων και παραμέτρων λυμάτων και αποβλήτων, για την αποχέτευση στους ενδιάμεσους και τελικούς αποδέκτες(πρώτο απόσπασμα) (Μαλεφάκης, 1998).

[5] Μαριολάκος 2005, Mariolakos 2007

Παράμετρος	Μονάδα	Επιτρεπόμενα όρια διάθεσης		
		Υπόνομος	Ρεύμα	Θάλασσα
Υδρόθειο	mg/l	1	0,1	-
Αντιμόνιο (Sb)	»	5	0,5	-
Αργίλιο (Al)	»	10	1	5
Άργυρος (Ag)	»	5	0,5	-
Αρσενικό (As)	»	0,5	0,1	0,5
Βάριο (Ba)	»	20	2	20
Βόριο (B)	»	10	2	2
Βρώμιο (Br)	»	10	1	-
Βυρίλιο (Be)	»	30	3	-
Αζωτούχες διαλυτές ενώσεις	»	-	-	0,1
Αρωματικές διαλυτές ενώσεις	»	-	-	0,2
Χλωριούχες διαλυτές ενώσεις	»	-	-	1
Θάλιο (TI)	»	2	0,2	-
Κάδμιο (Cd)	»	0,5	0,05	0,1
Κασσίτερος (Sn)	»	10	1	10
Κοβάλτιο (Co)	»	10	2	-
Κυανιούχα (CN)	»	3	0,1	0,5
Μαγγάνιο (Mn)	»	10	1	2
Μολυβδαίνιο (Mo)	»	10	2	-
Μόλυβδος (Pb)	»	5	0,5	0,1
Νικέλιο (Ni)	»	10	1	-
Ουράνιο (U)	»	5	1	-
Σελίνιο (Se)	»	0,2	0,02	0,1
Σίδηρος (Fe)	»	15	2	2
Τιτάνιο (Ti)	»	10	2	-

Παράμετρος	Μονάδα	Επιτρεπόμενα όρια διάθεσης		
		Υπόνομος	Ρεύμα	Θάλασσα
Υδράργυρος (Hg)	mg/l	0,01	0,01	0,005
Φαινόλες	»	5	0,5	0,5
Φθοριούχα (F)	»	20	2	6
Φωσφορικά σαν (P)	»	10	0,2	10
Χαλκός (Cu)	»	1	0,2	1,5
Ελεύθερο χλώριο (Cl2)	»	5	0,4	0,7
Τρισθενές χρώμιο (Cr+++)	»	2	1	2
Εξασθενές χρώμιο (Cr+6)	»	0,5	0,2	0,2
Ψευδάργυρος (Zn)	»	20	0,5	1
Οσμή	»	-	Χωρίς ενόχληση	-
Χρώμα	»	-	Να μην προσδιορίζεται	Να μην είναι ορατό σε αραίωση 1/20
Τοξικά μέταλλα σύνολο As, Ca, Cr6, Cu, Hg, Ni Pb, Se, Zn, CN,	mg/l	-	-	3
Τοξικές ουσίες σύνολο: φαινόλες C_6H_5OH	mg/l	-	-	0.2

Εικ. 34 - Όρια τιμών μεγαλοστοιχείων, ιχνοστοιχείων και παραμέτρων λυμάτων και αποβλήτων, για την αποχέτευση στους ενδιάμεσους και τελικούς αποδέκτες (δεύτερο απόσπασμα) (Μαλεφάκης, 1998).

Όπως φαίνεται στους πίνακες των ορίων, οι τιμές αυτές αναφέρονται σε λύματα προς διάθεση στους αποδέκτες και όχι στην ποιότητα του ίδιου του νερού του ποταμού. Συνεπώς οι τιμές που παρατηρούνται στον Ευρώτα και στους παραποτάμους του δεν πρέπει να πλησιάζουν αυτά τα επίπεδα, γεγονός που όπως διαπιστώθηκε δεν ισχύει. Η δυσάρεστη πραγματικότητα είναι ότι σε πολλές θέσεις και αρκετά συχνά οι τιμές που μετρώνται είτε στο ποτάμι είτε σε παραποτάμους βρίσκονται στο επίπεδο των λυμάτων.

Σε κάθε περίπτωση, από τα παραπάνω προκύπτει ότι σχετικά με το νερό «οικολογικής χρήσης», για μεν τα στοιχεία μπορούν να ισχύσουν οι ποιοτικές απαιτήσεις για το πόσιμο νερό των ζώων ή του ανθρώπου, ενώ για τις φυσικοχημικές ιδιότητες πρέπει να υπάρχει οπωσδήποτε:

- καλή οξυγόνωση (διαλυμένο οξυγόνο 3mg/l τουλάχιστον, δηλαδή χαμηλό οργανικό φορτίο),
- αγωγιμότητα κάτω από 4000μS/cm,
- pH μεταξύ 4.5 και 10 και
- θερμοκρασία κάτω από τους 28 βαθμούς.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΠΙΕΣΕΙΣ ΣΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΥΔΑΤΩΝ

3.1. Ρύπανση και Μόλυνση

Με βάση τα φυσικά, μικροβιολογικά και χημικά χαρακτηριστικά των υδάτων, και σύμφωνα με τις προδιαγραφές που περιγράφηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο, είναι συχνό το φαινόμενο κάποια συστήματα υδάτων να περιέχουν ποσότητες νερού που να κρίνονται ακατάλληλες για κάποιες ή για όλες τις ανθρώπινες ή οικολογικές χρήσεις. Αυτό μπορεί να είναι συνέπεια είτε φυσικών διεργασιών είτε ανθρωπογενών επιδράσεων. Ένα ενδεικτικό παράδειγμα είναι η υφαλμύρωση των παράκτιων υδροφόρων. Η προέλαση του μετώπου υφαλμύρωσης προς την ξηρά μπορεί να συμβεί είτε λόγω υπερεκμετάλλευσης των παράκτιων υδροφορέων, είτε λόγω ανύψωσης της στάθμης της θάλασσας, είτε ακόμα και λόγω διάβρωσης των ακτών. Αντίστοιχα, ένα σύστημα υδάτων μπορεί να κριθεί ακατάλληλο λόγω ρύπων που προέρχονται από τον άνθρωπο (π.χ. νιτρικά ιόντα προερχόμενα από τη χρήση λιπασμάτων) είτε λόγω της σύστασης του υδροφορέα (π.χ. ιόντα νατρίου ή σιδήρου προερχόμενα από τα πετρώματα που υδροφορούν).

Στο νόμο του Ελληνικού Κοινοβουλίου για το περιβάλλον (1650/86) αναφέρονται οι ορισμοί:

- **Ρύπανση (pollution) του περιβάλλοντος**: η παρουσία στο περιβάλλον ρύπων, δηλαδή κάθε είδους ουσιών, θορύβου, ακτινοβολίας ή άλλων μορφών ενέργειας, σε ποσότητα, συγκέντρωση ή διάρκεια που μπορούν να προκαλέσουν αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία, στους ζωντανούς οργανισμούς και στα οικοσυστήματα ή υλικές ζημιές και γενικά να καταστήσουν το περιβάλλον ακατάλληλο για τις επιθυμητές χρήσεις του.[6]
- **Μόλυνση (contamination) του περιβάλλοντος**: η μορφή ρύπανσης που χαρακτηρίζεται από την παρουσία παθογόνων μικροοργανισμών στο περιβάλλον ή δεικτών που υποδηλώνουν την πιθανότητα παρουσίας τέτοιων μικροοργανισμών.[7]

Γενικά οι όροι ρύπανση και μόλυνση αναφέρονται ως συνώνυμοι (και στα αγγλικά), με αποτέλεσμα να υπάρχει σύγχυση στη βιβλιογραφία. Ειδικά για το (υπόγειο) νερό πάντως, συνηθίζεται να γίνεται αναφορά με τον όρο ρύπανση ή μόλυνση, σε «οποιαδήποτε υποβάθμιση της φυσικής ποιότητας του νερού, που είναι αποτέλεσμα των δραστηριοτήτων του ανθρώπου»[8].

Οι εστίες της ρύπανσης διακρίνονται σε σημειακές, γραμμικές και διάχυτες (Todd et al, 1976) ανάλογα με τη γεωμετρία τους, δηλαδή αν οι ρύποι προέρχονται από μία μοναδική θέση, από γραμμική διάταξη ή από μια περιοχή. Σε ένα σύστημα επιφανειακών και υπόγειων υδάτων, η κατάσταση μπορεί να περιπλακεί αρκετά. Για παράδειγμα, μια πηγή ρύπανσης (π.χ. η έξοδος λυμάτων μιας βιομηχανίας σε ένα ποτάμι) μπορεί να είναι καταρχήν σημειακή. Το μολυσμένο νερό του ποταμιού στη συνέχεια αποτελεί μια δευτερογενή γραμμική «πηγή ρύπανσης» ως προς το φρεάτιο υδροφόρο με τον οποίο επικοινωνεί υδραυλικά. Αν το νερό του υδροφόρου χρησιμοποιηθεί για άρδευση μιας περιοχής, τότε αναπτύσσεται μια διάχυτη πηγή ρύπανσης.

Οι ίδιοι οι ρύποι μπορεί να είναι ραδιενεργά υλικά (π.χ. από την επεξεργασία και χρήση πυρηνικών υλικών), ιχνοστοιχεία (π.χ. από τον εμπλουτισμό μεταλλευμάτων), θρεπτικά συστατικά (π.χ. από τα λιπάσματα), ανόργανες και οργανικές ενώσεις ή παθογόνοι μικροοργανισμοί (π.χ. από τους βόθρους ή

---

[6] Ο Μαρκαντωνάτος (1984) δίνει έναν διαφορετικό ορισμό: «Ρύπανση χαρακτηρίζεται η ανεπιθύμητη αλλαγή των φυσικών, χημικών, ραδιολογικών ή βιολογικών – μικροβιολογικών χαρακτηριστικών του περιβάλλοντος – νερού, αέρα, εδάφους – από τις δραστηριότητες του ανθρώπου, που μπορεί να βλάψει πρώτιστα την υγεία και ευημερία και παράλληλα να προκαλέσει οικονομικές και αισθητικές ζημιές, να θίξει τις πολιτιστικές αξίες και να διαταράξει την ισορροπία του φυσικού οικοσυστήματος». Κατά τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας, «Ρύπανση είναι η εισαγωγή στο περιβάλλον (αέρα, νερό ή έδαφος) ουσιών, που η ποσότητα, τα χαρακτηριστικά και η διάρκεια είναι πιθανό να προκαλέσουν βλάβη στον άνθρωπο, τα ζώα ή τη ζωή του πλανήτη».

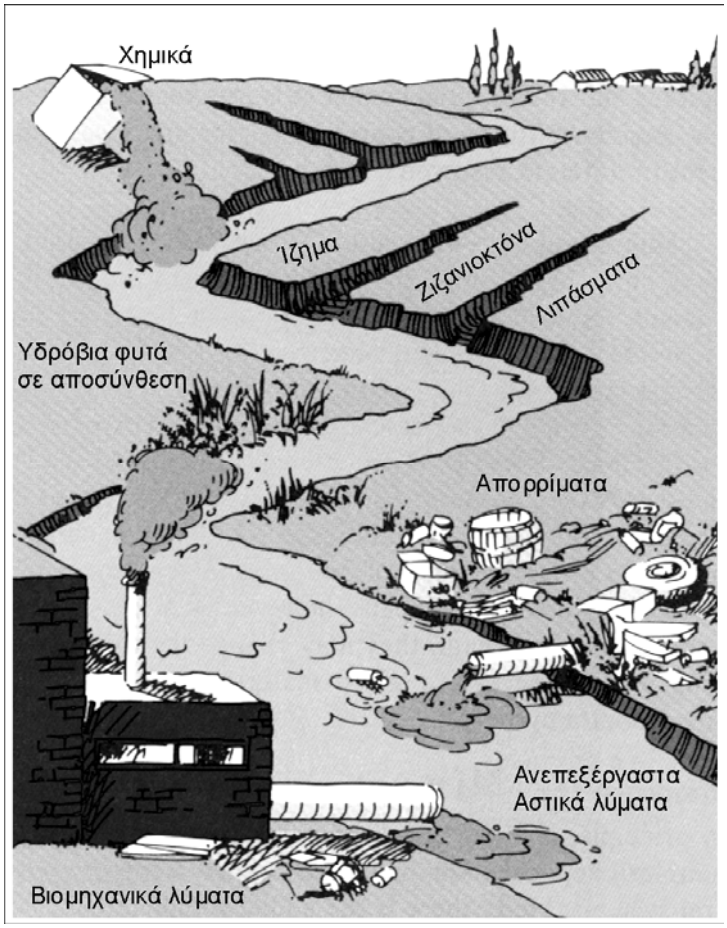
[7] Ο Μαρκαντωνάτος (1984) δίνει τον ίδιο ορισμό.

[8] Καλλέργης, 2000 και Todd, 1980.

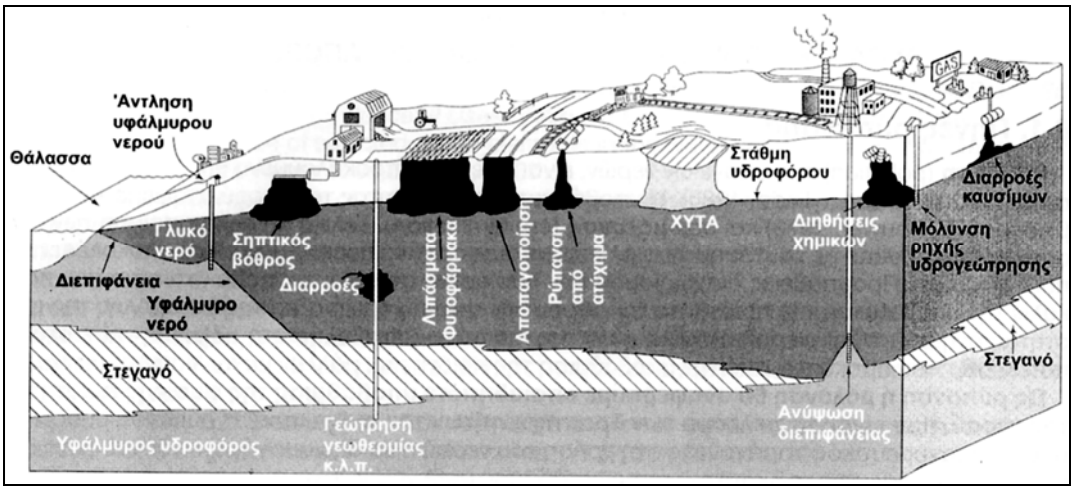
τις χωματερές), και χρησιμοποιημένα νερά με αλλοιωμένα κάποια χαρακτηριστικά (όπως η θερμοκρασία στα νερά ψύξης).

Πρέπει επίσης να σημειωθεί ότι ίδιοι ή παρόμοιοι ρύποι μπορεί να προέρχονται από διαφορετικού τύπου εστίες. Για παράδειγμα, ο φώσφορος μπορεί να προέλθει είτε από σημειακές πηγές, όπως είναι η αποχέτευση, μέσω της οποίας διαφεύγουν τα υπολείμματα των απορρυπαντικών (που περιέχουν φωσφορικό φορτίο) είτε από διάχυτες, όπως η επιστρεφόμενη αρδευτική ροή από τις καλλιέργειες που χρησιμοποιούνται λιπάσματα. Παρόμοια είναι η κατάσταση και για το άζωτο.

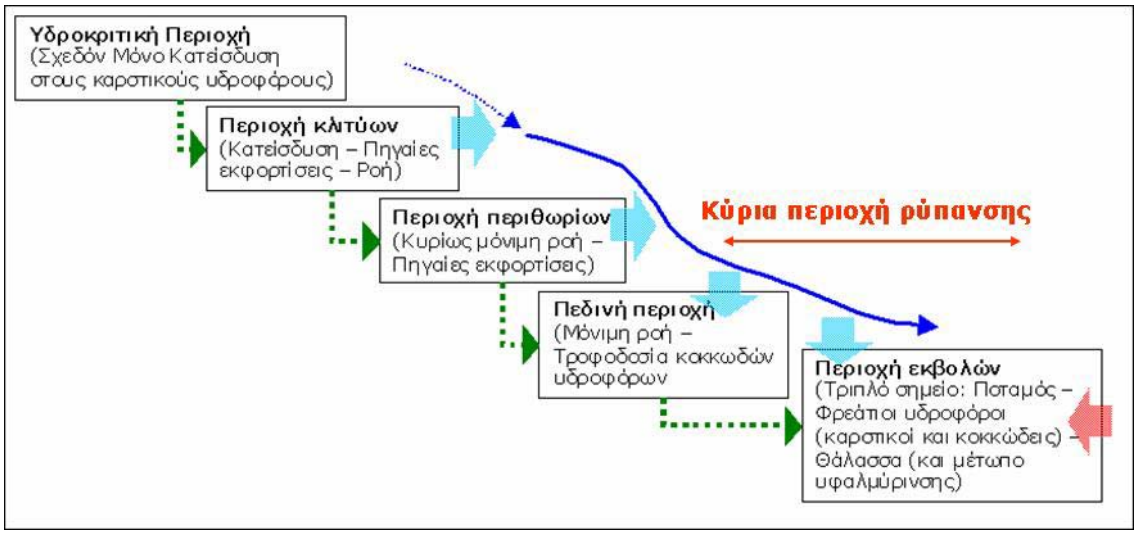
Η προέλευση της ρύπανσης αποτελεί ένα πρόβλημα που γίνεται ακανθώδες και περίπλοκο όσο πλησιάζει η έρευνα από την διαπίστωση του τύπου της ρύπανσης στην ταυτοποίηση των υπευθύνων που την προκαλούν. Για παράδειγμα, κατά την τηλεμετρική παρακολούθηση του Ευρώτα, που αντιμετωπίστηκε ειδικά το θέμα αυτό, διαπιστώθηκε ότι και μόνο το γεγονός ότι για κάθε κατηγορία ρύπανσης υπάρχουν πολλές διαφορετικές πιθανές εστίες, δυσκολεύει την απόδοση ευθυνών, ακόμα και αν έχει διαπιστωθεί ο τύπος των ρύπων, γι' αυτό και τονίστηκε από την ερευνητική ομάδα του Πανεπιστημίου Αθηνών η σημασία της αμεσότητας στις δειγματοληψίες που πρέπει να ακολουθούν τα επεισόδια ρύπανσης.



Εικ. 35 – Σχηματική απεικόνιση των πηγών ρύπανσης των επιφανειακών υδάτων.



Εικ. 36 – Μηχανισμοί ρύπανσης των υπόγειων νερών (Fetter 1993, τροποποιημένο από Καλλέργης 2000).



Εικ. 37 – Περιοχή ρύπανσης των υδάτων στο σχήμα απορροής της λεκάνης του Ευρώτα.

3.2. Εκτίμηση ρυπαντικών φορτίων

3.2.1. Μεθοδολογία εκτίμησης των ρυπαντικών φορτίων

Οι κυριότερες πηγές ρύπανσης των υδάτων, επιφανειακών και υπόγειων, που σχετίζονται με τις ανθρώπινες δραστηριότητες κατατάσσονται στις παρακάτω κατηγορίες:

- Βιομηχανικά απόβλητα
- Αστικά απόβλητα
- Κτηνοτροφικά απόβλητα
- Επιφανειακές απορροές (κυρίως «επιστρεφόμενη αρδευτική ροή[9]»).

[9] Irrigation Return Flow

Για την εκτίμηση των ρυπαντικών φορτίων που οφείλονται στις παραπάνω δραστηριότητες, και λόγω της έλλειψης πραγματικών πρωτογενών στοιχείων για τα παραγόμενα ρυπαντικά φορτία στην έκταση του Δήμου Θεραπνών, ο ποσοτικός προσδιορισμός των ρύπων μπορεί να γίνει μόνο κατά προσέγγιση, χρησιμοποιώντας στοιχεία από διάφορες πηγές όπως οι υπηρεσίες του Δήμου (για τις δραστηριότητες μέσα στο Δήμο), το Υπ. Ανάπτυξης («Σχέδιο Προγράμματος Διαχείρισης των υδατικών πόρων της χώρας»), η Εθνική Στατιστική Υπηρεσία (για τα πληθυσμιακά στοιχεία), η Εθνική και Ευρωπαϊκή Νομοθεσία που διέπει την ποιότητα των υδάτων, καθώς και στοιχεία από την Ελληνική και ξενόγλωσση βιβλιογραφία.

3.2.2. Βιομηχανικά απόβλητα

Γενικά, οι βιομηχανίες, ανάλογα με το μέγεθος της όχλησης που προκαλούν, χωρίζονται σε δύο κατηγορίες:

1. Βιομηχανίες χαμηλής ή μέσης όχλησης, στις οποία εντάσσονται μονάδες των οποίων τα απόβλητα δεν περιέχουν τοξικές ουσίες και προσομοιάζουν προς αστικά λύματα. Αυτά χαρακτηρίζονται από την παρουσία συμβατικών ρύπων, π.χ. συγκέντρωση οργανικού φορτίου, συγκέντρωση στερεών και θρεπτικών (αζώτου και φωσφόρου).

2. Βιομηχανίες υψηλής όχλησης, στις οποίες εντάσσονται μονάδες που παράγουν απόβλητα με συμβατικούς και μη συμβατικούς ρύπους και χαρακτηρίζονται από υψηλές συγκεντρώσεις τοξικών και επικίνδυνων ουσιών (ο χαρακτηρισμός των ουσιών αυτών γίνεται σύμφωνα με κριτήρια αναφλεξιμότητας, δραστηριότητας, διαβρωτικότητας, τοξικότητας και γενετικών επιπτώσεων).

Στους πίνακες που ακολουθούν παρουσιάζονται μερικά ενδεικτικά χαρακτηριστικά των υγρών αποβλήτων που διατίθενται συνήθως στους ενδιάμεσους ή τελικούς αποδέκτες. Στους πίνακες που αναφέρονται στα βιομηχανικά απόβλητα, με κόκκινο χρώμα σημειώνονται μερικές από τις κατηγορίες που υπάρχουν και στην περιοχή έρευνας.

Μια πρώτη παρατήρηση από τη σύγκριση αυτών των χαρακτηριστικών δείχνει ότι η ρύπανση από τα ελαιοτριβεία, για παράδειγμα, παρουσιάζει τη μεγαλύτερη επιβάρυνση στα αιωρούμενα στερεά και στην κατανάλωση οξυγόνου, όπως και στο pH. Αντίθετα, η κονσερβοποιία και η εμφιάλωση αναψυκτικών έχουν μικρότερες επιπτώσεις, συγκριτικά. Ταυτόχρονα όμως, τα ελαιουργεία συνήθως λειτουργούν επί μικρότερο χρονικό διάστημα κατά τη διάρκεια του έτους και έχουν μικρότερη παραγωγή σε όγκο υγρών λυμάτων την ώρα, και δεν διατίθενται συνεχώς στον αποδέκτη, αλλά συνήθως με «αδειάσματα». Επίσης, τα ανεπεξέργαστα αστικά λύματα, όπως και τα λύματα σφαγείων, έχουν μεγάλη (σε σχέση με τις χυμοποιίες) επίδραση στην αγωγιμότητα και στην κατανάλωση οξυγόνου, αλλά το άδειασμα των βόθρων είναι στιγμιαίο επεισόδιο, δεν διαρκεί πολύ και δεν έχει συνεχή παροχή.

Μέσα στα όρια του Δήμου εντοπίζονται μόνο βιομηχανικές δραστηριότητες της πρώτης κατηγορίας (χαμηλής ή μέσης όχλησης), αφού πρόκειται κυρίως για μονάδες παραγωγής και τυποποίησης αγροτικών προϊόντων (ελαιουργεία).

Η περιοχή του Δήμου Θεραπνών όμως είναι αποδέκτης, μέσω του Ευρώτα, ρύπανσης που προέρχεται και από άλλες περιοχές. Η αστική ρύπανση του πολεοδομικού συγκροτήματος Σπάρτης, που ευτυχώς σήμερα περνάει πρώτα από τη μονάδα βιολογικού καθαρισμού της ΔΕΥΑΣ, έχει ως αποδέκτη τον Ευρώτα, ο οποίος στη συνέχεια περνά από το Δήμο Θεραπνών. Στη διαδρομή αυτή, ο Ευρώτας συλλέγει ακόμα τα λύματα των ελαιουργείων που βρίσκονται και στις δύο πλευρές του, όπως επίσης και τα λύματα των μονάδων χυμοποιίας από τις περιοχές Ριβιώτισσα και Αγία Κυριακή, από τη δυτική πλευρά του ποταμού μέσω χειμάρρων.

Το γεγονός αυτό αλλάζει ριζικά τον τρόπο με τον οποίο θα μπορούσε να γίνει η προσπάθεια της μείωσης της ρύπανσης στο ποτάμι στην περιοχή του Δήμου Θεραπνών, καθώς κύριες εστίες ρύπανσης δεν βρίσκονται στα όρια ευθύνης και δικαιοδοσίας του. Όπως θα παρουσιαστεί αναλυτικότερα στο τελευταίο μέρος της εργασίας, σε τέτοια θέματα δεν αρκεί η κινητοποίηση της δημοτικής αρχής για να δοθεί λύση, και το πρώτο πρόβλημα συνήθως είναι η αναγνώριση του θέματος ως καταρχήν υπαρκτού, δεύτερον ως σημαντικού και τρίτον, ως υπερτοπικού χαρακτήρα.

Σε σχέση με το μέγεθος του προβλήματος, αρκεί μόνο να παρατεθούν τα στοιχεία των αναλύσεων του Γενικού Χημείου του Κράτους, μετά από ειδοποίηση του τηλεμετρικού συστήματος παρακολούθησης της ποιότητας των υδάτων του Ευρώτα, για την τεκμηρίωση της προέλευσης της ρύπανσης και για τη διασταύρωση των επεισοδίων ρύπανσης που καταγράφονται από το σύστημα με αναλυτικά δεδομένα.

ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ	ΜΟΝΑΔΑ	ΥΓΡΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ (κ.μ./μονάδα)	BOD5		COD	ΑΙΩΡ. ΣΤΕΡΕΑ	
			kg/μονάδα	mg/l	kg/μονάδα	kg/μονάδα	mg/l
ΣΦΑΓΕΙΑ	t Z.B.	5,33	6	1125		5,6	1050
ΓΑΛΑΚΤΟΚΟΜΙΚΑ	t γάλα	2,4	5,3	2210		2,2	915
ΚΟΝΣΕΡΒΟΠΟΙΙΑ ΦΡΟΥΤΩΝ ΚΑΙ ΛΑΧΑΝΙΚΩΝ	**t προϊόν**	**11,3**	**12,5**	**1105**		**4,3**	**380**
ΕΛΑΙΟΤΡΙΒΕΙΑ	**t λάδι**	**5**	**-**	**15000**	**115000 (mg/l)**	**-**	**65000**
ΡΑΦΙΝΑΡΙΣΜΑ ΛΑΔΙΟΥ	**t λάδι**	**57,5**	**12,9**	**225**	**21**	**16,4**	**215**
ΖΑΧΑΡΗ ΑΠΌ ΤΕΥΤΛΑ	t τεύτλα	23,4	20	855		75	3205
ΖΥΘΟΠΟΙΙΑ	m^3 μπύρα	14,5	8,6	595		14,7	1015
ΑΝΑΨΥΚΤΙΚΑ	**m^3 προϊόν**	**7,1**	**2,5**	**350**		**1,9**	**265**
ΥΦΑΝΤΟΥΡΓΕΙΑ (ΜΑΛΛΙ ΜΕ ΠΛΥΣΙΜΟ)	t προϊόν	544	314	580	1140	196	360
ΥΦΑΝΤΟΥΡΓΕΙΑ (ΜΑΛΛΙ ΧΩΡΙΣ ΠΛΥΣΙΜΟ)	t προϊόν	537	87	160	347	43	80
ΥΦΑΝΤΟΥΡΓΕΙΑ (ΒΑΜΒΑΚΙ)	t προϊόν	317	155	490		70	220
ΥΦΑΝΤΟΥΡΓΕΙΑ (ΣΥΝΘΕΤΙΚΑ)	t προϊόν	42-210	30-185	360-1850	52-320	30-95	240-1310
ΒΥΡΣΟΔΕΨΕΙΑ	t δέρμα ακ.	52	89	1710	258	138	2655
ΕΠΙΜΕΤΑΛΛΩΤΗΡΙΑ - Cu	t άνοδος	1403					
ΕΠΙΜΕΤΑΛΛΩΤΗΡΙΑ - Ni	t άνοδος	1519					
ΕΠΙΜΕΤΑΛΛΩΤΗΡΙΑ - Cr2O3	t άνοδος	36300					
ΕΠΙΜΕΤΑΛΛΩΤΗΡΙΑ - Zn	t άνοδος	1815					
ΕΠΙΜΕΤΑΛΛΩΤΗΡΙΑ - Cd	t άνοδος	833					

Πίνακας 13 - Υγρά απόβλητα και ενδεικτικά ποιοτικά χαρακτηριστικά επιλεγμένων βιομηχανιών (συνεχίζεται στην επόμενη εικόνα).

Πρέπει να τονιστεί ότι οι τιμές οργανικού φορτίου που διαγνώστηκαν μέσω του χημικά και του βιολογικά απαιτούμενου οξυγόνο ήταν πολλαπλάσιες από τα ανεκτά επίπεδα **για διάθεση λυμάτων σε ρεύμα**.

Για την ιστορία πρέπει να καταγραφεί ότι, για τις εγκαταστάσεις των χυμοποιιών και τη ρύπανση στο ποτάμι, είχαν γίνει και εξακολουθούν να γίνονται πλήθος καταγγελιών και διαμαρτυριών από πολίτες και ενώσεις πολιτών, ωστόσο η κατάσταση κατά καιρούς βελτιώνεται προσωρινά, για να επανέλθει το πρόβλημα με την ίδια ένταση, ανάλογα και με τον εποχιακό φόρτο εργασίας των μονάδων. Η δυσοσμία και η αισθητική υποβάθμιση, που είναι ίσως οι μικρότερες επιπτώσεις του συγκεκριμένου προβλήματος ρύπανσης, αποτελούν μείζον πρόβλημα για τους κατοίκους των παρόχθιων περιοχών (ειδικά στις περιοχές Ριβιώτισσα, Πλατάνα, Σκούρα) που δεν παύουν να το θέτουν υπόψη των αρχών σε κάθε περίπτωση.

Αυτό που έχει διαπιστωθεί πάντως είναι ότι, εποχικά η κατάσταση επιβαρύνεται ιδιαίτερα από τα ελαιουργεία του ίδιου του Δήμου Θεραπνών, που χρησιμοποιούν ως αποδέκτες τους χειμάρρους που χύνονται στον Ευρώτα, μερικοί εκ των οποίων μάλιστα διατρέχουν καρστικούς σχηματισμούς, με αποτέλεσμα τη διάχυση της ρύπανσης και απευθείας στα υπόγεια ύδατα.

ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ	ΜΟΝΑΔΑ	ΛΙΠΗ-ΛΑΔΙΑ kg/μονάδα	pH	ΆΛΛΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ
ΣΦΑΓΕΙΑ	t Z.B.	2,1		N=0,68Kjeldahl, Cl^-=2,6
ΓΑΛΑΚΤΟΚΟΜΙΚΑ	t γάλα			
ΚΟΝΣΕΡΒΟΠΟΙΙΑ ΦΡΟΥΤΩΝ ΚΑΙ ΛΑΧΑΝΙΚΩΝ	**t προϊόν**			
ΕΛΑΙΟΤΡΙΒΕΙΑ	**t λάδι**		**3-5**	**Αλκαλικ 34000mg/l**
ΡΑΦΙΝΑΡΙΣΜΑ ΛΑΔΙΟΥ	**t λάδι**	**6,5**		
ΖΑΧΑΡΗ ΑΠΌ ΤΕΥΤΛΑ	t τεύτλα			
ΖΥΘΟΠΟΙΙΑ	m^3 μπύρα			
ΑΝΑΨΥΚΤΙΚΑ	**m^3 προϊόν**			**Αλκαλικ 3,7**
ΥΦΑΝΤΟΥΡΓΕΙΑ (ΜΑΛΛΙ ΜΕ ΠΛΥΣΙΜΟ)	t προϊόν	191	2-10	Cr=1,33, φαινόλ.=0,22
ΥΦΑΝΤΟΥΡΓΕΙΑ (ΜΑΛΛΙ ΧΩΡΙΣ ΠΛΥΣΙΜΟ)	t προϊόν	-	2-10	Cr=1,33, φαινόλ.=0,17
ΥΦΑΝΤΟΥΡΓΕΙΑ (ΒΑΜΒΑΚΙ)	t προϊόν		8-11	
ΥΦΑΝΤΟΥΡΓΕΙΑ (ΣΥΝΘΕΤΙΚΑ)	t προϊόν		6,5-12,5	TDS=100-150
ΒΥΡΣΟΔΕΨΕΙΑ	t δέρμα ακ.	20	1-13	N=15, Αλκ=92, Cr=3,5, S^{-2}=7(θειούχα)
ΕΠΙΜΕΤΑΛΛΩΤΗΡΙΑ - Cu	t άνοδος			Cu=9,77, CN=20
ΕΠΙΜΕΤΑΛΛΩΤΗΡΙΑ - Ni	t άνοδος			Ni=3,98
ΕΠΙΜΕΤΑΛΛΩΤΗΡΙΑ - Cr2O3	t άνοδος			Cr^{6+}=297, $Cr_{ολικό}$=743
ΕΠΙΜΕΤΑΛΛΩΤΗΡΙΑ - Zn	t άνοδος			Zn=224, CN=32,5
ΕΠΙΜΕΤΑΛΛΩΤΗΡΙΑ - Cd	t άνοδος			CN=17,5

Πίνακας 14 - Υγρά απόβλητα και ενδεικτικά ποιοτικά χαρακτηριστικά επιλεγμένων βιομηχανιών(συνέχεια).

	Αγία Κυριακή 2/2/05	Αγία Κυριακή 9/7/05	Ριβιώτισσα 2/2/05	Ριβιώτισσα 9/7/05	Σκούρα 9/7/05
pH	10.1	7.9	8.1	7.5	8.0
BOD5 (mg/l)	315	76.9	3.5	230	3.5
COD (mg/l)	630	215	14	468	19

Πίνακας 15 – Αποτελέσματα αναλύσεων του Γενικού Χημείου του Κράτους σε θέσεις που παρακολουθούνται από το τηλεμετρικό δίκτυο. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι το όριο τιμών για διάθεση λυμάτων σε ρεύμα είναι BOD:40, COD:120 και pH:6-9 (βλ. προηγούμενο κεφάλαιο).

Ειδικά σχετικά με την οργανική ρύπανση, η επιβάρυνση που δέχεται ο Ευρώτας από την περιοχή της Σπάρτης ως την περιοχή της Σκούρας είναι απόλυτα τεκμηριωμένη πλέον[10], και μπορούν από την εμπειρία της τηλεμετρικής παρακολούθησης να αναφερθούν με ασφάλεια οι παρακάτω παρατηρήσεις:

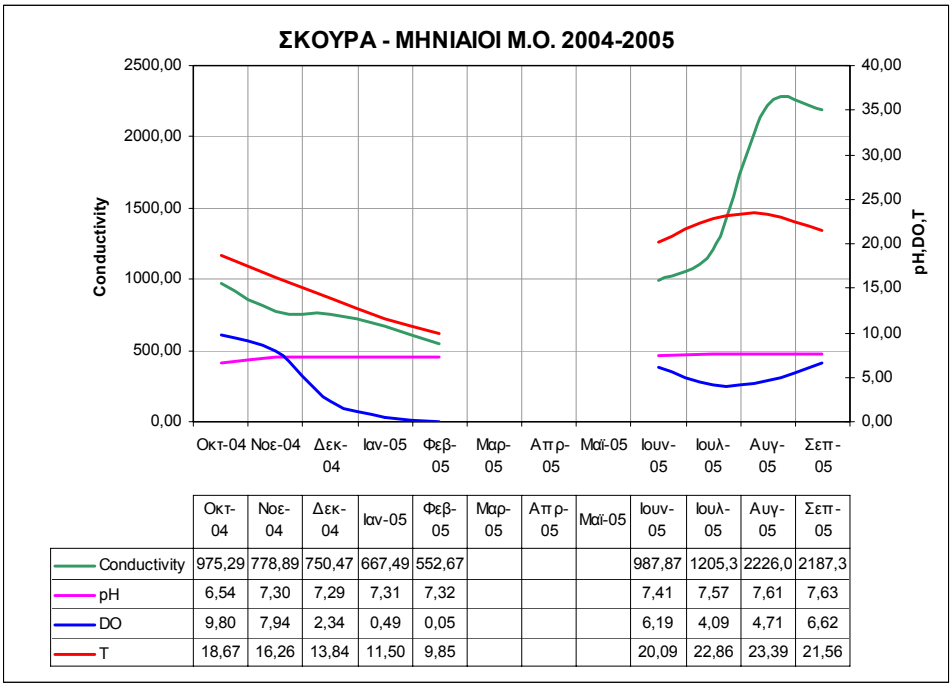
- Η κατάσταση του ποταμού είναι όπως αναμενόταν πολύ καλή στο τμήμα της λεκάνης που ελέγχεται από το σταθμό στο Βιβάρι (Δήμος Οινούντος).
- Στο σταθμό της γέφυρας της Σπάρτης:

[10] Μαριολάκος κ.ά., 2005, Mariolakos et al., 2007

- Η ποιότητα είναι συνήθως πολύ καλή ή καλή με βάση τα όρια ποιότητας ως προς τους δείκτες που παρακολουθούνται.
- Υπάρχει οργανική επιβάρυνση, μέσα σε ασφαλή πλαίσια.
- Σε σπάνιες περιπτώσεις παρατηρείται σοβαρή επιβάρυνση.

- Ο βιολογικός καθαρισμός έχει γενικά πολύ σταθερή λειτουργία, η οξυγόνωση όμως χρειάζεται οπωσδήποτε περαιτέρω βελτίωση, η οποία έχει ήδη παρατηρηθεί κατά την περίοδο 2006-2007.
- Στα δύο ρέματα (Ριβιώτισσα και Αγία Κυριακή) παρατηρείται αναμφισβήτητη επιβάρυνση από τις χυμοποιίες (περισσότερο στην Αγία Κυριακή).
- Είναι απολύτως βέβαιο ότι η επιβάρυνση που παρατηρείται στη Σκούρα προέρχεται και από άλλες πηγές ρύπανσης εκτός από τις χυμοποιίες και έχει επιπτώσεις και στα υπόγεια ύδατα.
- Στη Σκούρα αθροίζεται το μεγαλύτερο ποσοστό της αστικής, αγροτικής και βιομηχανικής ρύπανσης της περιοχής της Σπάρτης με πολύ σοβαρές επιπτώσεις στην οικολογία και κινδύνους για την υγεία των κατοίκων.

Σε σχέση με τη Σκούρα ειδικά, που είναι μέσα στο Δήμο Θεραπνών πάνω στην κύρια κοίτη και παρακολουθείται από το τηλεμετρικό δίκτυο η παραπάνω παρατήρηση τεκμηριώνεται αλλά και εξηγείται με διάφορους τρόπους.

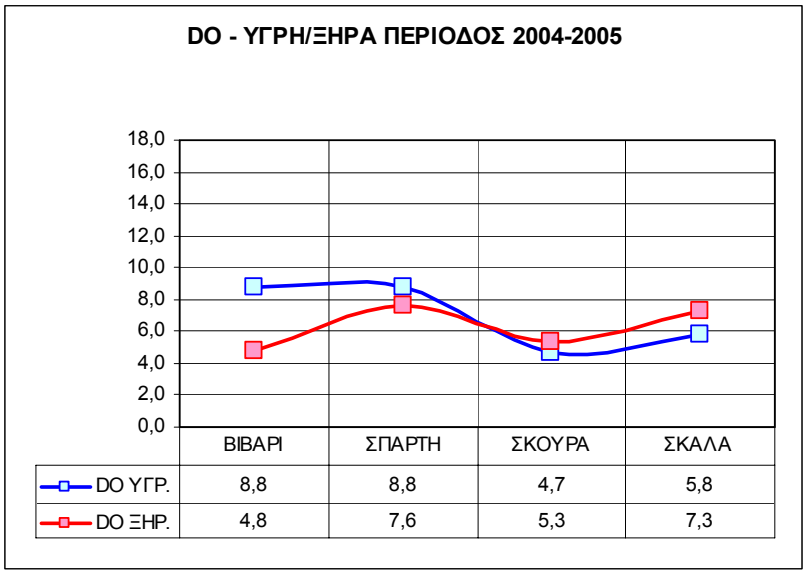


	Οκτ-04	Νοε-04	Δεκ-04	Ιαν-05	Φεβ-05	Μαρ-05	Απρ-05	Μαϊ-05	Ιουν-05	Ιουλ-05	Αυγ-05	Σεπ-05
Conductivity	975,29	778,89	750,47	667,49	552,67				987,87	1205,3	2226,0	2187,3
pH	6,54	7,30	7,29	7,31	7,32				7,41	7,57	7,61	7,63
DO	9,80	7,94	2,34	0,49	0,05				6,19	4,09	4,71	6,62
T	18,67	16,26	13,84	11,50	9,85				20,09	22,86	23,39	21,56

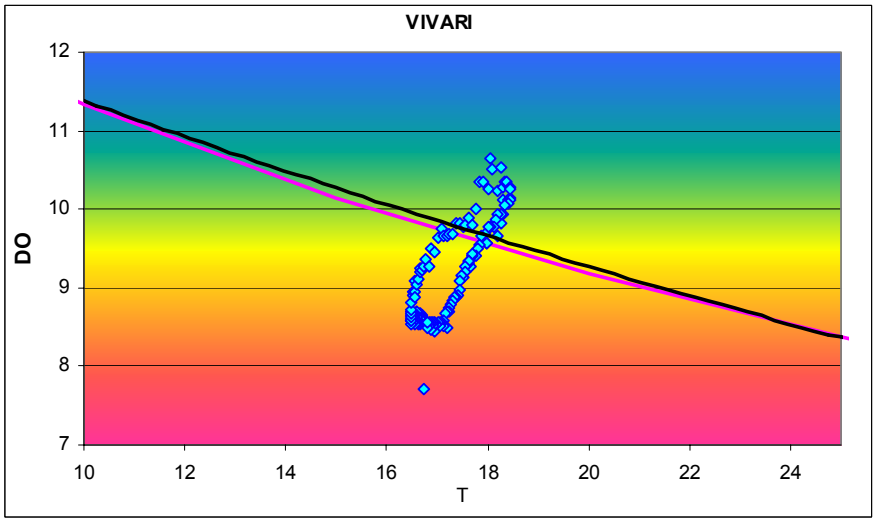
Εικ. 38 - Διακύμανση των μηνιαίων μέσων όρων των μετρήσεων για το σταθμό Σκούρα, κατά την περίοδο 2004-2005.

Φαίνεται πολύ καθαρά τόσο στο διάγραμμα των μηνιαίων μέσων όρων των μετρήσεων, όσο και στα διαγράμματα θερμοκρασίας-οξυγόνου για την υγρή και την ξηρά περίοδο. Πιο συγκεκριμένα, στο διάγραμμα των μηνιαίων μέσων όρων φαίνεται χαρακτηριστικά ότι η τάση του οξυγόνου κατά την υγρή περίοδο είναι η αντίθετη από την φυσιολογική, που έχει ήδη τεκμηριωθεί στο Βιβάρι και στη Σπάρτη. Δηλαδή, με τη σταδιακή μείωση της θερμοκρασίας αντί να αυξάνεται το διαλυμένο οξυγόνο, μειώνεται κατά τους μήνες από το Νοέμβριο μέχρι και το Φεβρουάριο (που λειτουργούσε αξιόπιστα ο σταθμός). Αυτό συμβαίνει γιατί, με την έναρξη της υγρής περιόδου αρχίζει και η ελαιοκομική δραστηριότητα,

αλλά αυξάνεται και η δραστηριότητα που σχετίζεται με τις χυμοποιίες. Επιπλέον, οι συνέπειες της οργανικής ρύπανσης είναι εμφανείς και σε δεύτερο χρόνο, δηλαδή κατά την ξηρά περίοδο, εκτός της περιόδου αιχμής. Αυτό φαίνεται στο διάγραμμα των μηνιαίων μέσων όρων σαν μια βύθιση στην καμπύλη μεταβολής του οξυγόνου κατά το θέρος, που όμως συνδυάζεται και με το φυσικό φαινόμενο της μείωσης της διαλυτότητας του οξυγόνου στο νερό με την αύξηση της θερμοκρασίας.



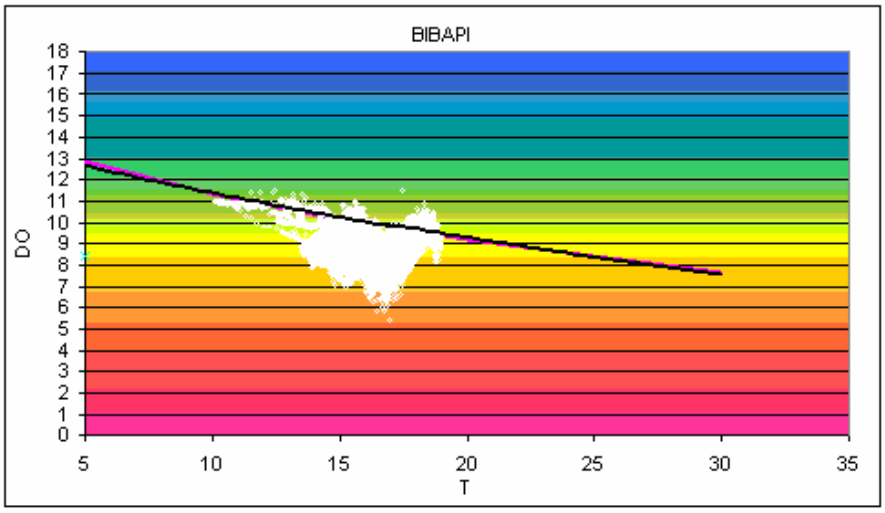
Εικ. 39 – Μεταβολή του διαλυμένου οξυγόνου (DO σε mg/l) κατά μήκος της κύριας κοίτης του Ευρώτα όπως καταγράφηκε από το τηλεμετρικό σύστημα παρακολούθησης.



Εικ. 40 - Υπό φυσιολογικές συνθήκες, οι τιμές του οξυγόνου εκτελούν μια παλινδρόμηση γύρω από μια μέση τιμή κατά τη διάρκεια ενός 24ώρου, εντός των ορίων που θέτουν οι συνθήκες θερμοκρασίας, πίεσης και χλωρίδας.

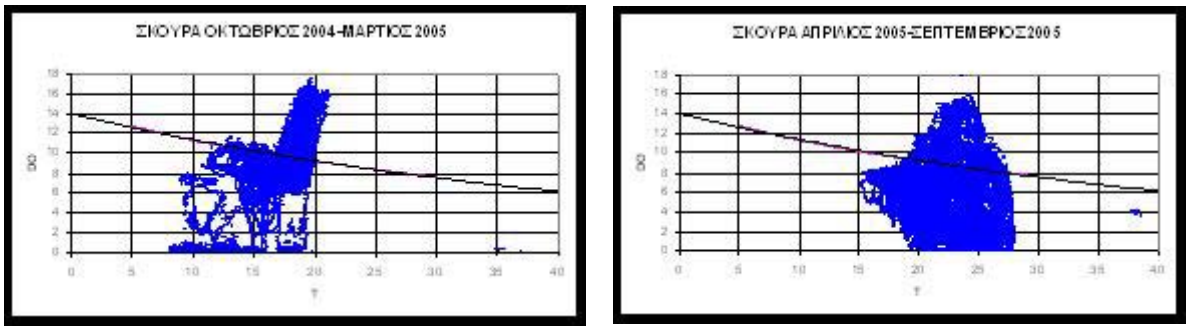
Στο διάγραμμα θερμοκρασίας – διαλυμένου οξυγόνου φαίνεται ότι γενικά η μορφή των συγκεντρώσεων των σημείων τείνει να πλησιάσει την ανεστραμμένη χοανοειδή μορφή που υποδεικνύει τις φυσικές συνθήκες από πλευράς οξυγόνωσης, πλην όμως κατά την υγρή περίοδο υπάρχει πληθώρα μετρήσεων με πολύ χαμηλό οξυγόνο, που δείχνει τη ροή μεγάλης ποσότητας λυμάτων με οργανικό

φορτίο, και σε περιόδους υψηλών θερμοκρασιών σε όλο το έτος εμφανίζονται εναλλαγές συνθηκών υπερκορεσμού και ανοξίας ανά 24ωρο.



Εικ. 41 - Η χρονοσειρά μετρήσεων σε μια σχετικά μεγάλη χρονική περίοδο μετακινεί τον κύκλο (της προηγούμενης εικόνας) κατά μήκος της καμπύλης διαλυτότητας του οξυγόνου, αυξομειώνοντας το πλάτος του ανάλογα με τις εποχικές διακυμάνσεις της θερμοκρασίας. Όταν τα σημεία συγκεντρώνονται γύρω και κοντά στην καμπύλη διαλυτότητας δείχνει υψηλό βαθμό κορεσμού και βέβαια καλή οξυγόνωση του νερού, οπότε και χαμηλό οργανικό φορτίο.

Αυτό που συμβαίνει είναι ότι κατά την υγρή περίοδο υπάρχουν συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα που η ρύπανση είναι πάρα πολύ μεγάλη, και αυτό δεν οφείλεται μόνο στις χυμοποιίες, που έχουν σχετικά σταθερό ρυθμό απόρριψης λυμάτων, αλλά κυρίως σε ελαιουργεία ή άλλες δραστηριότητες. Κατά την ξηρά περίοδο μειώνεται η φυσική παροχή του ποταμού, με συνέπεια να υπάρχει πολύ μικρή αραίωση των λυμάτων τόσο από τις χυμοποιίες, όσο και από το βιολογικό καθαρισμό της Σπάρτης στο νερό του ποταμού. Ταυτόχρονα, στην περιοχή της Σκούρας φαίνεται ότι η υδραυλική κλίση του ποταμού είναι μικρότερη από την ανάντη περιοχή, με αποτέλεσμα να παραμένει αρκετά το νερό στην περιοχή.



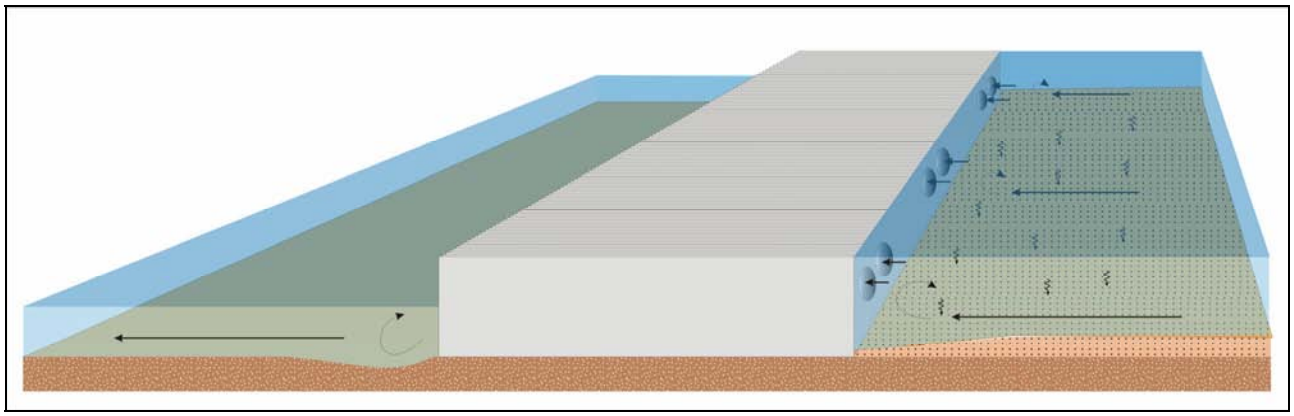
Εικ. 42 - Διαγράμματα διαλυμένου οξυγόνου – θερμοκρασίας για την υγρή (αριστερά) και την ξηρά (δεξιά) περίοδο 2004-2005, για το σταθμό Σκούρα.

Πρέπει να προστεθεί ότι το τσιμεντένιο πέρασμα που συνδέει οδικά τον οικισμό της Σκούρας με την απέναντι περιοχή της Τραπεζοντής, παίζει έναν επιπλέον ρόλο σε αυτό το θέμα. Η κατασκευή που έχει γίνει, ουσιαστικά λειτουργεί ως ένα ανασχετικό φράγμα στο ποτάμι, με μοναδικές διεξόδους του νερού τους αγωγούς κάτω από το πέρασμα. Η λειτουργία αυτή δεν φαινόταν καθαρά μέχρι την περίοδο υψηλής στάθμης, οπότε εμφανίστηκε διαφορά στάθμης ανάντη και κατάντη του περάσματος, όπως

φαίνεται στις επόμενες εικόνες. Αυτό έχει ως συνέπεια την καθυστέρηση και συγκέντρωση του νερού στη θέση αυτή για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα τόσο κατά την υγρή όσο και κατά την ξηρά περίοδο, και συνεπώς την καθίζηση αδρομερών και λεπτομερών υλικών ανάντη του περάσματος. Μαζί με αυτά τα υλικά συσσωρεύεται και ρυπασμένη ιλύς και οργανικό υλικό, το οποίο όταν πέσει η στάθμη του ποταμού εκτίθεται στον αέρα, αρχίζει η αερόβια βιοαποικοδόμησή του και δημιουργείται και το μεγάλο πρόβλημα των οσμών, ακόμα και όταν δεν υπάρχει ροή λυμάτων στο ποτάμι.

Εάν το ποτάμι δεν μετέφερε μεγάλες ποσότητες ρύπων, το τσιμεντένιο πέρασμα θα μπορούσε να αποτελεί μια ενδιαφέρουσα λύση της οδικής πρόσβασης σε συνδυασμό με εμπλουτισμό του κοκκώδους υδροφόρου στην ανάντη περιοχή (αν και η κατακράτηση στερεών θα ήταν και πάλι ένα πρόβλημα). Αυτή τη στιγμή όμως, το νερό είναι πολλές φορές κακής ποιότητας και πιθανότατα γίνεται εμπλουτισμός του κοκκώδους υδροφόρου με ρυπασμένο νερό, αν και ταυτόχρονα ανακουφίζεται ο κατάντη ρους του ποταμού από ένα ποσοστό των ρύπων που μεταφέρει.

Εικ. 43 - Το πέρασμα της Σκούρας το Μάρτιο του 2005.



Εικ. 44 - Η λειτουργία του τσιμεντένιου περάσματος ως φράγμα έχει ως αποτέλεσμα την καθίζηση αδρομερούς και λεπτομερούς υλικού ανάντη του περάσματος της Σκούρας.

Εικ. 45 - Δορυφορικές φωτογραφίες (copyright 2005 DIGITALGLOBE) της περιοχής της Σκούρας και του περάσματος. Είναι προφανής η παρέμβαση στη φυσική ροή του ποταμού και η κατακράτηση του νερού στην ανάντη περιοχή..

Εικ. 46 - Χαρακόρεμα (Γκοριτσά) – 11/3/2005 – Λύματα ελαιουργείου.

Εικ. 47 - Πέρασμα Σκούρας – 14/1/2005 – Έμφραξη αισθητήρων από λάσπη λυμάτων των ελαιουργείων.

Εικ. 48 - Αγία Κυριακή – 26/1/2005 – Διάθεση λυμάτων χυμοποιίας σε παραπόταμο του Ευρώτα..

Εικ. 49 - Πέρασμα Σκούρας – 5/4/2004 – Λύματα χυμοποιίας και απόθεση στερεών οργανικών υλών στην κύρια κοίτη του Ευρώτα..

3.2.3. Αστικά απόβλητα

Το ρυπαντικό φορτίο που παράγεται από τις αστικές χρήσεις υπολογίστηκε με βάση το μόνιμο και εποχιακό πληθυσμό του Δήμου. Για τον υπολογισμό του χρησιμοποιήθηκαν οι παρακάτω συντελεστές εκτίμησης:

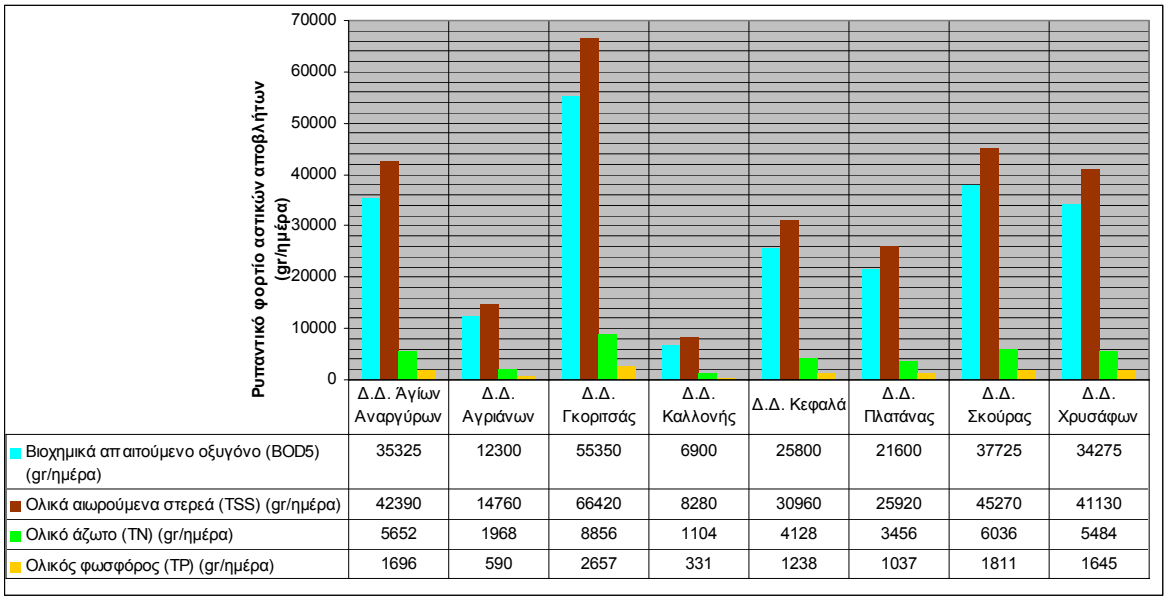
- Βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο (BOD5) = 75 gr/κάτοικο/ημέρα
- Ολικά αιωρούμενα στερεά (TSS) = 90 gr/κάτοικο/ημέρα
- Ολικό Άζωτο (TN) = 12 gr/κάτοικο/ημέρα
- Ολικός Φωσφόρος (TP) = 3,6 gr/κάτοικο/ημέρα

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	Φορτίο g/ατ.ημ				Συγκέντρωση (mg/l)			
	Ανόργανα	Οργανικά	Συνολικά στερεά	BOD5	Ανόργανα	Οργανικά	Συνολικά στερεά	BOD5
1. Αιωρούμενα στερεά								
Καθιζάνοντα	20	40	60	19	130	270	400	130
Μη καθιζάνοντα	10	20	30	12	70	130	200	80
2. Διαλυμένα στερεά								
(κολλοειδή και διαλύματα)	50	50	100	23	330	330	660	150
Σύνολο	80	110	190	54	530	730	**1260**	360

Εικόνα 1 - Μέση σύνθεση των αστικών λυμάτων (ευρωπαϊκές συνθήκες).

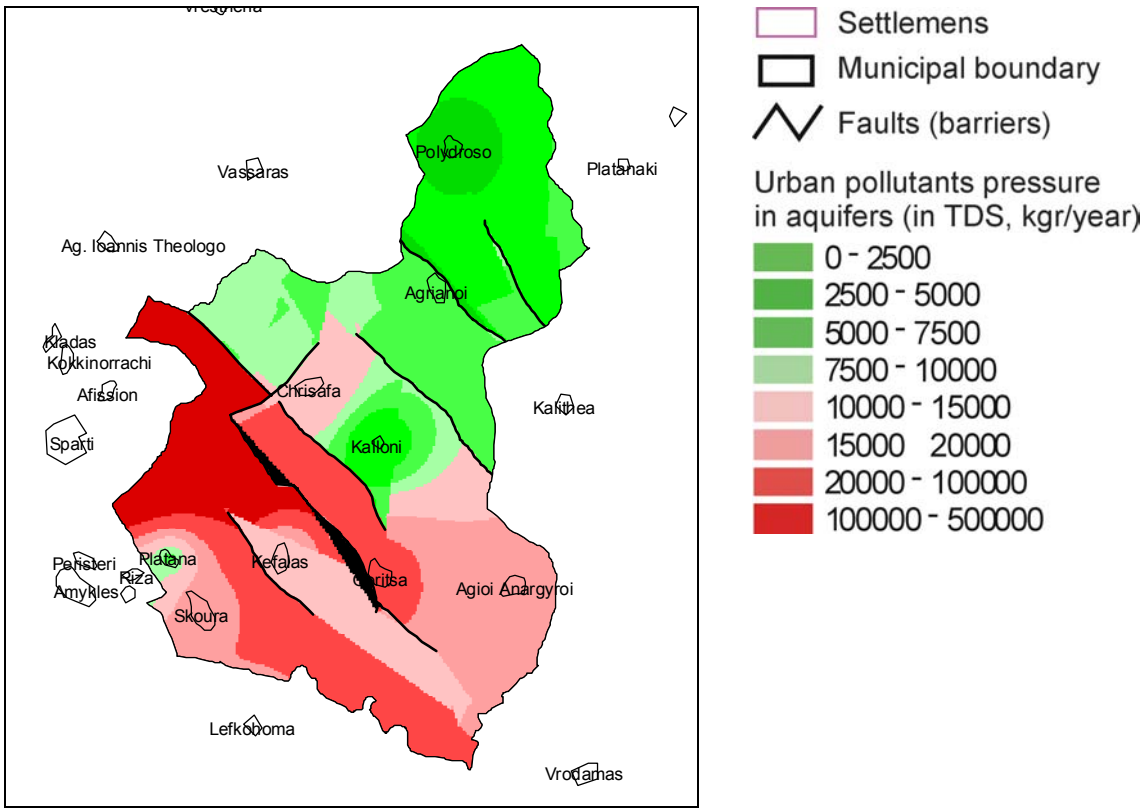
Πρέπει πάντως να σημειωθεί ότι το αστικό ρυπαντικό φορτίο που εισέρχεται στο Δήμο Θεραπνών δεν είναι μόνο αυτό που του αναλογεί από τους δικούς του οικισμούς. Τόσο η εκροή του βιολογικού

καθαρισμού της Σπάρτης, όσο και απροσδιόριστες ποσότητες βοθρολυμάτων γίνονται σε ρέματα που καταλήγουν στον Ευρώτα μέσα στο Δήμο ή ανάντη, οπότε περνούν και πάλι από το τμήμα της διαδρομής του Ευρώτα που βρίσκεται στα όρια του Δήμου. Πρόκειται και εδώ για ένα υπερτοπικό ζήτημα, όπως περιγράφηκε και προηγουμένως για τα βιομηχανικά απόβλητα.



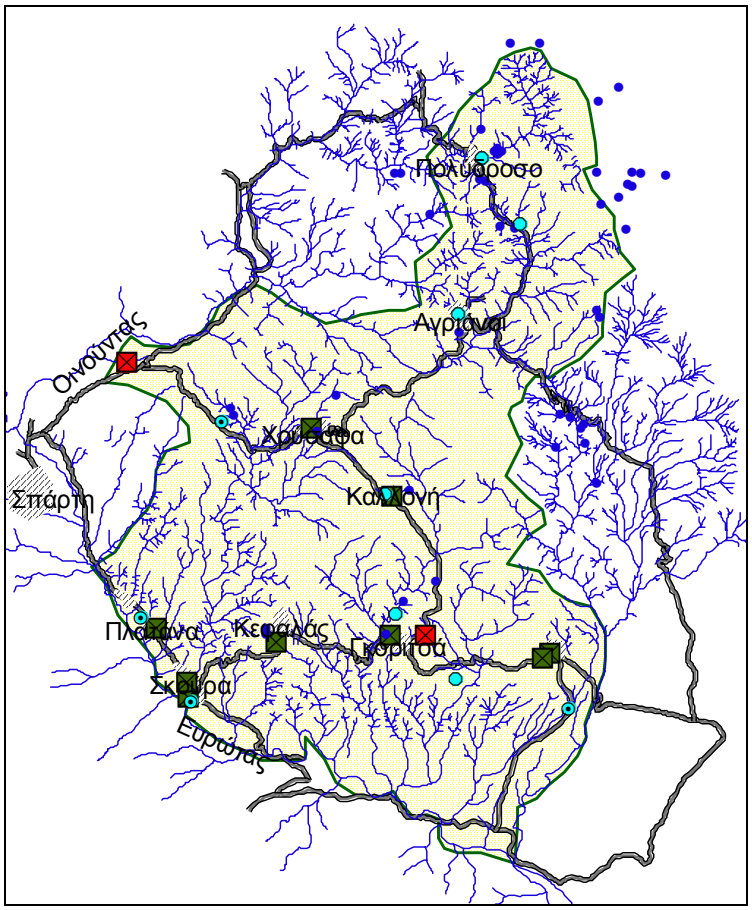
	Δ.Δ. Άγίων Αναργύρων	Δ.Δ. Αγριάνων	Δ.Δ. Γκορτσάς	Δ.Δ. Καλλονής	Δ.Δ. Κεφαλά	Δ.Δ. Πλατάνας	Δ.Δ. Σκούρας	Δ.Δ. Χρυσάφων
Βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο (BOD5) (gr/ημέρα)	35325	12300	55350	6900	25800	21600	37725	34275
Ολικά αιωρούμενα στερεά (TSS) (gr/ημέρα)	42390	14760	66420	8280	30960	25920	45270	41130
Ολικό άζωτο (TN) (gr/ημέρα)	5652	1968	8856	1104	4128	3456	6036	5484
Ολικός φωσφόρος (TP) (gr/ημέρα)	1696	590	2657	331	1238	1037	1811	1645

Εικ. 50 – Ποσότητες αστικού ρυπαντικού φορτίου ανά ημέρα για κάθε δημοτικό διαμέρισμα του Δήμου Θεραπνών, με βάση τα πληθυσμιακά μεγέθη των οικισμών (απογραφή 2001, ΕΣΥΕ).



Εικ. 51 – Κατανομή του ρυπαντικού φορτίου των αστικών αποβλήτων στην περιοχή του Δήμου Θεραπνών.

Εικ. 52 - Λευκόχωμα – Βρονταμάς – 29/7/2004 – Μεταφορά βοθρολυμάτων για παράνομη διάθεση σε άγνωστο αποδέκτη.



Εικ. 53 – Ελαιουργεία και συσκευαστήρια ελιάς (πράσινο) χώροι διάθεσης απορριμμάτων (κόκκινο) στην περιοχή του Δήμου. Με αποχρώσεις του μπλε σημειώνεται το υδρογραφικό δίκτυο και σημεία ύδατος στο Δήμο (πηγές, γεωτρήσεις ύδρευσης κ.λπ.)

3.2.4. Κτηνοτροφικά απόβλητα

Τα κτηνοτροφικά απόβλητα είναι πλούσια σε άλατα, οργανικές ενώσεις και βακτήρια. Ο βασικότερος και πλέον ανθεκτικός ρύπος θεωρείται το άζωτο υπό μορφή νιτρικών, νιτρωδών και αμμωνιακών ιόντων.

Τα ρυπαντικά φορτία που οφείλονται σε κτηνοτροφική δραστηριότητα συχνά υπολογίζονται με δύο τρόπους, ανάλογα με το αν προέρχονται από ελεύθερη ή σταβλισμένη κτηνοτροφία. Το παραγόμενο φορτίο εκτιμάται ανάλογα με τον αριθμό και το είδος των εκτρεφομένων ζώων, με χρήση των συντελεστών ρυπαντικού φορτίου σε όρους BOD5, TSS, TN και TP.

Όπως φαίνεται από τους πίνακες που ακολουθούν, ο όγκος και η συγκέντρωση των του ρυπαντικού φορτίου των ζωικών αποβλήτων είναι συνάρτηση τόσο της ηλικίας όσο και του βάρους των ζώων. Αυτό καθιστά δύσκολο τον υπολογισμό με βάση μόνο τα στοιχεία του αριθμού των ζώων που υπάρχουν αυτή τη στιγμή διαθέσιμα και σημαίνει επίσης ότι αν δεν υπάρχουν εποχικά δεδομένα απογραφής δεν είναι δυνατόν ο ακριβής υπολογισμός του ρυπαντικού φορτίου, ενώ σημαντική έλλειψη είναι και η άγνοια της ακριβούς αναλογίας σταυλισμένων και μη ζώων.

α. ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΧΟΙΡΟΤΡΟΦΕΙΩΝ

Βάρος ζώου	Ηλικία	Κοπριά				
		Αποχωρήματα	Ούρα	Σύνολο	Όγκος	Μέσος όγκος
kg	εβδομ.	kg / ημ.t.z.B*			l/ημ.kg ζώου	l/ημ.ζώο
8,5-18,	3-8	27	58	85	0,085	1,20
18-36	8-12	43	48	91	0,091	3,00
36-54	12-16	54	61	115	0,115	6,00
54-72	16-20	46	58	104	0,104	8,00
72-90	20-23	47	51	98	0,098	9,50

Νερό ξεπλύματος δαπέδων (ΗΠΑ): Q_{min} = 165 l/ημ.t.z.B.
Q_{max} = 835 l/ημ.t.z.B.

Μικτά απόβλητα (ούρα, κοπριά, νερά) (Ελληνικές συνθήκες):

$$Q_{μικ.} = 120 \frac{1}{ημ.t.z.B}$$

*kg/ημ.t.z.B = χιλιόγραμμα την ημέρα, για κάθε τόννο ζωντανού βάρους ζώων.

Πίνακας 16 – Υπολογισμός του όγκου των μικτών αποβλήτων για τα χοιροτροφεία (από Μαρκαντωνάτος, 1984).

β. ΡΥΠΑΝΤΙΚΟ ΦΟΡΤΙΟ ΖΩΪΚΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

Παράμετρος	Συμβολισμός	Ποσότητα, kg / ημ.t.z.B*				
		Κότες αυγοπαραγωγής	Αγελάδες γαλακτοπαραγωγής	Μοσχάρια	Χοιρινά	Πρόβατα (σταυλισμένα)
1. Απόβλητα (αποχωρήματα & ούρα)	TWW	66	94	46	51	36
2. Βιοχημ. απαιτ.οξυγ.	BOD_5	3,6	1,8	1,3	2,2	0,9
Ισοδύναμο πληθυσμού (ατ./t.z.B.)	P.E.	67	33,5	24	41	16,7
3. Σχέση COD/BOD_5	Λόγος	4,3	7,2	5,7	3,3	12,8
4. Ολικά στερεά	TTS	16,8	8,8	7,9	6,9	10,7
5. Πτητικά στερεά	TVS	12,2	7,2	6,5	5,7	9,1
6. Ολικό άζωτο	N	0,99	0,36	0,55	0,39	0,43
7. Φωσφόρος	P_2O_5	0,77	0,10	0,08	0,17	0,15
8. Κάλιο	K_2O	0,35	0,15	0,13	0,10	0,31
$(P) = 0,44.(P_2O_5)$, $(K) = 0,83.(K_2O)$.						

Πίνακας 17 – Ρυπαντικό φορτίο ζωικών αποβλήτων (από Μαρκαντωνάτος, 1984).

	Προβατοειδή	**Αιγοειδή**	**Σύνολο (kg ανά ημέρα)**	**Σύνολο (τόνοι ανά έτος)**
Αριθμός ζώων	4341	14580		
Βάρος ζώου (σε τόνους, προσεγγιστικά)	0,025	0,02		
Εκτιμώμενο συνολικό βάρος ζώων (τόνοι)	108,5	291,6		
Απόβλητα (αποχωρήματα και ούρα) kg/ημέρα	3906,9	10497,6	14404,5	5257,6
BOD (kg/ημέρα)	97,7	262,4	360,1	131,4
TTS (kg/ημέρα)	1161,2	3120,1	4281,3	1562,7
N kg/ημέρα	46,7	125,4	172,1	62,8
P_2O_5 kg/ημέρα	16,3	43,7	60	21,9
K_2O kg/ημέρα	33,6	90,4	124	45,3

Πίνακας 18 – Προσεγγιστική εκτίμηση του ημερήσιου και του ετήσιου ρυπαντικού φορτίου των ζωικών αποβλήτων στην περιοχή του Δήμου Θεραπνών.

3.2.5. Επιστρεφόμενη αρδευτική ροή

Το υπόλοιπο της κατανάλωσης νερού από την άρδευση και την εξατμισοδιαπνοή, επιστρέφει είτε στο υδρογραφικό δίκτυο είτε στον υποκείμενο υδροφόρο ορίζοντα (εάν υπάρχει). Το νερό αυτό έχει τριπλάσια ως δεκαπλάσια αλατότητα σε σχέση με την αλατότητα του νερού που χρησιμοποιήθηκε για την άρδευση[11]. Αυτή η αύξηση οφείλεται στην προσθήκη αλάτων μέσω διάλυσης κατά την άρδευση, στα άλατα που περιέχουν τα **λιπάσματα** ή στα βελτιωτικά εδάφους και στη συμπύκνωση των αλάτων με την εξατμισοδιαπνοή. Στα νερά της επιστρεφόμενης αρδευτικής ροής επικρατούν τα ιόντα Ca^{++}, Mg^{++}, Na^{+}, HCO_3^{-}, SO_4^{--}, Cl^{-} και NO_3^{-}. Επίσης υπάρχει και εμπλουτισμός σε φωσφορικά άλατα μέσω των

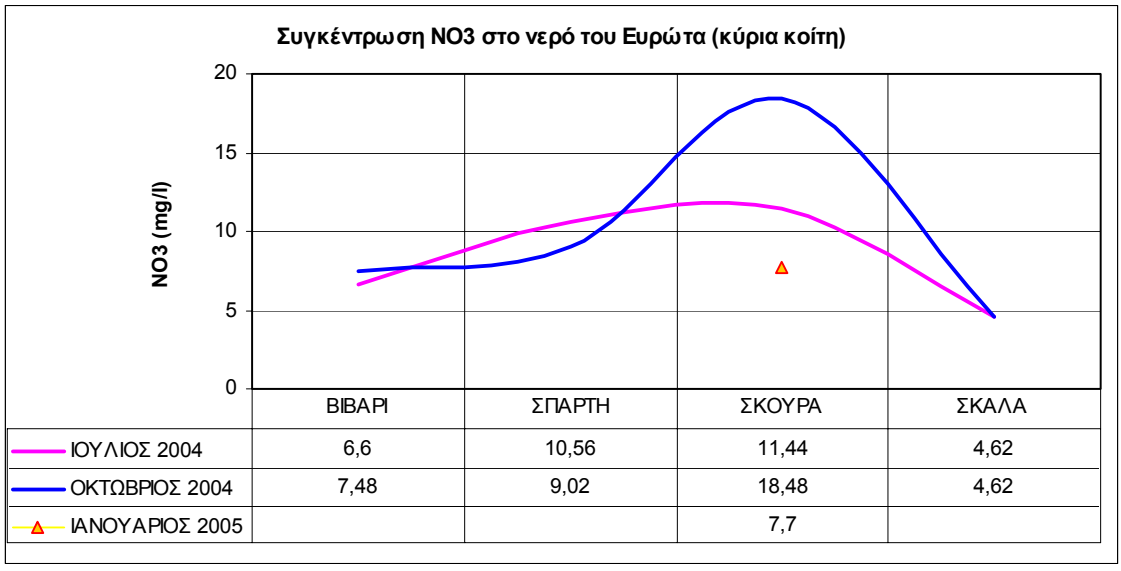
[11] Jenke, 1974 από Καλλέργης, 2000

φωσφορικών λιπασμάτων. Ειδικά τα νιτρικά και φωσφορικά άλατα, ως θρεπτικά συστατικά συνεισφέρουν σημαντικά στα φαινόμενα ευτροφισμού στους τελικούς αποδέκτες (κυρίως λίμνες και θάλασσα, αλλά και σε ποτάμια).

Τα λιπάσματα[12] είναι ανόργανα ή οργανικά άλατα και χημικές ενώσεις που συμβάλλουν έμμεσα ή άμεσα στην ανάπτυξη και καρποφορία των διαφόρων φυτικών ειδών. Τα ανόργανα του αζώτου, του φωσφόρου και του καλίου κυκλοφορούν στο εμπόριο ως απλά ή σύμμεικτα ανόργανα λιπάσματα, που περιέχουν και άλλα βοηθητικά στοιχεία που συμβάλλουν στη διαμόρφωση διάφορων φυσικοχημικών ιδιοτήτων των εδαφών, όπως η υφή των εδαφών και η διαπερατότητά τους. Τα κυριότερα αζωτούχα λιπάσματα είναι η νιτρική και η θειική αμμωνία (NH_4NO_3 και $(NH_4)_2SO_4$), η ουρία ($CO(NH_2)_2$, η ασβεστοκυαναμίδη κ.λπ. Ευρύτατα και πολύ διαδεδομένα λιπάσματα είναι η νιτρική και η θειική αμμωνία τα οποία είναι υδατοδιαλυτά και ευδιάλυτα. Τα φωσφορικά λιπάσματα περιέχουν πεντοξείδιο του φωσφόρου (P_2O_5)σε αναλογία που κυμαίνεται από 12% (υπερφωσφορικά) ως και 62% (φωσφορικό διασβέστιο). Τα καλιούχα λιπάσματα είναι κυρίως ουδέτερα ανόργανα άλατα του καλίου (νιτρικά, χλωριούχα και θειικά) και όξινα θειικά και φωσφορικά άλατα του καλίου.

Για το Δήμο Θεραπνών δεν υπήρχαν διαθέσιμα στοιχεία για τη χρήση λιπασμάτων (είδη και ποσότητες). Παρά ταύτα, έχουν παρατηρηθεί αυξημένες συγκεντρώσεις αμμωνιακών και νιτρικών ιόντων σε υπόγεια ή/και σε επιφανειακά ύδατα της περιοχής μέσα ή κοντά στο Δήμο, όπως στους Αγίους Αναργύρους, στην Γκοριτσά και στην Πλατάνα, αλλά και στη Ριβιώτισσα.

Παρατηρήθηκε επίσης από αναλύσεις σε τέσσερις θέσεις κατά μήκος του Ευρώτα ότι το φορτίο νιτρικών αυξάνεται από τα βόρεια προς τα νότια ως τη Σκούρα, ενώ στη Σκάλα εμφανίζεται μειωμένο και στα επιφανειακά και στα υπόγεια νερά (που σχετίζονται άμεσα μεταξύ τους).



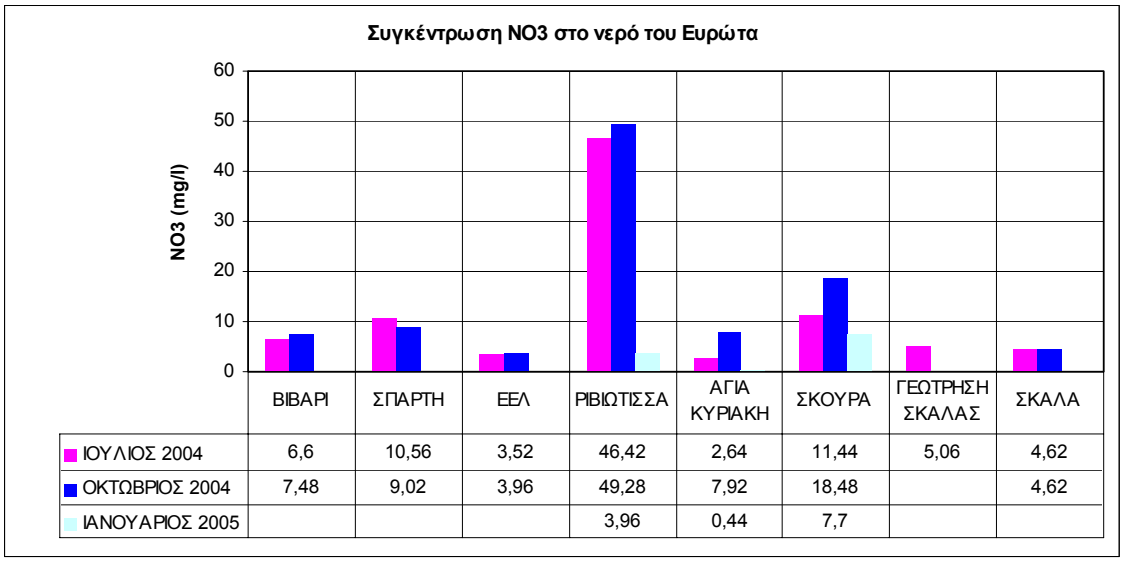
	ΒΙΒΑΡΙ	ΣΠΑΡΤΗ	ΣΚΟΥΡΑ	ΣΚΑΛΑ
ΙΟΥΛΙΟΣ 2004	6,6	10,56	11,44	4,62
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2004	7,48	9,02	18,48	4,62
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ 2005			7,7	

Εικ. 54 – Μεταβολή της συγκέντρωσης νιτρικών κατά μήκος του Ευρώτα.

Ένα άλλο στοιχείο που εμφανίζεται από τις χημικές αναλύσεις είναι ότι οι παραπόταμοι (όπως αυτός της Ριβιώτισσας) μπορεί να φέρουν μεγάλο φορτίο νιτρικών αλλά έχουν γενικά μικρές παροχές σε σχέση με το ποτάμι. Το φορτισμένο νερό των παραποτάμων αραιώνεται στην κύρια κοίτη και έτσι η συγκέντρωση των νιτρικών διατηρείται σε σχετικά χαμηλά επίπεδα. Έχει παρατηρηθεί πάντως σε

[12] Υπάρχει και η «χλωρή λίπανση» που αναφέρεται και αφορά καλλιέργειες αγρανάπαυσης με διάφορα είδη ψυχανθών, τα οποία εμπλουτίζουν με αζωτούχες νιτρικές ενώσεις και νιτρικά άλατα τα εδάφη, δεσμεύοντας ατμοσφαιρικό άζωτο.

κάποια υπόγεια ύδατα υψηλότερη συγκέντρωση νιτρικών από αυτήν του νερού του ποταμού (βλ. κεφάλαιο υδροχημείας).



	ΒΙΒΑΡΙ	ΣΠΑΡΤΗ	ΕΕΛ	ΡΙΒΙΩΤΙΣΣΑ	ΑΓΙΑ ΚΥΡΙΑΚΗ	ΣΚΟΥΡΑ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ ΣΚΑΛΑΣ	ΣΚΑΛΑ
ΙΟΥΛΙΟΣ 2004	6,6	10,56	3,52	46,42	2,64	11,44	5,06	4,62
ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2004	7,48	9,02	3,96	49,28	7,92	18,48		4,62
ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ 2005				3,96	0,44	7,7		

Εικ. 55 – Συγκέντρωση νιτρικών σε διάφορες θέσεις στην κοίτη ή σε συμβολές με άλλες εισροές (π.χ. βιολογικός καθαρισμός Σπάρτης (ΕΕΛ), παραπόταμοι (Ριβιώτισσα, Αγία Κυριακή)).

ΜΕΡΟΣ Γ
ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΥΔΑΤΩΝ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΑ ΥΔΑΤΑ 155
2.1. ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ 155
2.2. ΥΔΡΟΛΟΓΙΑ 168
2.2.1. Ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα 168
2.2.2. Εξατμισοδιαπνοή 178
2.2.3. Απορροή και Κατείσδυση (I+R) 183
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΥΠΟΓΕΙΑ ΥΔΑΤΑ 188
2.1. ΛΙΘΟΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΑ - ΥΔΡΟΛΙΘΟΛΟΓΙΑ 190
2.1.1. Ενότητα Κρήτης – Μάνης (Ιόνιος ζώνη) 190
2.1.2. Φυλλίτες – Χαλαζίτες 202
2.1.3. Ενότητα Τρίπολης (ζώνη Γαβρόβου - Τρίπολης) 208
2.1.5. Μεταλπικές αποθέσεις 224
2.2. ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗ ΚΑΙ ΔΟΜΗ 240
2.2.1. Γεωδυναμικό πλαίσιο της ευρύτερης περιοχής 241
2.2.2. Τεκτονικές παρατηρήσεις στην περιοχή έρευνας 247
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΧΗΜΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΠΟΙΟΤΗΤΑ 274
3.1. ΧΗΜΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΑΤΩΝ 274
3.1.1. Τριγραμμικά διαγράμματα (Piper) 275
3.1.2. Πολυγωνικά διαγράμματα (Stiff) 279
3.1.3. Ιοντικό περιβάλλον 283
3.1.4. Συμπεράσματα για το χημισμό των υπόγειων υδάτων της περιοχής 286
3.2. ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΑΤΩΝ 287
3.2.1. Καταλληλότητα σε σχέση με την ανθρώπινη κατανάλωση 287
3.2.2. Καταλληλότητα σε σχέση με την άρδευση 287
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΥΔΑΤΩΝ 298
1.1. Διάκριση 298
1.2. Ποταμός Ευρώτας και φρεάτιος υδροφόρος της πεδιάδας 298
1.3. Καρστικοί υδροφόροι καλύμματος ασβεστόλιθων της ενότητας Τρίπολης 300
1.4. Καρστικός υδροφορέας ενότητας Μάνης – Κρήτης 313
1.5. Υδροφορίες φυλλιτών – χαλαζιτών 314
1.6. Δυναμικό συστημάτων υδάτων 315

Τα συστήματα υδάτων διακρίνονται σε α) επιφανειακά ύδατα, β) υπόγεια ύδατα, γ) παράκτια ύδατα, δ) ισχυρώς τροποποιημένα ύδατα. Στην περιοχή του Δήμου δεν υπάρχουν παράκτια ύδατα και, μέχρι αποδείξεως του εναντίου, ούτε ισχυρώς τροποποιημένα ύδατα.

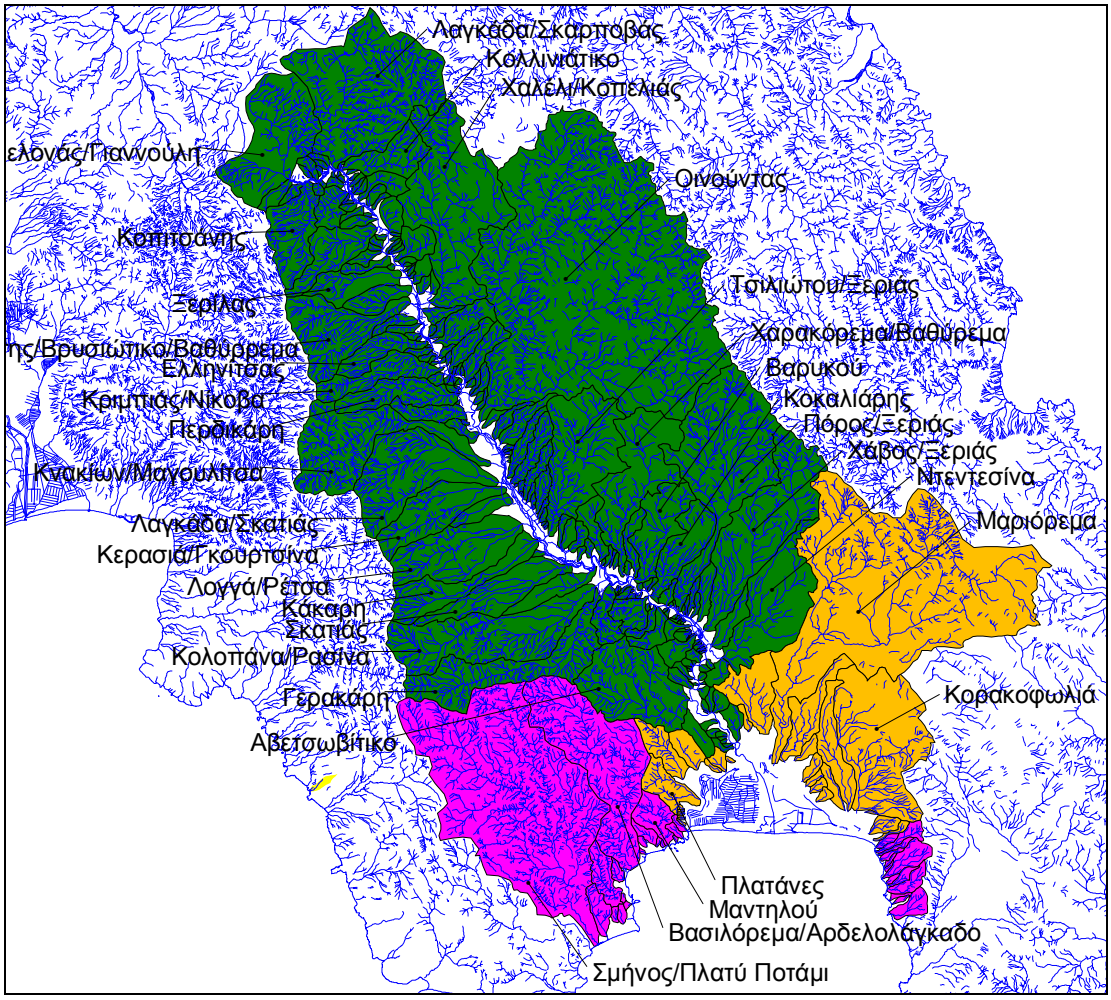
Τα επιφανειακά ύδατα περιλαμβάνουν ποταμοχειμάρια συστήματα που ανήκουν σε υπολεκάνες του Ευρώτα καθώς και ένα τμήμα της κύριας κοίτης του ποταμού. Τα υπόγεια ύδατα αναπτύσσονται σε διάφορους γεωλογικούς σχηματισμούς από την κεντρική μάζα του Πάρνωνα, ως τις πρόσφατες αποθέσεις του Ευρώτα. Στη συνέχεια θα εξεταστούν τα επιμέρους στοιχεία τους, και κατόπιν οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ τους.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΑ ΥΔΑΤΑ

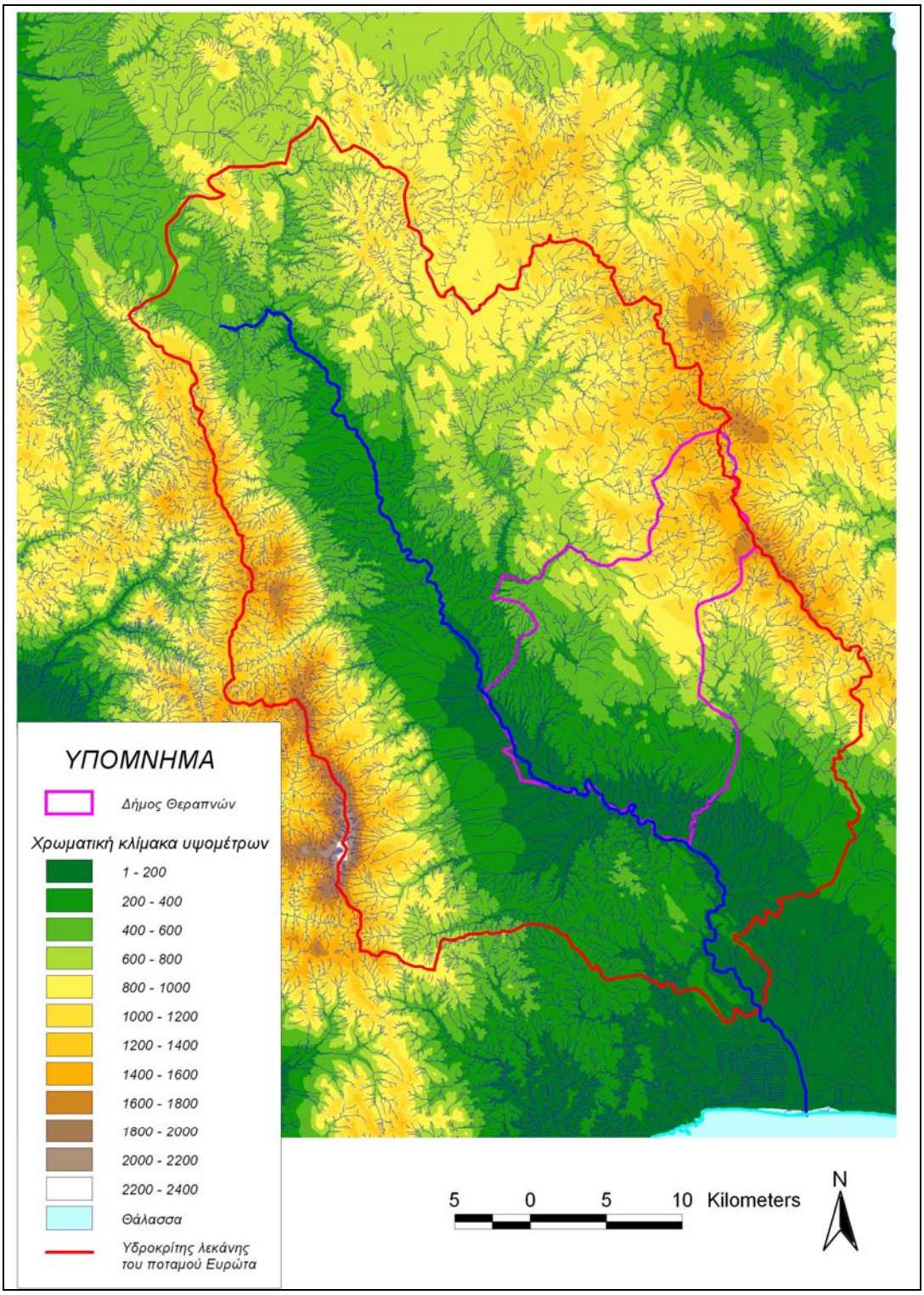
2.1. ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

Η επιφανειακή αποστράγγιση του ηπειρωτικού τμήματος της Λακωνίας (δηλαδή εκτός των χερσονήσων Μάνης και Βοιών) γίνεται μέσα από τρεις ομάδες υδρολογικών συστημάτων:

- Το υδρολογικό σύστημα του Ευρώτα, που αποστραγγίζει το μεγαλύτερο τμήμα του ανατολικού Ταϋγέτου και του δυτικού Πάρνωνα. Ξεκινάει από την Αρκαδία, και καταλήγει στο Λακωνικό κόλπο. Από την περιοχή της Σκάλας και νότια, ο Ευρώτας εισέρχεται στη δελταϊκή του περιοχή και δεν υπάρχουν υπολεκάνες που συμβάλλουν απευθείας στην κύρια κοίτη του ποταμού.
- Το δελταϊκό σύστημα του Ευρώτα, στο οποίο εκτός από την κύρια κοίτη του ποταμού συμβάλλουν λεκάνες από το νότιο Πάρνωνα και το ανατολικό περιθώριο του δέλτα (που καταλήγουν στη περιοχή Έλος), αλλά και από το δυτικό περιθώριο του δέλτα (που συμβάλλουν στο Βασιλοπόταμο).
- Τα υδρολογικά συστήματα που απορρέουν απευθείας στο Λακωνικό Κόλπο, από τον Μακρύγιαλο μέχρι τον όρμο της Ελαίας στα ανατολικά, και από την Τρίνησα μέχρι τον όρμο του Στομίου στα δυτικά.



Εικ. 1 - Υδρολογικά συστήματα που εκβάλλουν στο Βόρειο Λακωνικό Κόλπο.



Εικ. 2 – Η θέση του Δήμου Θεραπνών μέσα στην υδρολογική λεκάνη του Ευρώτα.

Η περιοχή του δυτικού Πάρνωνα, μεγάλο τμήμα της οποίας περιλαμβάνεται στα διοικητικά όρια του Δήμου Θεραπνών, αποτελεί ταυτόχρονα το ανατολικό τμήμα της λεκάνης του Ευρώτα. Ο δυτικός Πάρνωνας χαρακτηρίζεται από μορφολογία πολύ διαφορετική από αυτήν του ανατολικού Ταϋγέτου. Δεν υπάρχει μια μονοσήμαντη και ευδιάκριτη περιθωριακή ζώνη που να τον διαχωρίζει από τη λεκάνη της Σπάρτης, ή τουλάχιστον όχι τόσο έντονα, όπως συμβαίνει με τον Ταΰγετο. Στο περιθώριο του

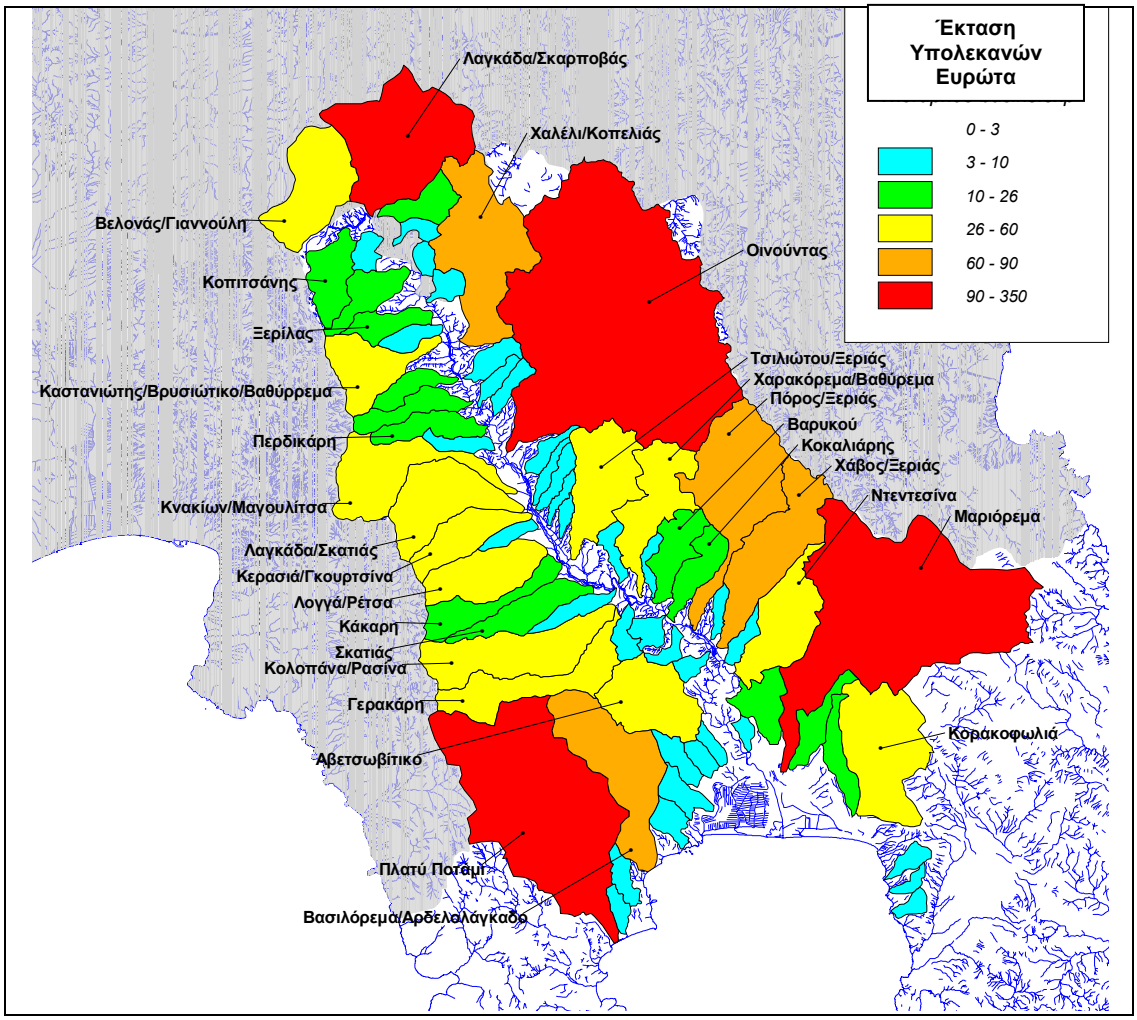
Ταϋγέτου κυριαρχούν μονοσήμαντοι ευθύγραμμοι χείμαρροι που συνήθως ξεκινούν ως επιμήκεις λεκάνες από τον υδροκρίτη του όρους και εισέρχονται στην πεδιάδα με μια μορφή περίπου παράλληλου υδρογραφικού δικτύου. Στον Πάρνωνα το υδρογραφικό δίκτυο και οι λεκάνες δεν έχουν την ομοιομορφία που παρατηρείται στον Ταΰγετο. Αντίθετα, έχουν μεγαλύτερη ποικιλομορφία και ξεχωριστά χαρακτηριστικά από περιοχή σε περιοχή. Κατά συνέπεια, φαίνεται ότι είναι αρκετά διαφορετικές οι συνθήκες που έχουν καθοδηγήσει τη μορφογενετική εξέλιξη των δυο τμημάτων της λεκάνης του Ευρώτα.

Τάξη	Λεκάνη	Έκταση (km2)	Τελικός Αποδέκτης	Περιοχή	Περιοχή Τροφοδοσίας
6	Οινούντας	340,22	Ποταμός Ευρώτας	Πάρνωνας	Ανατολικό Περιθώριο Λεκάνης Ευρώτα
6	Μαριόρεμα	217,51	Δέλτα Ευρώτα	Νότιος Πάρνωνας	Ανατολικό Περιθώριο Λεκάνης Ευρώτα
5	Σμήνος/Πλατύ Ποτάμι	178,6	Λακωνικός κόλπος	Νότιος Ταϋγετος	Δυτικό Περιθώριο Λεκάνης Ευρώτα
6	Λαγκάδα/Σκαρποβάς	90,31	Ποταμός Ευρώτας	Πηγές Ευρώτα	Ανατολικό Περιθώριο Λεκάνης Ευρώτα
5	Χαλέλι/Κοπελιάς	79,84	Ποταμός Ευρώτας	Πάρνωνας	Ανατολικό Περιθώριο Λεκάνης Ευρώτα
5	Πόρος/Ξεριάς	77,78	Ποταμός Ευρώτας	Νότιος Πάρνωνας	Ανατολικό Περιθώριο Λεκάνης Ευρώτα
5	Βασιλόρεμα/Αρδελολάγκαδο	67,86	Λακωνικός κόλπος	Νότιος Ταϋγετος	Δυτικό Περιθώριο Λεκάνης Ευρώτα
5	Χάβου/Ξεριάς	60,19	Ποταμός Ευρώτας	Νότιος Πάρνωνας	Ανατολικό Περιθώριο Λεκάνης Ευρώτα
4	Κορακοφωλιά	58,2	Δέλτα Ευρώτα	Ανατολικό Περιθώριο Δέλτα	Ανατολικό Περιθώριο Δέλτα
5	Κολοπάνα/Ρασίνα	56,36	Ποταμός Ευρώτας	Ταϋγετος	Δυτικό Περιθώριο Λεκάνης Ευρώτα
5	Βελονάς/Γιαννούλη	48,88	Ποταμός Ευρώτας	Βόρειος Ταϋγετος	Δυτικό Περιθώριο Λεκάνης Ευρώτα
5	Κνακίων/Μαγουλίτσα	48,07	Ποταμός Ευρώτας	Ταϋγετος	Δυτικό Περιθώριο Λεκάνης Ευρώτα
5	Τσιλιώτου/Ξεριάς	47,42	Ποταμός Ευρώτας	Πάρνωνας	Ανατολικό Περιθώριο Λεκάνης Ευρώτα
5	Λαγκάδα/Σκατιάς	46,75	Ποταμός Ευρώτας	Ταϋγετος	Δυτικό Περιθώριο Λεκάνης Ευρώτα
4	Ντεντεσίνα	2,87	Ποταμός Ευρώτας	Νότιος Πάρνωνας	Ανατολικό Περιθώριο Λεκάνης Ευρώτα
5	Αβετσωβίτικο	43,36	Ποταμός Ευρώτας	Πλατώ Κροκεών-Σκάλας	Δυτικό Περιθώριο Λεκάνης Ευρώτα
5	Γερακάρη	42,62	Ποταμός Ευρώτας	Νότιος Ταϋγετος	Δυτικό Περιθώριο Λεκάνης Ευρώτα
4	Χαρακόρεμα/Βαθύρεμα	41,8	Ποταμός Ευρώτας	Πάρνωνας	Ανατολικό Περιθώριο Λεκάνης Ευρώτα
4	Λογγά/Ρέτσα	36,6	Ποταμός Ευρώτας	Ταϋγετος	Δυτικό Περιθώριο Λεκάνης Ευρώτα
5	Καστανιώτης/Βρυσιώτικο/Βαθύρρεμα	32,76	Ποταμός Ευρώτας	Ταϋγετος	Δυτικό Περιθώριο Λεκάνης Ευρώτα
4	Κερασιά/Γκουρτσίνα	26,17	Ποταμός Ευρώτας	Ταϋγετος	Δυτικό Περιθώριο Λεκάνης Ευρώτα
4	Σκατιάς	23,29	Ποταμός Ευρώτας	Ταϋγετος	Δυτικό Περιθώριο Λεκάνης Ευρώτα
4	Κάκαρη	22,31	Ποταμός Ευρώτας	Ταϋγετος	Δυτικό Περιθώριο Λεκάνης Ευρώτα
4	Κοπιτσάνης	22,2	Ποταμός Ευρώτας	Βόρειος Ταϋγετος	Δυτικό Περιθώριο Λεκάνης Ευρώτα
4	Βαρυκού	20,86	Ποταμός Ευρώτας	Πάρνωνας	Ανατολικό Περιθώριο Λεκάνης Ευρώτα
4	Κοκαλιάρης	17,73	Ποταμός Ευρώτας	Πάρνωνας	Ανατολικό Περιθώριο Λεκάνης Ευρώτα
3	Βουτικιώτης	17,46	Ποταμός Ευρώτας	Ταϋγετος	Δυτικό Περιθώριο Λεκάνης Ευρώτα
3	Χάβος	17,4	Δέλτα Ευρώτα	Βύθισμα Βρονταμά	Ανατολικό Περιθώριο Λεκάνης Ευρώτα
5	Περδικάρη	16,82	Ποταμός Ευρώτας	Ταϋγετος	Δυτικό Περιθώριο Λεκάνης Ευρώτα
4	Κριμπιάς/Νίκοβα	15,75	Ποταμός Ευρώτας	Ταϋγετος	Δυτικό Περιθώριο Λεκάνης Ευρώτα
4	Κολλινιάτικο	14,77	Ποταμός Ευρώτας	Πηγές Ευρώτα	Ανατολικό Περιθώριο Λεκάνης Ευρώτα
2	Στραβόρεμα	13,54	Δέλτα Ευρώτα	Ανατολικό Περιθώριο Δέλτα	Ανατολικό Περιθώριο Δέλτα
3	Βαθειά Χούνη	12,95	Δέλτα Ευρώτα	Ανατολικό Περιθώριο Δέλτα	Ανατολικό Περιθώριο Δέλτα
4	Ξερίλας	12,78	Ποταμός Ευρώτας	Βόρειος Ταϋγετος	Δυτικό Περιθώριο Λεκάνης Ευρώτα
4	Ελληνίτσας	10,76	Ποταμός Ευρώτας	Ταϋγετος	Δυτικό Περιθώριο Λεκάνης Ευρώτα
4	Πλατάνες	9,57	Δέλτα Ευρώτα	Δυτικό Περιθώριο Δέλτα	Δυτικό Περιθώριο Δέλτα
3	Καρασπαγιώτικο	8,91	Ποταμός Ευρώτας	Λεκάνη Σπάρτης	Δυτικό Περιθώριο Λεκάνης Ευρώτα
3	Σελλασίας	8,84	Ποταμός Ευρώτας	Πάρνωνας	Ανατολικό Περιθώριο Λεκάνης Ευρώτα
3	Ξεριάς	8,52	Δέλτα Ευρώτα	Δυτικό Περιθώριο Δέλτα	Δυτικό Περιθώριο Δέλτα
4	Μαντηλού	8,19	Λακωνικός κόλπος	Δυτικό Περιθώριο Δέλτα	Δυτικό Περιθώριο Δέλτα

Πίνακας 1 - Κατάταξη των λεκανών με βάση την έκταση.

Στο δυτικό Πάρνωνα υπάρχουν πολλές περιοχές με ορθογώνια υδρογραφικά δίκτυα που δεν παρατηρούνται στον ανατολικό Ταϋγετο, ενώ οι υπολεκάνες του Ευρώτα που φτάνουν μέχρι τον υδροκρίτη είναι πολύ λιγότερες (έξι έναντι δεκατεσσάρων), είναι μεγαλύτερης τάξης, με μεγαλύτερη έκταση και έχουν πολύ μικρότερη πυκνότητα του υδρογραφικού δικτύου και μέση κλίση από αυτές του Ταϋγέτου, τέλος δε είναι ασύμμετρες και με ακανόνιστα σχήματα (με την εξαίρεση της λεκάνης του Οινούντος). Ένα πρόσθετο στοιχείο της ασυμμετρίας των δυο τμημάτων της λεκάνης είναι η απόσταση του υδροκρίτη από την κύρια κοίτη, που είναι γενικά διπλάσια στον Πάρνωνα από ό,τι στον Ταϋγετο, τουλάχιστον στο κεντρικό τμήμα της λεκάνης. Αξίζει ακόμα να σημειωθεί ότι οι κλάδοι που καταλήγουν στον Ευρώτα από τον Πάρνωνα (ακόμα και ο κύριος κλάδος του Οινούντος) έχουν ροή για πολύ μικρά χρονικά διαστήματα (σχεδόν μόνο όταν υπάρχουν παρατεταμένες ή έντονες βροχοπτώσεις), ενώ οι κλάδοι του Ταϋγέτου, που είναι επίσης ως επί το πλείστον μη μόνιμης ροής, συνήθως ρέουν κατά μεγάλο ποσοστό της υγρής περιόδου συνεισφέροντας σημαντικά στη δίαιτα του ποταμού. Το τελευταίο βέβαια μπορεί να οφείλεται και στο γεγονός της ύπαρξης πηγών κατά μήκος

του ρηξιγενούς περιθωρίου στον ανατολικό Ταΰγετο, ενώ στον Πάρνωνα δεν υπάρχουν πηγές κοντά στην πεδινή περιοχή. Οι λίγες πηγές που υπάρχουν είναι μακριά από την πεδιάδα, στο εσωτερικό του ορεινού όγκου.



Εικ. 3 – Κατάταξη των υπολεκανών του Ευρώτα (και μερικών που απορρέουν απευθείας στο δέλτα ή στο Λακωνικό κόλπο) με βάση την έκταση (σε km²).

Είναι επίσης αξιοσημείωτο ότι πολλά τμήματα των κοιλάδων του δυτικού Πάρνωνα διατάσσονται σε μια διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ, δηλαδή παράλληλα με τον ορεογραφικό άξονα του όρους και εναλλάσσονται με κοιλάδες εγκάρσιες (ΒΑ-ΝΔ), εξ ου και δημιουργούνται ορθογώνια υδρογραφικά δίκτυα σε διάφορες περιοχές, μορφή που αποτυπώνεται και στους υδροκρίτες των υπολεκανών (π.χ. Ξεριάς, Κοκαλιάρης, Βαρυκού, Χαρακόρεμα κ.λπ.). Κατά κύριο λόγο αυτές οι μορφές αναπτύσσονται πάνω στους ασβεστόλιθους της ενότητας Τρίπολης.

Κοντά στην κύρια κοίτη του Ευρώτα και κατά μήκος της αναπτύσσονται, διαγώνια ή εγκάρσια ως προς αυτήν, παράλληλα υδρογραφικά δίκτυα σε μικρές επιμήκεις λεκάνες πάνω σε πλειοκαινικούς και τεταρτογενείς σχηματισμούς (κυρίως μεταξύ Μενελάιου και Σκούρας) και στην περιοχή του Βρονταμά.

Τόσο οι διαφορετικές μορφές λεκανών όσο και οι διαφορετικές γεωμετρίες υδρογραφικών δικτύων, σε συνδυασμό με την κατανομή τους στο χώρο, οδηγεί στη διαπίστωση ότι οι επιμέρους γεωμορφολογικές ενότητες του δυτικού Πάρνωνα δεν έχουν ούτε την ίδια ηλικία, ούτε βρίσκονται στο ίδιο στάδιο μορφολογικής εξέλιξης. Είναι αρκετά εύλογο λόγω της έκτασης (350 km²), της τάξης (6η)

και του γεωλογικού υπόβαθρου της περιοχής (σχηματισμοί της ενότητας Τρίπολης), ότι το υδρογραφικό δίκτυο του Οινούντος πρέπει να είναι το αρχαιότερο ή από τα αρχαιότερα της περιοχής, σε αντίθεση με τα μικρά παράλληλα υδρογραφικά δίκτυα π.χ. στο Μενελάιο, των οποίων η ηλικία, λαμβάνοντας υπόψη τους σχηματισμούς που διαβρώνονται σήμερα, τοποθετείται στο ανώτερο Τεταρτογενές, ή ακόμα και στο Ολόκαινο. Παρατηρείται ακόμα το φαινόμενο παλιά υδρογραφικά δίκτυα, καλά ανεπτυγμένα βαθιά μέσα στην ορεινή μάζα, να καταλήγουν σε μονοσήμαντους νέους κλάδους που διαβρώνουν σήμερα μεταλπικούς (ακόμα και ολοκαινικούς) σχηματισμούς[1], ευρισκόμενα σε στάδιο (προφανώς) ανανέωσης (π.χ. Κοκαλιάρης). Αυτό το τελευταίο φαινόμενο είναι κοινό χαρακτηριστικό των λεκανών του κεντρικού περιθωρίου του Ταϋγέτου, καθώς συμβαίνει με όλους τους κλάδους που διασχίζουν την πεδιάδα της Σπάρτης και διαβρώνουν σήμερα τα προηγούμενα ολοκαινικά τους ριπίδια.

Από τα παραπάνω γίνεται φανερό ότι στη μορφολογία έχουν αποτυπωθεί διάφορες φάσεις της εξέλιξης της περιοχής και αυτό είναι πιο έκδηλο στον Πάρνωνα από ό,τι στον Ταΰγετο. Θα μπορούσε μάλιστα να υποστηριχθεί η άποψη ότι αυτό συμβαίνει διότι οι κατακόρυφες τεκτονικές κινήσεις είναι πιο αργές στον Πάρνωνα, καθυστερώντας τη διάβρωση και επιτρέποντας την «απολίθωση» παλιότερων γεωμορφών[2]. Οι γεωμορφές στο κεντρικό και νότιο τμήμα της λεκάνης του Ευρώτα έχουν αναλυθεί συστηματικά από τον H. Riedl[3], σε σχέση τόσο με τη γενετική τους προέλευση, όσο και με την ηλικία τους.

Οι παρατηρήσεις του Riedl μπορούν επιγραμματικά να συνοψιστούν στα ακόλουθα:

- Υπάρχουν, σε διαφορετικά υψόμετρα, υπολείμματα ή μεγάλα τμήματα επιφανειών επιπέδωσης, διαβρωσιγενών, προσχωσιγενών ή σύνθετων, που αντιστοιχούν σε κλιματικά και μορφογενετικά επεισόδια διαφόρων ηλικιών. Οι επιφάνειες αυτές μπορεί να βρίσκονται κατά περιοχές θαμμένες κάτω από νεότερα ιζήματα, ή τμήματά τους να βρίσκονται σε διαφορετικά υψόμετρα.
- Οι παλαιότερες επιφάνειες χρονολογούνται πριν από το Άνω Πλειόκαινο, και υπάρχουν στο δυτικό Πάρνωνα δύο τουλάχιστον γενιές. Η παλαιότερη βρίσκεται σε υψόμετρα 800-900 μέτρων και είναι ανεπτυγμένη κυρίως πάνω σε ασβεστόλιθους της ενότητας Τρίπολης και φέρει πόλγες και βαθιές κοιλάδες, ενώ η νεότερη σε υψόμετρα 400-520 μέτρων και αναπτύσσεται βόρεια της λεκάνης της Σπάρτης πάνω σε σχηματισμούς της σειράς φυλλιτών – χαλαζιτών, και νότια της λεκάνης πάνω τόσο σε φυλλίτες, όσο και σε ασβεστόλιθους της Τρίπολης. Σύμφωνα με τον Riedl, η γένεση αυτών των επιφανειών σχετίζεται άμεσα με μια πρώτη περίοδο καρστικοποίησης, η οποία έλαβε χώρα πριν από την επίκλυση του Άνω Πλειοκαίνου. Για την περίοδο αυτή, τεκμηριώνεται, μέσω της παρουσίας αποθέσεων λατεριτικών πηλών, ένα θερμό και υγρό τροπικό κλίμα που συμβάλλει με ιδιαίτερο τρόπο στην καρστικοποίηση, ενώ οι αποθέσεις αυτές ακολουθούνται από την απόθεση ασβεστολιθικού επίπαγου, που δείχνει ψυχρό και ξηρό κλίμα. Χαρακτηριστικό των νεότερων αποθέσεων είναι οι εναλλαγές πυριτικού και καολλινιτικού ιζήματος που δείχνουν και αντίστοιχες μεταβολές του κλίματος. Στις υγρές φάσεις αυτής της μεταβατικής περιόδου αποδίδεται μια δεύτερη περίοδος καρστικοποίησης των ασβεστόλιθων.
- Σε πολλές περιοχές οι προηγούμενες επιφάνειες (κυρίως της δεύτερης γενιάς) θάφτηκαν από νεότερα ιζήματα, καταρχήν του Α. Πλειοκαίνου, συχνά λιμναία (όπως στο Μενελάιο, στην Πλατάνα και στη Σκούρα) ή θαλάσσια (π.χ. Σκάλα – Στεφανιά). Στη συνέχεια, δημιουργήθηκαν οι νεότερες επικλινείς (παγετώδεις) επιφάνειες διάβρωσης – απόθεσης του Πλειστοκαίνου στα 300- 320 μέτρα (διάβρωση), στα 220-240 μέτρα (διάβρωση) και στα 195-

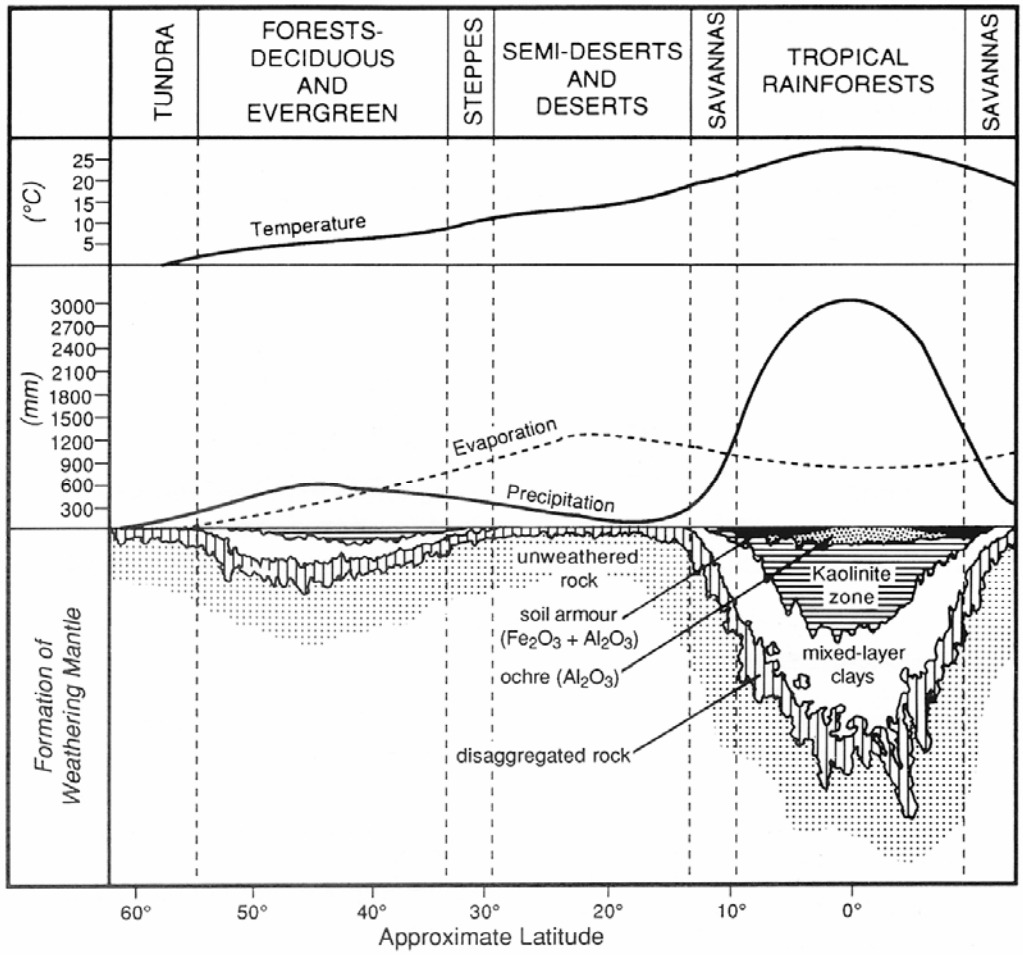
[1] Pope et al, 2000, Pope et al, 2003.

[2] Θα μπορούσε βέβαια αυτό να διατυπωθεί και αντίστροφα:: Επειδή στον Πάρνωνα έχουν απολιθωθεί παλαιότερες γεωμορφές από ό,τι στον Ταϋγετο, μπορεί να εξαχθεί το συμπέρασμα ότι οι ανοδικές κινήσεις και η διάβρωση είναι βραδύτερες εκεί.

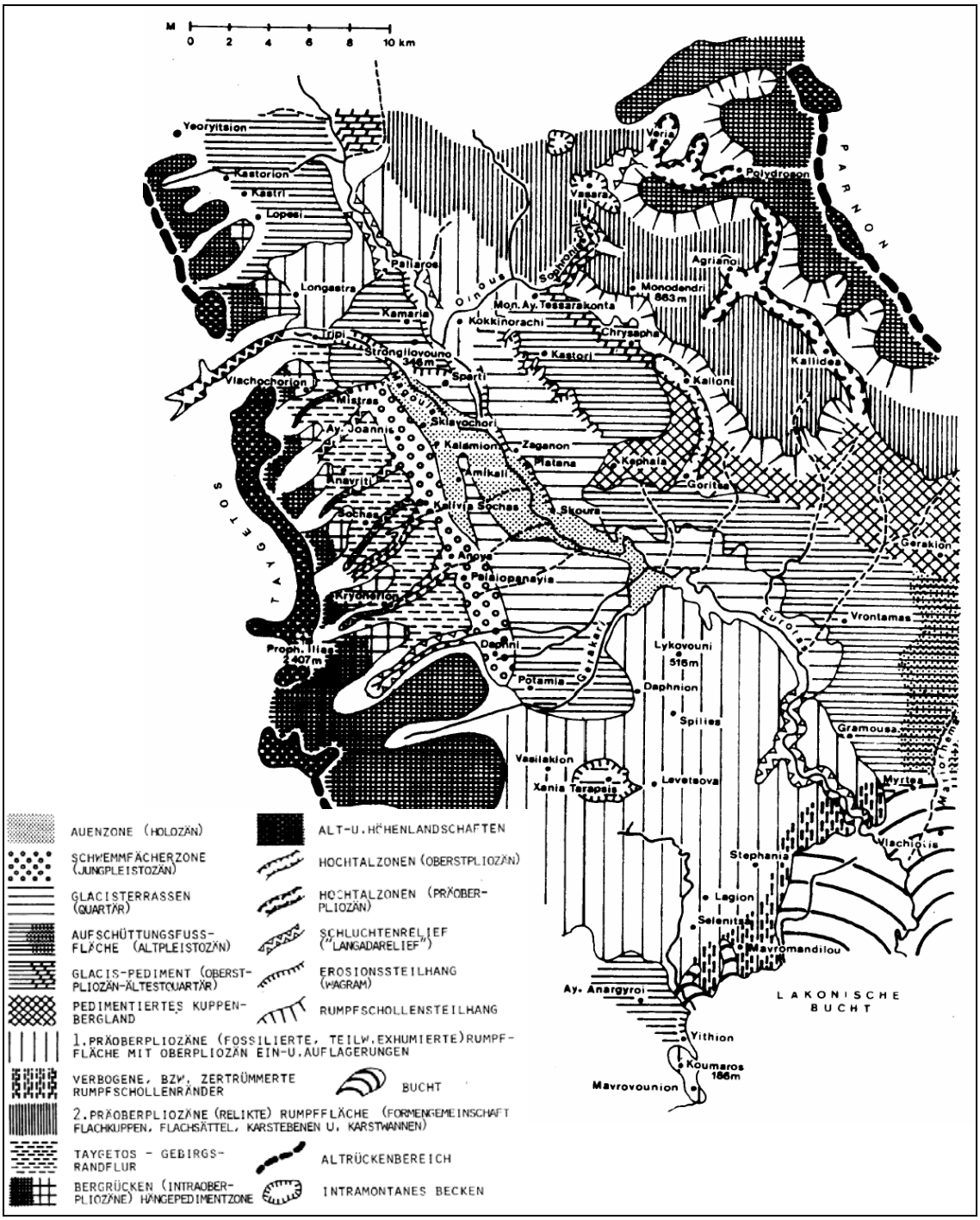
[3] Riedl, 1976.

220 μέτρα (απόθεση), με τις νεότερες στα χαμηλότερα υψόμετρα και εσωτερικότερα στη λεκάνη.

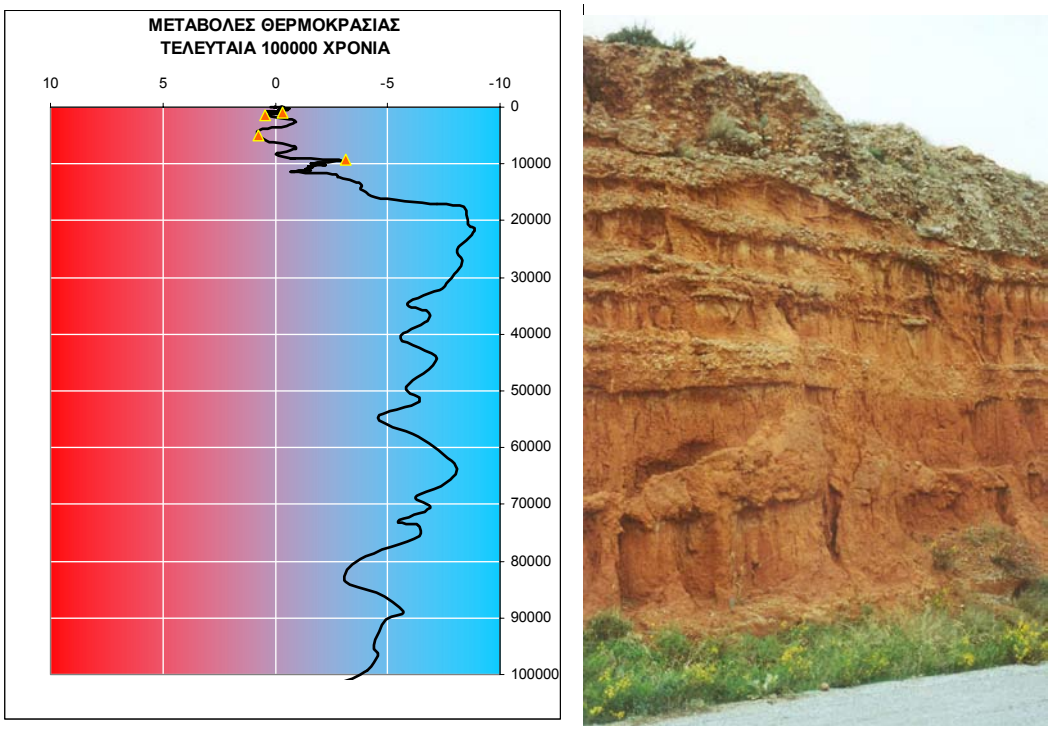
- Στον ανατολικό Ταΰγετο δεν παρατηρούνται αυτές οι δομές, και το πιο έκδηλο «απολιθωμένο» γεωμορφολογικό στοιχείο είναι οι επικρεμάμενες κοιλάδες μεταξύ 500-700 μέτρων, ηλικίας πλειστοκαινικής, κατά τον Riedl. Επίσης, δεν υπάρχουν κοιλάδες με διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ, όπως στον Πάρνωνα.



Εικ. 4 – Σημερινές διαδικασίες διάβρωσης. Σχέση μέσης θερμοκρασίας, ύψους βροχής, σύστασης μανδύα αποσάθρωσης με το γεωγραφικό πλάτος και τις ζώνες βλάστησης (Quaternary environments: The Great Ice Age, από Strakhov 1967, Bloom, 1978). Όπως φαίνεται από το διάγραμμα, το κλίμα κατά την υγρή φάση της επίκλυσης του Άνω Πλειοκαίνου ήταν τροπικό και το ισοζύγιο βροχοπτώσεων-εξατμισοδιαπνοής θετικό. Σήμερα, αυτό δεν συμβαίνει και το ισοζύγιο είναι αρνητικό.



Εικ. 5 – Ο γεωμορφολογικός χάρτης του Riedl (1976).

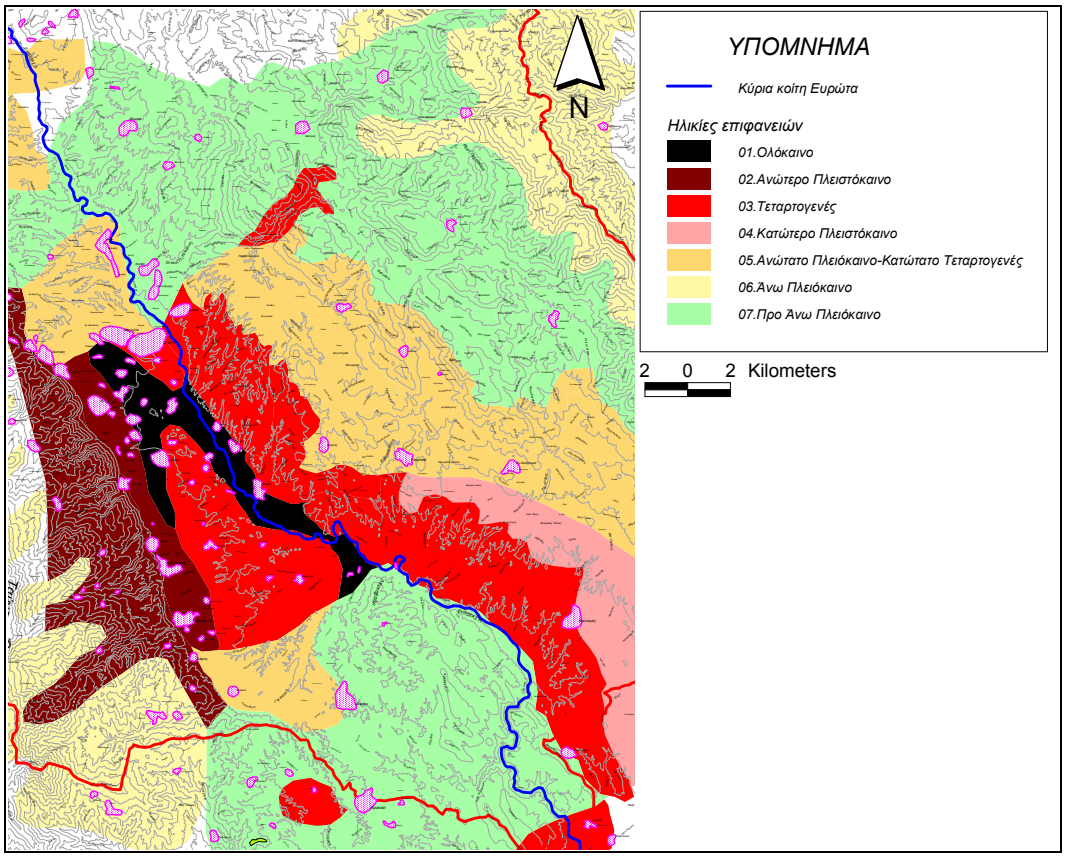


Εικ. 6 - Αριστερά: Μεταβολές της μέσης παγκόσμιας θερμοκρασίας κατά τα τελευταία 100000 (Βούρμιο και Ολόκαινο). Διακρίνεται η διαφορά θερμοκρασίας από το Βούρμιο στο Ολόκαινο, καθώς και οι ενδιάμεσες θερμότερες (και υγρότερες) περίοδοι, μέσα στην παγετώδη περίοδο του Βουρμίου. Δεξιά: Η στρωματογραφική αποτύπωση της διαχρονικής εναλλαγής θερμού και υγρού κλίματος με ψυχρό και ξηρό σε ιζήματα του Τεταρτογενούς στο ανατολικό περιθώριο της λεκάνης (Αφισού – Σπηλιές). Οι ερυθροί ορίζοντες δείχνουν παλαιοεδάφη και θερμότερες/υγρότερες φάσεις, ενώ τα συμπαγή ανθρακικά λατυποκροκαλοπαγή δείχνουν τις ψυχρές/ξηρές φάσεις, που συναντάμε συχνά και σήμερα σε περιοχές ανάπτυξης των κρουστών (caliche), εκεί που παρατηρούνται φαινόμενα ερημοποίησης.

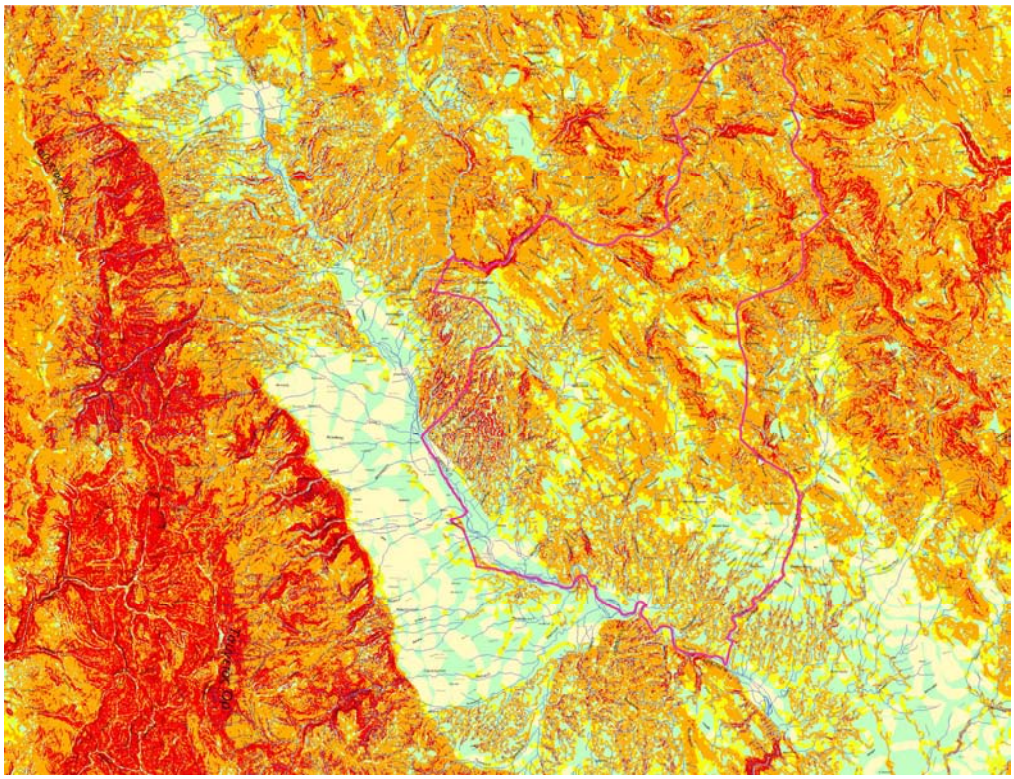
Δευτερογενής συνέπεια των παρατηρήσεων του Riedl είναι η χρονολόγηση της έκθεσης στην επιφάνεια των πετρωμάτων των τεκτονικών ενοτήτων. Πιο συγκεκριμένα, τόσο οι ασβεστόλιθοι της Τρίπολης όσο και οι φυλλίτες εμφανίζονται στο δυτικό Πάρνωνα να καταλαμβάνουν το πλείστο της έκτασης και των δύο προανωπλειοκαινικών επιφανειών επιπέδωσης, ενώ οι πλακώδεις ασβεστόλιθοι στην περιοχή του Κεφαλά εμφανίζονται σε επιφάνειες επιπέδωσης του ορίου Α. Πλειοκαίνου – Κ. Πλειστοκαίνου.

Μπορεί να ειπωθεί λοιπόν ότι ο δυτικός Πάρνωνας φέρει ένα σύνολο γενικά ωριμότερων γεωμορφών από ό,τι ο Ταΰγετος, και μάλιστα με τουλάχιστον δύο διακριτές φάσεις καρστικοποίησης κατά το Πλειόκαινο, εκτός από τις σύγχρονες φάσεις κατά τις υγρές φάσεις του Τεταρτογενούς και του Ολοκαίνου. Επιπλέον είναι φανερό ότι στον Ταΰγετο δεν έχουν διατηρηθεί πολύ παλιότερες γεωμορφές, γεγονός που δεν μπορεί παρά να αποδοθεί στην διαφορετική ταχύτητα ανύψωσης και διάβρωσης των δύο περιοχών. Η σχετική ταχύτητα μεταξύ των επιμέρους τεκτονικών τεμαχών σε κάθε ορεινό συγκρότημα είναι επίσης σημαντικός παράγων, καθώς:

- Στον Πάρνωνα έχουν διατηρηθεί επιφάνειες επιπέδωσης πάνω σε ασβεστόλιθους Τρίπολης, σε φυλλίτες, αλλά και σε μεταλπικούς σχηματισμούς, που συχνά είναι διαμορφωμένες πάνω σε σύνθετο υπόβαθρο (π.χ. περιοχή Αγίων Αναργύρων).
- Στον Ταΰγετο υπάρχουν μόνο δυο καλά ξεχωρισμένες (από το ρηξιγενές περιθώριο) περιοχές: διάβρωσης, στην ορεινή μάζα και απόθεσης, στο πεδινό τμήμα.

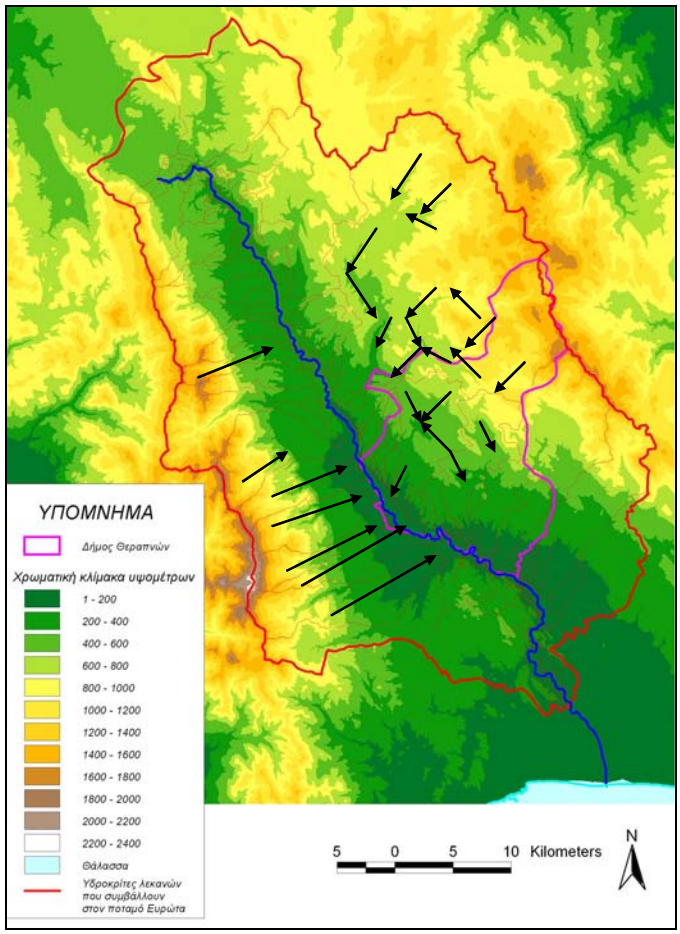


Εικ. 7 – Ηλικίες των γεωμορφών στη λεκάνη του Ευρώτα (στοιχεία από Riedl, 1976).



Εικ. 8 – Χάρτης μορφολογικών κλίσεων της περιοχής του κεντρικού τμήματος της λεκάνης του Ευρώτα (πράσινο 0-1%, ανοικτό κίτρινο 1-5%, κίτρινο 5-10%, πορτοκαλί 10-30%, κόκκινο 30-50%, σκούρο κόκκινο >50%. Η μορφή του χάρτη δείχνει πολύ καλή ταύτιση των περιοχών που διακρίνει ο Riedl με την ομαδοποίηση που δείχνουν οι μορφολογικές κλίσεις.

Έτσι, παρατηρείται στον δυτικό Πάρνωνα το εξής φαινόμενο: εξαιτίας της σχετικά βραδύτερης (σε σχέση με τον ανατολικό Ταΰγετο) δράσης της διάβρωσης, έχουν διατηρηθεί στην επιφάνεια γεωλογικοί σχηματισμοί (ασβεστόλιθοι Τρίπολης) και γεωμορφές (επιφάνειες και υδρογραφικά δίκτυα) που φέρουν την αθροιστική επίδραση όλων των τεκτονικών και κλιματικών μεταβολών έχοντας εκτεθεί στην επιφάνεια από το Πλειόκαινο ως σήμερα, με πολλαπλά επεισόδια καρστικοποίησης. Έτσι, τουλάχιστον το τμήμα που καλύπτεται από ασβεστόλιθους Τρίπολης, είναι ολοκαρστικό (πολύ δε περισσότερο όταν το πάχος των ασβεστόλιθων είναι πια ελάχιστο σε πολλές περιοχές) και σχεδόν αρροϊκό[4], καθώς η κατακόρυφη οδός είναι για το νερό πιο εύκολη από την οριζόντια, υπό αυτές τις συνθήκες. Ως αποτέλεσμα (και σε συνδυασμό με την κινηματική των τεμαχών φυσικά), υπάρχουν κυρίως στις νότιες απολήξεις του δυτικού Πάρνωνα, κλειστά ή κλειστά υπό συνθήκες υδρογραφικά δίκτυα με άξονα ανάπτυξης του κατώτερου τμήματός τους σε διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ, ενίοτε και με καταβόθρες (όπως γίνεται πολύ χαρακτηριστικά στους Μολάους). Η ίδια η παρουσία πολλών γενεών μεταλπικών αποθέσεων εκτός από την ίδια τη λεκάνη της Σπάρτης σε μεγάλη έκταση του δυτικού Πάρνωνα, δείχνει ότι αυτή η περιοχή υπήρξε μέχρι σήμερα πολύ πιο ευαίσθητη στις διαχρονικές μεταβολές του επιπέδου βάσης, από ό,τι η περιοχή δυτικά του ρηξιγενούς περιθωρίου του Ταϋγέτου.



Εικ. 9 – Η λεκάνη και οι υπολεκάνες του Ευρώτα. Τα βέλη δείχνουν τη μέση κατεύθυνση της επιφανειακής αποστράγγισης στις επιμέρους περιοχές και τη διαφορά ανάμεσα στη δυτική και την ανατολική πλευρά της λεκάνης.

[4] Ο όρος «αρροϊκό» χρησιμοποιείται καθ' υπερβολήν για να τονίσει την πολύ μικρή απορροή υπό τις τρέχουσες κλιματικές συνθήκες. Αρροϊκό χαρακτηρίζεται τυπικά ένα σύστημα χωρίς υδρογραφικό δίκτυο.

Αυτές οι ουσιαστικές διαφορές στην τεκτονική και μορφολογική εξέλιξη των δύο ορεινών συγκροτημάτων που ορίζουν τη λεκάνη του Ευρώτα, έχουν ένα εξίσου σημαντικό αντίκτυπο στο σχέδιο της επιφανειακής[5] αποστράγγισης της λεκάνης. Πιο συγκεκριμένα, η επιφανειακή αποστράγγιση στον Ταΰγετο γίνεται απευθείας εγκάρσια ως διαγώνια προς τον άξονα της λεκάνης, ενώ στον Πάρνωνα γίνεται κατά βαθμίδες αλλάζοντας συχνά κατεύθυνση (εγκάρσια > παράλληλα > εγκάρσια > διαγώνια κ.ο.κ.). Συνεπώς, εκτός από τη μεγαλύτερη απόσταση από τον Ευρώτα, το νερό ακολουθεί μια τεθλασμένη διαδρομή που επιμηκύνει τη ροή του στις παρυφές του Πάρνωνα, και βέβαια μειώνει την απορροή υπέρ της κατείσδυσης, αλλά ενδεχομένως και υπέρ της εξάτμισης.

Με βάση τα παραπάνω, μπορεί να σχηματοποιηθεί **ο χαρακτηρισμός του κεντρικού δυτικού Πάρνωνα ως ενός δυνάμει «αρροϊκού» υδρολογικού συστήματος, που «υποκλέπτει» νερό από ένα (σήμερα) εξωρροϊκό, αυτό της λεκάνης του Ευρώτα**. Δηλαδή, η σημερινή γεωμορφολογική κατάσταση της περιοχής, τείνει να «εξαιρέσει» το τμήμα αυτό της λεκάνης από τη συμμετοχή του στον υδρολογικό κύκλο με τη μορφή της απορροής[6]. Αυτό βέβαια δημιουργεί το ερώτημα **πού διοχετεύεται το νερό αυτό**, εφόσον εξαιρείται από τη λεκάνη, αλλά για να απαντηθεί πρέπει να υπάρχουν κι άλλα στοιχεία, και το θέμα θα εξεταστεί σε επόμενα κεφάλαια.

Πρέπει πάντως να σημειωθεί ότι, αν και σήμερα η λεκάνη του Ευρώτα είναι ένα ανοιχτό σύστημα που εκβάλλει στη θάλασσα του Λακωνικού κόλπου, στο παρελθόν υπήρξαν περίοδοι, τουλάχιστον στο Άνω Πλειόκαινο, αλλά κατά περιόδους και στο Πλειστόκαινο, που αυτό δεν συνέβαινε. Αντ' αυτού υπήρχαν μόνιμες ή εφήμερες λίμνες που έχουν διαπιστωθεί στην Πελλάνα, στην περιοχή Πλατάνας – Σκούρας και αλλού.

Είναι γνωστό ότι οι βασικοί παράγοντες που πρέπει να έχουν επιδράσει στα ποτάμια συστήματα κατά το Τεταρτογενές[7] είναι:

- Η μεταβολή του επιπέδου βάσης και η επίδραση της τεκτονικής σε αυτό
- Το ισοζύγιο του νερού στη λεκάνη απορροής και οι διαβρωτικές διεργασίες
- Οι διεργασίες που σχετίζονται με το ποτάμι στη λεκάνη απορροής.

Στο Άνω Πλειόκαινο, το επίπεδο βάσης ήταν πολύ ψηλότερα, ενώ τα κατακρημνίσματα υπερίσχυαν της δυνητικής εξατμισοδιαπνοής, έτσι θα πρέπει κάποιες λίμνες να ήταν «μόνιμες». Στη συνέχεια και καθώς το κλίμα της περιοχής έχανε τον τροπικό του χαρακτήρα, το θετικό ισοζύγιο των κατακρημνισμάτων άλλαζε. Με την έλευση των παγετωδών περιόδων, οι λίμνες αποξηραίνονταν, αλλά ταυτόχρονα χαμήλωνε και το επίπεδο βάσης, με αποτέλεσμα την ενίσχυση των φαινομένων διάβρωσης στην κοιλάδα του Ευρώτα και τη μετατροπή του κάποια στιγμή σε ενιαίο ανοιχτό σύστημα. Οι κλιματοευστατικές μεταβολές του Τεταρτογενούς στη συνέχεια αποτυπώθηκαν τόσο στα ριπίδια των παραποτάμων του Ευρώτα, όσο και στις ποτάμιες αναβαθμίδες του Ολοκαίνου.

Πέρα όμως από την εξέλιξη των γεωμορφών στο παρελθόν, που ερμηνεύει σε μεγάλο βαθμό κάποια σημερινά φαινόμενα, είναι σημαντική η παρατήρηση της ίδιας της σημερινής δυναμικής σε κάποιες ιδιαίτερες περιοχές. Τα σημερινά πλημμυρικά πεδία στη λεκάνη του Ευρώτα, δηλαδή οι περιοχές που αποτίθενται σήμερα αλλουβιακοί σχηματισμοί, δεν είναι παρά περιοχές που δημιουργούνται προσχωματικοί υδροφορείς, στο βαθμό που το επιτρέπει η κοκκομετρία των αποθέσεων. Η κατανομή των περιοχών αυτών κάθε άλλο παρά τυχαία είναι και μάλιστα σχετίζεται άμεσα με την ενέργεια των λεκανών που τις τροφοδοτούν με νερό και ιζήματα[8]. Χαρακτηριστικό πάντως των περιοχών που

---

[5] και βέβαια και στην υπόγεια, που θα σχολιαστεί σε επόμενο κεφάλαιο

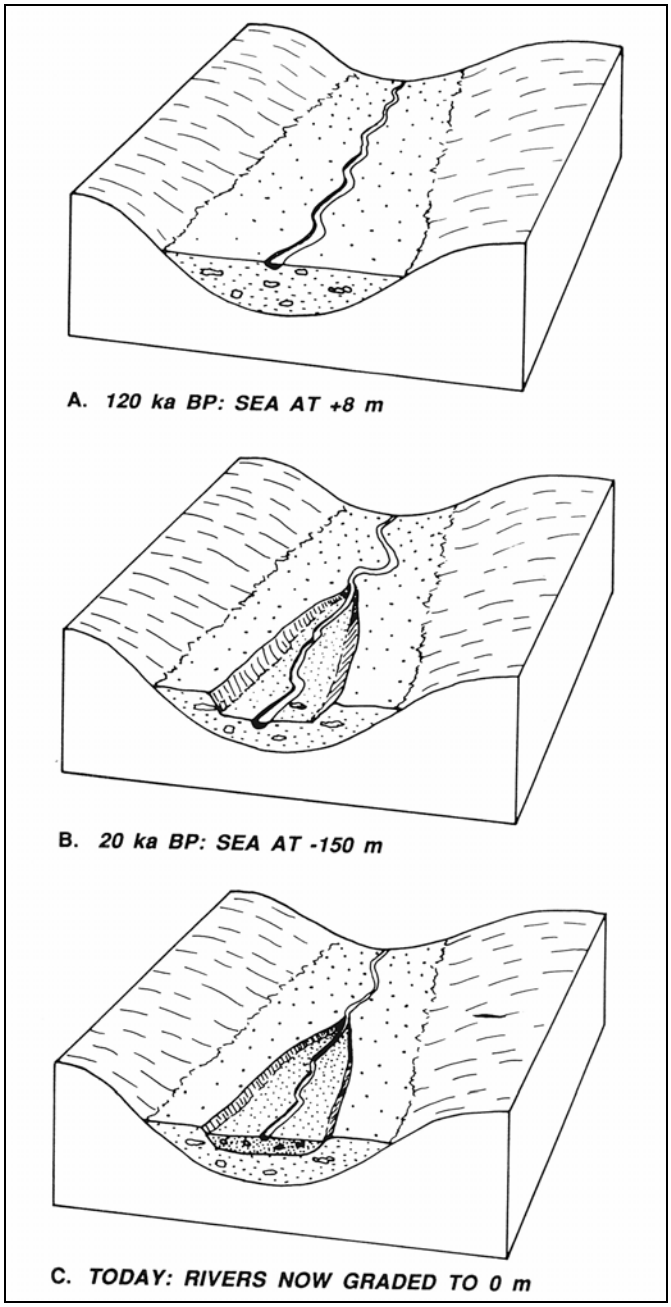
[6] Δεν είναι καθόλου τυχαίο το γεγονός ότι πολυάριθμοι κλάδοι του υδρογραφικού δικτύου φέρουν την ονομασία «Ξεριάς», στο δυτικό Πάρνωνα.

[7] Quaternary Environments

[8] Μαριολάκος και συνεργάτες, 2007 (Στρατηγικός Σχεδιασμός Αντιπλημμυρικής Προστασίας Νομού Λακωνίας).

αναπτύσσονται με μεγάλη ταχύτητα αυτοί οι σχηματισμοί είναι οι γεωμορφές των διακλαδιζόμενων κοιτών (braided rivers). Ο σχηματισμός τους αποδίδεται στο γεγονός ότι η σχέση ιζήματος / νερού στις απορροές είναι πολύ μεγάλη, με αποτέλεσμα το ποτάμι να μην έχει τη δυνατότητα να μεταφέρει όλη του τη στερεοπαροχή. Ειδικά στις περιοχές με έντονη ανύψωση (όπως η συγκεκριμένη) παρατηρείται προσφορά αδρομερούς υλικού, ενώ προς τις εκβολές το υλικό είναι πιο λεπτόκοκκο.

Ως αποτέλεσμα, πολλά τμήματα της κοίτης του κεντρικού υδρογραφικού δικτύου έχουν διακλαδιζόμενη μορφή, και ουσιαστικά αποτελούν περιοχές προσαύξησης του φρεάτιου υδροφορέα που επικοινωνεί με (και τροφοδοτείται από) το ποτάμι.



Εικ. 10 – Οι μορφές «cut and fill» αποτελούν χαρακτηριστικό αποτύπωμα των μεταβολών της στάθμης της θάλασσας στις ποτάμιες αποθέσεις. Στην εικόνα μια σχηματική αναπαράσταση σε τρία στιγμιότυπα (σήμερα, πριν από 20000 χρόνια και πριν από 120000 χρόνια) που δείχνει τη διάβρωση ή απόθεση των αλλουβίων ανάλογα με το επίπεδο βάσης.

Εικ. 11 - Περιοχές του Ευρώτα με διακλαδιζόμενη (braided) κοίτη: Πάνω αριστερά: ανατολικά της Ριβιώτισσας, δηλαδή στη συμβολή του Ευρώτα με τα ρέματα Παροριτης, Ξεριάς και Γκουρτσίνα του Ταϋγέτου. Πάνω δεξιά: νότια της Πλατάνας. Κάτω: δυτικά της Σκούρας, δηλαδή στη συμβολή με τα ρέματα Ξεριάς του Πάρνωνα και Κάκαρη του Ταϋγέτου.

2.2. ΥΔΡΟΛΟΓΙΑ

Η συμπλήρωση της εξίσωσης (P=E+R+I) του υδρολογικού ισοζυγίου της περιοχής είναι το πρώτο βήμα για την εκτίμηση των διαθέσιμων ποσοτήτων νερού και τους περαιτέρω υπολογισμούς του ή των υδρογεωλογικών ισοζυγίων για τους υδροφόρους ορίζοντες. Οι όροι P, E, I και R μπορούν να υπολογιστούν με ποικίλες μεθοδολογίες, είτε απευθείας είτε έμμεσα, ανάλογα με τα χαρακτηριστικά της ερευνώμενης περιοχής, και βέβαια με τα διαθέσιμα στοιχεία μετρήσεων.

2.2.1. Ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα

Ο όρος P του υδρολογικού ισοζυγίου μιας λεκάνης θέτει κατά κάποιο τρόπο τα ποσοτικά όρια μέσα στα οποία οφείλει να γίνει η διαχείριση του νερού στην αντίστοιχη περιοχή, καθώς περιορίζει όλους τους υπόλοιπους παράγοντες. Ως γνωστόν, τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα εξαρτώνται κυρίως από πολλούς παράγοντες[9] (χρόνος, γεωγραφικό πλάτος και απόσταση της περιοχής από τη θάλασσα, υψόμετρο και μορφολογία της περιοχής, προσανατολισμός της περιοχής σε σχέση με τη θάλασσα ή τη διεύθυνση των επικρατούντων ανέμων, μέση θερμοκρασία της περιοχής, υγρασία της περιοχής, ύπαρξη στην ατμόσφαιρα υγροσκοπικών πυρήνων συμπύκνωσης).

Οι μεθοδολογίες που χρησιμοποιούνται συνήθως για τον υπολογισμό των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων σε μια λεκάνη, είναι οι ακόλουθες:

- Μέθοδος του αριθμητικού μέσου όρου
- Μέθοδος των πολυγώνων του Thiessen
- Μέθοδος των ισοϋετιών καμπυλών
- Μέθοδος του μέσου υψομέτρου.

Για τους υπολογισμούς με τις διάφορες μεθόδους χρησιμοποιήθηκε ο ίδιος κατάλογος σταθμών (βλ. επόμενο πίνακα). Οι δυο τελευταίες βασίζονται στον υπολογισμό της εξίσωσης βροχοβαθμίδας, δηλαδή της γραμμικής μεταβολής των βροχοπτώσεων με το υψόμετρο.

ΣΤΑΘΜΟΣ	ΥΨΟΜΕΤΡΟ ΣΤΑΘΜΟΥ	ΜΕΣΟ ΕΤΗΣΙΟ ΥΨΟΣ ΒΡΟΧΗΣ
ΑΡΝΑ	779,2	1300,4
ΒΑΣΑΡΑΣ	650	719,5
ΒΟΥΡΒΟΥΡΑ	1000	1038,5
ΒΡΟΝΤΑΜΑΣ	280	545,2
ΓΥΘΕΙΟ	2,8	781,2
ΚΑΣΤΟΡΕΙΟ	478,2	1202
ΚΟΛΛΙΝΕΣ	780	848,7
ΛΟΓΚΑΝΙΚΟΣ	738,4	1277,7
ΠΕΤΡΙΝΑ	240,2	889,5
ΣΕΛΛΑΣΙΑ	610	736,8
ΣΚΑΛΑ	25	430,0
ΣΟΧΑ	875	1416,5
ΣΠΑΡΤΗΣ	200	695,4
ΣΥΝΤ. ΣΥΣΧΕΤΙΣΗΣ	**0,67**	

Πίνακας 2

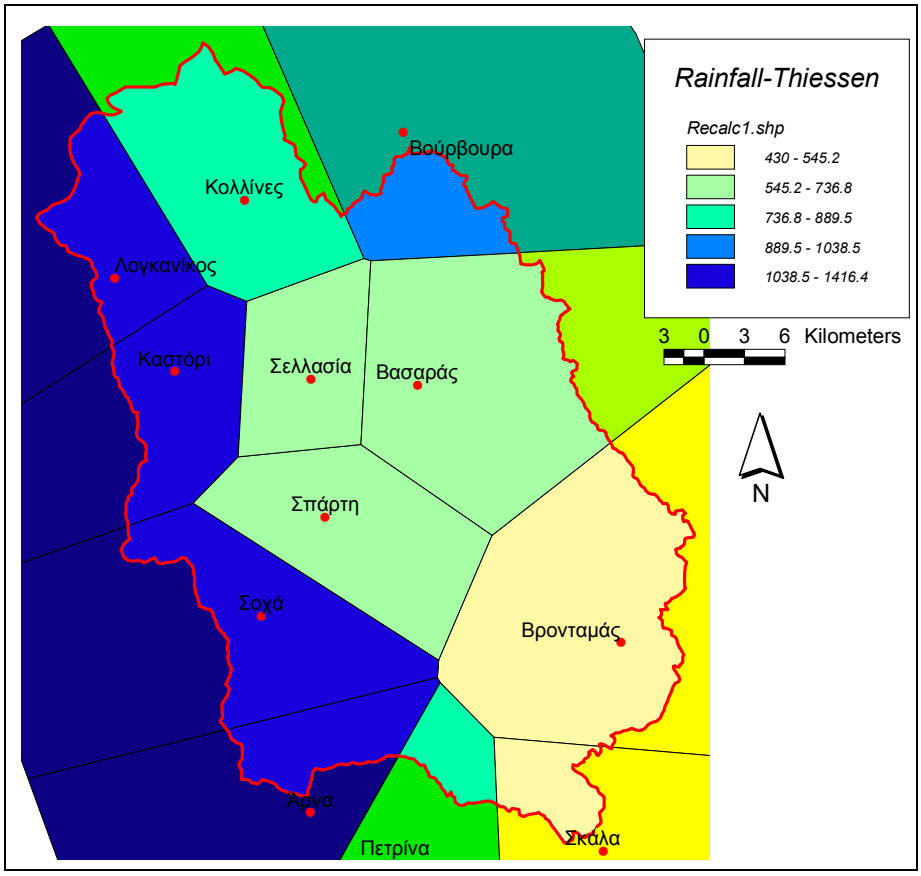
[9] Λέκκας και Αλεξόπουλος, 1984.

2.2.1.1. Μέθοδος του αριθμητικού μέσου

Η μέθοδος του αριθμητικού μέσου όρου χρησιμοποιείται με την προϋπόθεση ότι οι βροχομετρικού σταθμοί είναι ομοιόμορφα κατανεμημένοι στη λεκάνη και οι διαφορές στα ύψη βροχής δεν είναι μεγάλες. Όπως φαίνεται στον πίνακα των μέσων ετησίων υψών βροχής, αυτό δεν ισχύει για την ευρύτερη περιοχή της λεκάνης του Ευρώτα. Ο αριθμητικός μέσος όρος για τη λεκάνη του Ευρώτα είναι **914mm**.

2.2.1.2. Μέθοδος των πολυγώνων του Thiessen

Η μέθοδος των πολυγώνων του Thiessen[10] είναι μια γεωμετρική μέθοδος υπολογισμού του βαθμού επιρροής των βροχομετρικών σταθμών σε μια περιοχή, θεωρώντας τη θέση του σταθμού ως κεντροβαρική για μια περιοχή γύρω του. Φέρνοντας τις μεσοκαθέτους των αποστάσεων των σταθμών και προεκτείνοντας αυτές προς το εσωτερικό της λεκάνης έως ότου συναντηθούν και προς το εξωτερικό έως ότου τμήσουν τον υδροκρίτη, δημιουργούνται τα πολύγωνα επιρροής των σταθμών. Η ποσοστιαία συμμετοχή των εμβαδών τους στο σύνολο της έκτασης της λεκάνης δίνει το συντελεστή βαρύτητας του κάθε σταθμού. Το άθροισμα των γινομένων του ύψους βροχής με τον αντίστοιχο συντελεστή βαρύτητας μας δίνει το μέσο ύψος βροχής για τη λεκάνη.



Εικ. 12 – Εφαρμογή της μεθόδου των πολυγώνων του Thiessen στη λεκάνη του Ευρώτα.

[10] Thiessen, 1911, σε εφαρμογή της μεθόδου του Voronoi, 1907

Στη συγκεκριμένη εργασία η μέθοδος εφαρμόστηκε με τη χρήση GIS. Για την εφαρμογή της μεθόδου χρησιμοποιήθηκε το υποπρόγραμμα Areal Rain[11] για το Arc View 3.2, καθώς και το XTools[12]. Η γεωμετρική απεικόνιση παρουσιάζεται στο χάρτη που ακολουθεί, ενώ οι υπολογισμοί παρουσιάζονται στον επόμενο πίνακα.

Με τη μέθοδο αυτή η μέση ετήσια βροχόπτωση για τη λεκάνη του Ευρώτα υπολογίζεται σε **874mm**. Για την έκταση του Δήμου Θεραπνών, αυτό το ύψος αντιστοιχεί σε **όγκο 228 εκ. κ.μ. νερού ετησίως**.

Η περιοχή όμως του Δήμου Θεραπνών, μπορεί να προσεγγιστεί καλύτερα επαναλαμβάνοντας του υπολογισμούς μόνο με τα πολύγωνα που αντιστοιχούν στη συγκεκριμένη έκταση, καθώς βρίσκεται μεταξύ τριών κυρίως σταθμών (Σπάρτη, Βασσαράς, Βρονταμάς). Έτσι οι νέοι υπολογισμοί έδωσαν για την περιοχή του Δήμου Θεραπνών ένα **μέσο ετήσιο ύψος βροχής περίπου 663mm** που αντιστοιχεί σε **όγκο περίπου 173 εκ.κ.μ.**.

Name	AnnualRain	Total_Area	Ths_km2	Weight	Ths_Rain	Areal_Rain
Άρνα	1300.4	1665.40	6.841.092	0.041078	53.417.831	874
Πετρίνα	889.5	1665.40	3.814.009	0.022901	20.370.440	874
Καστόρι	1202.0	1665.40	12.165.727	0.073050	87.806.100	874
Λογκανίκος	1277.7	1665.40	9.953.108	0.059764	76.360.463	874
Σπάρτη	695.4	1665.40	18.664.203	0.112070	77.933.478	874
Σελλασία	736.8	1665.40	11.604.785	0.069682	51.341.698	874
Κολλίνες	848.7	1665.40	19.523.551	0.117230	99.493.101	874
Βούρβουρα	1038.5	1665.40	6.756.902	0.040572	42.134.022	874
Βρονταμάς	545.2	1665.40	28.923.455	0.173673	94.686.520	874
Σκάλα	430.0	1665.40	4.408.213	0.026469	11.381.670	874
Βασαράς	719.5	1665.40	27.240.451	0.163567	117.686.456	874
Σοχά	1416.4	1665.40	16.644.631	0.099944	141.560.682	874

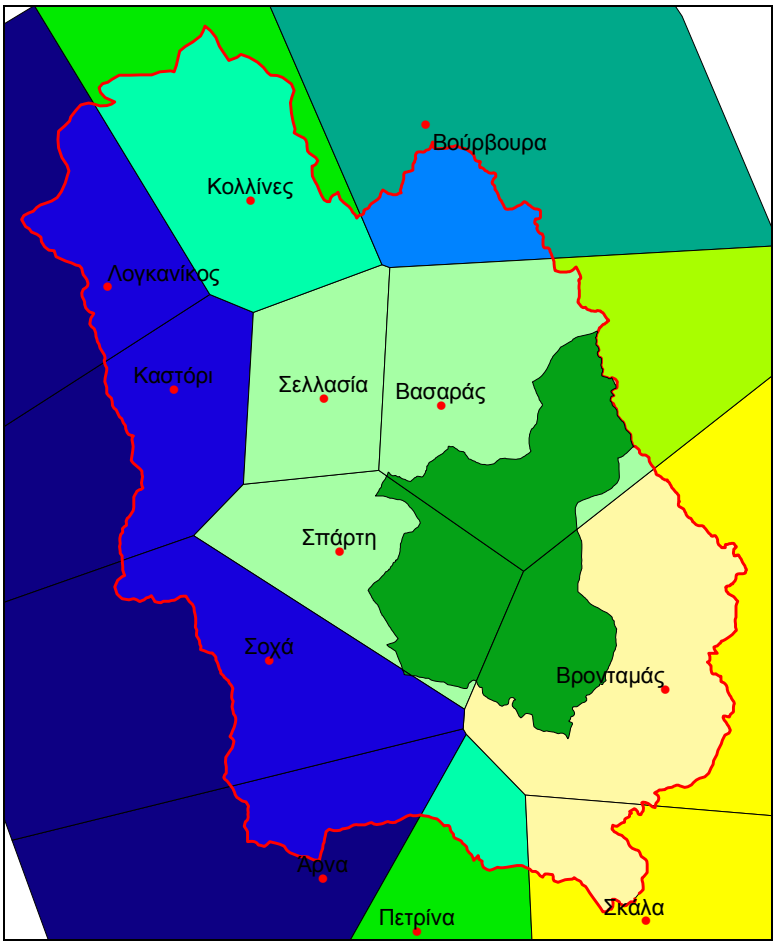
Πίνακας 3 – Πίνακας υπολογισμών της μεθόδου Thiessen για τη λεκάνη του Ευρώτα.

Σταθμός	Μέσο ετήσιο ύψος βροχής	Έκταση τμήματος πολυγώνου	Όγκος βροχής (m^3)	Ύψος βροχής (mm)
Σπάρτη	695,4	80224737	55788282	213,9
Βρονταμάς	545,2	73875083	40276695	154,4
Βασαράς	719,5	106623859	76715867	294,1
Σοχά	1416,4	83051	117634,06	0,5
		Όγκος βροχής	**172898478**	**662,9**

Πίνακας 4 – Εφαρμογή της μεθόδου των πολυγώνων για την περιοχή του Δήμου Θεραπνών.

[11] Petras, 2001

[12] Ammon, 2000



Εικ. 13 – Η θέση του δήμου σε σχέση με τα πολύγωνα της λεκάνης του Ευρώτα.

2.2.1.2. Εξίσωση βροχοβαθμίδας

Από τον κατάλογο των σταθμών που χρησιμοποιήθηκαν για τους υπολογισμούς για τη λεκάνη του Ευρώτα, προέκυψε μεταξύ τους συσχέτιση 0.67, η οποία είναι βέβαια θετική, αλλά όχι αρκετά μεγάλη και στη συνέχεια υπολογίστηκε από αυτό το σύνολο σταθμών **η εξίσωση της βροχοβαθμίδας για τη λεκάνη του Ευρώτα (P=0,6241H+594,3)**.

Με βάση όμως αυτή τη χαμηλή συσχέτιση μεταξύ των σταθμών, θεωρήθηκε ότι η προκύπτουσα εξίσωση βροχοβαθμίδας δεν είναι αντιπροσωπευτική για το σύνολο της λεκάνης. Με δεδομένο ότι αφενός το ύψος της βροχής σε μια περιοχή εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τα μορφολογικά χαρακτηριστικά της και αφετέρου ότι, όπως παρουσιάστηκε σε προηγούμενα υποκεφάλαια, ο ανατολικός Ταΰγετος και ο δυτικός Πάρνωνας παρουσιάζουν ιδιαίτερα μεγάλες μορφολογικές διαφορές, επιλέχθηκε μια εναλλακτική προσέγγιση από αυτή της ενιαίας βροχοβαθμίδας για ολόκληρη τη λεκάνη. Πρέπει να σημειωθεί ότι ο διαχωρισμός της υδρολογικής συμπεριφοράς των δύο τμημάτων της λεκάνης αναδεικνύεται πολύ καθαρά ακόμα και στα πολύγωνα της μεθόδου Thiessen (βλ. παραπάνω).

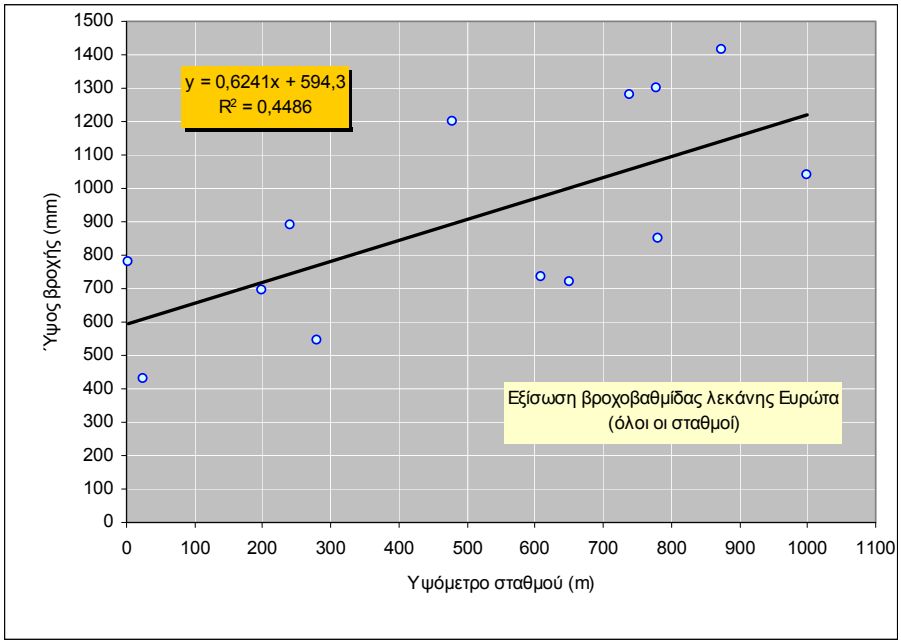
Έτσι, έγινε διαχωρισμός των σταθμών σε δύο ομάδες, που αντιστοιχούν στο ανατολικό και στο δυτικό τμήμα της λεκάνης, έτσι ώστε να ανταποκρίνονται στις δύο ριζικά διαφορετικές μορφολογικά περιοχές που προαναφέρθηκαν. Στη συνέχεια, δοκιμάστηκαν οι συντελεστές συσχέτισης σε κάθε ομάδα, (0,98 και για τις δύο) και εφόσον η συσχέτιση θεωρείται πολύ καλή, έγινε ο υπολογισμός δύο εξισώσεων βροχοβαθμίδας, που αντιστοιχούν στα δύο τμήματα της λεκάνης. Ως αποτέλεσμα, προέκυψαν οι ακόλουθες εξισώσεις:

- **Δυτικό τμήμα λεκάνης Ευρώτα: P=0,7187H+771,57**
- **Ανατολικό τμήμα λεκάνης Ευρώτα: P=0,6049H+382,55**

Είναι προφανές ότι υπάρχει μεγάλη διαφορά στις δύο εξισώσεις, και αυτό και μόνο το γεγονός είναι αρκετό για να θεωρηθεί η συγκεκριμένη προσέγγιση καλύτερη από την προηγούμενη, καθώς είναι ένα αποτέλεσμα που δεν «ισοπεδώνει» τις δύο τόσο ανόμοιες μορφολογικά και υδρολογικά περιοχές, αλλά αντιθέτως, εναρμονίζεται τόσο με τα στατιστικά δεδομένα, όσο και με την εμπειρία τόσο των κατοίκων, όσο και των ερευνητών της περιοχής.

ΣΤΑΘΜΟΣ	ΥΨΟΜΕΤΡΟ ΣΤΑΘΜΟΥ	ΜΕΣΟ ΕΤΗΣΙΟ ΥΨΟΣ ΒΡΟΧΗΣ
ΑΡΝΑ	779,2	1300,4
ΒΑΣΑΡΑΣ	650	719,5
ΒΟΥΡΒΟΥΡΑ	1000	1038,5
ΒΡΟΝΤΑΜΑΣ	280	545,2
ΓΥΘΕΙΟ	2,8	781,2
ΚΑΣΤΟΡΕΙΟ	478,2	1202
ΚΟΛΛΙΝΕΣ	780	848,7
ΛΟΓΚΑΝΙΚΟΣ	738,4	1277,7
ΠΕΤΡΙΝΑ	240,2	889,5
ΣΕΛΛΑΣΙΑ	610	736,8
ΣΚΑΛΑ	25	430,0
ΣΟΧΑ	875	1416,5
ΣΠΑΡΤΗΣ	200	695,4
ΣΥΝΤ. ΣΥΣΧΕΤΙΣΗΣ	0,67	

Πίνακας 5 – Συσχέτιση των βροχομετρικών σταθμών στη λεκάνη του Ευρώτα.



Εικ. 14 – Εξίσωση βροχοβαθμίδας της λεκάνης του Ευρώτα.

Ένα θέμα που φυσικά προκύπτει αυτόματα με την εφαρμογή δύο εξισώσεων βροχοβαθμίδας στη λεκάνη, είναι οι επιμέρους περιοχές στις οποίες εφαρμόζεται η κάθε εξίσωση. Στα πλαίσια της παρούσης εργασίας δεν έγινε προσπάθεια να καθοριστεί επακριβώς το όριο αυτό, πλην όμως υπάρχουν ισχυρές ενδείξεις για την κατά προσέγγιση θέση του.

- Όπως αναφέρθηκε στο προηγούμενο υποκεφάλαιο, ο Ευρώτας είναι μια ασύμμετρη λεκάνη της οποίας η μορφογενετική εξέλιξη φαίνεται ότι έχει ακολουθήσει πολύ διαφορετικό ρυθμό εκατέρωθεν του ρηξιγενούς περιθωρίου του Ταϋγέτου, καθώς δυτικά του ορίου αυτού χάνονται ίχνη των παρελθόντων φάσεων που παρακολουθούνται στην υπόλοιπη περιοχή.
- Επιπλέον, η εφαρμογή των πολυγώνων του Thiessen δείχνει μια φυσική ομαδοποίηση των βροχομετρικών σταθμών που βρίσκονται δυτικά του περιθωρίου του Ταϋγέτου, γεγονός που επιβεβαιώνεται και από τους συντελεστές συσχέτισης όταν οι σταθμοί της λεκάνης χωρίζονται σε δύο ομάδες με αυτό το κριτήριο.

Δεν είναι απόλυτα βέβαιο ότι αυτές οι δυο βροχοβαθμίδες είναι η καλύτερη προσέγγιση στην υδρολογική προσομοίωση της περιοχής, καθώς υπάρχουν στοιχεία που δείχνουν ότι είναι πιθανό η περιοχή να κρύβει περισσότερες από δύο διαφοροποιήσεις. Αυτή η υποψία προκύπτει από τα δεδομένα έντασης των βροχοπτώσεων[13], των οποίων η κατανομή χωρίζει την περιοχή σε περισσότερα τμήματα.

Παρά ταύτα, η πολύ καλή συσχέτιση των σταθμών στις δύο ομάδες, και το γεγονός ότι σε κάθε περίπτωση η υπό εξέταση περιοχή (του Δήμου Θεραπνών και των σχετικών υδρολογικών υπολεκανών του Ευρώτα) βρίσκεται οπωσδήποτε στην περιοχή του δυτικού Πάρνωνα όπου αναμφίβολα ισχύει η εξίσωση της ανατολικής λεκάνης, επιτρέπει την χρήση της με σχετική ασφάλεια για τους υπολογισμούς που θα γίνουν στη συνέχεια για το τμήμα αυτό.

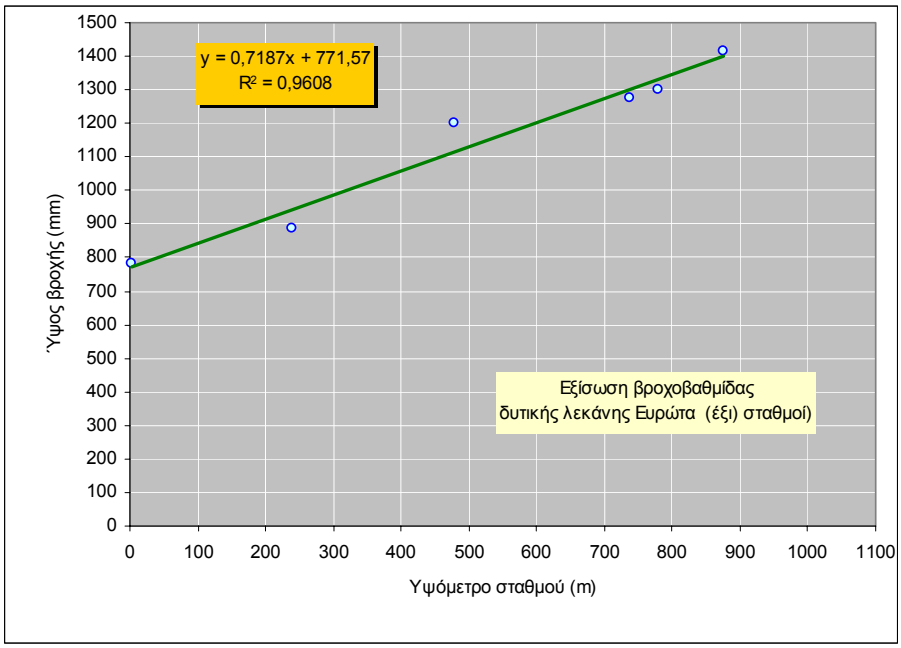
ΣΤΑΘΜΟΣ	ΥΨΟΜΕΤΡΟ ΣΤΑΘΜΟΥ	ΜΕΣΟ ΕΤΗΣΙΟ ΥΨΟΣ ΒΡΟΧΗΣ
ΚΑΣΤΟΡΕΙΟ	478,2	1202
ΣΟΧΑ	875	1416,5
ΠΕΤΡΙΝΑ	240,2	889,5
ΓΥΘΕΙΟ	2,8	781,2
ΑΡΝΑ	779,2	1300,4
ΛΟΓΚΑΝΙΚΟΣ	738,4	1277,7
ΣΥΝΤ. ΣΥΣΧΕΤΙΣΗΣ	**0,98**	

Πίνακας 6 – Συσχέτιση σταθμών της δυτικής λεκάνης του Ευρώτα.

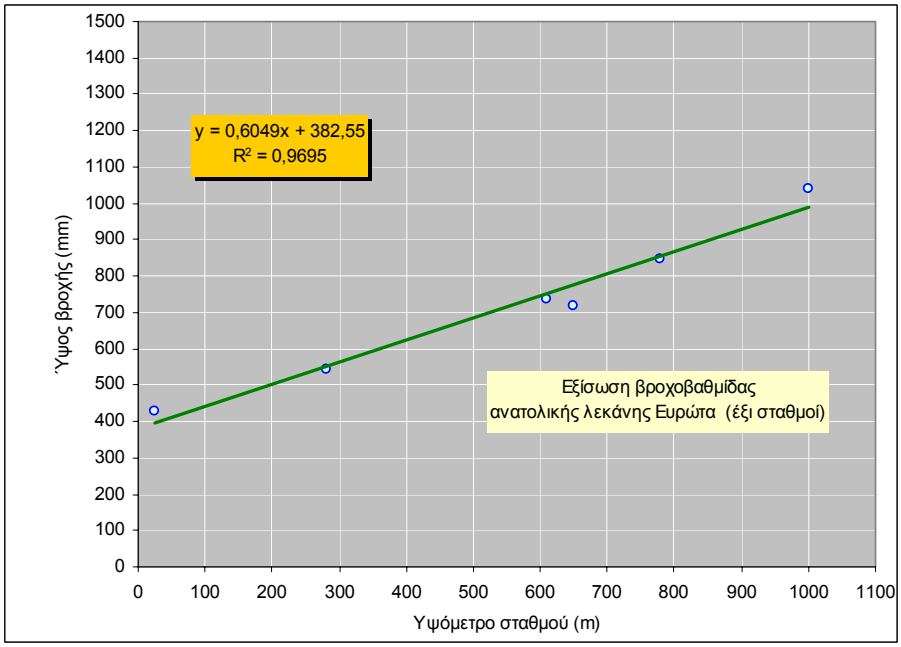
ΣΤΑΘΜΟΣ	ΥΨΟΜΕΤΡΟ ΣΤΑΘΜΟΥ	ΜΕΣΟ ΕΤΗΣΙΟ ΥΨΟΣ ΒΡΟΧΗΣ
ΒΑΣΑΡΑΣ	650	719,5
ΒΡΟΝΤΑΜΑΣ	280	545,2
ΒΟΥΡΒΟΥΡΑ	1000	1038,5
ΣΕΛΛΑΣΙΑ	610	736,8
ΣΚΑΛΑ	25	430,0
ΚΟΛΛΙΝΕΣ	780	848,7
ΣΥΝΤ. ΣΥΣΧΕΤΙΣΗΣ	**0,98**	

Πίνακας 7 – Συσχέτιση βροχομετρικών σταθμών της ανατολικής λεκάνης του Ευρώτα.

[13] Δημητρίου, 2007



Εικ. 15 – Εξίσωση βροχοβαθμίδας της δυτικής λεκάνης του Ευρώτα.



Εικ. 16 – Εξίσωση βροχοβαθμίδας της ανατολικής λεκάνης του Ευρώτα.

2.2.1.3. Μέθοδος των ισοϋετιών καμπυλών

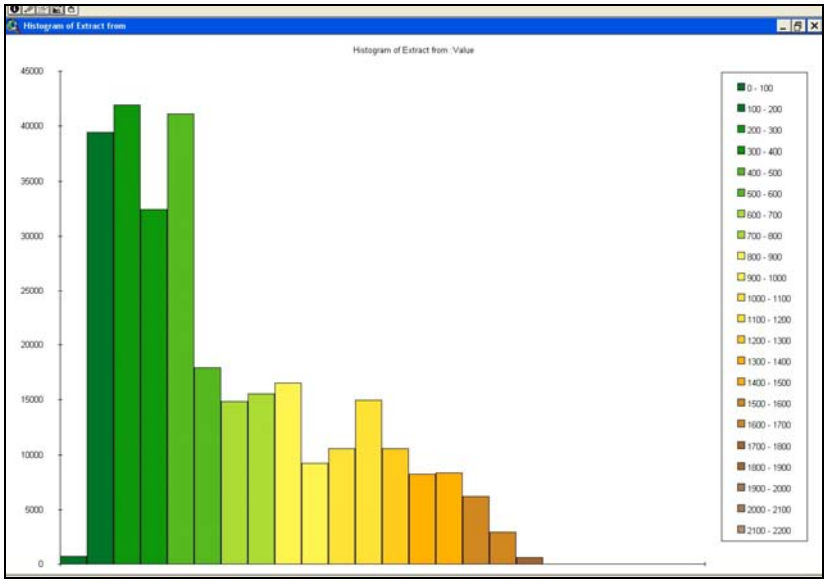
Για την εφαρμογή της μεθόδου των ισοϋετιών καμπυλών υπολογίστηκε το εμβαδό των υψομετρικών ζωνών στην περιοχή του Δήμου με τη δημιουργία «κόβοντας» τον κάνναβο (grid) του αναγλύφου της λεκάνης του Ευρώτα, στα όρια του Δήμου Θεραπνών, και στη συνέχεια κατασκευάστηκε στο ιστόγραμμα της έκτασης κάθε ζώνης, και ο πίνακας των σχετικών τιμών.

Στη συνέχεια, εφαρμόζοντας την εξίσωση βροχοβαθμίδας της ανατολικής λεκάνης για τα ημιαθροίσματα των υψομέτρων των ζωνών αυτών, και πολλαπλασιάζοντας το ύψος βροχής που προκύπτει με την έκταση κάθε ζώνης, προέκυψε ο όγκος της βροχής για κάθε ζώνη. Το άθροισμα του όγκου αυτού (**197 εκατομμύρια κ.μ. ετησίως**) διαιρέθηκε με το σύνολο της έκτασης του Δήμου και προέκυψε το **μέσο ετήσιο ύψος βροχής** για την περιοχή του Δήμου, το οποίο είναι περίπου **753 mm**.

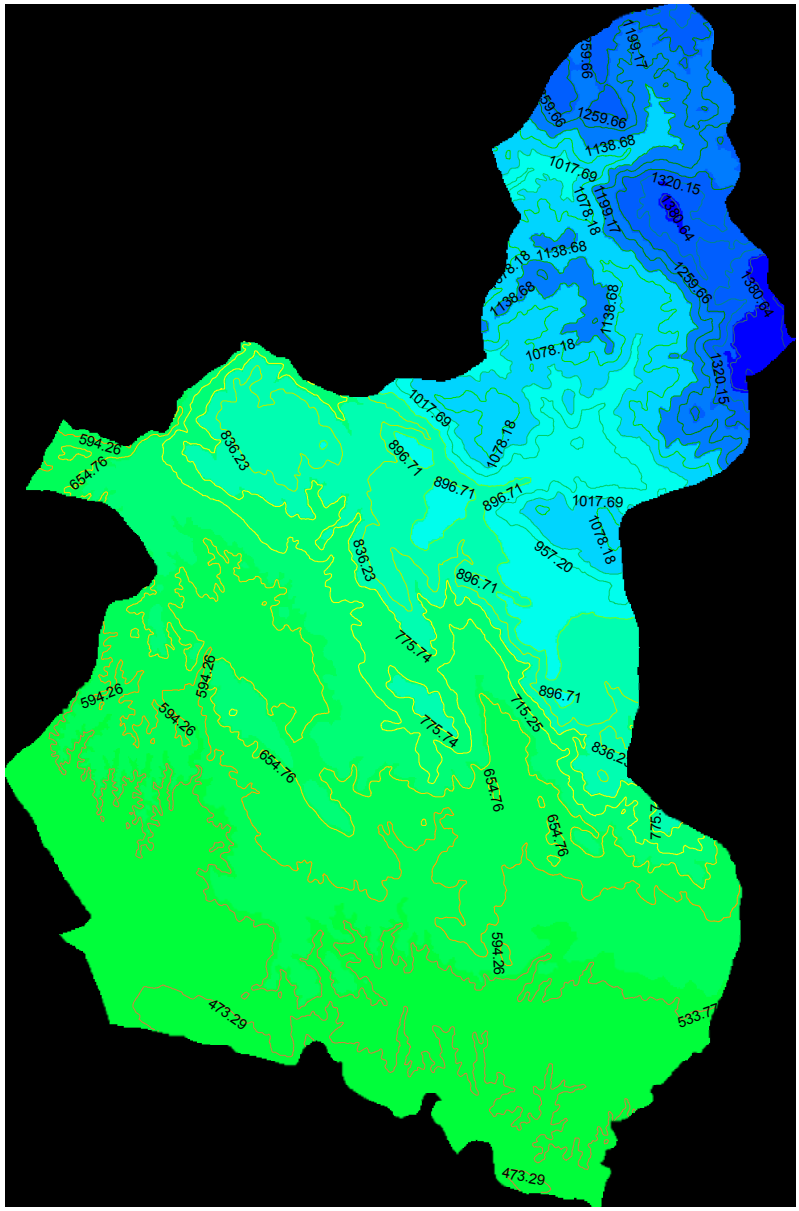
Οι υπολογισμοί παρουσιάζονται στον πίνακα που ακολουθεί.

Ζώνη	(H1+H2)/2	Έκταση ζώνης (m2)	Τιμή Ισοϋέτιας (mm)	Όγκος βροχής (m3)
0-100	50	528764,54	412,80	218271,36
100-200	150	35691606,45	473,29	16892301,96
200-300	250	38016347,10	533,78	20292175,67
300-400	350	29300848,82	594,27	17412468,92
400-500	450	37195850,40	654,76	24354169,03
500-600	550	15999685,65	715,25	11443695,16
600-700	650	13146180,46	775,74	10197952,30
700-800	750	13902860,75	836,23	11625919,73
800-900	850	14805407,12	896,72	13276230,65
900-1000	950	8204967,00	957,21	7853835,44
1000-1100	1050	9390128,90	1017,70	9556287,23
1100-1200	1150	13301163,17	1078,19	14341114,61
1200-1300	1250	9463061,94	1138,68	10775352,05
1300-1400	1350	7211254,33	1199,17	8647483,80
1400-1500	1450	7366237,04	1259,66	9278917,32
1500-1600	1550	5406161,59	1320,15	7136917,19
1600-1700	1650	2406790,32	1380,64	3322898,95
1700-1800	1750	373781,83	1441,13	538666,34
	Σύνολο	**261711097,41**		**197164657,72**
		Ύψος βροχής (mm)	**753,37**	

Πίνακας 8 – Υπολογισμοί για τον όγκο και το ύψος βροχής στην περιοχή του Δήμου Θεραπνών, με τη μέθοδο των ισοϋετιών καμπυλών.



Εικ. 17 – Ιστόγραμμα έκτασης υψομετρικών ζωνών για την περιοχή του Δήμου Θεραπνών.



Εικ. 18 – Χάρτης ισοϋετιών καμπυλών του Δήμου Θεραπνών.

2.2.1.4. Μέθοδος του μέσου υψομέτρου

Το μέσο υψόμετρο της λεκάνης του Ευρώτα είναι 655,5 μέτρα (μέση κλίση περίπου 14%) και η έκταση της λεκάνης είναι περίπου 1665 km². Από την εξίσωση βροχοβαθμίδας (y=0,6241x+594,3) παίρνουμε ως μέση ετήσια βροχόπτωση για τη λεκάνη **P=1003,086mm**.

Για τους λόγους όμως που περιγράφηκαν στους υπολογισμούς της βροχοβαθμίδας, (βλ. προηγούμενα) θα προτιμηθεί στους υπολογισμούς για το Δήμο Θεραπνών η εξίσωση που υπολογίστηκε για το ανατολικό τμήμα της λεκάνης (P=0,6049H+382,55). Το μέσο υψόμετρο του Δήμου Θεραπνών είναι περίπου **620m**.

Συνεπώς με βάση τη μέθοδο του μέσου υψομέτρου και χρησιμοποιώντας τη βροχοβαθμίδα του ανατολικού τμήματος της λεκάνης του Ευρώτα, το μέσο ύψος βροχής για την περιοχή του Δήμου

Θεραπνών είναι **P=757,6mm** και ο όγκος του νερού της βροχόπτωσης περίπου **197 εκ. κ.μ.** το χρόνο[14].

2.2.1.5. Σύγκριση αποτελεσμάτων

Μέθοδος	**Μέσο Ετήσιο Ύψος Βροχής (P, mm)**	**Μέσος Ετήσιος Όγκος Βροχόπτωσης στην περιοχή του Δήμου Θεραπνών (V, εκατομ. m³)**
Πολύγωνα Thiessen (υπολογισμός μέσου ετήσιου ύψους βροχής για τη λεκάνη του Ευρώτα – εφαρμογή στην έκταση του Δήμου)	874	228
Πολύγωνα Thiessen (υπολογισμός μέσου ετήσιου ύψους βροχής για την περιοχή του Δήμου)	663	173
Ισοϋέτιες καμπύλες (βροχοβαθμίδα ανατολικού τμήματος λεκάνης Ευρώτα)	753	197
Μέθοδος Μέσου Υψομέτρου (βροχοβαθμίδα λεκάνης Ευρώτα)	981	256
Μέθοδος Μέσου Υψομέτρου (βροχοβαθμίδα ανατολικού τμήματος λεκάνης Ευρώτα)	758	197

2.2.1.6. Σφάλματα (Χιονοπτώσεις και άλλα)

Ένα σύνηθες σφάλμα στον υπολογισμό του υδρολογικού ισοζυγίου είναι η εκτίμηση με βάση μόνο τις βροχοπτώσεις και η παράλειψη των άλλων μορφών κατακρημνισμάτων. Αυτό οφείλεται κυρίως σε αντικειμενική αδυναμία, καθώς η μέτρηση των άλλων κατακρημνισμάτων δεν είναι δυνατό να γίνει με τη χρήση των απλών βροχομέτρων που χρησιμοποιούνται συνήθως. Στη λεκάνη του Ευρώτα συμμετέχουν δυο πολύ σημαντικές ορεινές μάζες που υπό τις συνήθεις κλιματικές συνθήκες καλύπτονται από κάποιο υψόμετρο και πάνω από χιόνι, για αρκετούς μήνες το χρόνο (κυρίως ο Ταΰγετος). Οι υπολογισμοί που προηγήθηκαν λοιπόν εμπεριέχουν αυτό το σφάλμα εκ προοιμίου, και συνεπώς πρέπει να θεωρηθεί ότι το υδρολογικό ισοζύγιο δεν είναι σωστό.

Από μια άλλη πλευρά, η απώλεια σε κάποιο βαθμό της επιστημονικής ορθότητας των υπολογισμών μπορεί να μετριαστεί από τις συνέπειες που έχει αυτό το σφάλμα σε θέματα διαχείρισης. Πιο συγκεκριμένα, επειδή το σφάλμα τείνει να υποβαθμίσει τις εκτιμώμενες ποσότητες διαθέσιμου νερού, οι υπολογισμοί είναι μεν λιγότερο ακριβείς, αλλά ασφαλέστεροι σε σχέση με τα όρια των ετήσιων ανανεώσιμων ποσοτήτων των κατακρημνισμάτων.

Άλλα σφάλματα σχετίζονται με την ίδια τη συλλογή και την αξιοπιστία των βροχομετρικών στοιχείων, με το βάθος της διαθέσιμης χρονοσειράς (που για τον υπολογισμό του βροχομετρικού δείκτη θεωρείται ότι πρέπει να είναι μεγαλύτερο από 30 έτη), αλλά και με την έλλειψη λεπτομερών στοιχείων σχετικά με τις θερμοκρασίες και τις ημερήσιες βροχοπτώσεις, έτσι ώστε να γίνει καλύτερη προσέγγιση της εξατμισοδιαπνοής. Ακόμα, στοιχεία μετρήσεων απορροής (που επίσης δεν υπάρχουν) θα

[14] Με βάση την ενιαία βροχοβαθμίδα της λεκάνης του Ευρώτα το ύψος βροχής θα υπολογιζόταν για το μέσο υψόμετρο του Δήμου σε 981mm, και ο όγκος του νερού σε περίπου 256 εκ. κ.μ.. Είναι προφανές ότι ο υπολογισμός αυτός οδηγεί σε πολύ υπερεκτιμημένα αποτελέσματα (με απόκλιση πάνω από 25%) οπότε δεν λαμβάνεται καθόλου υπόψη.

μπορούσαν να προσδιορίσουν καλύτερα την κατείσδυση σε κάθε περιοχή, ώστε να γίνει καλύτερος υπολογισμός των υδρογεωλογικών ισοζυγίων των υδροφόρων οριζόντων.

Παρά ταύτα, οι υπολογισμοί οφείλουν να γίνουν με τα όποια διαθέσιμα στοιχεία, με στόχο στο μέλλον τον καλύτερο προσδιορισμό τους, συμπληρώνοντας στοιχεία για τους παράγοντες που δεν υφίστανται σήμερα.

2.2.2. Εξατμισοδιαπνοή

Ο υπολογισμός της πραγματικής εξατμισοδιαπνοής γίνεται συνήθως με τις μεθόδους του Turc, του Coutagne και των Burdon & Papakis. Επειδή η μέθοδος του Turc δεν εφαρμόζεται σε περιοχές με καρστικούς σχηματισμούς, θα χρησιμοποιηθούν οι δύο από τις τρεις μεθόδους. Το κύριο πρόβλημα με τον υπολογισμό της εξατμισοδιαπνοής είναι ότι συχνά δεν υπάρχουν μετρήσεις ούτε του ίδιου του φυσικού μεγέθους, ούτε των παραμέτρων που το επηρεάζουν, εκτός από τις βροχοπτώσεις. Για τη μέθοδο Coutagne χρειάζεται η μέση ετήσια θερμοκρασία της περιοχής, ενώ άλλες μέθοδοι χρησιμοποιούν τις μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες, την υγρασία του εδάφους, συνεκτιμούν το κάλυμμα βλάστησης κ.λπ.

2.2.2.1. Μέθοδος Coutagne

Ο τύπος του Coutagne[15] λαμβάνει υπόψη μόνο τις βροχοπτώσεις και τη μέση ετήσια θερμοκρασία. Η μέση ετήσια εξατμισιδιαπνοή υπολογίζεται από τη σχέση $E=P-\lambda P^2$, όπου Ε είναι η εξατμισιδιαπνοή σε μέτρα, Ρ το ύψος βροχής σε μέτρα, Τ η μέση ετήσια θερμοκρασία (°C) και $\lambda = \frac{1}{0.8 + 0.14T}$.

Για να εφαρμόζεται ο τύπος αυτός πρέπει να ισχύει: $\frac{1}{8\lambda} \le P \le \frac{1}{\lambda}$.

Για να υπολογιστεί η πραγματική εξατμισοδιαπνοή θα πρέπει να γίνει για την περιοχή του Δήμου μια σειρά υπολογισμών με τρόπο παρόμοιο με τον υπολογισμό των βροχοπτώσεων, κυρίως πάνω στη μέση ετήσια θερμοκρασία.

Από δεδομένα ανηγμένης μέσης ετήσιας θερμοκρασίας[16] για διάφορες υπολεκάνες του Ευρώτα, επιλέχθηκαν υπολεκάνες ανατολικά του περιθωρίου του Ταϋγέτου[17]. Εφαρμόζοντας γραμμική συσχέτιση μεταξύ των λεκανών αυτών, για τα ζεύγη στοιχείων Ημ (μέσο υψόμετρο λεκάνης) και Τ (μέση ετήσια θερμοκρασία), υπολογίστηκε μια εξίσωση θερμοβαθμίδας, που δείχνει τη μεταβολή της μέσης ετήσιας θερμοκρασίας αντιστρόφως ανάλογα με το υψόμετρο.

Σταθμός	Ημ	Τ
Καρυές	1096,4	11,6
Κελεφίνα	837,8	13,2
Κροκεές	350	15
Κροκεές2	257,1	15,5
Βαμβακού[18]	1000	12,2

Πίνακας 9 – Τα δεδομένα των σταθμών που χρησιμοποιήθηκαν για την εξίσωση θερμοβαθμίδας.

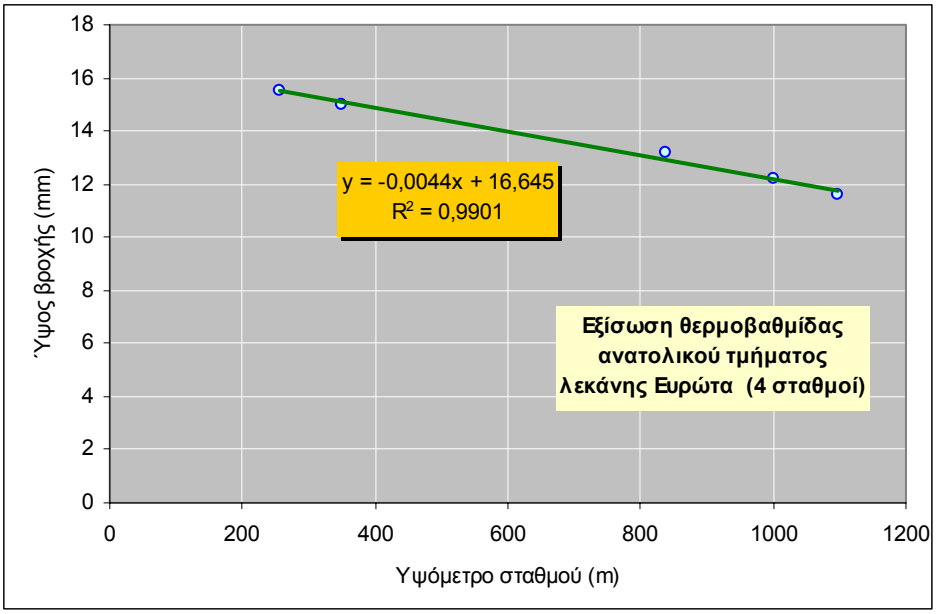
[15] Coutagne, 1954.

[16] Καράμπελας, 1994.

[17] Η επιλογή αυτή έγινε για τους ίδιους λόγους που έγινε προηγουμένως το ίδιο και με τις βροχοπτώσεις.

[18] Μέση ετήσια θερμοκρασία σταθμού (όχι ανηγμένη μέση ετήσια θερμοκρασία λεκάνης).

Η εξίσωση που προέκυψε είναι **Τ=-0,0044Ημ+16,645**.



Εικ. 19 – Εξίσωση θερμοβαθμίδας για το ανατολικό τμήμα της λεκάνης του Ευρώτα.

Με βάση αυτή την εξίσωση, εφαρμόστηκε η μέθοδος Coutagne με τρεις διαφορετικούς τρόπους, ανάλογα με τους διαφορετικούς υπολογισμούς που έγιναν και για τις βροχοπτώσεις.

Με βάση το μέσο υψόμετρο της περιοχής του Δήμου (620μ), η μέση ετήσια θερμοκρασία είναι 13,7°C. Με αυτά ως δεδομένα υπολογίστηκε η τιμή του λ και έγινε ο έλεγχος εφαρμογής του τύπου του Coutagne). Στη συνέχεια υπολογίστηκε από τον τύπο η εξατμισιδιαπνοή σε μέτρα, και τελικά εκφράστηκε σε mm (**547mm**), αλλά και ως ποσοστό (**72%**). Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον πίνακα που ακολουθεί.

Ημ (m)	620
P (mm) (από τη βροχοβαθμίδα με το Ημ)	757,60
T (μέση ετήσια θερμοκρασία, με βάση τη θερμοβαθμίδα)	13,71
λ	0,368
1/8λ	0,046
P (m)	0,758
1/λ	2,720
E=P-λP2 (m)	**0,547**
E(mm)	**546,56**
E (%)	**72%**

Πίνακας 10 – Εφαρμογή του τύπου Coutagne για την περιοχή του Δήμου Θεραπνών με βάση το μέσο υψόμετρο, τη βροχοβαθμίδα και τη θερμοβαθμίδα

Με βάση τα **πολύγωνα Thiessen**, έγιναν υπολογισμοί για την εξατμισοδιαπνοή σε κάθε πολύγωνο σταθμού που επηρεάζει την περιοχή του Δήμου. Έτσι, με βάση τη θερμοβαθμίδα υπολογίστηκε η μέση ετήσια θερμοκρασία για κάθε σταθμό. Έγινε ο έλεγχος για την εφαρμογή του τύπου και στη συνέχεια η εξάτμιση υπολογίστηκε για κάθε πολύγωνο. Η τιμή αυτή πολλαπλασιάστηκε με το συντελεστή βαρύτητας κάθε πολυγώνου, και τα αποτελέσματα αθροίστηκαν ως συνολική εξάτμιση για

την περιοχή του Δήμου. Τα αποτελέσματα από την εφαρμογή στα πολύγωνα δίνουν τιμή **497mm** και ποσοστό εξατμισοδιαπνοής **75%**. Οι υπολογισμοί παρουσιάζονται στον πίνακα που ακολουθεί.

Σταθμός	Σπάρτη	Βρονταμάς	Βασαράς	Σοχά	Σύνολο
Μέσο ετήσιο ύψος βροχής	695,4	545,2	719,5	1416,4	
Έκταση τμήματος πολυγώνου	80224737	73875083	106623859	83051	260806731
Συντελεστής	30,76%	28,33%	40,88%	0,03%	
Μέσο υψόμετρο πολυγώνου	336,8	342,29	1009,01	191,85	
Βροχή Thiessen	214	154	294	0	**663**
Μέση ετήσια θερμοκρασία	15,0	14,9	12,0	15,6	
λ	0,346	0,346	0,403	0,335	
1/8λ	0,362	0,043	0,050	0,042	
1/λ	2,894	2,891	2,480	2,983	
P(m)	0,695	0,545	0,720	1,416	
E(m)	0,528	0,442	0,511	0,744	
E(mm)	528	442	511	744	
Εξατμ. Thiessen (mm)	162,51	125,31	208,81	0,24	**497**
Εξατμισοδιαπνοή (%)					**75%**

Πίνακας 11 – Εφαρμογή του τύπου Coutagne στα πολύγωνα Thiessen για την περιοχή του Δήμου Θερμοπυλών.

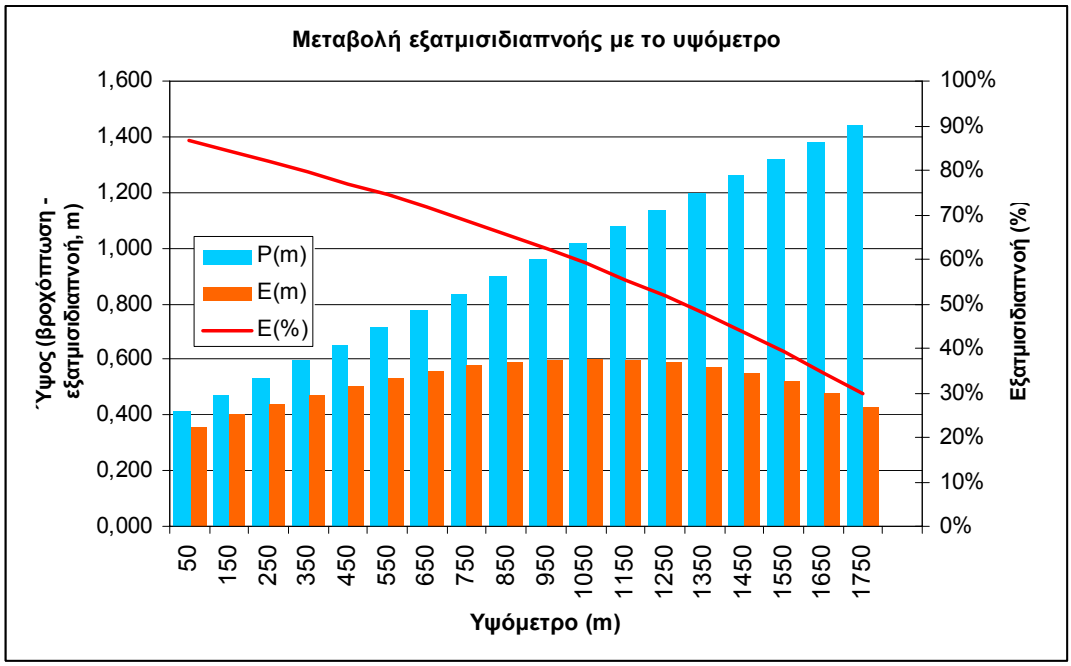
Τέλος, έγινε εφαρμογή του τύπου στη μέθοδο των ισοϋετιών, εφαρμόζοντας τη θερμοβαθμίδα για να κατασκευαστούν **ισόθερμες** καμπύλες στις αντίστοιχες υψομετρικές ζώνες της περιοχής του Δήμου, και με βάση αυτές να γίνει υπολογισμός της εξατμισοδιαπνοής σε κάθε ζώνη. Έγινε υπολογισμός του συντελεστή λ για κάθε ζώνη, και στη συνέχεια έγινε ο έλεγχος της εφαρμογής του τύπου. Στη συνέχεια έγινε υπολογισμός της εξατμισοδιαπνοής σε μέτρα από τον τύπο του Coutagne για κάθε ζώνη, και παρεμπιπτόντως υπολογίστηκε και ο αντίστοιχος συντελεστής εξατμισοδιαπνοής για κάθε ζώνη. Το ύψος της εξατμισοδιαπνοής πολλαπλασιάστηκε με την έκταση της κάθε ζώνης και έτσι υπολογίστηκε ο όγκος του νερού στο οποίο αντιστοιχεί. Το άθροισμα όλων των όγκων εξατμισοδιαπνοής από όλες τις ζώνες, διαιρέθηκε με τη συνολική έκταση του Δήμου, για να προκύψει η μέση τιμή εξατμισοδιαπνοής για τη συγκεκριμένη περιοχή (**507mm**), που αντιστοιχεί σε ποσοστό **67%**. Οι υπολογισμοί και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον επόμενο πίνακα.

Μια ενδιαφέρουσα παρατήρηση που προκύπτει από τους υπολογισμούς αυτούς, και κυρίως από τον υπολογισμό του ποσοστού της εξατμισιδιαπνοής σε κάθε υψομετρική ζώνη, είναι **η μεταβολή της φύσης του υδρολογικού κύκλου με το υψόμετρο**. Όπως φαίνεται στη στήλη E(%) του πίνακα, το ποσοστό της εξατμισοδιαπνοής ξεκινά από τιμές πάνω από 80% στις χαμηλές υψομετρικές ζώνες, για να φτάσει σε τιμές γύρω στο 30% στην υδροκριτική περιοχή. Αυτό σημαίνει αντίστοιχα, ότι η ποσότητα I+R του υδρολογικού ισοζυγίου της περιοχής μεταβάλλεται από τιμές γύρω στο 70% στην υδροκριτική περιοχή, μέχρι τιμές κάτω από 20% στα χαμηλά υψόμετρα. Το δεδομένο αυτό ερμηνεύει πιθανώς (ή ενισχύει) τον υδρολογικό χαρακτήρα του ανατολικού τμήματος της λεκάνης του Ευρώτα. Εφόσον η απορροή γίνεται κατά μεγάλο ποσοστό πάνω σε καρστικούς σχηματισμούς (και μάλιστα με μεγάλες τεθλασμένες διαδρομές) και ταυτόχρονα το ποσοστό I+R μειώνεται κατά τέτοιο τρόπο προς τα πεδινά, είναι λογικό ότι στις χαμηλές περιοχές, είναι ελάχιστη η ποσότητα που απομένει στην απορροή μετά τη διαδικασία της εξατμισοδιαπνοής και της κατείσδυσης, με την εξαίρεση των επεισοδίων καταρρακτωδών ή πολύ παρατεταμένων βροχοπτώσεων. Επίσης, αυτά τα ποσοστά εξατμισοδιαπνοής στις χαμηλές υψομετρικά περιοχές, μπορεί να έχουν συντελέσει σημαντικά στην απόθεση των ανθρακικών κροκαλοπαγών κατά τις ξηρές περιόδους του Τεταρτογενούς, καθώς ενισχύουν την απόθεση αλάτων πολύ σύντομα μετά την όποια βροχόπτωση, και τη δημιουργία κρουστών. Τέλος, αυτός ο υδρολογικός χαρακτήρας ενισχύει τον κίνδυνο φαινομένων ερημοποίησης

για την υπό εξέταση περιοχή, καθώς δίνει σε σημαντικό τμήμα της περιοχής χαρακτηριστικά ημιερημικού - ερημικού κλίματος.

Ζώνη	(H1+H2)/2	Έκταση ζώνης (m2)	Τιμή Ισοϋέτιας (mm)	Ισόθερμη	λ	1/8λ	P(m)	1/λ	E(m)	E(%)	Vε(m^3)
0-100	50	528764,54	412,8	16,425	0,323	0,040	0,413	3,100	0,358	87%	189203,67
100-200	150	35691606,45	473,29	15,985	0,329	0,041	0,473	3,038	0,400	84%	14260714
200-300	250	38016347,1	533,78	15,545	0,336	0,042	0,534	2,976	0,438	82%	16653062
300-400	350	29300848,82	594,27	15,105	0,343	0,043	0,594	2,915	0,473	80%	13862406
400-500	450	37195850,4	654,76	14,665	0,350	0,044	0,655	2,853	0,504	77%	18765256
500-600	550	15999685,65	715,25	14,225	0,358	0,045	0,715	2,792	0,532	74%	8511602,4
600-700	650	13146180,46	775,74	13,785	0,366	0,046	0,776	2,730	0,555	72%	7300105,8
700-800	750	13902860,75	836,23	13,345	0,375	0,047	0,836	2,668	0,574	69%	7982470,5
800-900	850	14805407,12	896,72	12,905	0,384	0,048	0,897	2,607	0,588	66%	8709178,4
900-1000	950	8204967	957,21	12,465	0,393	0,049	0,957	2,545	0,597	62%	4900040
1000-1100	1050	9390128,9	1017,7	12,025	0,403	0,050	1,018	2,484	0,601	59%	5640295,8
1100-1200	1150	13301163,17	1078,19	11,585	0,413	0,052	1,078	2,422	0,598	55%	7956723,4
1200-1300	1250	9463061,94	1138,68	11,145	0,424	0,053	1,139	2,360	0,589	52%	5577021,3
1300-1400	1350	7211254,33	1199,17	10,705	0,435	0,054	1,199	2,299	0,574	48%	4136341,2
1400-1500	1450	7366237,04	1259,66	10,265	0,447	0,056	1,260	2,237	0,550	44%	4054186,6
1500-1600	1550	5406161,59	1320,15	9,825	0,460	0,057	1,320	2,176	0,519	39%	2806060,8
1600-1700	1650	2406790,32	1380,64	9,385	0,473	0,059	1,381	2,114	0,479	35%	1152636,2
1700-1800	1750	373781,83	1441,13	8,945	0,487	0,061	1,441	2,052	0,429	30%	160414,1
	Σύνολο	**261711097,4**									132617720
	Ύψος βροχής (mm)		**753,37**						**Εξατμισιδιαπνοή (mm)**		**506,73**
									Εξατμισιδιαπνοή (%)		**67%**

Πίνακας 12 – Εφαρμογή του τύπου Coutagne με τη μέθοδο των ισοϋετιών και τη δημιουργία ισοθέρμων καμπυλών για την περιοχή του Δήμου Θεραπνών.



Εικ. 20 – Μεταβολή της εξατμισιδιαπνοής με το υψόμετρο στο ανατολικό τμήμα της λεκάνης του Ευρώτα (εφαρμογή στην περιοχή του Δήμου Θεραπνών).

2.2.2.2. Μέθοδος Burdon & Papakis

Η μέθοδος των Burdon & Papakis[19] είναι εμπειρική και εφαρμόστηκε στους ασβεστολιθικούς όγκους του Παρνασσού και της Γκιώνας. Δεν λαμβάνει υπόψη κανένα άλλο παράγοντα εκτός από τις μηνιαίες βροχοπτώσεις. Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή:

- Αν το ετήσιο ύψος των κατακρημνισμάτων είναι μεγαλύτερο από 1000 χιλιοστά, τότε ως εξατμισιδιαπνοή λαμβάνονται τα 500 χιλιοστά των κατακρημνισμάτων του χρονικού διαστήματος Νοεμβρίου – Μαρτίου, συν τα κατακρημνίσματα των υπολοίπων μηνών.
- Αν το ετήσιο ύψος των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων είναι μικρότερο από 1000 και μεγαλύτερο από 250 χιλιοστά, τότε ως εξατμισιδιαπνοή λαμβάνεται το 50% του χρονικού διαστήματος Νοεμβρίου – Μαρτίου, συν τις βροχοπτώσεις των υπολοίπων μηνών.

Το μέσο ετήσιο ύψος βροχής για την περιοχή του Δήμου Θεραπνών είναι σε κάθε περίπτωση (όποια μέθοδος και να ληφθεί υπόψη, από αυτές που εφαρμόστηκαν παραπάνω) μεταξύ 500 και 1000 mm. Συνεπώς μπορεί να εφαρμοστεί ο υπολογισμός της δεύτερης περίπτωσης της μεθόδου.

Με βάση την εφαρμογή της μεθόδου των πολυγώνων του Thiessen για τον υπολογισμό της εξατμισιδιαπνοής, χρησιμοποιήθηκαν τα πολύγωνα των σταθμών που επηρεάζουν την περιοχή του Δήμου, και με βάση τις μέσες μηνιαίες βροχοπτώσεις υπολογίστηκε η μέση ετήσια εξατμισιδιαπνοή (ύψος σε mm) για κάθε σταθμό.

	ΒΑΣΣΑΡΑΣ	ΒΡΟΝΤΑΜΑ	ΣΟΧΑ	ΣΠΑΡΤΗΣ
Ιαν.	26,5	97,2	287,2	91,2
Φεβ.	76,3	49,6	209,7	96,1
Μαρτ.	115,3	52,3	205,0	87,4
Απρ.	108,7	31,0	78,6	30,0
Μαΐος	94,0	22,9	32,0	24,2
Ιουν.	94,7	5,6	32,0	16,4
Ιουλ.	63,5	6,0	14,8	9,0
Αυγ.	55,7	3,0	6,4	5,3
Σεπτ.	37,9	23,2	29,4	29,6
Οκτ.	14,1	49,2	82,5	101,4
Νοεμβ.	29,4	109,3	169,4	80,3
Δεκ.	21,9	95,9	269,4	124,5
Ετήσια βροχόπτωση	738,0	545,2	1416,4	695,4
Εξάτμισοδιαπνοή Ν-Μ	134,7	202,15	570,35	239,75
Εξάτμισοδιαπνοή Α-Ο	468,6	140,9	275,7	215,9
Ετήσια Εξάτμισοδιαπνοή	**603,3**	**343,05**	**846,05**	**455,65**
Ποσοστό Εξάτμισοδιαπνοής	82%	63%	60%	66%

Πίνακας 13 – Υπολογισμός εξατμισοδιαπνοής με τη μέθοδο Burdon-Papakis, στους σταθμούς των πολυγώνων που λαμβάνονται υπόψη στο Δήμο Θεραπνών.

Στη συνέχεια με βάση το συντελεστή βαρύτητας των πολυγώνων Thiessen υπολογίστηκε η συμμετοχή σε χιλιοστά εξατμισοδιαπνοής του κάθε σταθμού στο σύνολο της περιοχής του Δήμου. Τα

[19] Burdon & Papakis, 1963

αποτελέσματα της μεθόδου δίνουν εξατμισιδιαπνοή **484mm** δηλαδή ποσοστό **73%**. Οι υπολογισμοί παρουσιάζονται στον πίνακα που ακολουθεί.

Σταθμός	Σπάρτη	Βρονταμάς	Βασαράς	Σοχά	Σύνολο
Μέσο ετήσιο ύψος βροχής	695,4	545,2	719,5	1416,4	
Έκταση τμήματος πολυγώνου	80224737	73875083	106623859	83051	260806731
Συντελεστής	30,76%	28,33%	40,88%	0,03%	
Μέσο υψόμετρο πολυγώνου	336,8	342,29	1009,01	191,85	
Βροχή Thiessen	214	154	294	0	**663**
Μέση ετήσια θερμοκρασία	15,0	14,9	12,0	15,6	
E(mm)	455,65	343,05	603,3	846,05	
Εξατμ. Thiessen (mm)	140,16	97,17	246,65	0,27	**484**
Εξατμισοδιαπνοή (%)					**73%**

Πίνακας 14 – Υπολογισμοί εξατμισοδιαπνοής με τη μέθοδο Burdon-Papakis για τα πολύγωνα Thiessen της περιοχής του Δήμου Θεραπνών.

2.2.3. Απορροή και Κατείσδυση (I+R)

Οι ποσότητες νερού της απορροής και της κατείσδυσης είναι εκείνες στις οποίες έχει άμεση πρόσβαση ο άνθρωπος, και κατά συνέπεια πρόκειται για το νερό που πραγματικά μπορεί να αποτελέσει αντικείμενο διαχείρισης με άμεσο τρόπο[20]. Επειδή συνήθως δεν υπάρχουν δεδομένα πραγματικών μετρήσεων είτε της απορροής είτε της κατείσδυσης, ο υπολογισμός έγινε με αφαίρεση από το σύνολο των κατακρημνισμάτων του ποσοστού της εξατμισοδιαπνοής, όπως υπολογίστηκε παραπάνω. Βέβαια, θα ήταν ιδιαίτερα δύσκολο να γίνουν υδρομετρήσεις στα ρέματα του δυτικού Πάρνωνα, και ειδικά στην περιοχή του Δήμου Θεραπνών, καθώς ρέουν ελάχιστη περίοδο κάθε χρόνο.

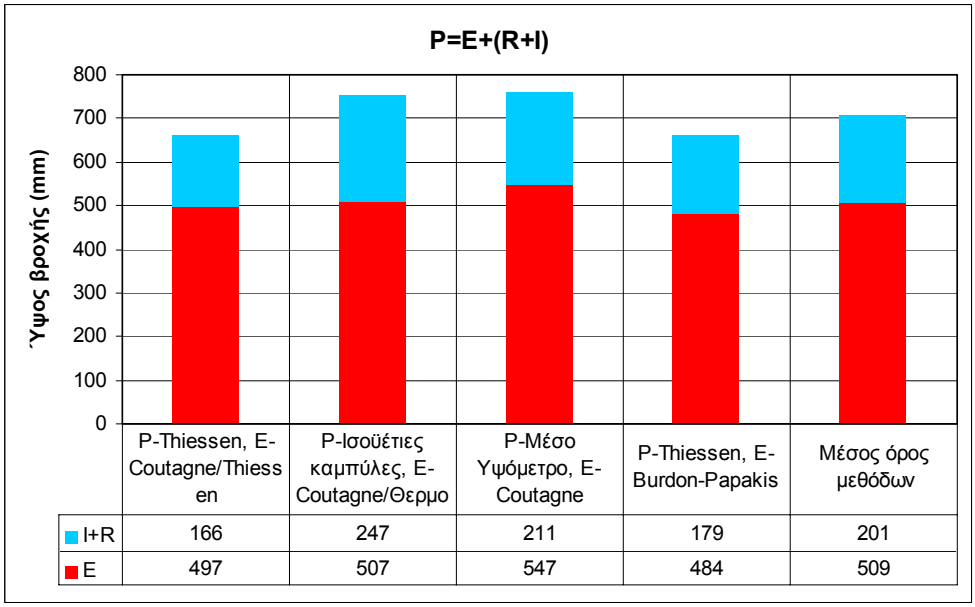
Εξάλλου, η χωρική διαφοροποίηση της σχέσης επιφανειακής – υπόγειας αποστράγγισης στην περιοχή καθιστά δύσκολο το διαχωρισμό της απορροής από την κατείσδυση συνολικά. Πιο συγκεκριμένα, μεγάλο ποσοστό της κατείσδυσης στους καρστικούς ασβεστόλιθους της Τρίπολης στην ορεινή περιοχή μετατρέπεται σε απορροή με τις πηγαίες εκφορτίσεις στη υψομετρική ζώνη των 1000-1200 μέτρων, ενώ στη συνέχεια κατά τη διαδρομή προς τα κατάντη σημαντικό ποσοστό μετατρέπεται και πάλι σε κατείσδυση, εμπλουτίζοντας τις χαμηλότερες εμφανίσεις των καρστικών ασβεστόλιθων Τρίπολης και Μάνης-Κρήτης.

Με βάση τα παραπάνω, υπολογίστηκε το άθροισμα I+R (κατείσδυση + απορροή), ως υπόλοιπο της εξατμισοδιαπνοής, σύμφωνα με τα διαφορετικά αποτελέσματα των προηγούμενων μεθόδων. Ως συνολική ποσότητα για όλη την έκταση του Δήμου, τα αποτελέσματα των υπολογισμών δεν είναι θετικά, καθώς το ποσοστό της μέσης εξατμισοδιαπνοής για την περιοχή με καμιά μέθοδο δεν υπολογίζεται να είναι μικρότερο από 67%. Η μέση τιμή που προκύπτει από τις διάφορους υπολογισμούς για την εξατμισιδιαπνοή εκτιμάται γύρω στο 72%, γεγονός που σημαίνει προφανώς ότι **η ποσότητα I+R δεν ξεπερνά συνολικά το 28% των βροχοπτώσεων**. Τα αποτελέσματα αυτά παρουσιάζονται στα τρία επόμενα διαγράμματα.

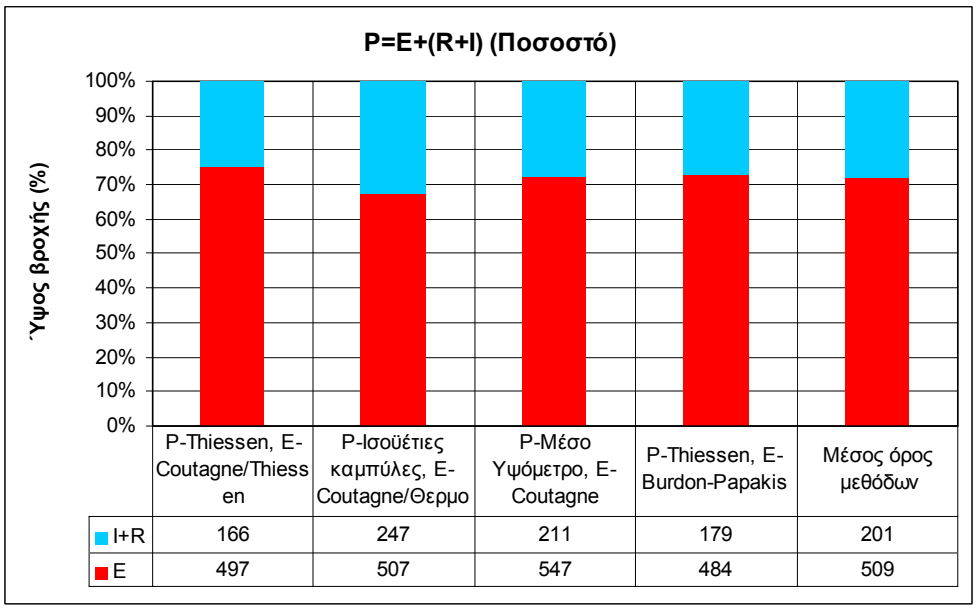
Παρά ταύτα, μια από τις μεθόδους που εφαρμόστηκαν, και συγκεκριμένα ο συνδυασμός της μεθόδου των ισοϋέτιων καμπυλών, με τη χρήση της θερμοβαθμίδας για τον υπολογισμό του E στις αντίστοιχες υψομετρικές ζώνες που υπολογίστηκε το P, έδωσε μια χρησιμότερη εικόνα και καλύτερη χωρική

[20] Ακόμα και στα ποσοστά της εξατμισοδιαπνοής μπορεί να υπάρξει παρέμβαση από τον άνθρωπο και μεταβολή, έστω και μικρή, με έμμεσο τρόπο όμως (π.χ. αυξάνοντας τη δασοκάλυψη στις ορεινές περιοχές).

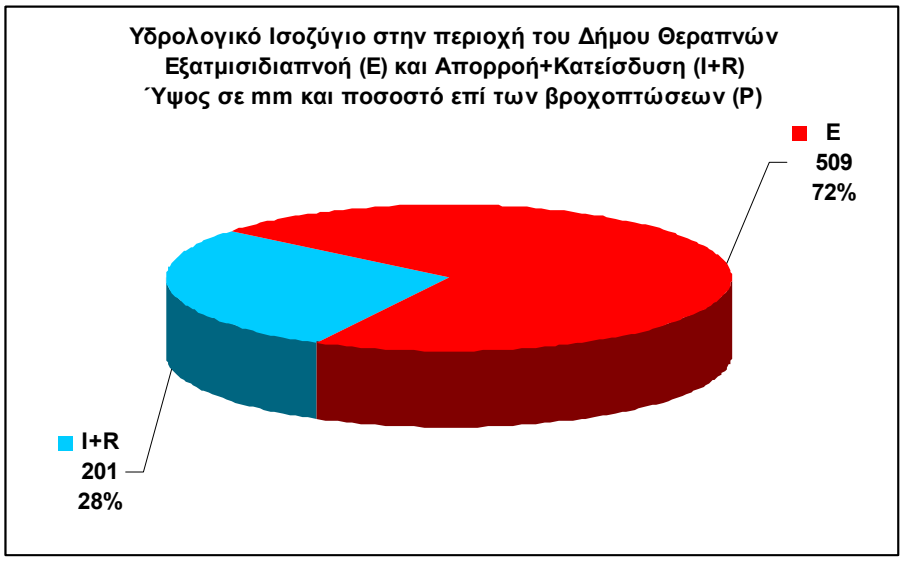
ανάλυση στην εικόνα του υδρολογικού ισοζυγίου, καθώς ανέδειξε τη μεταβολή της ισορροπίας του E σε σχέση με το I+R, ανάλογα με το υψόμετρο (βλ. παραπάνω).



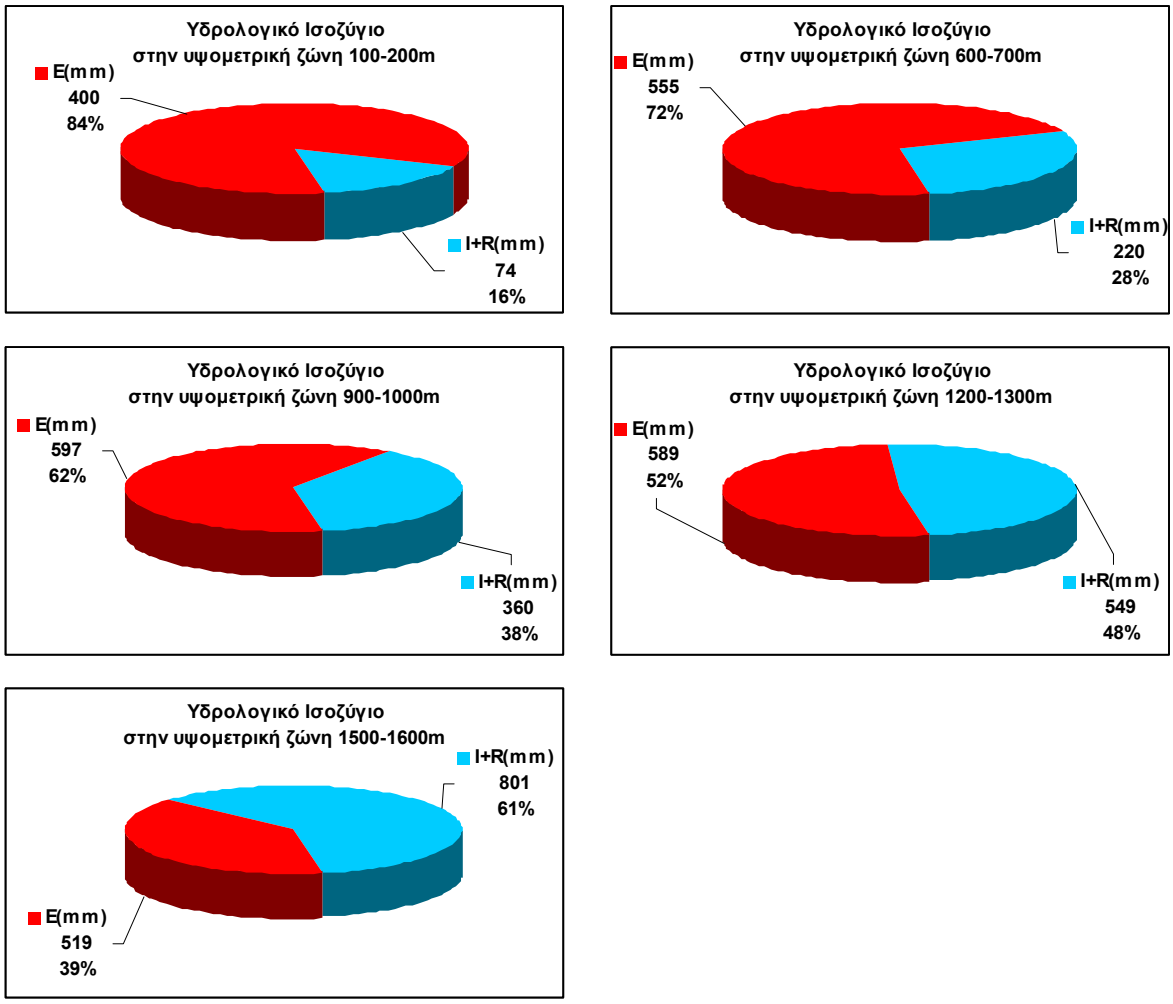
Εικ. 21 - Ποσοστά εξατμισοδιαπνοής και απορροής+κατείσδυσης στην περιοχή του Δήμου Θεραπνών (mm ύψους βροχής).



Εικ. 22 – Ποσοστά εξατμισοδιαπνοής και απορροής+κατείσδυσης στην περιοχή του Δήμου Θεραπνών (% του ύψους βροχής).



Εικ. 23 – Υδρολογικό ισοζύγιο στην περιοχή του Δήμου Θεραπνών.



Εικ. 24 – Μεταβολή του υδρολογικού ισοζυγίου σε διάφορες υψομετρικές ζώνες στο δυτικό Πάρνωνα.

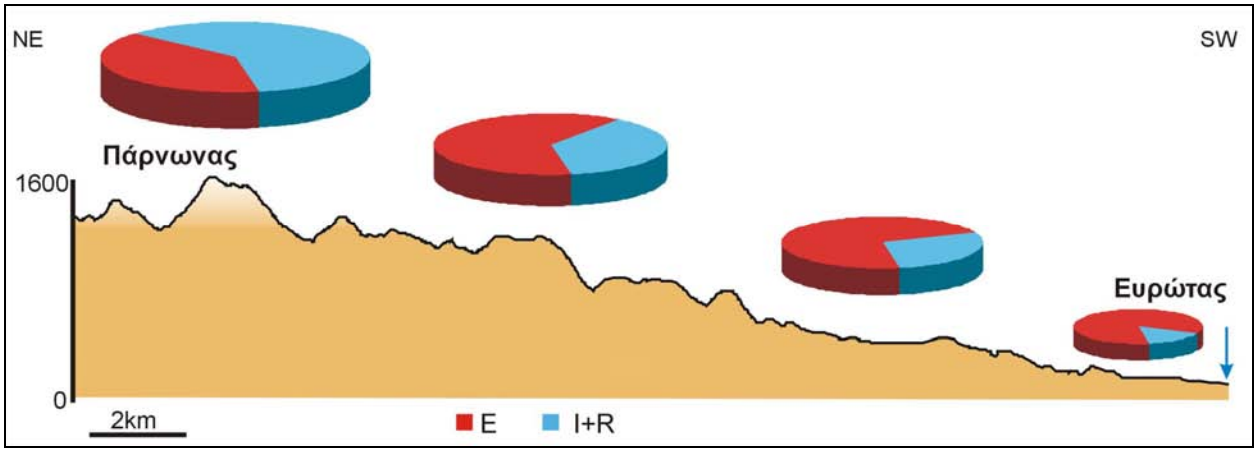
Οι σημαντικές πληροφορίες που λαμβάνονται από αυτή τη μεταβολή του E και του I+R με το υψόμετρο, είναι οι εξής:

- Το ποσοστό της εξατμισοδιαπνοής μειώνεται, αυξανομένου του υψομέτρου. Άρα, αυξάνεται το ποσοστό του μεγέθους I+R.
- Το ύψος της εξατμισοδιαπνοής αυξάνεται μέχρι τη ζώνη 900-1100 μέτρων και στη συνέχεια μειώνεται. Άρα, μειώνεται το ύψος που αντιστοιχεί στο μέγεθος I+R μέχρι τη ζώνη 900-1100 μέτρων, και στη συνέχεια αυξάνεται.
- Στις χαμηλές υψομετρικές ζώνες, συμπεριλαμβανομένης και της ζώνης που αντιστοιχεί στο μέσο υψόμετρο της περιοχής (620 μέτρα), η εξατμισοδιαπνοή υπερισχύει σημαντικά.
- Στις ζώνες πάνω από τα 1200 μέτρα, υπερισχύει η απορροή και κατείσδυση.

Τα γραφήματα που ακολουθούν δείχνουν τη μεταβολή αυτής της σχέσης, που κυμαίνεται από σχέση E>80% - I+R<20% στις χαμηλές ζώνες, ως E<35% - I+R>65% στις υψηλές ορεινές περιοχές. Σημειώνεται και πάλι ότι στους υπολογισμούς δεν έχουν ληφθεί καθόλου υπόψη οι χιονοπτώσεις, που όμως αν υπολογίζονταν θα ενίσχυαν αυτό το καθεστώς, καθώς θα αυξανόταν το ποσοστό I+R στις υψηλές ορεινές ζώνες.

Αυτή η χωρική διαφοροποίηση του υδρολογικού ισοζυγίου στις υψομετρικές ζώνες της περιοχής, μπορεί να αποτελέσει ένα χρήσιμο εργαλείο προσανατολισμού για κάποιες παραμέτρους της διαχείρισης του νερού στην περιοχή, αλλά και να ερμηνεύσει τη χαμηλή διαθεσιμότητα νερού που παρατηρείται στο μεγαλύτερο ποσοστό της περιοχής. Είναι προφανές ότι παρά τη θεωρητική αφθονία κατακρημνισμάτων σε σχέση με την έκταση και τις ανάγκες της περιοχής του Δήμου Θεραπνών (και μεγάλου ποσοστού της έκτασης του δυτικού Πάρνωνα), οι διαθέσιμες ποσότητες νερού στις περιοχές που υπάρχουν οι ανάγκες είναι πολύ μικρές. Καθώς η μεγαλύτερη οικιστική και γεωργική ανάπτυξη λαμβάνει χώρα στα μέσα και χαμηλά υψόμετρα, προφανώς ξεκινάει με πολύ δυσμενείς υδρολογικές συνθήκες, καθώς τα κατακρημνίσματα είναι σχετικά λίγα, και μάλιστα μεγάλο ποσοστό τους επιστρέφει αμέσως στην ατμόσφαιρα μέσω της εξατμισοδιαπνοής. Με αυτό το δεδομένο, η διαχείριση του νερού οφείλει να γίνεται με πολύ μεγάλη προσοχή καθώς ακόμα και χωρίς να υπάρχει θέμα κακής διαχείρισης, οι υδρολογικές συνθήκες δεν είναι ευνοϊκές.

Επιπλέον, γίνεται φανερό ότι ακόμα και αυτό το 28% του I+R που εμφανίζεται ως μέση τιμή στο υδρολογικό ισοζύγιο της περιοχής, δεν είναι στην πραγματικότητα διαθέσιμο στις χαμηλές υψομετρικά περιοχές, αλλά στην ορεινή ζώνη. Αυτή η παρατήρηση δείχνει ότι αν κριθεί αναγκαίο να βρεθούν επιπλέον ποσότητες νερού για την κάλυψη των αναγκών της περιοχής, θα πρέπει να αναζητηθούν στην ορεινή περιοχή. Ο τρόπος που θα καταστούν διαθέσιμες αυτές οι ποσότητες θα συζητηθεί στο τελευταίο μέρος της εργασίας,



Εικ. 25 – Μεταβολή του υδρολογικού ισοζυγίου σε σχέση με το υψόμετρο στο δυτικό Πάρνωνα. Το μέγεθος της πίτας του γραφήματος είναι ανάλογο με το συνολικό ύψος των κατακρημνισμάτων στην εκάστοτε υψομετρική ζώνη.

Στην τελευταία εικόνα παρουσιάζεται η μεταβολή της λειτουργίας του υδρολογικού ισοζυγίου στο δυτικό Πάρνωνα. Οι περιοχές χαμηλού και μέσου υψομέτρου (μαζί και οι παρόχθιες περιοχές του Ευρώτα) έχουν χαμηλό ποσό κατακρημνισμάτων και μεγάλο τμήμα του επιστρέφει στην εξατμισιδιαπνοή. Προς τα ανάντη αυξάνεται το συνολικό ποσό των κατακρημνισμάτων, και μειώνεται το ποσοστό της εξατμισιδιαπνοής. Από τα 1200 μέτρα και πάνω η εξατμισιδιαπνοή είναι μικρότερη από 50%, και επιπλέον στον υδρολογικό κύκλο συμμετέχουν και οι χιονοπτώσεις (δεν περιλαμβάνονται στους υπολογισμούς).

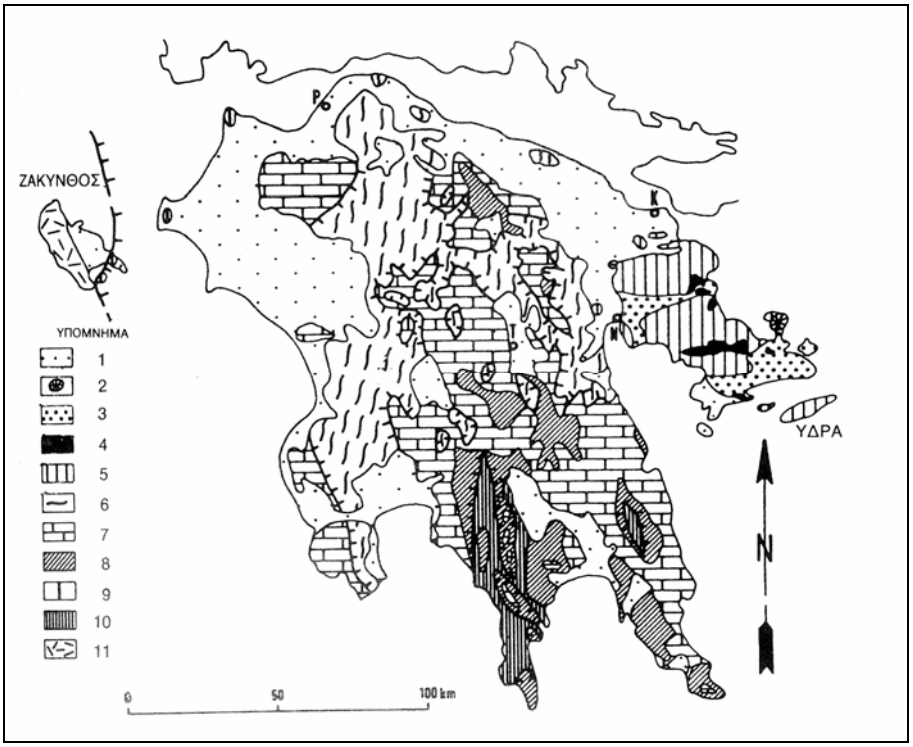
Μια τελευταία σημείωση, αφορά το ρόλο της διέλευσης του ποταμού Ευρώτα από την περιοχή του Δήμου. Σύμφωνα με τα παραπάνω δεδομένα, μπορεί να θεωρηθεί ότι η περιοχή συνεισφέρει ελάχιστα ή καθόλου στη δίαιτα του ποταμού μέσω της απορροής. Εξάλλου, όπως θα σχολιαστεί στα επόμενα κεφάλαια, η στάθμη του φρεάτιου υδροφόρου ορίζοντα κατά μήκος της κοίτης του Ευρώτα βρίσκεται αρκετά μέτρα κάτω από το επίπεδο της κοίτης του ποταμού. Αυτό σημαίνει ότι κατά τη διαδρομή του ο Ευρώτας εμπλουτίζει το φρεάτιο υδροφόρο στο Δήμο Θεραπνών, και δεν εμπλουτίζεται υπόγεια από αυτόν σε καμιά περίπτωση. Έτσι, ενισχύεται η (πολύ χαμηλή όπως αποδείχθηκε) απευθείας κατείσδυση στις παρόχθιες περιοχές και αυτό είναι πολύ σημαντικό, καθώς από τα παρόχθια φρέατα αρδεύονται μεγάλες εκτάσεις με καλλιέργειες. Η παρατήρηση αυτή ενισχύει την άποψη ότι δεν μπορεί να γίνει καμιά διαχειριστική παρέμβαση στη δίαιτα του ποταμού χωρίς να υπολογιστούν οι επιπτώσεις στα κατάντη. Αν για παράδειγμα μειωνόταν με φυσικό ή τεχνητό τρόπο η παροχή του Ευρώτα ανάντη της περιοχής του Δήμου, θα αποδυναμωνόταν ο φρεάτιος υδροφόρος ορίζοντας κατά πολύ, καθώς δεν εμπλουτίζεται ούτε υπογείως, ούτε επιφανειακά από τα ανατολικά του.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΥΠΟΓΕΙΑ ΥΔΑΤΑ

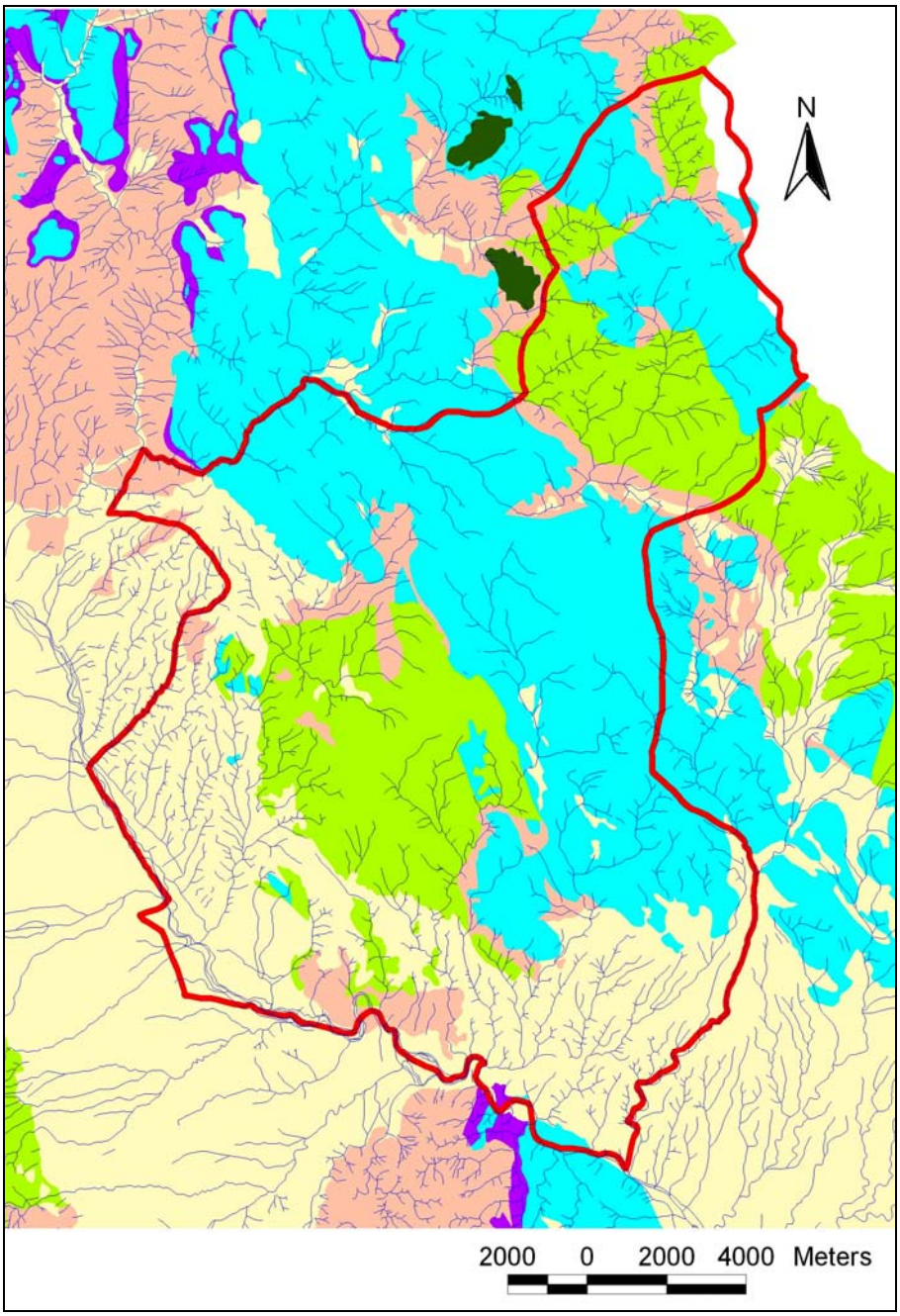
Η λιθοστρωματογραφία και η τεκτονική παραμόρφωση της περιοχής οριοθετούν τους πιθανούς υδροφορείς, ενώ οι συνθήκες τροφοδοσίας και αποστράγγισής τους, επιφανειακά ή υπόγεια, καθορίζουν την ανάπτυξή τους. Σε πρώτη φάση θα παρουσιαστεί η λιθοστρωματογραφία για να προσδιοριστούν οι σχηματισμοί που έχουν τη δυνατότητα να υδροφορούν. Στη συνέχεια θα γίνει μια προσπάθεια ερμηνείας της συνολικής γεωλογικής δομής, ώστε τελικά να προκύψει ένα σχήμα υπόγειας κυκλοφορίας των υδάτων στην περιοχή.

Στην περιοχή εμφανίζονται οι ακόλουθες ομάδες σχηματισμών:

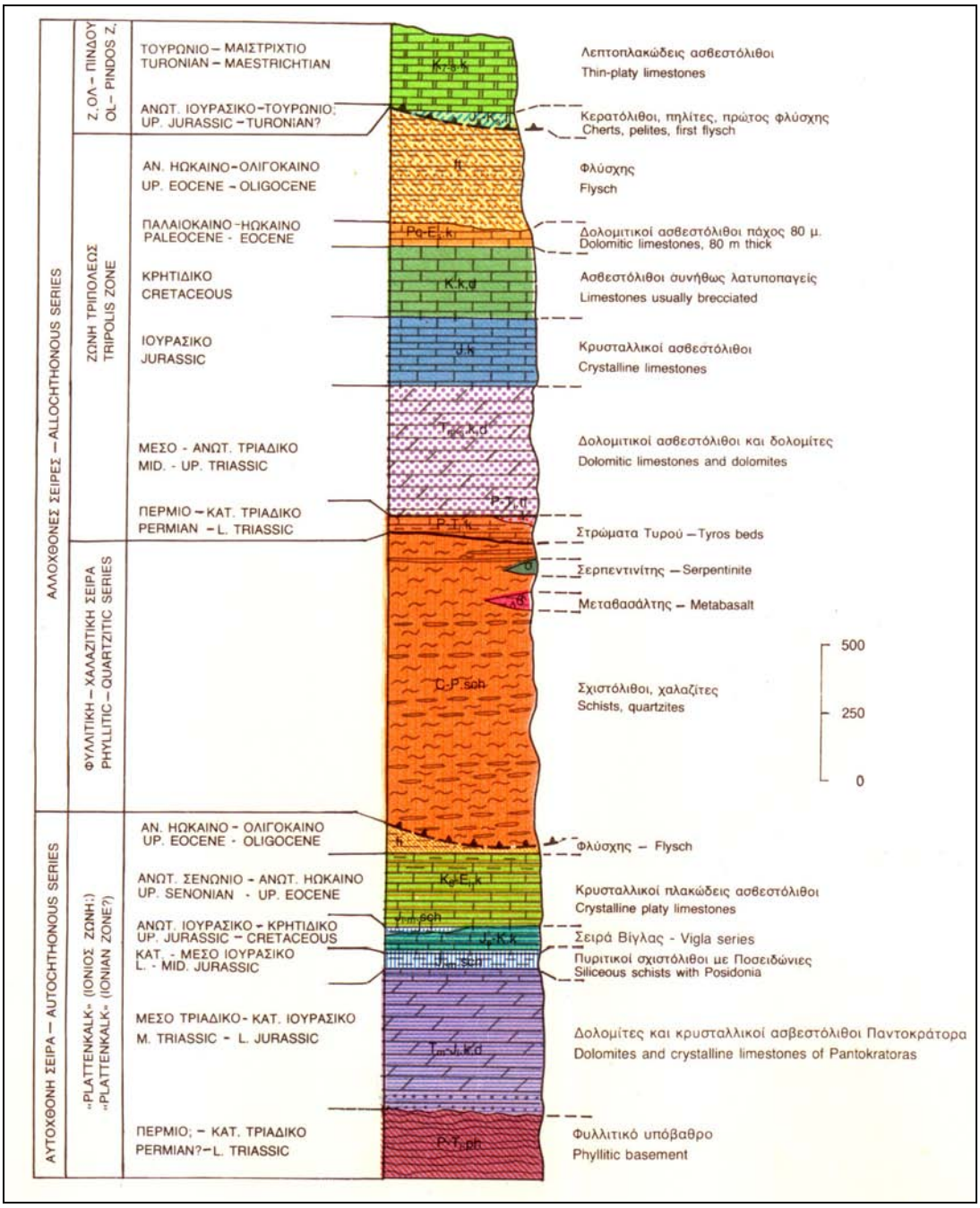
- Μεταλπικοί σχηματισμοί:
    - Χαλαρές ολοκαινικές αποθέσεις
    - Πλειοτεταρτογενείς αποθέσεις χερσαίας, ποταμολιμναίας και λιμναίας φάσης
- Αλπικοί σχηματισμοί:
    - Κλαστικοί, ανθρακικοί και ηφαιστειακοί σχηματισμοί, αμεταμόρφωτοι ή μεταμορφωμένοι των ζωνών/ενοτήτων:
        - Πίνδου
        - Τρίπολης
        - Φυλλιτών – Χαλαζιτών
        - Μάνης – Κρήτης



Εικ. 26 – Γεωλογικό – τεκτονικό σκαρίφημα της Πελοποννήσου (κατά Jacobshagen et al, 1978 από Κατσικάτσος, 1992). 1:Νεογενείς – τεταρτογενείς αποθέσεις, 2:Προϊστορικά ηφαίστεια, 3:Κρητιδικοί και Παλαιογενείς σχηματισμοί της Αργολίδας, 4:Σχηματισμοί Ηωελληνικού καλύμματος, 5:Σχηματισμοί Αργολικού (Αργολικής ενότητας), 6:Σειρά Πίνδου, 7:Σειρά Τρίπολης, 8:Σειρά Φυλλιτών, 9:Σειρά Ιόνια, 10:Σειρά Πλακωδών ασβεστολίθων, 11:Σειρά Προαπούλια.



Εικ. 27 – Κατανομή αλπικών και μεταλπικών σχηματισμών στην περιοχή του Δήμου Θεραπνών (κόκκινο όριο). Μεταλπικοί σχηματισμοί με κίτρινο χρώμα, ενότητα Πίνδου με σκούρο πράσινο, ενότητα Τρίπολης με γαλάζιο, στρώματα Τυρού με μωβ, φυλλίτες-χαλαζίτες με ροζ, ενότητα Μάνης Κρήτης με ανοικτό πράσινο.

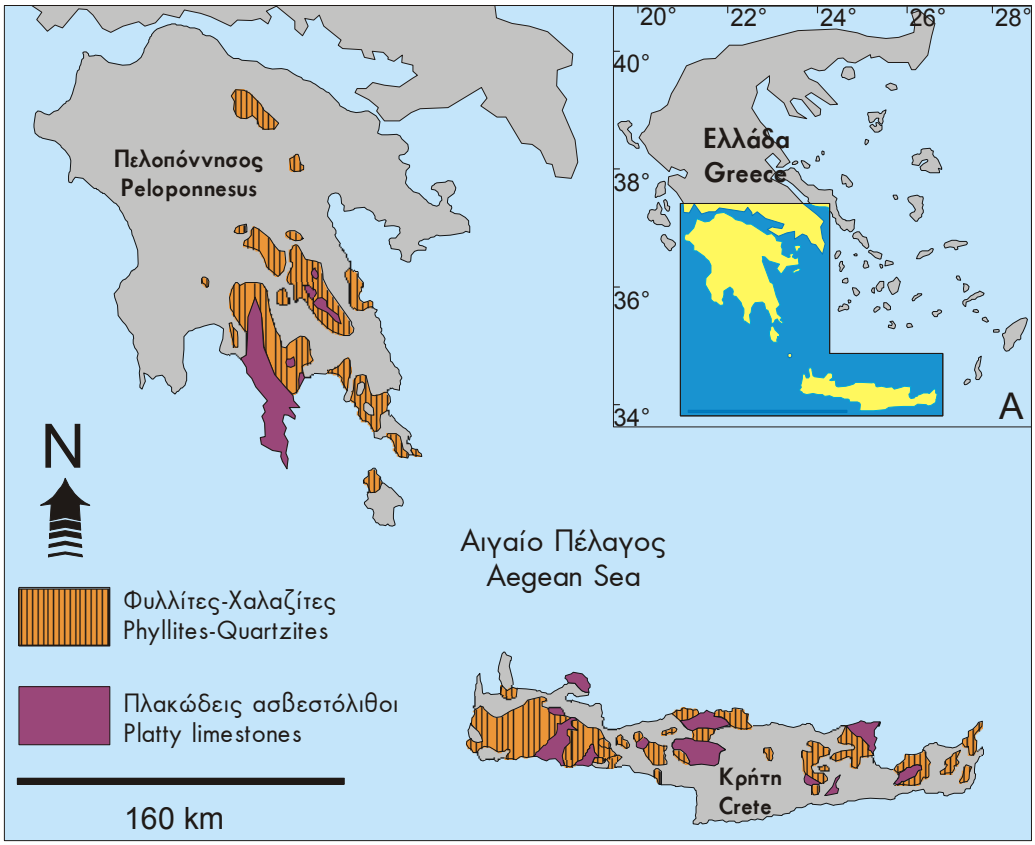


Εικ. 28 – Σύνθετη στρωματογραφική στήλη των σχηματισμών των αλπικών ενοτήτων από το φύλλο Σπάρτη (Ψώνης, 1990) του Γεωλογικού Χάρτη της Ελλάδας κλίμακας 1:50000 του ΙΓΜΕ.

2.1. ΛΙΘΟΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΑ - ΥΔΡΟΛΙΘΟΛΟΓΙΑ

2.1.1. Ενότητα Κρήτης – Μάνης (Ιόνιος ζώνη)

Αναφέρεται γενικά ως Σειρά ή Ενότητα των Plattenkalk (των Πλακωδών Ασβεστολίθων), Σειρά των Ταλαίων Ορέων («Talea Ori Serie», Epting et al, 1972), Ζώνη της Ίδης («Zone de l' Ida», Bonneau, 1973, 1975) ή Ενότητα Κρήτης- Μάνης (Φυτρολάκης, 1980). Απαντάται, εκτός από την Α. Κρήτη που περιγράφηκε αρχικά από τον Chalikiopoulos, στα Τάλαια Όρη, στην Ίδη, στα Λευκά όρη και στα όρη Λασιθίου στην Κρήτη, στην Κάσο, στη Ρόδο και στην Κάρπαθο στα Δωδεκάνησα, στα Κύθηρα, στον Ταΰγετο, στον Πάρνωνα και ίσως στο Χελμό στην Πελοπόννησο.



Εικ. 29 – Κατανομή των πετρωμάτων της ενότητας Κρήτης – Μάνης και της σειράς φυλλιτών – χαλαζιτών στην Πελοπόννησο και την Κρήτη (Dornsiepen et al, 2001).

Η αρχική περιγραφή αναφέρεται σε σειρά μαρμάρων και κρυσταλλικών ασβεστολίθων μεγάλου πάχους που εμφανίζονται σε επάλληλα στρώματα με λεπτές διαστρώσεις πυριτολίθων. Η παρουσία αυτής της σειράς κάτω από μια σειρά μεταμορφωμένων κλαστικών σχηματισμών (σχιστόλιθοι και χαλαζίτες) περμικής ηλικίας (Κτενάς, 1924 και 1926 για την Πελοπόννησο και Παπασταματίου & Reichel, 1956 για την Κρήτη) είχε περιγραφεί αρχικά από τους Bobloye & Virlet (1833) και Philippson (1892).

Πράγματι, στις περιοχές που εμφανίζονται τα πετρώματα αυτά συνήθως συνιστούν την κατώτερη τεκτονική ενότητα και αποτελούνται κατά κανόνα από μια ομοιόμορφη σειρά ανθρακικών στρωμάτων μαρμάρων ή κρυσταλλικών ασβεστολίθων με πυριτόλιθους ηλικίας Α. Ιουρασικό – Ηώκαινο/Κ. Ολιγόκαινο.

Σήμερα ο όρος Σειρά ή Ενότητα Πλακωδών ασβεστολίθων περιλαμβάνει (όπως και οι λοιπές ονομασίες) και άλλους σχηματισμούς που δεν αντιστοιχούν σ' αυτή την περιγραφή, δηλαδή τους προ-ανω-ιουρασικούς σχηματισμούς, κλαστικούς και ανθρακικούς. Οι σχηματισμοί αυτοί, που αρχικά θεωρούνταν παλαιοζωικό υπόβαθρο της ζώνης Τρίπολης, ως μέλη της «Μεταμορφωμένης Μάζας Κεντρικής Πελοποννήσου – Κρήτης», διακρίθηκαν τελικά ως αυτόνομη σειρά ύστερα από συστηματικές έρευνες που τεκμηρίωσαν:

- Παρουσία ρουδιστών στα μάρμαρα της Σητείας (Renz, 1932).
- Μικροπανίδα Τριαδικού σε μάρμαρα και κρυσταλλικούς ασβεστόλιθους (Epting at al, 1972).
- Μικροπανίδα Τριτογενούς σε μάρμαρα και κρυσταλλικούς ασβεστόλιθους (Φυτρολάκης, 1972, Bonneau, 1973) στην Κρήτη.
- Μικροπανίδα Κ. Ολιγοκαίνου στην Πελοπόννησο (Bizon & Thiebault, 1974).

- Απολιθώματα σε όλη τη σειρά των Plattenkalk στον Ταΰγετο (Ψώνης, 1981, Thiebault, 1982, κ.ά.).

Η χαμηλού βαθμού μεταμόρφωσης σειρά/ενότητα των πλακωδών ασβεστολίθων θεωρείται σήμερα εναλλακτικά ότι:

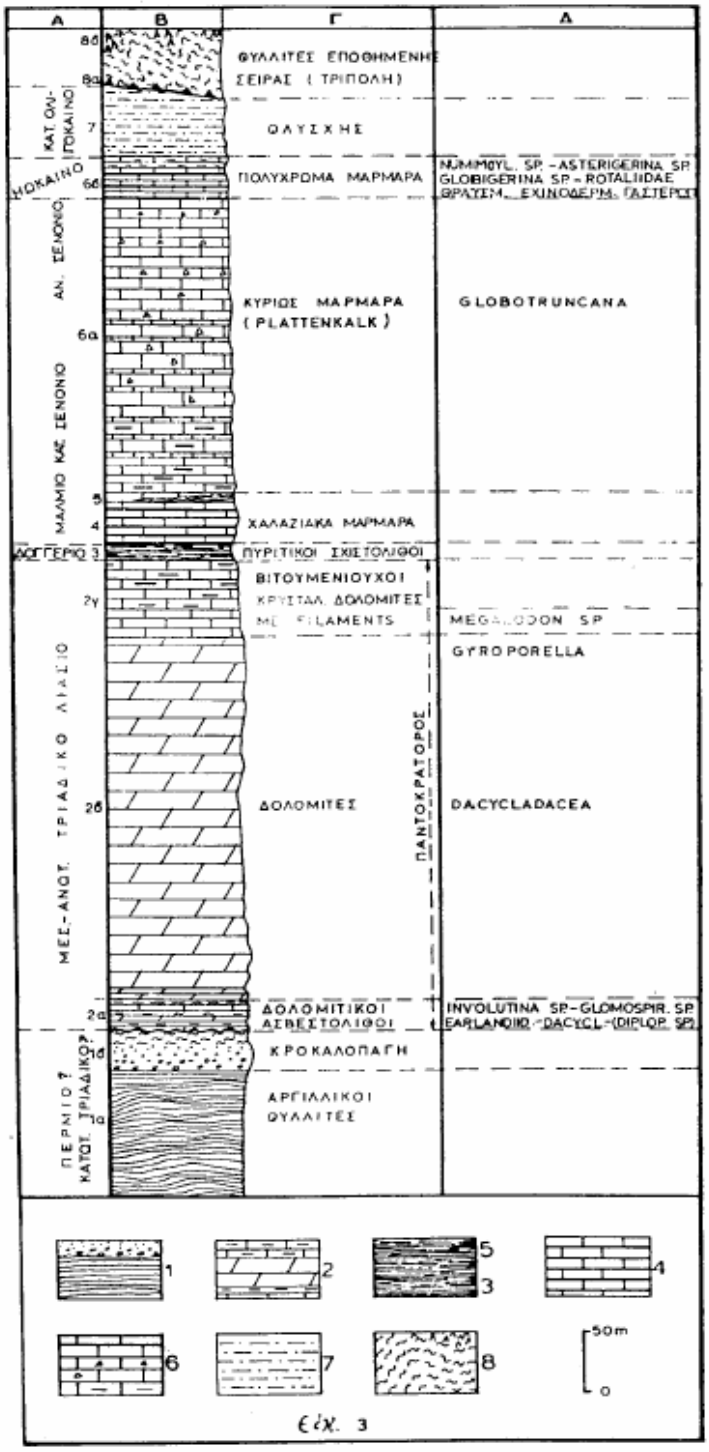
- είτε αποτελεί την προς νότο προέκταση της Ιόνιας ζώνης (ίδιος παλαιογεωγραφικός χώρος),
- είτε αποτελεί παλαιογεωγραφικό χώρο μεταξύ Ιόνιας ζώνης και Παξών,
- είτε αποτελεί αντιστοιχία του Ταϋγέτου με την Εξωτερική Ιόνια, του Πάρνωνα με την Κεντρική Ιόνια και της Μάνης με την ενότητα Παξών (Thiebault).

Στην ευρύτερη περιοχή της λεκάνης του Ευρώτα αναπτύσσονται οι ακόλουθοι σχηματισμοί:

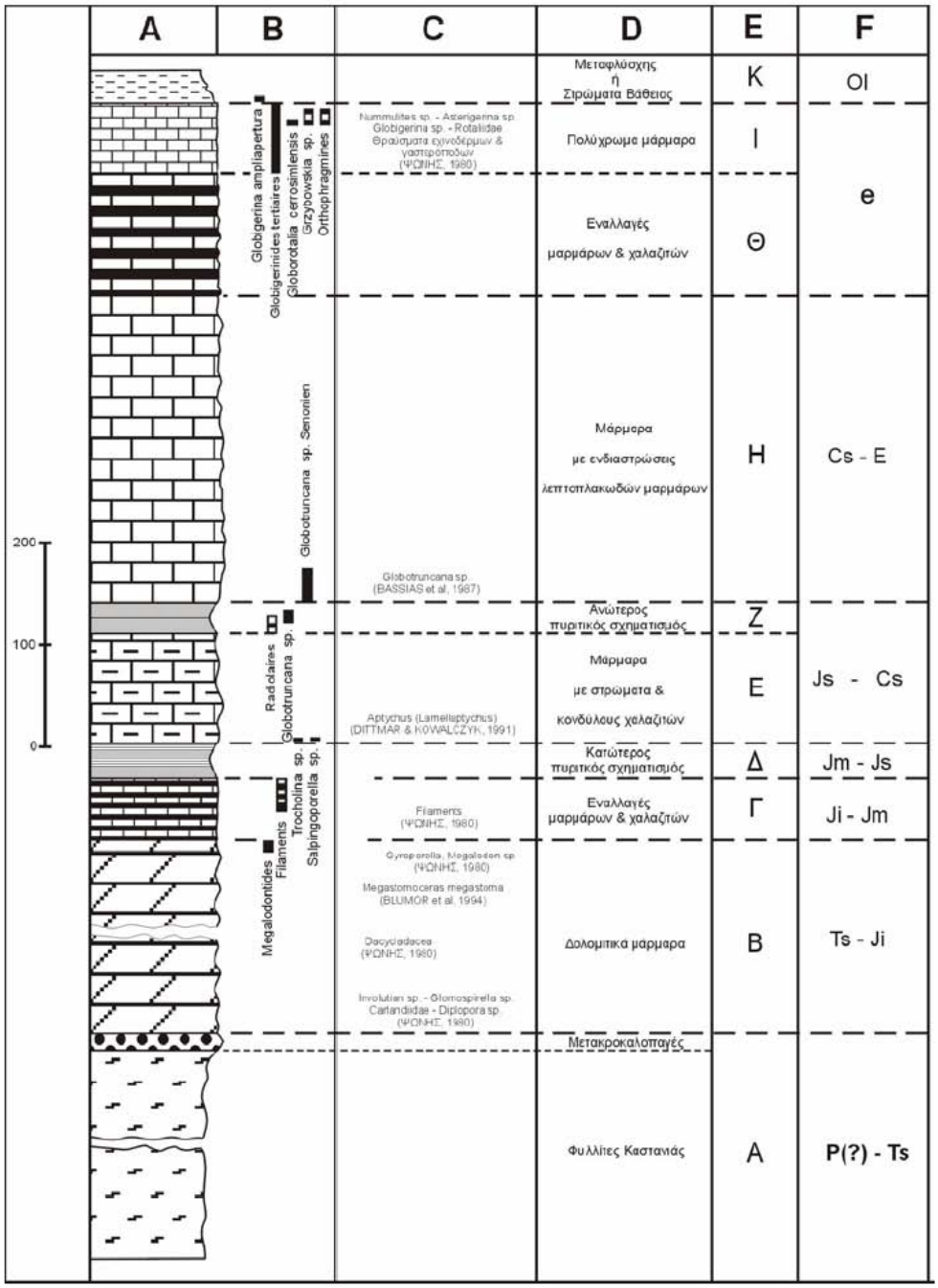
- **Μεταφλύσχης ή Στρώματα Βάθειας** και **Στρώματα Μετάβασης** (E.01.E-Mm,fi). Αποτελείται από αργιλομαργαϊκό και αργιλοψαμμιτικό υλικό με έντονη διαγένεση. Δεν έχει τη μορφή του τυπικού φλύσχη. Οι κατώτεροι ορίζοντες περνούν σε στρώματα μετάβασης με μαργαϊκούς κρυσταλλικούς ασβεστόλιθους (πολύχρωμα μάρμαρα) που εναλλάσσονται με αργιλομαργαϊκό υλικό που επικρατεί στους ανώτερους ορίζοντες. Το χρώμα των κρυσταλλικών ασβεστολίθων ποικίλει από λευκό και πράσινο μέχρι ερυθρό. Η ηλικία του σχηματισμού είναι Αν. Ηώκαινο – Ολιγόκαινο και έχουν προσδιοριστεί τα απολιθώματα *Nummulites* sp., *Asterigerina* sp., Rotaliidae, Gastropods, Echinoderms. Το πάχος του σχηματισμού είναι περίπου 100 μέτρα.
- **Πλακώδεις κρυσταλλικοί ασβεστόλιθοι** (E.02.Ks-Ei,k). Ο σχηματισμός αποτελείται από τεφρόλευκους, μικροκοκκώδεις, βιτουμενιούχους, μικρολατυποπαγείς ως λατυποπαγείς ασβεστόλιθους, με λεπτές ενστρώσεις ή κονδύλους πυριτολίθων. Η ηλικία του σχηματισμού είναι Αν. Σενώνιο – Αν. Ηώκαινο. Στους ανώτερους ορίζοντες έχουν προσδιοριστεί *Globigerina* sp. Το πάχος του σχηματισμού είναι 200 ως 250 μέτρα.
- **Πλακώδεις ασβεστόλιθοι με πυριτόλιθους** (Σειρά Βίγλας) (E.03.Js-Ks,k). Πρόκειται για κρυσταλλικούς, μεσοστρωματώδεις ασβεστόλιθους που εναλλάσσονται με πυριτολιθικές στρώσεις. Στα ανώτερα μέλη παρατηρούνται συχνά και πυριτικοί σχιστόλιθοι. Στρωματογραφικά η σειρά αυτή αποδίδεται στη σειρά Βίγλας της Ιονίου ζώνης. Η ηλικία του σχηματισμού είναι Αν. Ιουρασικό – Κρητιδικό, με απολιθώματα Cirripeds, *Trocholina* sp., *Salpingoporella* sp. (F. THIEBAULT). Το πάχος του σχηματισμού είναι 50 ως 80 μέτρα.
- **Πυριτικοί σχηματισμοί και εναλλαγές Μαρμάρων και Χαλαζιτών** (E.04.J,sch). Τα κατώτερα στρώματα αντιστοιχούν με τους σχιστόλιθους με Posidonia της Ιονίου ζώνης. Εμφανίζονται κρυπτοκρυσταλλικοί πυριτικοί σχιστόλιθοι με κρυστάλλους ασβεστίτη, λεπτοπορώδεις, σε εναλλαγή με λεπτοπλακώδεις ασβεστόλιθους. Τοπικά, στη βάση τους παρατηρούνται λατυποπαγή τεκτονικής προέλευσης, πάχους 1-2 μέτρων. Πολλές φορές αποσφηνώνονται πλευρικά. Η ηλικία του σχηματισμού είναι Κατ. – Μεσ. Ιουρασικό και το πάχος μπορεί να φτάσει τα 40 μέτρα.
- **Δολομιτικά Μάρμαρα** (Σειρά Παντοκράτορα) (E.05.Tm-Ji,k-d). Πρόκειται για γκριζόλευκους, μεσοπλακώδεις έως παχυστρωματώδεις κρυσταλλικούς ασβεστόλιθους πάχους 80 μέτρων, με σπάνιες ενστρώσεις ή κονδύλους μαύρων ή λευκών πυριτολίθων. Έχουν βρεθεί Filaments. Προς τα κατώτερα στρώματα μεταβαίνουν σε δολομίτες και δολομιτικούς ασβεστόλιθους, βιτουμενιουχους, λεπτοπλακώδις, στρωματώδεις ως παχυστρωματώδεις με στρώματα ως και 2 μέτρων. Στα κατώτερα μέλη εμφανίζονται επίσης παρεμβολές ψαμμιτικών και μαργαϊκών ασβεστολίθων, αργιλικών σχιστολίθων και ψαμμιτών. Κατά θέσεις υπάρχουν κροκαλοπαγή και μικροκροκαλοπαγή πάχους ως 5 μέτρων και υπέρκεινται επικλυσιγενώς ή με τεκτονική επαφή πάνω των φυλλιτών του υποβάθρου. Η ηλικία του σχηματισμού είναι Μ. Τριαδικό – Κατ. Ιουρασικό και το πάχος του σχηματισμού είναι περίπου 450 μέτρα.
- **Φυλλίτες Καστανιάς** (E.06.P-Ti,ph). Ο σχηματισμός αποτελείται κυρίως από μαύρους ως γκρίζους ανθρακούχους φυλλίτες έντονα πτυχωμένους, με λίγες παρεμβολές ψαμμιτών

(κυρίως στα ανώτερα μέλη) καθώς και μικρού πάχους χαλαζιακές ενστρώσεις και φακούς. Το ορατό πάχος του σχηματισμού είναι περίπου 300 μέτρα.

Στην περιοχή του Δήμου Θεραπνών, δεν διαπιστώθηκε εμφάνιση του Μεταφλύσχη. Επίσης, δεν παρατηρήθηκε εμφάνιση του κλαστικού υποβάθρου της ενότητας (φυλλίτες Καστανιάς).



Εικ. 30 – Λιθοστρωματογραφική ακολουθία της «Σειράς Πλακωδών Ασβεστολίθων» στον Ταΰγετο (Ψώνης, 1981).



Εικ. 31 – Λιθοστρωματογραφία της Ενότητας Μάνης – Κρήτης (από Σκούρτσος, 2002). Στη Στήλη Α διακρίνεται η λιθοστρωματογραφική κολώνα της ενότητας, βασισμένη στις έρευνες των Thiebault (1982), Ψώνης (1980), Manutsoglu (1990), Dittmar & Kowalczyk (1991), Kowalczyk & Dittmar (1991), και Blumor et al (1994). Στη στήλη Β διακρίνονται τα απολιθώματα που αναφέρει ο Thiebault (1982) και στη στήλη C απολιθώματα αναφορών άλλων ερευνητών. Στη στήλη D δίνονται οι ονομασίες των σχηματισμών που απαρτίζουν τη λιθοστρωματογραφική στήλη. Στη στήλη F δίνεται η ηλικία των σχηματισμών αυτών.

Εικ. 32 – Κλαστικοί πλακώδεις κρυσταλλικοί ασβεστόλιθοι στην περιοχή του Κεφαλά. Πιθανά ανήκουν στα ηωκανικά στρώματα της στήλης, κοντά στα στρώματα μετάβασης προς το φλύσχη της ενότητας.

Εικ. 33 – Πλακώδεις γκρίζοι ασβεστόλιθοι με φακούς και ενστρώσεις λευκών πυριτολίθων στην περιοχή βορειοδυτικά του Κεφαλά. Πιθανή ηλικία Α. Κρητιδικό – Ηώκαινο.

Εικ. 34 – Πλακώδεις ασβεστόλιθοι με ενστρώσεις πυριτολίθων στην περιοχή νότια της Γκοριτσάς. Πιθανή ηλικία Ιουρασικό (σειρά Βίγλας).

Εικ. 35 – Εναλλαγές κυανών ασβεστολίθων με λευκούς πυριτόλιθους στην περιοχή του Πολύδροσου (στη συγκεκριμένη θέση, σε επαφή με υπερκείμενους άστρωτους ασβεστόλιθους της ενότητας Τρίπολης με εμφανή ζώνη διάτμησης).

Εικ. 36 – Εναλλαγές πυριτικών στρώσεων με λεπτοπλακώδεις ασβεστόλιθους στην περιοχή μεταξύ Καλλονής και Χρύσαφας. Πιθανή ηλικία Ιουρασικό.

Εικ. 37 – Λεπτοπλακώδεις ασβεστόλιθοι στην περιοχή βορειοδυτικά της Καλλονής (προς Χρύσαφα).

Εικ. 38 – Λεπτοπλακώδεις φαιόλευκοι κρυσταλλικοί ασβεστόλιθοι στην περιοχή ανατολικά της Βοϊδόβρυσης.

Εικ. 39 – Δολομιτικοί κρυσταλλικοί ασβεστόλιθοι στην περιοχή μεταξύ Βοϊδόβρυσης και Αγριάνων (πιθανόν σειρά Παντοκράτορα).

Οι σχηματισμοί της ενότητας Μάνης – Κρήτης αποτελούν (ως εμφάνιση στην επιφάνεια) τον πυρήνα της κεντρικής μάζας του Πάρνωνα, καθώς και του κεντρικού τμήματος των δυτικών παρυφών του. Παρά την περιορισμένη εμφάνισή τους στο χάρτη, στο μεγαλύτερο τμήμα της περιοχής του Δήμου Θεραπνών, και ειδικά στην περιοχή μεταξύ Πολύδροσου – Χρύσαφας – Σκούρας - Γκοριτσάς – Καλλονής και Αγριάνων οι σχηματισμοί αυτοί βρίσκονται σε μικρό βάθος κάτω από την επιφάνεια, καθώς το πάχος των ασβεστόλιθων της Τρίπολης είναι γενικά μικρό ενώ υπάρχουν μεγάλες περιοχές που δεν υπερβαίνει τα λίγα μέτρα. Το πάχος των φυλλιτών και σχιστολίθων ανάμεσα στις δυο ανθρακικές ακολουθίες είναι επίσης πολύ μικρό στην περιοχή που προαναφέρθηκε, ενώ σε αρκετές θέσεις το κλαστικό υλικό έχει αποσφηνωθεί τελείως (π.χ. Καλλονή, Προφήτης Ηλίας, κ.λπ.).

Εξάλλου, είναι βέβαιο, τουλάχιστον για την εμφάνιση των πλακωδών ασβεστόλιθων μεταξύ Χρύσαφας, Κεφαλά και Γκοριτσάς, ότι το πάχος της ενότητας υπερβαίνει τα 500 μέτρα, σύμφωνα με δεδομένα γεωτρήσεων, και ότι αρκετά μεγάλο τμήμα της περιοχής μεταξύ Σκούρας, Κεφαλά και Γκοριτσάς, που καλύπτεται από μεταλπικούς σχηματισμούς, δομείται σε βάθος κατά κύριο λόγο από σχηματισμούς της ενότητας Μάνης – Κρήτης, όπως αποκαλύπτονται σε διάφορα σημεία από την γραμμική διάβρωση των υπερκείμενων ιζημάτων (π.χ. περιοχή Γαλατού). Ειδικά για την εμφάνιση αυτή αξίζει τα σημειωθεί ότι, ενώ η μάζα των ανθρακικών πετρωμάτων της ενότητας είναι αποκλεισμένη επιφανειακά από υπερκείμενους σχηματισμούς γενικά μικρότερης περατότητας (μεταλπικά ιζήματα και φυλλίτες – χαλαζίτες), **δεν υπάρχει σε κανένα σημείο της περιφέρειας της εμφάνισης πηγαία εκφόρτιση**, **ενώ η στάθμη ηρεμίας σε γεωτρήσεις βρίσκεται περίπου στο επίπεδο της θάλασσας**, δηλαδή τουλάχιστον 100 μέτρα χαμηλότερα από το χαμηλότερο σημείο της εμφάνισης του καρστικού πεδίου. Αυτό δεν μπορεί παρά να σημαίνει ότι το αυτό καρστικό πεδίο:

- φιλοξενεί το βαθύτερο γνωστό υδροφόρο ορίζοντα της περιοχής,
- έχει υδραυλική επικοινωνία και παρουσιάζει απώλειες προς υδροφόρους άλλων σχηματισμών γειτονικών περιοχών, παρόλο που αυτή η επικοινωνία δεν είναι ορατή στην επιφάνεια,
- μπορεί να τροφοδοτείται από όλους τους σχηματισμούς που το καλύπτουν (δηλαδή τους υπερκείμενους σχηματισμούς της ενότητας Τρίπολης και τους κοκκώδεις μεταλπικούς σχηματισμούς) και από το σύνολο του υδρογραφικού δικτύου που το διασχίζει, συμπεριλαμβανομένου και του Ευρώτα.

Επιπλέον, παρόλο που η γενική εικόνα των ασβεστόλιθων επιφανειακά δεν δείχνει χαρακτηριστικά μεγάλου βαθμού καρστικοποίησης, τουλάχιστον σε σχέση με τους ασβεστόλιθους της Τρίπολης που θα παρουσιαστούν παρακάτω, φαίνεται ότι η τεκτονική παραμόρφωση έχει καθορίσει τη λειτουργία της υπόγειας κυκλοφορίας του νερού μέσα στη μάζα τους, πριν ακόμα από την έκθεση των σχηματισμών στην επιφάνεια. Πιο συγκεκριμένα, είναι έκδηλα τα φαινόμενα μεγάλου βαθμού καρστικοποίησης, σε συγκεκριμένες περιοχές, όπου πρωταγωνιστικό ρόλο παίζουν:

- οι κλίσεις των ασβεστόλιθων και ο τύπος των εναλλαγών των στρωμάτων (π.χ. αν είναι στρωματώδεις ασβεστόλιθοι, αν εναλλάσσονται με πυριτόλιθους, τι πάχος έχουν τα στρώματα κ.λπ.)
- η ανάπτυξη δικτύου διακλάσεων και η πυκνότητά τους, καθώς και αν είναι τριχοειδείς ή χαίνουσες
- τα ρήγματα μικρής ή μεγάλης κλίσης που διαπερνούν όλη τη μάζα των ασβεστόλιθων.

Φαίνεται γενικά ότι οι καθαροί ασβεστόλιθοι είναι πιο επιδεκτικοί στην καρστικοποίηση από τις άλλες λιθολογίες (κλαστικοί, μαργαϊκοί, κ.λπ.), αλλά φαίνεται επίσης ότι στη συγκεκριμένη περιοχή μικρή σημασία έχει η διαφορά στην καρστικοποίηση μεταξύ των διαφορετικών σχηματισμών της ενότητας Μάνης – Κρήτης. Ο κυρίαρχος παράγοντας είναι η παρουσία των ρηγμάτων και των διακλάσεων, που είναι τόσο ανεπτυγμένο σε όλη τη μάζα της ανθρακικής ακολουθίας, ώστε η κατείσδυση μέσω αυτού να γίνεται μέχρι το μέγιστο δυνατό βάθος, δηλαδή τη στάθμη της θάλασσας. Επίσης, πρέπει να σημειωθεί ότι κατά πάσα πιθανότητα, μέχρι το βάθος αυτό, δεν αναπτύσσεται το φυλλιτικό υπόβαθρο της ενότητας με τη μορφή της λεπίωσης όπως γίνεται στον ανατολικό Ταΰγετο, ή αν υπάρχει, δεν υπάρχει

παντού, και σε κάθε περίπτωση δεν είναι σε θέση να εμποδίσει την κατείσδυση σε βάθος και να επιτρέψει την ανάπτυξη υδροφορίας σε μικρότερο βάθος από την επιφάνεια.

Εικ. 40 – Καρστικοποίηση σε επιφάνειες μικροηγμάτων και διακλάσεων (περιοχή Βοϊδόβρυση – Αγριάνοι) σε παχυστρωματώδεις κρυσταλλικούς ασβεστόλιθους (σειρά Παντοκράτορα).

Συν τοις άλλοις, οι σημαντικές ρηξιγενείς επιφάνειες που παρατηρήθηκαν στη μάζα των πλακωδών ασβεστόλιθων, είτε έχουν μεγάλη κλίση, είτε, αν έχουν μικρή κλίση, αυτή είναι γενικά προς τα ανατολικά. Φαίνεται λοιπόν ότι η υπόγεια κυκλοφορία του νερού μέσα στη μάζα της ανθρακικής ακολουθίας ακολουθεί μια πορεία γρήγορη προς το βάθος και προς το εσωτερικό της οροσειράς. Υπάρχει δηλαδή μια ακόρεστη ζώνη μεγάλου πάχους, ενώ δεν παρατηρείται ανάπτυξη επικάρστ, δηλαδή τοπικά κορεσμένης υποεπιφανειακής ζώνης.

Η τελευταία παρατήρηση συνδυάζεται ενδεχομένως και με το γεγονός ότι γενικά δεν παρατηρούνται στους πλακώδεις ασβεστόλιθους χαρακτηριστικές επιφανειακές καρστικές μορφές (τυφλές κοιλάδες, δολίνες, κ.λπ.). Αυτό το γεγονός πρέπει να είναι αποτέλεσμα δύο κυρίως παραγόντων:

- Οι πλακώδεις ασβεστόλιθοι εμφανίζουν κρυσταλλικότητα, ενστρώσεις πυριτικών λιθολογιών και μικτές λιθολογίες, που γενικά μειώνουν τη συνολική διαλυτότητα των σχηματισμών.
- Η ενότητα Μάνης – Κρήτης στην περιοχή έρευνας έχει σχετικά βραχυχρόνια έκθεση στην επιφάνεια, που πρέπει να ξεκινά για το εσωτερικό του Πάρνωνα κάπου μέσα στο Πλειόκαινο, ενώ στις δυτικές απολήξεις χρονολογείται περίπου στη βάση ή μέσα στο Τεταρτογενές, σύμφωνα με εκτιμήσεις για την ηλικία των γεωμορφών της περιοχής (Riedl, 1976).

Εικ. 41 – Κατακερματισμένα δολομιτικά μάρμαρα στην περιοχή βόρεια της Καλλιθέας.

Εικ. 42 – Η καρστικοποίηση αναπτύσσεται κατά προτίμηση στις επιφάνειες του ρηξισχισμού. Όταν πρόκειται για μεγάλη ζώνη διάτμησης, υπάρχει ενίσχυση του φαινομένου στις περατωτικές επιφάνειες των ατρακτοειδών σωμάτων (boudin) που δημιουργούνται κατά την παραμόρφωση των τεκτονικών λατυποπαγών.

2.1.2. Φυλλίτες – Χαλαζίτες

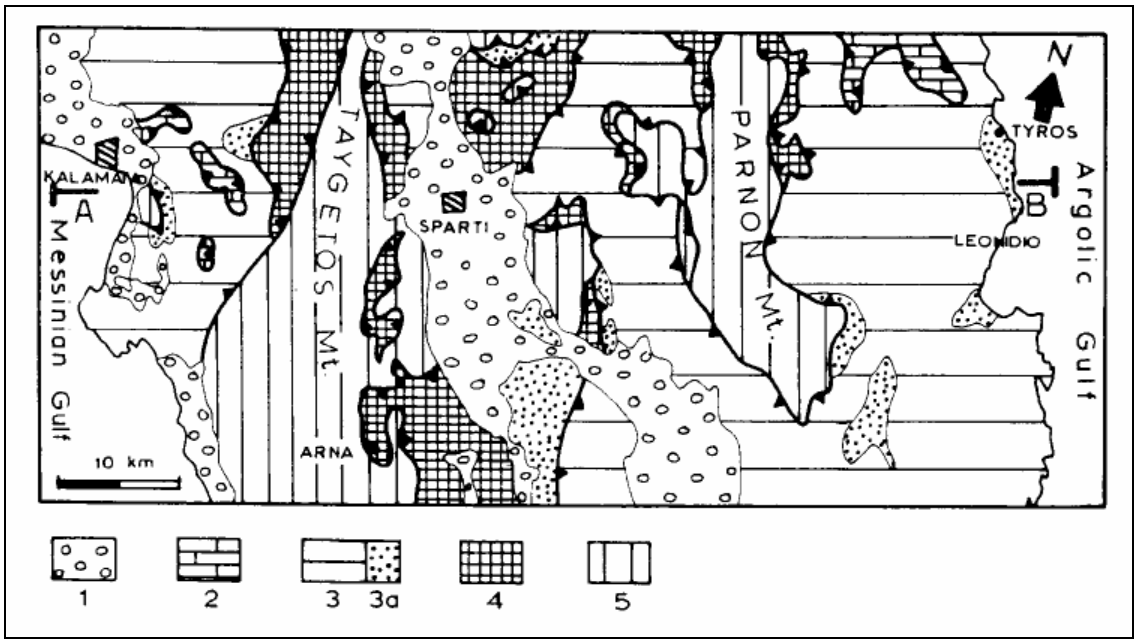
Πρόκειται για μια σειρά σχηματισμών που αποτελείται κυρίως από φυλλίτες και χαλαζίτες. Παλαιότερα η σειρά αυτή συμπεριλαμβανόταν μαζί με τη σειρά των πλακωδών ασβεστολίθων στη «Μεταμορφωμένη Μάζα Κεντρικής Πελοποννήσου – Κρήτης» (Renz, 1940). Η σειρά αυτή παρεμβάλλεται τεκτονικά μεταξύ της σειράς των Plattenkalk (υποκείμενο) και των σχηματισμών της ενότητας Τρίπολης (υπερκείμενο). Η σειρά αυτή εμφανίζεται σε πολλές περιοχές της Κρήτης, στα Κύθηρα και στην Πελοπόννησο (Ταΰγετος, Πάρνωνας, Φενεός, Χελμός, κ.λπ.). Περιλαμβάνει εκτός από τους φυλλίτες και τους χαλαζίτες, άλλα μεταμορφωμένα πετρώματα ποικίλου βαθμού μεταμόρφωσης όπως μεταβασάλτες, κρυσταλλικοί ασβεστόλιθοι, μεταψαμμίτες και μετακροκαλοπαγή, γύψοι, ραουβάκες κ.λπ.. Ένα μεγάλο τμήμα της σειράς έχει υποστεί μεταμόρφωση υψηλής πίεσης – χαμηλής θερμοκρασίας στο Κ. Μειόκαινο. Σε πολλές θέσεις της Νότιας Πελοποννήσου βρέθηκαν πανίδες του Περμοτριαδικού και του Λιθανθρακοφόρου.

Η σειρά διακρίθηκε από τα Στρώματα Τυρού από τον Κτενάς (1924, 1926) ως «Κύριο Κρυσταλλικό Σύστημα» και δόθηκε στα Στρώματα Τυρού περμοτριαδική – ανωπαλαιοζωική ηλικία. Ο Lekkas (1980) διέκρινε το σύστημα σε Κατώτερο (αντίστοιχο με το κύριο κρυσταλλικό σύστημα του Κτενά) ως ολιγοκαινικό μεταφλύσχη της μεταμορφωμένης Ιόνιας, και Ανώτερο σύστημα (Στρώματα Τυρού).

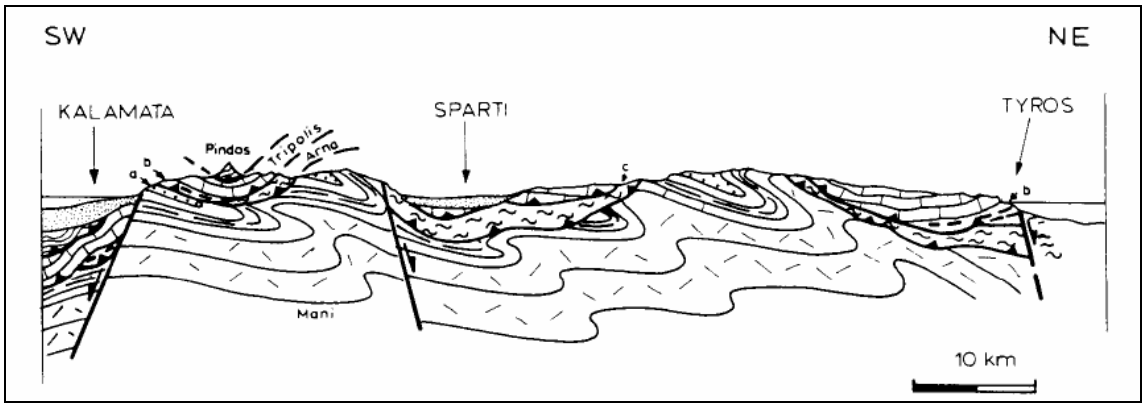
Ο Thiebault (1982) διέκρινε τρία συστήματα:

- Κατώτερο κάλυμμα (μεταφλύσχης Ιόνιας) (μοσχοβιτικοί σχιστόλιθοι, χαλαζίτες, μετακροκαλοπαγή, μεταβασάλτες).
- Ενδιάμεσο κάλυμμα (φυλλίτες και μάρμαρα), που αντιστοιχεί όμως στους φυλλίτες Καστανιάς και σήμερα θεωρείται υπόβαθρο των Plattenkalk.
- Ανώτερο κάλυμμα (Στρώματα Τυρού).

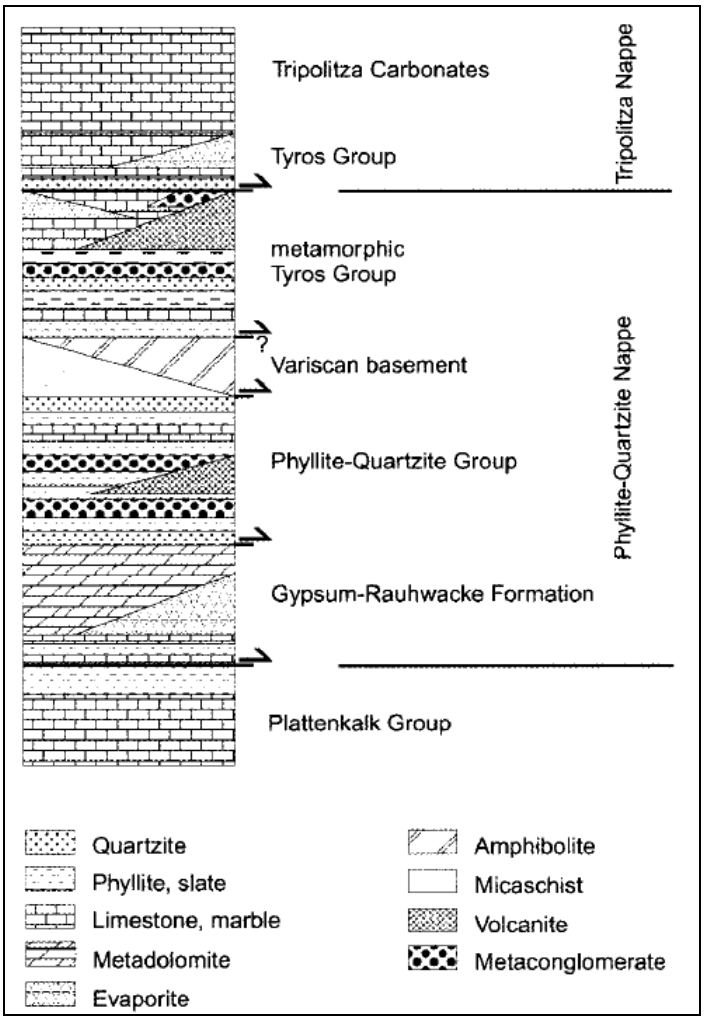
Ο Σκαρπέλης (1982) θεωρεί τους φυλλίτες – χαλαζίτες (ενότητα Άρνας) ενότητα επωθημένη στους πλακώδεις ασβεστόλιθους και τεκτονικά υποκείμενη των στρωμάτων Τυρού, ενώ ο Papanikolaou (1984) θεωρεί ότι πιθανόν προέρχεται από το χώρο των Κυκλάδων με τεκτονικές ολισθήσεις.



Εικ. 43 – Απλοποιημένος γεωλογικός χάρτης τμήματος της Νότιας Πελοποννήσου (Μεταλπικά ιζήματα, 2. Κάλυμμα Πίνδου, 3. Κάλυμμα Τρίπολης, 3ª. Στρώματα Τυρού (βάση Τρίπολης), 4. Κάλυμμα Άρνας, 5. Αυτόχθονο Μάνης (κυρίως από το χάρτη 1:500000 του ΙΓΜΕ, 1983). Από Papanikolaou & Skarpelis, 1984.



Εικ. 44 – Γεωλογική τομή Καλαμάτα – Τυρός. a. Πολύ χαμηλού βαθμού μεταμόρφωσης ολιγοκαινικός φλύσχης της ενότητας Μάνης, b. Πολύ χαμηλού βαθμού μεταμόρφωσης περμοτριαδικά στρώματα Τυρού, c. Μεταμορφωμένα (HP/LT) πετρώματα του καλύμματος της Άρνας (Papanikolaou & Skarpelis, 1984).



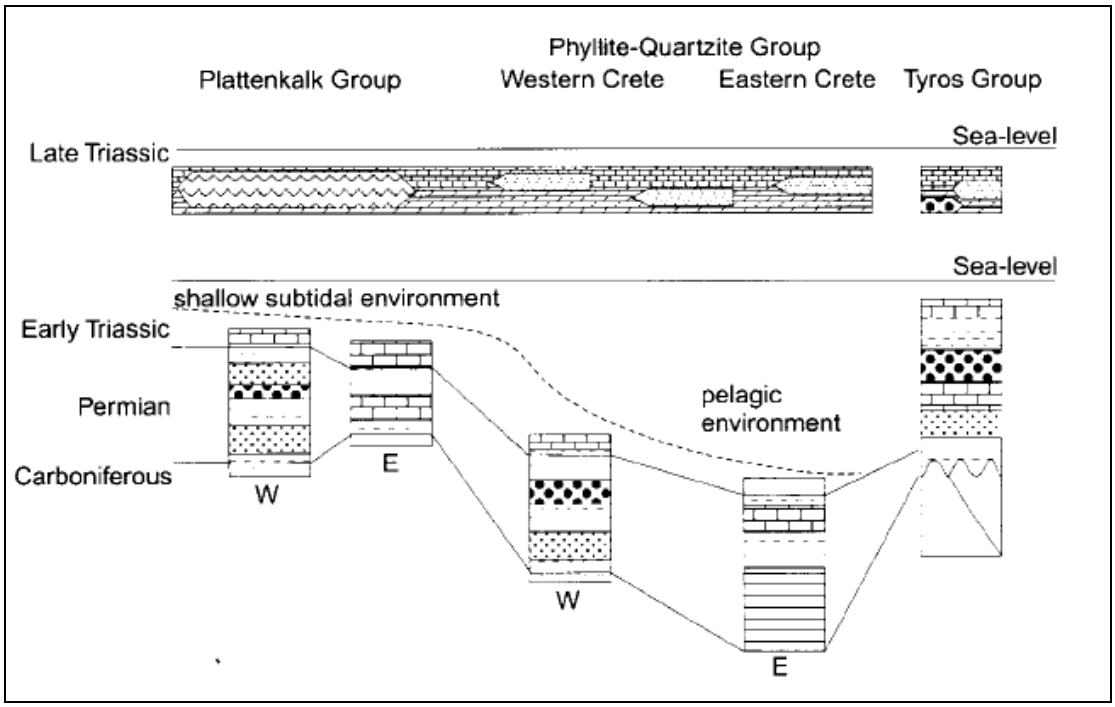
Εικ. 45 – Σχηματική ακολουθία της σειράς Plattenkalk, του καλύμματος των Φυλλιτών και της Τρίπολης με τις κύριες λιθολογίες. Τα βέλη δείχνουν τους κύριους ορίζοντες αποκόλλησης που ξεχωρίζουν τις ενότητες και υποενότητες. Το μεταμορφωμένο τμήμα του Τυρού ανήκει στο κάλυμμα Φυλλιτών – Χαλαζιτών, ενώ το μη μεταμορφωμένο αποδίδεται στο κάλυμμα της Τρίπολης. (Dornsiepen et al, 2001).

Οι Dornsiepen et al (2001) έδωσαν μια λεπτομερή διάρθρωση του συνόλου του συστήματος φυλλιτών – χαλαζιτών, έκαναν τη διάκριση σε επιμέρους ενότητες και πρότειναν μια πιθανή παλαιογεωγραφική ερμηνεία για τη θέση και εξέλιξη της σειράς. Διαχώρισαν το κάλυμμα των φυλλιτών σε τέσσερις υποενότητες με τεκτονικές επαφές μεταξύ τους:

- Μεταμορφωμένη ομάδα Τυρού
- Βαρίσκιο υπόβαθρο
- Ομάδα φυλλιτών – χαλαζιτών
- Σχηματισμών γύψων – ραουβακών

Οι ίδιοι ερευνητές καταλήγουν ότι οι περμοτριαδικές ακολουθίες των πλακωδών ασβεστολίθων και της ομάδας φυλλιτών – χαλαζιτών διαχωρίζονται σε δυο διαφορετικά περιβάλλοντα απόθεσης:

- Μια ανατολική περιοχή (κεντρική και ανατολική Κρήτη), που κυριαρχείται από ανθρακικές φάσεις.
- Μια δυτική περιοχή (δυτική Κρήτη – Πελοπόννησος) που **κυριαρχείται από πυριτικές κλαστικές φάσεις** (σήμερα μεταγραουβάκες, μεταψαμμίτες, μεταπηλίτες τουρβιδιτικής προέλευσης και δευτερευόντως μεταβασάλτες, ιλυολιθικά κροκαλοπαγή και λεπτοπλακώδεις ασβεστόλιθοι, με σπάνιους άστρωτους κρυσταλλικούς ασβεστόλιθους).



Εικ. 46 – Παλαιοβαθυμετρικό σχήμα των περιοχών απόθεσης. Κατά το Πέρμιο – Άνω Τριαδικό τεκμηριώνεται μια τομή κρηπίδας – λεκάνης με μια ανάμιξη των φάσεων στο βόρειο περιθώριο της Γκοντβάνα. Η ομάδα Τυρού δείχνει ρηχό θαλάσσιο περιβάλλον απόθεσης πάνω σε βαρίσκιο υπόβαθρο. Κατά το Α. Τριαδικό εμφανίζεται ένα ομοιόμορφο ρηχό περιβάλλον.(Dornsiepen et al, 2001).

Στο φύλλο «Σπάρτη» του Γεωλογικού Χάρτη της Ελλάδας 1:50000 (ΙΓΜΕ, 1982), η σειρά φυλλιτών χαλαζιτών διαχωρίζεται τόσο από τον τεκτονικά υποκείμενο μεταφλύσχη και το κλαστικό υπόβαθρο των πλακωδών ασβεστολίθων, όσο και από τις ιζηματογενείς, και ηφαιστειοϊζηματογενείς και ηφαιστειακές λιθολογίες των στρωμάτων Τυρού. Αναφέρονται τρεις ομάδες σχηματισμών:

- **Σχιστόλιθοι** (μαρμαρυγιακοί – χλωριτικοί σχιστόλιθοι, χλωριτοειδικοί – χλωριτικοί – μαρμαρυγιακοί σχιστόλιθοι, μαρμαρυγιακοί σχιστόλιθοι με αλβίτη, καρφολιτικοί σχιστόλιθοι με χλωριτοειδές και μαρμαρυγιακοί – πυροφυλλιτικοί σχιστόλιθοι).
- **Μετακροκαλοπαγή, χαλαζίτες, μεταβασάλτες**.
- **Σερπεντινίτες**.

Το εκτιμώμενο πάχος για τη σειρά φυλλιτών - χαλαζιτών αναφέρεται ως 1000 μέτρα στο φύλλο Σπάρτη.

Παρά την ιδιαίτερα εκτεταμένη εξάπλωση της σειράς φυλλιτών – χαλαζιτών στην οροσειρά του Πάρνωνα, ειδικά στο βορειοδυτικό τμήμα της, η περιοχή έρευνας (Δήμος Θεραπνών) χαρακτηρίζεται από μάλλον περιορισμένες εμφανίσεις, συνήθως μικρού πάχους, με τη γενική τάση η σειρά να αποσφηνώνεται μεταξύ των δύο ανθρακικών σειρών (Τρίπολης και Κρήτης – Μάνης). Το ίδιο συμβαίνει με το σύνολο των μη ανθρακικών λιθολογιών που βρίσκονται μεταξύ των δύο ανθρωκικών σειρών, δηλαδή τόσο με το μεταφλύσχη της ενότητας Κρήτης – Μάνης, όσο και με τα Στρώματα Τυρού. Σημειώνεται ότι δεν έγινε χαρτογράφηση αυτής της διάκρισης, εντοπίστηκαν όμως θέσεις που, τουλάχιστον μακροσκοπικά, ταυτοποιήθηκαν λιθολογίες τόσο των στρωμάτων Τυρού, όσο και της ομάδας φυλλιτών – χαλαζιτών. Δεν ήταν δυνατός ο εντοπισμός του μεταφλύσχη, αλλά ούτε έγινε έρευνα προς αυτή την κατεύθυνση.

Ο λόγος για την μειωμένη διερεύνηση της διάκρισης μεταξύ των διαφόρων ενοτήτων που συνθέτουν το σύμπλεγμα μεταξύ των ανθρακικών σειρών στην περιοχή, είναι ότι η βοήθεια που θα συνεισέφερε στην επίλυση των προβλημάτων της υπόγειας κυκλοφορίας του νερού στην περιοχή εκτιμήθηκε ότι θα ήταν δυσανάλογα μικρή ως προς τη δαπάνη χρόνου και πόρων που θα απαιτούσε, οπότε τέθηκε σε δεύτερη μοίρα σε σχέση με άλλες κατευθύνσεις. Αυτό που αποτελεί καθοριστικό στοιχείο είναι εάν παρεμβάλλεται ή όχι ικανού πάχους ανάπτυξη οποιασδήποτε από τις ομάδες πετρωμάτων των φυλλιτών – χαλαζιτών μεταξύ των ανθρακικών σειρών, και σε ποιες περιοχές. Στην ουσία δηλαδή, επειδή υπάρχουν δύο καρστικά συστήματα με τεκτονική σχέση υπερκειμένου - υποκειμένου (Τρίπολη και Μάνη), η παρουσία της ανάπτυξης μιας (τεκτονικά) ενδιάμεσης μη ανθρακικής σειράς ρυθμίζει σε μεγάλο βαθμό την υπόγεια υδραυλική επικοινωνία τους, τις διαρροές από το τεκτονικά υπερκείμενο στο υποκείμενο (ή και αντίστροφα) και την εκδήλωση πηγαίων εκφορτίσεων επαφής ή/και υπερπλήρωσης από την ενότητα Τρίπολης.

Ανεξάρτητα από το εάν διάφορες λιθολογίες στη σειρά των φυλλιτών – χαλαζιτών, στα Στρώματα Τυρού ή στο μεταφλύσχη της Μάνης έχουν τη δυνατότητα ανάπτυξης υδροφοριών μικρής δυναμικότητας, κυρίως λόγω δευτερογενούς πορώδους (ως hard rock aquifers), η διαφορά μεταξύ αυτών και των δυο καρστικών συστημάτων είναι τέτοια που επιτρέπει σε πρώτη φάση να αντιμετωπίζουμε το σύνολο της σειράς ως αδιαπέρατο κάλυμμα, του οποίου η παρουσία μεταξύ Τρίπολης και Μάνης, σημαίνει μάλλον υδραυλική απομόνωση. Αυτή η αντιμετώπιση που προφανώς μπορεί να μην αντέχει σε κριτική σε μια λεπτομερή κλίμακα, εξυπηρετεί πολύ την εκπόνηση ενός διαχειριστικού σχεδίου, διότι δίνει τις πρώτες απαντήσεις για τη γενική κυκλοφορία του νερού στην περιοχή, ακόμα και αν σε πολλά σημεία δεν είναι σωστή, ή απλά χρειάζεται καλύτερη ερμηνεία της τεκτονικής δομής.

Εξάλλου, όπως διαπιστώθηκε από την εργασία υπαίθρου, αλλά και από τις βιβλιογραφικές αναφορές, οι λιθολογίες της σειράς φυλλιτών – χαλαζιτών που επικρατούν στη νότια Πελοπόννησο και ειδικά στην περιοχή έρευνας, είναι περισσότερο κλαστικού παρά ανθρακικού χαρακτήρα, οπότε δικαιολογείται αυτή η αντιμετώπιση από πλευράς υδρολιθολογικής συμπεριφοράς.

Εικ. 47 – Πολυπτυχωμένοι σχιστόλιθοι της σειράς φυλλιτών – χαλαζιτών στην περιοχή βορειοανατολικά του Πολύδροσου. Ο Σκούρτσος (2002) αναφέρει για την περιοχή παρόμοιες λιθολογίες ως σχιστόλιθους με χλωριτοειδές.

Εικ. 48 – Μαρμαρυγιακοί σχιστόλιθοι στην περιοχή βορειοδυτικά της Χρύσαφας.

Εικ. 49 – Πολυπτυχωμένοι φυλλίτες με δυσαρμονικές πτυχές και φακούς ή ενστρώσεις χαλαζιτών (Χρύσαφα).

Εικ. 50 – Σχιστόλιθοι (μεταψαμμίτες – μεταπηλίτες - χαλαζίτες) στην περιοχή δυτικά της Χρύσαφας.

Εικ. 51 – Κοντινή φωτογραφία της στην προηγούμενη θέση, όπου φαίνονται οξύληκτες κατακεκλιμένες ημιανεστραμμένες πτυχές στη μάζα των σχιστόλιθων, όπως δείχνουν οι χαρακτηριστικές χαλαζιτικές ενστρώσεις.

Εικ. 52 – Μετακροκαλοπαγή της σειράς φυλλιτών – χαλαζιτών (Κακόσκαλος).

2.1.3. Ενότητα Τρίπολης (ζώνη Γαβρόβου - Τρίπολης)

Η ζώνη Γαβρόβου – Τρίπολης εμφανίζεται σε μεγάλο τμήμα της δυτικής Ελλάδας, στην Κρήτη και στα Δωδεκάνησα, προεκτείνεται δε και προς τα βορειοδυτικά όσο και προς τα ανατολικά του ελληνικού χώρου. Ονομάστηκε από τον Dercourt (1964) για να συμπεριλάβει την «υποζώνη Τρίπολης» (Renz, 1940) στην Πελοπόννησο και τη «ζώνη Γαβρόβου» (Aubouin, 1959) στην ηπειρωτική Ελλάδα. Ο όρος χαρακτηρίζει παλαιογεωγραφικά μια εκτεταμένη πλατφόρμα (ρηχή υποθαλάσσια τράπεζα) ανθρακικής, κυρίως υποπαλιρροιακής και ενδουποπαλιρροιακής υφαλώδους ιζηματογένεσης, με

εξαιρετικά μακρά διάρκεια λειτουργίας (Μ. – Α. Τριαδικό ως Ηώκαινο). Ως αποτέλεσμα αποτέθηκε μια συνεχής σειρά νηριτικών ασβεστόλιθων και δολομιτών, με σχετικά λίγες χωρικές διαφοροποιήσεις, σε κάποιες τοπικής κυρίως σημασίας τεκτονικές τάφρους, όπου κατά περίπτωση παρατηρείται και αλλαγή φάσης σε πελαγική.

Στην ηπειρωτική Ελλάδα και στη δυτική Πελοπόννησο οι σχηματισμοί της ζώνης αυτής εμφανίζονται δυτικά από το μέτωπο του καλύμματος της Πίνδου, ενώ στην υπόλοιπη Ελλάδα υπάρχουν πολλές περιοχές όπου απαντώνται ως τεκτονικό παράθυρο, κυρίως κάτω από την Πίνδο, και σε κάθε περίπτωση τεκτονικά υποκείμενοι άλλων καλυμμάτων.

Σημειώνονται δύο ασυμφωνίες μέσα στην ανθρακική ακολουθία. Η πρώτη εντοπίζεται στο Μ. Ηώκαινο και η δεύτερη στη βάση του φλύσχη. Ειδικά η τελευταία σηματοδοτεί **προφλυσχικό ρηγματογόνο τεκτονισμό και πρώιμη καρστικοποίηση των πετρωμάτων της ζώνης**.

Στην κεντρική και ανατολική Πελοπόννησο και στην Κρήτη εμφανίζεται ολόκληρη η ανθρακική σειρά μαζί με το υπόβαθρό της, το οποίο αποτελείται από ένα σύνολο σχηματισμών από ηφαιστειακά πετρώματα, συνοδά ιζήματα και κρυσταλλικά πετρώματα κλαστικής ή χημικής προέλευσης. Τα στρώματα αυτά που υπόκεινται της ανθρακικής σειράς ονομάστηκαν Στρώματα Τυρού από τον Κτενά (1924, 1926) και τους απέδωσε ένα συνολικό πάχος 120 μέτρων. Αποτελούνται από αργιλικούς σχιστόλιθους, τοφίτες και πορφυρίτες, και από ενστρώσεις ασβεστόλιθων και δολομιτών. Το υπόβαθρο αυτό έχει μελετηθεί στην Πελοπόννησο και στην Κρήτη και έχει χρονολογηθεί στην περίοδο Λιθανθρακοφόρο – Πέρμιο και Κ. – Μ. Τριαδικό. Η επαφή των στρωμάτων Τυρού με την υπερκείμενη ανθρακική σειρά είναι συνήθως τεκτονισμένη, όμως έχουν βρεθεί και στρωματογραφικές μεταβάσεις είτε σύμφωνες είτε ασύμφωνες.

Στην κεντρική και ανατολική Πελοπόννησο και στην Κρήτη η ανθρακική σειρά διαρθρώνεται στρωματογραφικά ως εξής (από κάτω προς τα πάνω):

- Δολομίτες, δολομιτικοί νηριτικοί ασβεστόλιθοι και ασβεστόλιθοι (Μ. – Α. Τριαδικό, με Megalodon και άλλα χαρακτηριστικά απολιθώματα).
- Νηριτικοί ασβεστόλιθοι με παρεμβολές δολομιτικών ασβεστολίθων (Ιουρασικό).
- Νηριτικοί ασβεστόλιθοι και λατυποπαγείς ασβεστόλιθοι (Κρητιδικό).
- Νηριτικοί ασβεστόλιθοι (Παλαιόκαινο – Α. Ηώκαινο).
- Φλύσχης (Α. Ηώκαινο – Ολιγόκαινο).

Στο φύλλο«Σπάρτη» του Γεωλογικού Χάρτη της Ελλάδας 1:50000 (ΙΓΜΕ, 1982), αναφέρεται για τη «ζώνη Τριπόλεως» η ακόλουθη στρωματογραφική διάρθρωση:

- **Φλύσχης αδιαίρετος** (Α. Ηώκαινο – Ολιγόκαινο). Εναλλαγές τεφρών μαργών, ψαμμιτών, με ενστρώσεις ή φακούς ασβεστόλιθων και κροκαλοπαγών σε τεκτονική ως επί το πλείστον επαφή με τους υποκείμενους ασβεστόλιθους. Πάχος περίπου 450 μέτρα.
- **Ασβεστόλιθοι** (Παλαιόκαινο – βάση Α. Ηωκαίνου). Τεφροί, βιτουμενιούχοι, μερικές φορές δολομιτιωμένοι. Μεταβαίουν προς το φλύσχη με εναλλαγές ασβεστόλιθων και αργιλοψαμμιτών, των οποίων το πάχος αυξάνεται προς τα πάνω. Πάχος 80-120 μέτρα.
- **Ασβεστόλιθοι και δολομιτικοί ασβεστόλιθοι** (Κρητιδικό). Τεφροί, λίγο βιτουμενιούχοι, μεσοστρωματώδεις έως παχυστρωματώδεις με φλέβες ασβεστίτη. Στους κατώτερους ορίζοντες επικρατούν ενστρώσεις λατυποπαγών ασβεστολίθων. Πάχος περίπου 250 μέτρα.
- **Ασβεστόλιθοι** (Ιουρασικό). Ανοιχτότεφροι, ροδόχρωμοι, μεσοστρωματώδεις ως παχυστρωματώδεις, δολομιτικοί κρυσταλλικοί ασβεστόλιθοι ως μάρμαρα. Στα ανώτερα μέλη παρατηρούνται κατά θέσεις ενστρώσεις λατυποπαγών ασβεστολίθων με λατύπες που προέρχονται από τον ίδιο σχηματισμό (ενδοκλάστες) με φλέβες ασβεστίτη. Πάχος περίπου 250 μέτρα.
- **Δολομιτικοί ασβεστόλιθοι και δολομίτες** (Μ. - Α. Τριαδικό). Γκρι σκούρα και κατά θέσεις μαύρα, βιτουμενιούχα, συνήθως κρυσταλλικά, παχυστρωματώδη και ισχυρά τεκτονισμένα

ανθρακικά πετρώματα. Στα ανώτερα μέλη επικρατούν οι δολομιτικοί ασβεστόλιθοι και στα κατώτερα οι δολομίτες. Στη βάση της σειράς παρατηρούνται κατά θέσεις εναλλαγές των δολομιτών με αργιλικές λεπτοστρώσεις. Χαρακτηριστική είναι η παρουσία στρωματολίθων, ογκοειδών και παλαιοκαρστ. Πρόκειται για πετρώματα νηριτικής παλιρροιακής απόθεσης. Η επαφή με τα υποκείμενα Στρώματα Τυρού είναι τεκτονική. Πάχος περίπου 450 μέτρα.

- **Στρώματα Τυρού** (Πέρμιο – Κ. Τριαδικό). Α. Ηφαιστειοϊζηματογενής σειρά αποτελούμενη από τόφφους, τοφφίτες και κλαστικά ιζήματα. Β. Ασβεστόλιθοι και σχιστόλιθοι σε εναλλαγές. Λευκότεφροι, μικριτικοί, λεπτοστρωματώδεις, βιτουμενιούχοι ασβεστόλιθοι σε εναλλαγές με αργιλικούς σχιστόλιθους. Πάχος 50-80 μέτρα.

Σύμφωνα με τα στοιχεία αυτά, το συνολικό πάχος της ανθρακικής σειράς είναι πάνω από 1000 μέτρα, ενώ το πάχος του συνόλου των σχηματισμών της Τρίπολης υπερβαίνει τα 1600 μέτρα.

Ο Καροτσιέρης (1981), έχοντας αναγνωρίσει σχεδόν όλους τους χρονοστρωματογραφικούς ορίζοντες της «υποζώνης Τριπόλεως» στην περιοχή της Βυτίνας (κεντρική Πελοπόννησος), αναφέρει για την περιοχή εκείνη ένα συνολικό πάχος για την ανθρακική σειρά της τάξεως των 1500 μέτρων περίπου. (Α. Ιουρασικό 200μ., 900-1000μ. το Κρητιδικό και 400μ. το Παλαιόκαινο-Ηώκαινο), ενώ για το φλύσχη εκτιμά ένα μέγιστο πάχος μεταξύ 300 και 400 μέτρων.

Ο Lekkas (1977, 1978) μελετώντας την περιοχή νοτιοανατολικά του οροπεδίου της Τρίπολης, αναγνώρισε ανωιουρασικούς, ανωκρητιδικούς και ηωκαινικούς ασβεστόλιθους της «σειράς Τριπόλεως». Οι ηωκαινικοί ασβεστόλιθοι μεταβαίνουν με μικρού πάχους μεταβατικά στρώματα στο φλύσχη, ο οποίος έχει πάχος ως 200 μέτρα. Σημειώνεται ότι η σχέση της ανθρακικής σειράς με το φλύσχη εμφανίζει ιδιαιτερότητες:

- Τις περισσότερες φορές η επαφή του φλύσχη με τους ασβεστόλιθους γίνεται με κανονικά ρήγματα
- Οι ανώτεροι ορίζοντες του φλύσχη (σχηματισμός Παλαιοχώρας) επικάθονται ασύμφωνα ή τεκτονικά (με εφίππευση) πάνω σε ιουρασικούς ή κρητιδικούς ασβεστόλιθους.

Οι Richter & Mariolakos (1973, 1979) συμφωνούν με αυτή την παρατήρηση και σημειώνουν ότι **η απόθεση του φλύσχη έχει γίνει πολλές φορές σε μια ήδη καρστικοποιημένη επιφάνεια των ασβεστόλιθων**. Παρά τις αντιρρήσεις των Dercourt & Fleury (1977) η άποψη αυτή επιβεβαιώθηκε και από άλλους ερευνητές και σήμερα είναι γενικά αποδεκτή.

Επίσης ο Lekkas (1977) σημειώνει ότι το πάχος των διαφόρων στρωματογραφικών οριζόντων της σειράς Τριπόλεως ποικίλει, γεγονός που οφειλεται «το πιθανότερον εις την εφαπτομενικήν τεκτονικήν…». Στην παρατήρηση αυτή του κυμαινόμενου πάχους πρέπει να προστεθούν και οι αναφορές από μεταγενέστερες εργασίες. Οι Λέκκας κ.ά. (1991) στη νοτιοανατολική Πελοπόννησο η ενότητα της Τρίπολης εμφανίζεται λεπιωμένη σε όλους τους στρωματογραφικούς της ορίζοντες με εφιππευόμενο τέμαχος άλλοτε τα στρώματα Τυρού και άλλοτε κάποιο τμήμα της ανθρακικής ακολουθίας. Η λεπίωση αποδίδεται στο «συνδυασμό της υποεπώθησης της Ιονίου και της επώθησης της Πίνδου», τα δε λέπη παρουσιάζονται με τη μορφή αποκολλημένων τεμαχών. Φαινόμενα λεπίωσης αναφέρονται τόσο για τους ανώτερους ορίζοντες της Τρίπολης (Dercourt et al 1973, Λέκκας 1978, Lekkas 1978, Καροτσιέρης 1981, Γεωργουλής 1984, Bassias 1984) όσο και για τους κατώτερους (Lekkas – Papanikolaou, 1978). Εξάλλου, οι Σκούρτσος κ.ά. (2001) σημειώνουν για την περιοχή του τεκτονικού παραθύρου της Βλαχοκερασιάς (που αναφέρεται ως μεταμορφικός πυρήνας από τους συγγραφείς) ότι οι τεκτονικές επαφές μεταξύ των μεταμορφωμένων και των υπερκείμενων αμεταμόρφωτων ενοτήτων έχουν λειτουργήσει με τέτοιο τρόπο ώστε τα υπερκείμενα πετρώματα να οδηγηθούν στη μορφή ενός μεγάλης κλίμακας boudinage. Στην κατάσταση αυτή, αναφέρεται ότι είναι δύσκολο να εκτιμηθεί το πάχος της νηριτικής ανθρακικής σειράς της ενότητας Τρίπολης, (ηλικίας Α. Ιουρασικό – Α. Ηώκαινο για τη συγκεκριμένη περιοχή), επειδή πουθενά δεν εμφανίζεται συνεχής στρωματογραφική τομή.

Εικ. 53 – Μικρού πάχους (εκτιμώμενο μέγιστο 10-15 μέτρα) κάλυμμα των ασβεστόλιθων της Τρίπολης σε τεκτονική επαφή (εφίππευση – ολίσθηση) με τα Στρώματα Τυρού (ηφαιστειοϊζηματογενείς φάσεις) στην περιοχή ανατολικά των Αγίων Αναργύρων, στο δρόμο προς Καλλιθέα (περιοχή Στεφανάκι).

Εικ. 54 – Χαρακτηριστική εμφάνιση της τεκτονισμένης και διαβρωμένης επαφής ασβεστόλιθων Τρίπολης και στρωμάτων Τυρού στην περιοχή Ράχη Σκάλα, ανατολικά της Χρύσαφας. Και στη θέση αυτή το πάχος των ασβεστόλιθων είναι πολύ μικρό (2 ως 5 μέτρα).

Εικ. 55 - Η ισχυρή τεκτονική παραμόρφωση των ασβεστόλιθων της Τρίπολης και η μακροχρόνια έκθεσή τους σε διάφορες χρονικές φάσης της εξέλιξής τους στους παράγοντες διάβρωσης, έχει ως αποτέλεσμα την καρστικοποίηση του συνόλου της μάζας τους και τη διεύρυνση των τεκτονικών ασυνεχειών, στην οποία συντελεί και η χαλάρωση της βραχομάζας, εκεί που οι συνθήκες το ευνοούν (περιοχή Ράχη Σκάλα, ανατολικά της Χρύσαφας).

Εικ. 56 – Εναλλαγές πηλιτών και λεπτοπλακωδών ασβεστολίθων των στρωμάτων Τυρού στην περιοχή της Καλλιθέας.

Εικ. 57 - Εναλλαγές πηλιτών και λεπτοπλακωδών ασβεστολίθων των στρωμάτων Τυρού στην περιοχή της Καλλιθέας. Στο άνω δεξιά τμήμα της φωτογραφίας διακρίνεται η επαφή με υπολειμματική εμφάνιση των νηριτικών ασβεστόλιθων της Τρίπολης (δασωμένο τμήμα), ενώ διακρίνεται και μια ζώνη διάτμησης μέσα στους υποκείμενους σχηματισμούς.

Εικ. 58 – Η επαφή των ασβεστόλιθων με τα στρώματα Τυρού στο Σωρρόνι (απέναντι από τη Μονή Αγ. Τεσσαράκοντα).

Εικ. 59 – Στρωματώδεις νηριτικοί ασβεστόλιθοι Τρίπολης βόρεια της Χρύσαφας.

Εικ. 60 – Η ανθρακική ακολουθία της ενότητας Τρίπολης στην περιοχή με το πιθανά μεγαλύτερο πάχος για το δυτικό Πάρνωνα (πάνω από 200 μέτρα), στο ρέμα Σωφρόνι.

Εικ. 61 – Στρωματώδεις ασβεστόλιθοι της Τρίπολης (ρέμα Σωρρόνι).

Εικ. 62 – Η καρστικοποίηση στους σχηματισμούς της Τρίπολης έχει προχωρήσει σε όλη τη μάζα της ανθρακικής σειράς, ακολουθώντας κυρίως τεκτονικές ή στρωματογραφικές ασυνέχειες (Σωρρόνι). Στη φωτογραφία εντοπίζονται σαφείς τεκτονικές επιφάνειες μικρής κλίσης (πιθανώς λεπιώσεις) κατά μήκος των οποίων έχει αναπτυχθεί σε μεγάλο βαθμό η καρστικοποίηση με δημιουργία σπηλαιωδών δομών.

Εικ. 63 – Φωτογραφία των βορείων πρανών στο Σωρρόνι. Διακρίνεται καθαρά ο ρόλος των ρηγμάτων μεγάλης ή μικρής κλίσης στην ανάπτυξη της καρστικοποίησης. Ως αποτέλεσμα έχουμε τη μετατροπή της ανθρακικής σειράς σε ένα σχεδόν ολοκαρστικό πεδίο.

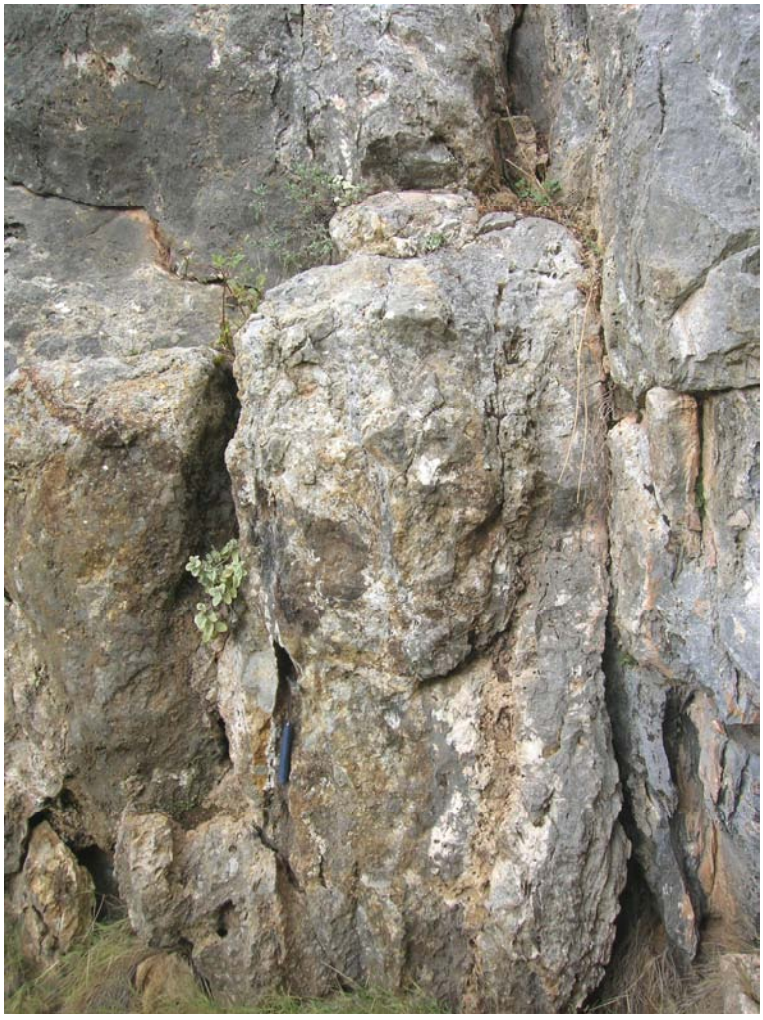
Εικ. 64 – Κανονικό ρήγμα μεγάλης κλίσης στην κοίτη του χειμάρου Σωρρόνι, σε ασβεστόλιθους της Τρίπολης. Ο πυκνός τεκτονικός ιστός των ασβεστόλιθων ευνοεί την κατείσδυση κατά μήκος της ροής.

Εικ. 65 – Δευτερογενής ανάπτυξη μεταλλικών οξειδίων στη μάζα των ασβεστόλιθων με τη βοήθεια του τεκτονικού ιστού και της καρστικοποίησης.

Εικ. 66 – Επαφή του φλύσχη με τους ασβεστόλιθους της Τρίπολης με κανονικό ρήγμα (Καλλονή).

Εικ. 67 – Εμφάνιση του φλύσχη της Τρίπολης στην περιοχή της Καλλονής.

Εικ. 68 – Καρστικοποίηση με επάλληλους μανδύες ασβεστίτη και απόθεση ερυθρογής μέσα σε παλιές χαίνουσες τεκτονικές ασυνέχειες (περιοχή Μπάρλα Λακκούλια, μεταξύ Καλλονής και Αγριάνων).



Εικ. 69 – Χαίνουσες ασυνέχειες σε ρηξιγενή ζώνη με τεκτονικό λατυποπαγές πάχους αρκετών μέτρων με απόθεση ασβεστίτη και οξειδίων (περιοχή Άγ. Δημήτριος, νοτιοδυτικά των Αγριάνων).

Εικ. 70 – Χαρακτηριστικές καρστικοποιημένες επιφάνειες των ασβεστόλιθων της Τρίπολης στην περιοχή έρευνας (νοτιοανατολικά των Αγίων Αναργύρων).

Εικ. 71 – Καταβόθρα στην περιοχή νότια του Βασσαρά καλυμμένη από ερυθρογή που προέρχεται από την αποσάθρωση των ασβεστόλιθων της Τρίπολης.

Εικ. 72 – Μικρή δολίνη στους ασβεστόλιθους της Τρίπολης στην περιοχή Πανιά, βορειοδυτικά της Χρύσαφας.

Εικ. 73 – Σε πολλές περιοχές οι ασβεστόλιθοι της Τρίπολης έρχονται απευθείας σε επαφή με τους πλακώδεις ασβεστόλιθους, και η επαφή είναι αφενός καρστικοποιημένη, αφετέρου πρόκειται για καμπύλη επιφάνεια, συχνά με μεγάλες κλίσεις. Στη φωτογραφία η επαφή στην περιοχή μεταξύ Χρύσαφας και Καλλονής.

Τόσο από τη βιβλιογραφική έρευνα όσο και από τις παρατηρήσεις από την εργασία στο ύπαιθρο, προκύπτουν για την ανθρακική σειρά της Τρίπολης στην περιοχή έρευνας, τα ακόλουθα:

- Το συνολικό κατακόρυφο πάχος των ασβεστόλιθων είναι κυμαινόμενο και σε γενικές γραμμές μικρό σε σχέση με τις αρχικές πραγματικές στρωματογραφικές του διαστάσεις, και σε καμιά περίπτωση δεν προσεγγίζει την τάξη μεγέθους των αρκετών εκατοντάδων μέτρων, όπως συμβαίνει σε άλλες περιοχές, π.χ. της Κεντρικής Πελοποννήσου.
- Η συνηθέστερη περίπτωση είναι ένα κάλυμμα λίγων μέτρων, ή το πολύ λίγων δεκάδων μέτρων πάνω από τους υποκείμενους σχηματισμούς των στρωμάτων Τυρού ή της μεταμορφωμένης ενότητας φυλλιτών – χαλαζιτών.
- Το σύνολο της μάζας των ανθρακικών σχηματισμών είναι καρστικοποιημένο σε μεγάλο βαθμό, γεγονός που οφείλεται αφενός στον πυκνό τεκτονικό ιστό και αφετέρου στην αθροιστική επίδραση των περιόδων έκθεσης της σειράς στους εξωγενείς παράγοντες (και πριν την απόθεση του φλύσχη, αλλά και μετά την τοποθέτηση των καλυμμάτων, μέχρι σήμερα).
- Η πυκνότητα και το μέγεθος των ασυνεχειών και των καρστικών αγωγών μέσα στους ασβεστόλιθους της Τρίπολης είναι τέτοια που επιτρέπουν την ταχεία κατείσδυση του νερού μέχρι το υπόβαθρό τους, και είναι δυνατό να προκαλεί ακόμα και μηχανική διάβρωση μέσα στο πέτρωμα. Αυτό σημαίνει ότι όπου υπάρχει αδιαπέρατο υπόβαθρο κάτω από τους ασβεστόλιθους, το υπόγειο νερό θα ακολουθήσει τη μορφολογία της επαφής ασβεστόλιθου/υποβάθρου, αλλιώς θα υπάρχουν διαρροές προς την ανθρακική μάζα της ενότητας Κρήτης – Μάνης. Η παρατήρηση αυτή επιβεβαιώνεται από την εκδήλωση ή μη πηγαίων εκφορτίσεων του καλύμματος της Τρίπολης σε διάφορα σημεία των εκτεταμένων εμφανίσεων της ενότητας στην ευρύτερη και στη στενή περιοχή έρευνας, που θα εξεταστεί σε επόμενο κεφάλαιο.

2.1.4. Ζώνη Ωλονού – Πίνδου (Αρκαδικό κάλυμμα)

Η ζώνη Ωλονού - Πίνδου διακρίθηκε από τον Phulippson (1898) που τη διαχώρισε σε τρεις υποζώνες (του Ανατολικού φλύσχη, των Ασβεστολίθων και του Δυτικού φλύσχη) καταλήγοντας στο συμπέρασμα, όπως και ο Κισκύρας (1963) ότι τα ιζήματά της αποτέθηκαν σε δύο διαφορετικούς

παλαιογεωγραφικούς χώρους, δυτικά και ανατολικά της τότε θεωρούμενης «Μεταμορφωμένης Μάζας Πελοποννήσου – Κρήτης», άποψη που δεν είναι σήμερα γενικά αποδεκτή. Η ονομασία «ζώνη Ωλονού – Πίνδου» ανήκει στον Renz (1940), ενώ αργότερα ο Aubouin (1959) την αναφέρει ως «ζώνη Πίνδου» και ο Fleury (1980) ως «ζώνη Πίνδου – Ωλονού».

Η ζώνη αυτή αμφανίζεται στην ηπειρωτική Ελλάδα στην οροσειρά της Πίνδου, στα Τζουμέρκα (Αθαμανικά όρη), στα όρη Ναυπακτίας, στα Βαρδούσια κ.ά., στην Πελοπόννησο στο Παναχαϊκό όρος, στον Ερύμανθο (Ωλονός), στην Αρκαδία, στη Μεσσηνία κ.λπ., και ανατολικότερα στην Κρήτη (που αναφέρεται συχνά ως ζώνη Πίνδου – Εθιάς) και στα Δωδεκάνησα (Κάρπαθος, Ρόδος κ.λπ.). Συνεχίζεται τόσο προς τα βόρεια (Αλβανία, πρώην Γιουγκοσλαβία) όσο και προς τα ανατολικά (Μ. Ασία).

Πρόκειται για μια ζώνη που παλαιογεωγραφικά αντιστοιχεί σε μια βαθιά αύλακα εσωτερικά του υβώματος Γαβρόβου – Τριπόλεως, η οποία δέχθηκε πελαγικά ανθρακικά και κλαστικά ιζήματα, καθώς και ηφαιστειακά υλικά. Η απόθεση των ιζημάτων έγινε από το Μ. Α. Τριαδικό και ολοκληρώθηκε με την απόθεση του φλύσχη (Παλαιόκαινο – Α. Ηώκαινο). Η στρωματογραφική διάρθρωση της ζώνης έχει ως εξής (από κάτω προς τα πάνω):

- Κλαστικοί σχηματισμοί (Μ. – Α. Τριαδικό). Ψαμμίτες, πηλίτες και κλαστικοί ασβεστόλιθοι σε εναλλαγές με ασβεστόλιθους και κερατόλιθους, και σπανιότερα κροκαλολατυποπαγή.
- Ασβεστόλιθοι Δριμού (Α. Τριαδικό – Ιουρασικό). Πελαγικοί ασβεστόλιθοι με ενστρώσεις κερατολίθων και πηλιτών.
- Ραδιολαρίτες (Α. Ιουρασικό – κ. Κρητιδικό). Ερυθροί, πράσινοι ή ιώδεις ραδιολαρίτες με ενστρώσεις πηλιτών και ασβεστολίθων.
- Πρώτος φλύσχης (Α. Ιουρασικό – Κ. Κρητιδικό). Ψαμμίτες με ενστρώσεις ψαμμούχων μικρο-βιοκλαστικών ασβεστολίθων και πηλιτών.
- Ασβεστόλιθοι (Α. Κρητιδικό). Τεφροί, υπόλευκοι και προς τα κάτω ερυθρίζοντες πελαγικοί, βιομικριτικοί, μεσοστρωματώδεις ασβεστόλιθοι με διαστρώσεις και κονδύλους πυριτολίθων.
- Μεταβατικά στρώματα (Α. Κρητιδικό – Παλαιόκαινο). Εναλλαγές λεπτοστρωματωδών ασβεστολίθων, μαργών, μαργαϊκών ασβεστολίθων και ψαμμούχων μαργών.
- (Δεύτερος) Φλύσχης (Παλαιόκαινο – Α. Ηώκαινο). Ψαμμίτες, πηλίτες και κροκαλοπαγή.

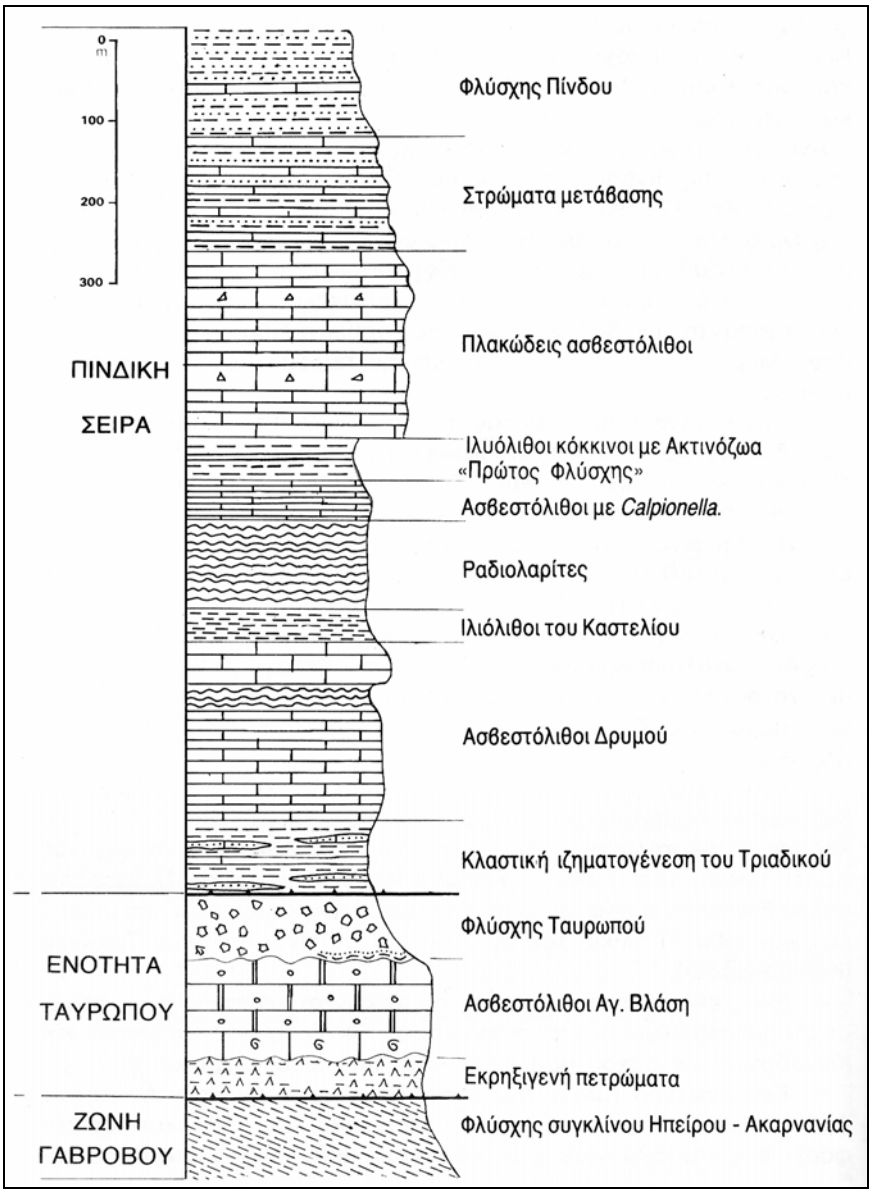
λεπιωμένα κυρίως στο δυτικό μέτωπο του καλύμματος. Συνήθως η επιφάνεια αποκόλλησης/λεπίωσης είναι το κάτω όριο των ανωκρητιδικών ασβεστολίθων.

Στην Κεντρική και Ανατολική Πελοπόννησο εμφανίζεται μόνο το ανώτερο τμήμα της στήλης της Πίνδου (από τους ραδιολαρίτες και πάνω) και το τμήμα αυτό της ζώνης είναι γνωστό ως Αρκαδικό κάλυμμα («Κάλυμμα Αρκαδικών και Αργολικών ορέων», σύμφωνα με τον Philippson). Τόσο ο Lekkas (1977) όσο και ο Καροτσιέρης (1981) σημειώνουν την εμφάνιση των ανωκρητιδικών ασβεστόλιθων και των στρωμάτων μετάβασης, όχι όμως του φλύσχη.

Λόγω της πλαστικότητας των σχηματισμών, τα πετρώματα της Πίνδου είναι συχνά πολυπτυχωμένα και

Στο φύλλο «Σπάρτη» (ΙΓΜΕ) εμφανίζονται οι εξής σχηματισμοί της Πίνδου:

- Ασβεστόλιθοι (Α. Κρητιδικό, Τουρώνιο – Μαιστρίχτιο). Πρασινότεφροι, κιτρινίζοντες ή ερυθρίζοντες βιομικριτικοί, λεπτο-μεσοστρωματώδεις ασβεστόλιθοι με κονδύλους και λεπτές ενστρώσεις πυριτολίθων ή πρασινωπών αργιλομαργών κατά θέσεις, και στα κατώτερα μέλη μικρές τοπικές εμφανίσεις ηφαιστειοϊζηματογενών προϊόντων. Πάχος 200-250 μέτρα.
- Πρώτος φλύσχης (Α. Ιουρασικό – Κρητιδικό). Πηλίτες, αργιλικοί σχιστόλιθοι, ψαμμίτες και κλαστικοί ασβεστόλιθοι με λατύπες κερατολίθων, με μικρού πάχους στρώματα κερατολίθων στους κατώτερους ορίζοντες. Πάχος περίπου 50 μέτρα.



Εικ. 74 – Στρωματογραφική στήλη της ζώνης Πίνδου (κατά Fleury, από Κατσικάτσος, 1992, σύμφωνα με το γεωλογικό χάρτη του ΙΓΜΕ, φύλλο «Φραγκιστά»).

Βορειότερα και ανατολικότερα από την περιοχή έρευνας, το αρκαδικό κάλυμμα παρουσιάζει μεγάλες εμφανίσεις, στον Κεντρικό Πάρνωνα όμως υπάρχουν μόνο υπολειμματικές εμφανίσεις (τεκτονικά ράκη), όπως παρατηρεί και ο Σκούρτσος (2002), ο οποίος προσθέτει τα εξής για τις εμφανίσεις της Πίνδου στον ανατολικό Πάρνωνα:

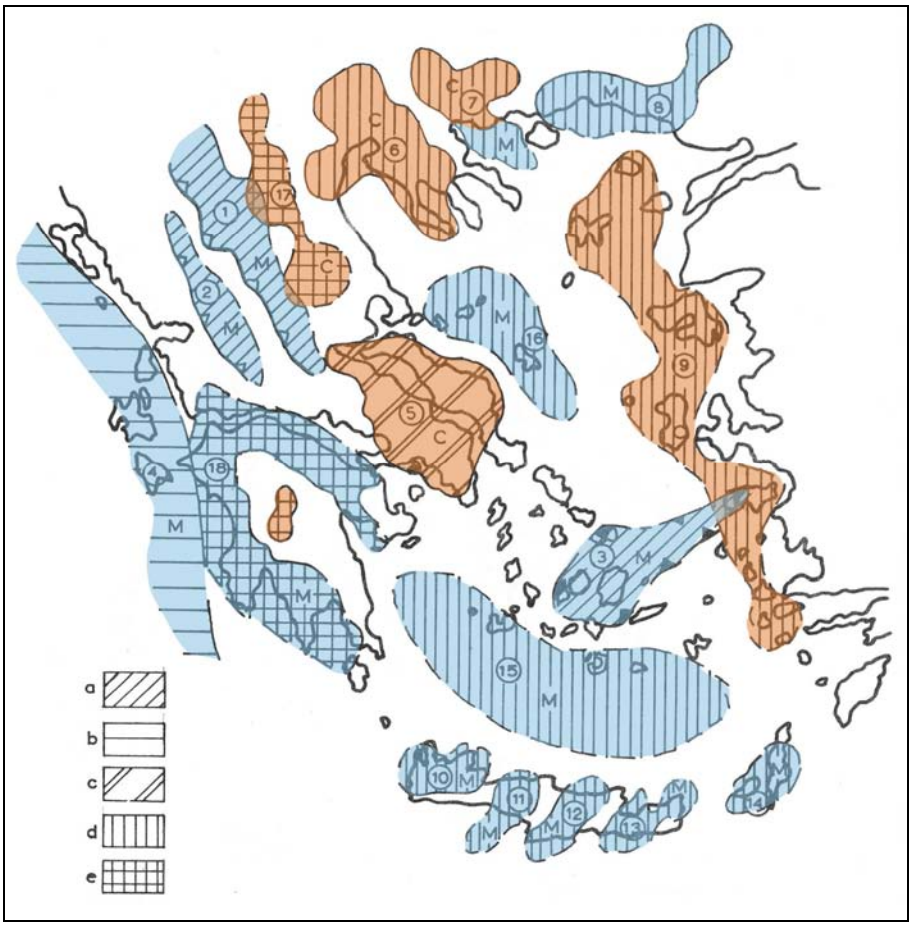
- Αποτελούνται κυρίως από πλακώδεις πελαγικούς ασβεστόλιθους, με σπάνιες ενδιαστρώσεις ή κονδύλους πυριτολίθων, τον πρώτο φλύσχη, τα μεταβατικά στρώματα προς το φλύσχη και τον ίδιο το φλύσχη.
- Συνήθως «κάθεται» τεκτονικά πάνω σε διάφορους σχηματισμούς της ενότητας της Τρίπολης, αλλά έρχεται και σε άμεση επαφή τόσο με τους Φυλλίτες – Χαλαζίτες, όσο και με τα μάρμαρα της ενότητας Μάνης.

Στην περιοχή του Δήμου Θεραπνών δεν υπάρχει καμιά εμφάνιση των πετρωμάτων της Πίνδου. Η πλησιέστερη εμφάνιση βρίσκεται δυτικά του Πολύδροσου (περιοχή Μονής Αγ. Αναργύρων) κοντά στο Βασαρά (Δ. Οινούντος), στο Τζιντζινιώτικο ρέμα.

2.1.5. Μεταλπικές αποθέσεις

Η μελέτη των μεταλπικών αποθέσεων στην Πελοπόννησο ξεκίνησε με τις εργασίες του Oppenheim (1891) στο υλικό που είχε συλλέξει από την περιοχή ο Philippson. Ο Oppenheim διαίρεσε τις αποθέσεις του Νεογενούς της Πελοποννήσου σε δύο βαθμίδες:

- Κατώτερο Πλειόκαινο (ανατολική βαθμίδα, με την πρώτη πλειοκαινική πανίδα του Neumar με Mastodon (Anancus) arvernensis) στο οποίο ανήκουν οι θαλάσσιες αποθέσεις της Μεσσηνίας, οι θαλάσσιες αποθέσεις της Ήλιδας και των Μεγάρων, τα κατώτερα στρώματα του Καλαμακίου και του Ισθμού και οι λιμναίες αποθέσεις της Σπάρτης και της Μεγαλόπολης.
- Ανώτερο Πλειόκαινο (η δεύτερη πλειοκαινική πανίδα του Neumar με Elephas (Archidiskodon) meridionalis.

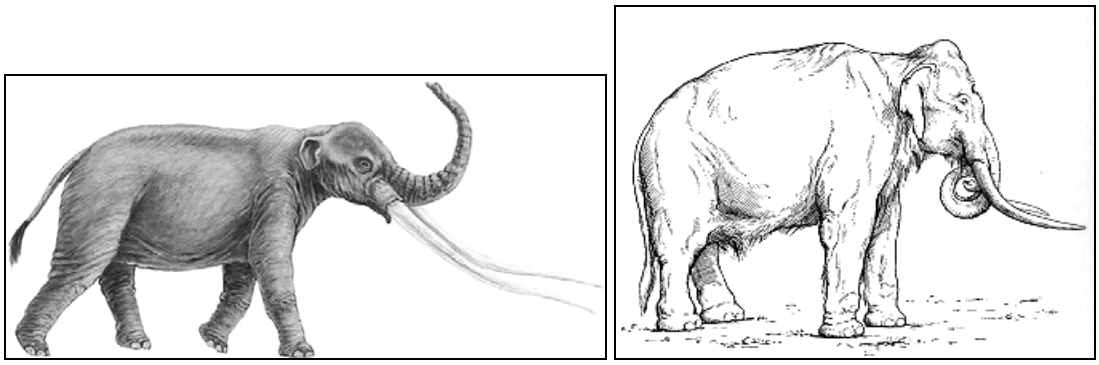


Εικ. 75 - Οι κυριότερες Νεογενείς λεκάνες της περιοχής του Αιγαίου. a) Κατ. Μειοκαίνου, b) Κατ. Μειοκαίνου – Πλειοκαίνου, c) Μειοκαίνου και Πλειοκαίνου, d) Αν. Μειοκαίνου – Πλειοκαίνου, e) Πλειοκαίνου (M: θαλάσσιες, C: ηπειρωτικές). 1:Μεσοελληνική αύλακα, 2:Ηπείρου, 3:Κυκλαδική, 4:Ιονίων Νήσων, 5:Αττικής – Βοιωτίας, 6:Θεσσαλονίκης, 7:Στρυμώνα, 8: Θράκης, 9:Νήσων Ανατολικού Αιγαίου, 10:Χανίων, 11:Ρεθύμνου, 12:Ηρακλείου, 13:Ιεράπετρας, 14:Καρπάθου, 15:Κρητικής Λεκάνης, 16:Β. Σποράδων, 17:Πτολεμαΐδος – Κοζάνης, 18:Πελοποννήσου. (Δερμιτζάκης & Παπανικολάου, 1981).

Ο Ψαριανός (1955) ανέφερε για το Νεογενές της Πελοποννήσου ότι πρόκειται για μια συνεχή παραλιακή ζώνη η οποία ξεκινάει από τον Ισθμό της Κορίνθου, περνά στην Αχαΐα και στη Ηλεία και καταλήγει στη Μεσσηνία. Οι αποθέσεις διακόπτονται από την οροσειρά του Ταϋγέτου και συνεχίζουν στη Λακωνία. Ο ίδιος διέκρινε σε κάποιες θέσεις λιμναίες πλειοκαινικές αποθέσεις κάτω από θαλάσσιες αναβαθμίδες του Τυρρηνίου, με ασυμφωνία στην περιοχή της Κορινθίας και σύμφωνα με γεωτρητικά δεδομένα και στην Ηλεία, ενώ δεν εντόπισε παραθαλάσσιες φάσεις στη Μεσσηνία. Στην περιοχή της λακωνίας παρατήρησε ότι η λιμναία φάση περιορίζεται στην τάφρο της Σπάρτης, ενώ η θαλάσσια στα ακραία της τμήματα. Κατέταξε τα ιζήματα της λεκάνης της Μεγαλόπολης στην «ανατολική βαθμίδα» και τα ιζήματα της Τρίπολης στο Τεταρτογενές, ενώ το Μειόκαινο δεν βρέθηκε πουθενά. Διαχώρισε δε δύο κύριες λιθολογίες: μάργες με μεγάλη έκταση και πάχος και κροκαλοπαγή με μεγάλο πάχος αλλά μικρή έκταση.

Ο Freyberg (1947) μελετώντας την περιοχή της Ελαίας στο βύθισμα των Μολάων κατέληξε σε έναν κατάλογο της πανίδας των αποθέσεων της περιοχής που έδωσε χαρακτηριστικό απολίθωμα το Amusium cristatum και ηλικία Άστιο (Ανώτερο Πλειόκαινο).

Ο Γεωργαλάς (1941) ανέφερε την παρουσία Anancus (Mastodon) arvernensis (Πλειόκαινο) στη Σκούρα της Λακωνίας, ενώ οι Συμεωνίδης και Θεοδώρου (1986) ανέφεραν την εύρεση Archidiskodon (Elephas) meridionalis NESTI (Κάτω Πλειστόκαινο) στο Βλαχιώτη της Λακωνίας.



Εικ. 76 – Anancus (Mastodon) arvernensis (αριστερά) και Archidiskodon (Elephas) meridionalis. Απολιθώματα αυτών των θηλαστικών βρέθηκαν στη Σκούρα και στο Βλαχιώτη, χαρακτηρίζοντας αντίστοιχα το Α. Πλειόκαινο και το Κ. Πλειστόκαινο.

Ο Συμεωνίδης (1969) ανέφερε την ανεύρεση χαυλιόδοντα σε πλειστοκαινικούς ψαμμίτες των κροκαλοπαγών μεταξύ Λευκοχώματος και Βρονταμά, ενώ ανέφερε την εμφάνιση πλειοκαινικών μαργών με εναλλαγές λιμναίας και θαλάσσιας φάσης κοντά στο Βρονταμά, όπως και στο Γύθειο (περιοχή κοντά στις Αιγίες), με ενστρώσεις λιγνιτών κατά θέσεις.

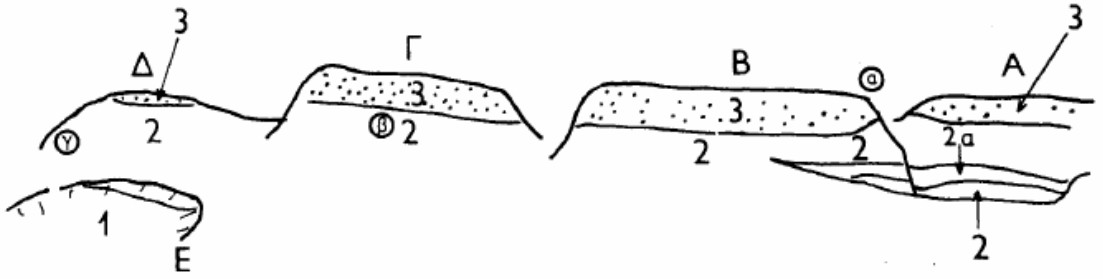
Οι Velitzelos & Knobloch (1986) προσδιόρισαν πλειοκαινική χλωρίδα από φυτικά λείψανα στις μάργες της Σκούρας με Platanus academiae GAUDIN, Quercus pseudocastanea GOEPP. και Quercus roburoides GAUDIN, καθώς και Pteridium, Pinus, Glyptostrobus, Fagus, Alnus, Salix και Populus. Οι Krstic & Valitzelos (2002) μελέτησαν τα οστρακώδη της Σκούρας, δίνοντας και πάλι ηλικία Πλειοκαίνου (Ακχαγκύλιο) στις λιμναίες μάργες της περιοχής.

Οι Πανάγος κ.ά. (1976), μελετώντας τα ιζήματα της περιοχής Αφισσού, κατέληξαν ότι πρόκειται για ένα πλειοτεταρτογενούς ηλικίας αλλουβιακό ριπίδιο, πάνω στο οποίο αναπτύχθηκε ένα νεότερο, πιο εκτεταμένο ριπίδιο με μεγαλύτερη απόσταση τροφοδοσίας, που τελικά καλύφθηκε κατά περιοχές από νεότερες ποτάμιες αποθέσεις, και διαχώρισαν τρεις στρωματογραφικές ενότητες:

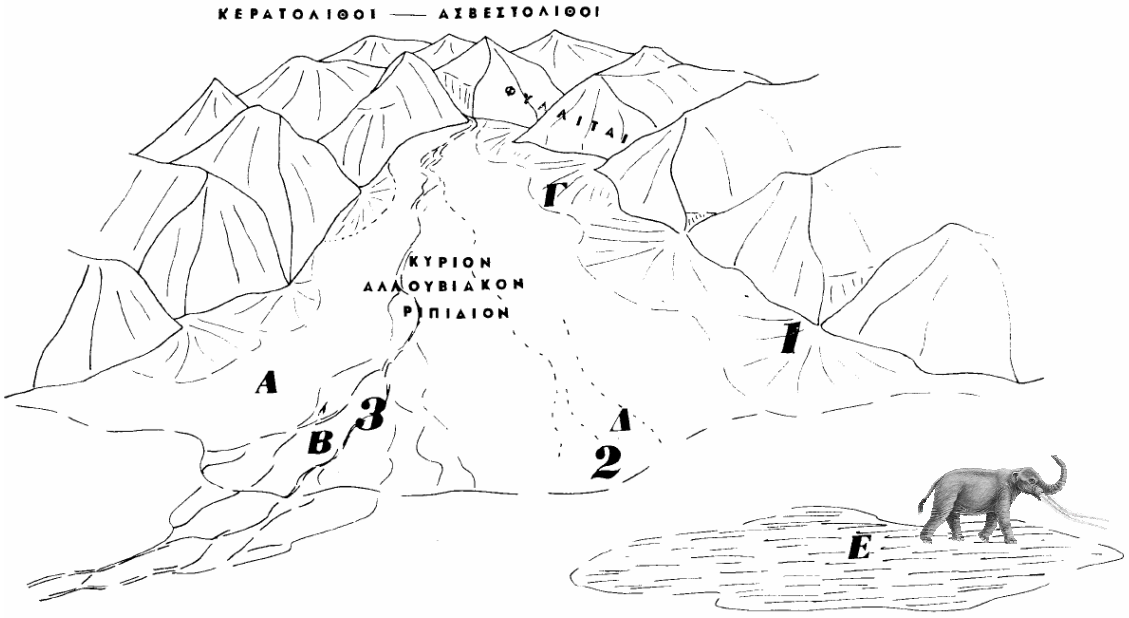
- Κατώτερη ενότητα. Ερυθρωπά κροκαλοπαγή και ψαμμίτες, με γωνιώδη τεμάχια φυλλιτών και χαλαζία.

- Δεύτερη ενότητα. Εναλλαγές στρωμάτων ψαμμιτών, κροκαλοπαγών, ιλυολίθων και αμμούχων πηλών.
- Τρίτη ενότητα. Καλά ταξιθετημένα κροκαλοπαγή και ψαμμίτες.

Όλα τα παραπάνω ιζήματα παρουσιάζουν ερυθρό ως κίτρινο χρώμα και εναλλαγές αδρομερών και λεπτομερών στρωμάτων χωρίς κανονικότητα.



Εικ. 77 – Οι τρεις κύριες στρωματογραφικές ενότητες (1, 2 και 3)των ιζημάτων στην περιοχή Αφισσού (Παναγος κ.ά., 1976).

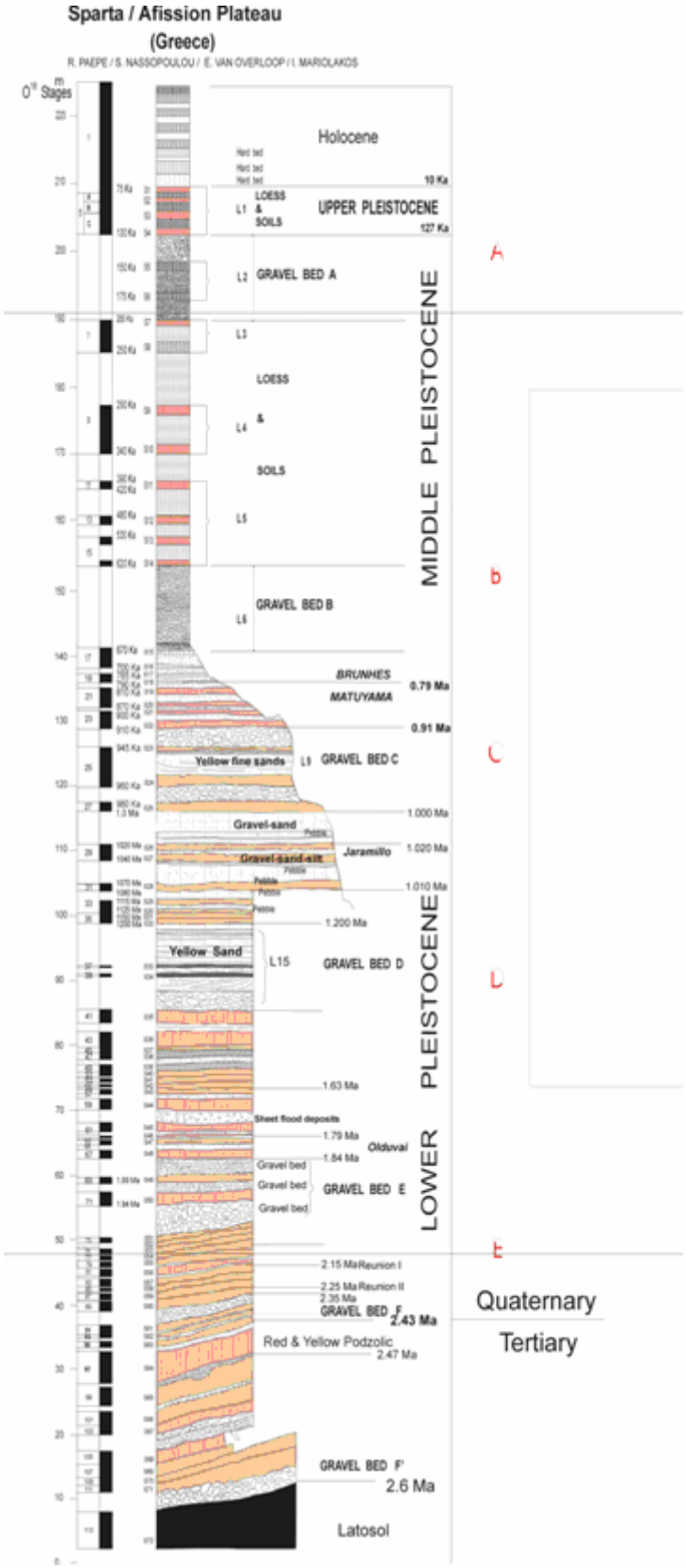


Σχ. 13. Δυνατὰ περιβάλλοντα ἰζηματογενέσεως τῶν ἰζημάτων τῆς Ἀφισσοῦ. Οἱ ἀριθμοὶ 1, 2 καὶ 3 ἀναφέρονται ἀντιστοίχως εἰς τὰς στρωματογραφικὰς ἑνότητας 1, 2 καὶ 3.

Α: Περιοχὴ κατ' ἐξοχὴν λεπτοκόκκων ἰζημάτων καὶ παλαιοεδάφους. Β: Κύριον σύστημα διακλαδιζομένων ρευμάτων. Γ: Ἀλλουβιακὸν ριπίδιον τοπικῆς προελεύσεως. Δ: Αὔλακες αἴτινες ἐπληροῦντο μόνον κατὰ τὴν διάρκειαν πλημμυρῶν. Ε: Λίμνη ἄνευ ἀποχετεύσεως εἰς ἡμιξηρὰν περιοχὴν (Playa lake), (Πλατάνα).

Εικ. 78 – Περιβάλλοντα ιζηματογένεσης των ιζημάτων της περιοχής Αφισσού (Παναγος κ.ά., 1976).

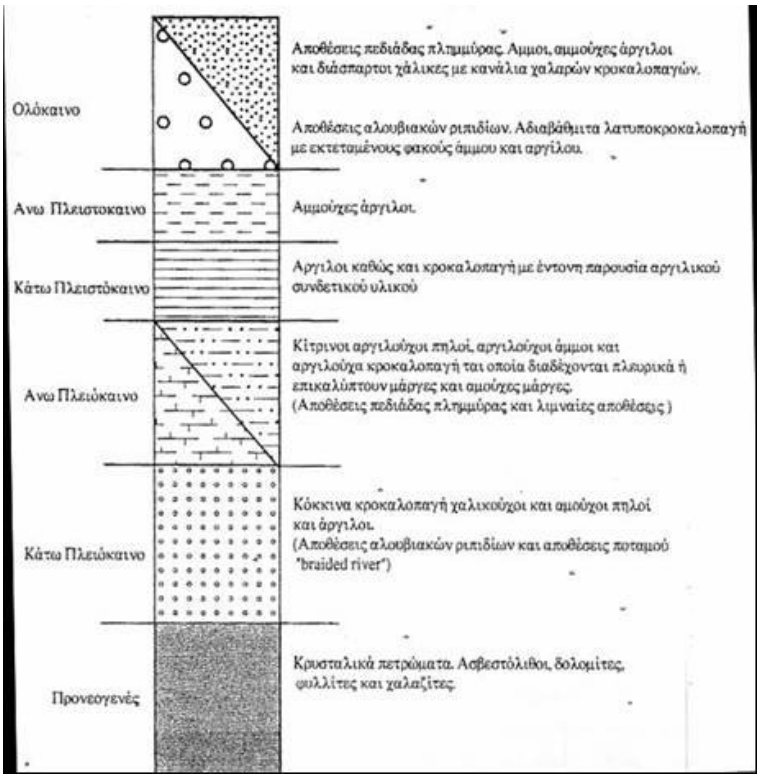
Στην ίδια περιοχή οι Paepe et al (2004) έδωσαν μια πλήρη λιθοστρωματογραφική διάρθρωση των ηπειρωτικών αποθέσεων του Πλειστοκαίνου, με εναλλαγές παλαιοεδαφών με κλαστικές ποτάμιες και αιολικές αποθέσεις, ανάμεσα σε υπερκείμενες αποθέσεις του Ολοκαίνου και υποκείμενα στρώματα του Πλειοκαίνου, που αναπτύχθηκαν πάνω σε ένα Μειοκαινικό παλαιοέδαφος.



Εικ. 79 – Τομή των ιζημάτων του Τεταρτογενούς στην περιοχή Αφισσού (Paepe et al, 2004).

Οι Piper et. al., 1983 δίνουν για τα μεταλπικά ιζήματα της περιοχής την ακόλουθη λιθοστρωματογραφική διάρθρωση, που επαναλαμβάνει και ο Αντωνάκος (1997):

- Κάτω Πλειόκαινο: Ερυθρές άργιλοι και ερυθρά κροκαλοπαγή ποικίλης σύστασης με ορατό πάχος 50-100m (φύλλο ΙΓΜΕ Σπάρτης). Είναι σχηματισμοί αλλουβιακών ριπιδίων καθώς και ποτάμιες αποθέσεις.
- Άνω Πλειόκαινο: Συνεκτικά κροκαλοπαγή κίτρινου χρώματος με κροκάλες ασβεστολιθικής κυρίως σύστασης και αργιλικό-αργιλομαργαϊκό συνδετικό υλικό, καθώς επίσης και αργιλούχους πηλούς και αμμούχους πηλούς σε εναλλαγές με μάργες με ορατό πάχος 50-100m. Είναι σχηματισμοί, που αποτέθηκαν στην πεδιάδα πλημμύρας του Ευρώτα και σε εφήμερες λίμνες του Πλειοκαίνου.
- Κάτω Πλειστόκαινο: Φαιές άργιλοι σε εναλλαγές με κροκαλοπαγή με έντονη παρουσία αργιλικού συνδετικού υλικού, ποτάμιας προέλευσης με ορατό πάχος μέχρι 50m.
- Άνω Πλειστόκαινο: Αμμούχες άργιλοι με σημαντικά ποσοστά κροκαλών και χαλίκων σε εναλλαγές με άμμους και αργιλούχες άμμους. Είναι ποτάμιας προέλευσης και πρόκειται για χαλαρούς σχηματισμούς, που δε δημιουργούν ανάγλυφο.
- Ολόκαινο: Αλλουβιακά ριπίδια με άμμους, αργιλούχες άμμους με διάσπαρτες κροκάλες και χάλικες ασβεστολιθικής και σχιστολιθικής σύστασης σε εναλλαγές με αμμούχες αργίλους. Πρόκειται για χαλαρά αδιαβάθμητα υλικά, που δημιουργούν τυπικό ανάγλυφο αλλουβιακών ριπιδίων. Το πάχος τους, όπως εκτιμάται από γεωτρήσεις στην περιοχή έρευνας, κυμαίνεται από 20 ως πάνω από 80m. Αποθέσεις πεδιάδας πλημμύρας με άμμους αργιλούχες, άμμους με διάσπαρτες κροκάλες και χάλικες, καθώς και κανάλια χαλαρών κροκαλοπαγών.



Εικ. 80 - Λιθοστρωματογραφική στήλη των μεταλπικών σχηματισμών της περιοχής έρευνας (Piper et. al., 1983, από Αντωνάκος, 1997)

Από τις εργασίες υπαίθρου που έγιναν στα πλαίσια της παρούσης εργασίας, προέκυψαν ορισμένες παρατηρήσεις που έχουν ενδιαφέρον τόσο από την καθαρά γεωλογική σκοπιά, όσο και ειδικά σχετικά με τις υδρογεωλογικές συνθήκες της περιοχής. Καταρχήν πρέπει να τονιστεί ότι οι μεταλπικοί σχηματισμοί έχουν αποτεθεί πάνω σε ένα τεκτονικά διαμορφωμένο ανάγλυφο, το οποίο δεν έχει σταματήσει να εξελίσσεται πριν, κατά τη διάρκεια και μετά την απόθεση του εκάστοτε σχηματισμού, μέχρι σήμερα. Ο συνδυασμός των κλιματικών και περιβαλλοντικών μεταβολών με την τεκτονική παραμόρφωση της περιοχής έχουν διαμορφώσει τις συνθήκες διάβρωσης και απόθεσης, που σημειωτέον, δεν είναι ομοιόμορφες και ίδιες σε όλη την περιοχή.

Η διαφοροποίηση των συνθηκών αυτών από περιοχή σε περιοχή έχει οδηγήσει σε μια ποικιλομορφία αποθέσεων και στρωματογραφικών ακολουθιών, που εν μέρει εξαρτάται και από τη σύσταση της εκάστοτε λεκάνης τροφοδοσίας, την ενέργεια αναγλύφου κατά την περίοδο απόθεσης και τις εκάστοτε κλιματικές συνθήκες. Οι διάφορες μεταλπικές αποθέσεις διαχωρίζουν ή ομογενοποιούν περιστασιακά συγκεκριμένες περιοχές με ιδιαίτερα χαρακτηριστικά.

Στην περιοχή Μενελάιου – Αφισσού – Προβατόμαντρας παρατηρείται μια συνεχής ακολουθία κυρίως χερσαίων κλαστικών ιζημάτων, με μικρή ενδεχομένως λιμναία επίδραση κατά το Πλειόκαινο. Τα ιζήματα αυτά έχουν αποτεθεί είτε απευθείας πάνω στους σχηματισμούς της σειράς φυλλιτών χαλαζιτών, είτε έχουν καλύψει την προηγουμένως διαβρωμένη και ισοπεδωμένη επαφή των ασβεστόλιθων Τρίπολης με το φυλλιτικό υπόβαθρο. Είναι χαρακτηριστικό το κυμαινόμενο, αλλά κατά θέσεις μεγάλο πάχος των ιζημάτων και, προς τους ανώτερους ορίζοντες, η επικράτηση των εναλλαγών συνεκτικών κροκαλοπαγών με παλαιοεδάφη και ερυθρές αργίλους, που χαρακτηρίζει κλιματικές μεταβολές που έλαβαν χώρα στο Τεταρτογενές, και επέδρασαν στο τεράστιο ριπίδιο που δημιούργησε η διάβρωση του νοτιοανατολικού τμήματος της λεκάνης του Οινούντα (που αντιστοιχεί στο Σωφρόνι), πιθανότατα από το Κάτω Πλειόκαινο μέχρι σήμερα. Σημειώνεται ότι το ριπίδιο αυτό, που κλείνει με συμπαγή πολύμικτα κροκαλοπαγή, σήμερα διαβρώνεται και σχηματίζει πολυάριθμες μικρές επιμήκεις λεκάνες που εκβάλλουν στον Ευρώτα, ενώ οι αποθέσεις δεν συνεχίζονται στη βόρεια πλευρά του ρέματος και κλίνουν προς τα βορειοανατολικά (15/020), δηλαδή όχι προς το εσωτερικό της λεκάνης, αλλά αντίθετα από τη γενική μορφολογία. Ανατολικά από το Μενελάιο και προς την ημιορεινή περιοχή, κοντά στην επαφή με τους υποκείμενους φυλλίτες ή τους πλακώδεις ασβεστόλιθους, αναπτύσσονται ερυθρά και κίτρινα λατυποκροκαλοπαγή σημαντικού, αλλά κυμαινόμενου πάχους, ενώ προς το Αφισσού βρίσκονται πάνω σε πολύ παλαιότερα απολιθωμένα εδάφη.

Στην περιοχή Πλατάνας – Σκούρας – Κεφαλά επικρατούν οι λιμναίες αποθέσεις, κυρίως με τη μορφή μαργών και άμμων αλλά και κροκαλοπαγών. Τα ιζήματα αυτά έχουν αποτεθεί πάνω κυρίως σε πλακώδεις ασβεστόλιθους και σχιστόλιθους, ενώ έχει βρεθεί και μια θέση όπου οι μάργες βρίσκονται πάνω σε μονόμικτα λατυποκροκαλοπαγή από ασβεστόλιθους της Τρίπολης. Το αλπικό υπόβαθρο οριοθετεί προς τα ανατολικά τις εμφανίσεις των λιμναίων μαργών στην περιοχή νότια του Κεφαλά, όπου εμφανίζεται και ο υποκείμενος των μαργών σχηματισμός των κροκαλοπαγών (του Βρονταμά;).

Στην περιοχή νότια της Γκοριτσάς και των Αγίων Αναργύρων εμφανίζεται μια συνεχής παχιά σειρά εναλλαγών κροκαλοπαγών και ερυθρών αργίλων που έχει αποτεθεί κυρίως πάνω σε ασβεστόλιθους της Τρίπολης ή σχιστόλιθους. Η σειρά ξεκινά με μονόμικτα λατυποκροκαλοπαγή και προς τα πάνω κλείνει (όπως και στην περιοχή νότια από το Σωφρόνι) με έναν ορίζοντα συμπαγών ανθρακικών λατυποκροκαλοπαγών, με τη μορφή μεγάλων ριπιδίων στην έξοδο των ρεμάτων (Πόρος, Ξεριάς, κ.λπ.) από την ορεινή στην πεδινή περιοχή. Σε πολλές περιπτώσεις σχηματίζονται ενιαίες επιφάνειες στους ασβεστόλιθους της Τρίπολης και στα κροκαλοπαγή.

Η κοίτη του Ευρώτα στην περιοχή έρευνας χαρακτηρίζεται από μια διακλαδιζόμενη (braided) μορφή, που χαρακτηρίζει μεγάλες στερεοπαροχές, ενώ σε συγκεκριμένες περιοχές (περιοχή Γριές και περιοχή Μολαίτη) σχηματίζει επάλληλες αναβαθμίδες και μαιάνδρους.

Στο εσωτερικό της ημιορεινής και ορεινής περιοχής παρουσιάζεται η ανάπτυξη αποθέσεων ερυθρογής και κορημάτων αλλά και παγετωδών αποθέσεων, μέσα σε τοπικά βυθίσματα, όπως στο βύθισμα της Καλλονής και των Αγριάνων.

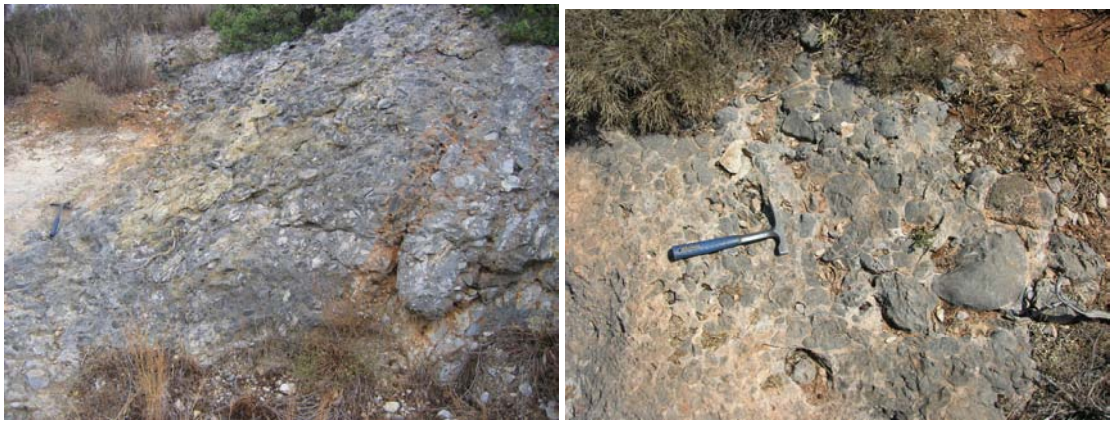
Είναι χαρακτηριστικό ότι σε αρκετές περιπτώσεις η επαφή των μεταλπικών ιζημάτων με το αλπικό υπόβαθρο είναι τεκτονική (ρήγμα).

Ένα άλλο στοιχείο που πρέπει να σημειωθεί σε σχέση με τα μεταλπικά ιζήματα είναι ότι σε γενικές γραμμές, λόγω αφενός των πολλών κατακόρυφων και οριζόντιων μεταβάσεων μεταξύ των λιθολογιών, δεν είναι ευνοϊκές οι συνθήκες για την ανάπτυξη σημαντικών υδροφόρων οριζόντων. Αυτό αποδίδεται στους παρακάτω λόγους:

- Οι λιμναίες αποθέσεις, λόγω της σημαντικής συμμετοχής του μαργαϊκού υλικού είναι γενικά αδιαπέρατοι σχηματισμοί και δεν υδροφορούν.
- Οι εναλλαγές κροκαλοπαγών και ερυθρών αργίλλων λόγω των συχνών παρεμβολών του αδιαπέρατου υλικού παρουσιάζουν πολύ περιορισμένη υδροφορία και σαν σύνολο πρέπει να θεωρούνται αδιαπέρατο.
- Τα ανώτερα συμπαγή κροκαλοπαγή, παρόλο που υδρολοθολογικά συμπεριφέρονται ως ασβεστόλιθοι και παρουσιάζουν ακόμα και καρστικοποίηση, έχουν υποστεί σημαντική γραμμική διάβρωση, με αποτέλεσμα η κατείσδυση που λαμβάνει χώρα στις σημαντικές επιφάνειες που καλύπτουν, να επιστρέφει πολύ γρήγορα στην απορροή κατά μήκος των βαθιών ρεμάτων που τα διασχίζουν.

Σε αυτό το γενικό καθεστώς υπάρχουν δύο εξαιρέσεις:

- Οι σημερινές αλλουβιακές αποθέσεις του Ευρώτα έχουν σημαντική ανάπτυξη στην περιοχή μεταξύ Σπάρτης και Σκούρας και δημιουργούν ένα σημαντικό φρεάτιο υδροφόρο ορίζοντα, ο οποίος τροφοδοτείται από το ποτάμι και είναι εκμεταλλεύσιμος.
- Τα ανώτερα συμπαγή κροκαλοπαγή στην περιοχή μεταξύ Προβατόμαντρας και Χρύσαφας, επειδή κλίνουν προς την ορεινή περιοχή, παρά το μικρό τους πάχος, δεν χάνουν το νερό της κατείσδυσης προς το εσωτερικό της λεκάνης, αλλά εκφορτίζονται μέσω μιας μικρής πηγής νοτιοδυτικά της Χρύσαφας.



Εικ. 81 – Μονόμικτα λατυποκροκαλοπαγή που συχνά αναπτύσσονται σε παλαιοανάγλυφο πάνω στους ασβεστόλιθους της Τρίπολης. Αριστερά στην περιοχή νοτιοδυτικά του Κεφαλά, κάτω από τις λιμναίες μάργες του Πλειοκαίνου. Δεξιά στην περιοχή ανατολικά των Αγίων Αναργύρων, σε επιφάνεια επιπέδωσης.

Εικ. 82 – Καρστικοποιημένη επαφή μεταξύ οριζοντα συμπαγών ασβεστιτικών κροκαλοπαγών και εναλλαγών ερυθρών αργίλων και κροκαλοπαγών.

Εικ. 83 – Εναλλαγές κροκαλοπαγών και ερυθρών αργίλων νοτιοανατολικά των Αγ. Αναργύρων.

Εικ. 84 – Η επαφή μεταξύ των συμπαγών κροκαλοπαγών (δεξιά) που αναπτύσσονται με τη μορφή ριπιδίου και των παλαιότερων εναλλαγών κροκαλοπαγών – ερυθρών αργίλων (αριστερά) στην περιοχή μεταξύ Αγ. Αναργύρων – Βρονταμά.

Εικ. 85 – Επαφή ερυθρών κροκαλοπαγών πάνω σε πλακώδεις κρυσταλλικούς ασβεστόλιθους ανατολικά της Γκοριτσάς.

Εικ. 86 – Στην περιοχή νότια του Κεφαλά (κέντρο) διακρίνεται η επαφή ερυθρών κροκαλοπαγών με υπερκείμενες λιμναίες αποθέσεις μαργών και κροκαλοπαγών, που βυθίζεται προς τα βορειοδυτικά. Οι λιμναίες αποθέσεις αποκτούν τη μέγιστη ανάπτυξή τους στην περιοχή μεταξύ Σκούρας και Πλατάνας.

Εικ. 87 –Επαφή λιμναίων μαργών με μονόμικτα ασβεστιτικά λατυποκροκαλοπαγή (περιοχή μεταξύ Σκούρας – Κεφαλά).

Εικ. 88 – Κίτρινες και φαιοκίτρινες λιμναίες μάργες και άμμοι με ενστρώσεις άμμων και μικροκροκαλοπαγών (περιοχή Σκούρας).

Εικ. 89 – Επαφή μεταξύ ερυθρών αργιλοαμμωδών αποθέσεων (πιθανό παλαιοέδαφος) και ερυθροκίτρινων άμμων και κροκαλοπαγών πιθανά ποταμολιμναίας προέλευσης στην περιοχή βόρεια του Μενελάιου (Άγιος Νικόλαος).

Εικ. 90 – Πλειοτεταρτογενείς αποθέσεις κίτρινων και ερυθρών κροκαλοπαγών, άμμων και αργίλων (περιοχή Μολεμένη, βόρεια του Αφισσού). Προς τους ανώτερους ορίζοντες αυξάνεται η παρουσία οριζόντων συνεκτικών κροκαλοπαγών.

Εικ. 91 – Προς τους ανώτερους ορίζοντες των τεταρτογενών αποθέσεων εμφανίζονται συμπαγείς ορίζοντες κροκαλοπαγών που σχηματίζουν τις περισσότερες επιφάνειες επιπέδωσης (περιοχή Σπηλιές – Προβατόμαντρα, βόρεια του Αφισσού).

Εικ. 92 – Πάγκοι συμπαγών κροκαλοπαγών πάνω σε ασβεστόλιθους Τρίπολης, στην περιοχή της μονής των Αγ. Τεσσαράκοντα (νότια από το ρ. Σωφρόνι).

Εικ. 93 – Συμπαγή πολύμικτα κροκαλοπαγή μέσα στο ρέμα Σωφρόνι.

Εικ. 94 – Αναβαθμίδες στην περιοχή Κακόσκαλος (νότια της Χρύσαφας) με υλικό κυρίως από μεταμορφωμένους σχηματισμούς (σχιστόλιθους – χαλαζίτες).

Εικ. 95 – Γενιές συνεκτικών κορημάτων με μορφή οριζόντων λατυποπαγών πάνω σε τεκτονική ζώνη (Κακόσκαλος).

Εικ. 96 – Αναβαθμίδα (πιθανώς παγετώδους προέλευσης) με καλή ταξιθέτηση των (ασβεστολιθικών) λατυπών πάνω στο φλύσχη της Τρίπολης, στον άξονα του βυθίσματος της Καλλονής.

Εικ. 97 – Κορήματα και ανάπτυξη ερυθρογής στο διάσελο μεταξύ Χρύσαφας – Καλλονής.

Εικ. 98 – Αναβαθμίδες του Ευρώτα νότια του Κεφαλά και ανατολικά της Σκούρας (περιοχή Γριές).

2.2. ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗ ΚΑΙ ΔΟΜΗ

Η γεωδυναμική εξέλιξη της περιοχής της λεκάνης του Ευρώτα ποταμού και κατ' επέκταση και του Λακωνικού κόλπου, μαζί με τις πρόσφατες τεκτονικές κινήσεις και τη σημερινή κινηματική του χώρου, ρυθμίζουν εν πολλοίς τις υδρογεωλογικές συνθήκες σε ένα χώρο που, όπως είναι γνωστό, υποφέρει από έλλειψη νερού (ή/και από κακή διαχείριση των υδατικών πόρων).

Το πάχος και η κοκκομετρία των σχηματισμών ή η γεωμετρία των ασυνεχειών, η επιφανειακή και υπόγεια τροφοδοσία, οι άξονες αποστράγγισης των υδροφόρων, κ.λπ. έχουν διαμορφωθεί και διαμορφώνονται από το συνδυασμό των υδρομετεωρολογικών – κλιματικών συνθηκών με τη γεωδυναμική εξέλιξη του χώρου, η οποία ρυθμίζει άμεσα παράγοντες όπως:

- η σχετική ταχύτητα και η κινηματική των τεκτονικών τεμαχών του αλπικού υποβάθρου,
- η φύση, η γεωμετρία και τα άλματα των ρηγμάτων,
- οι ρυθμοί ανύψωσης και διάβρωσης,
- το υδρογραφικό δίκτυο, οι μορφολογικές κλίσεις και οι υδρολογικές και υδρογεωλογικές λεκάνες,
- η επικοινωνία ή απομόνωση των καρστικών σχηματισμών.

Η εξέταση της αλληλεπίδρασης της γεωδυναμικής με τις υδρογεωλογικές συνθήκες είναι αμφίδρομη, δηλαδή σε άλλες περιπτώσεις η γεωδυναμική εξέλιξη ερμηνεύει μια υδρογεωλογική εικόνα και άλλοτε οι υδρογεωλογικές συνθήκες δίνουν στοιχεία που ερμηνεύουν τη γεωδυναμική εξέλιξη. Παρά ταύτα, η συνολική εικόνα παραμένει πολύπλοκη και με πολλά σκοτεινά σημεία, με αποτέλεσμα να μην υπάρχει ένα ενιαίο μοντέλο που να ερμηνεύει ικανοποιητικά το σύνολο των παρατηρήσεων.

Είναι γεγονός ότι η κίνηση των υπόγειων και επιφανειακών υδάτων, και όλα τα υδρολογικά, υδρογεωλογικά και μορφολογικά χαρακτηριστικά που τη συνοδεύουν, είναι ο πλέον ευαίσθητος παράγοντας που επηρεάζεται από την κινηματική κατάσταση μιας περιοχής, και γι' αυτό το λόγο εκεί στηρίζονται οι μορφοτεκτονικές μέθοδοι που χρησιμοποιούνται στην κινηματική ανάλυση, όσον αφορά ειδικά τον ενεργό τεκτονισμό. Ταυτόχρονα, στη σημερινή κίνηση του νερού παρεμβάλλονται περιορισμοί, που οφείλονται στις ήδη διαμορφωμένες γεωλογικές και μορφολογικές δομές, που όπως προαναφέρθηκε έχουν προκύψει από τη γεωδυναμική εξέλιξη του χώρου κατά το πρόσφατο και μακρινό γεωλογικό παρελθόν. Αυτός ο συνδυασμός της σημερινής κινηματικής της περιοχής με τους γεωλογικούς περιορισμούς που προκύπτουν από τη γεωδυναμική εξέλιξη του χώρου συνολικά αλλά και στις επιμέρους περιοχές, έχει ως αποτέλεσμα ένα σύνθετο υδρολογικό και υδρογεωλογικό καθεστώς, με χαρακτηριστικές εικόνες που επαναλαμβάνονται σε διάφορες περιοχές, αλλά και με τοπικές ιδιομορφίες.

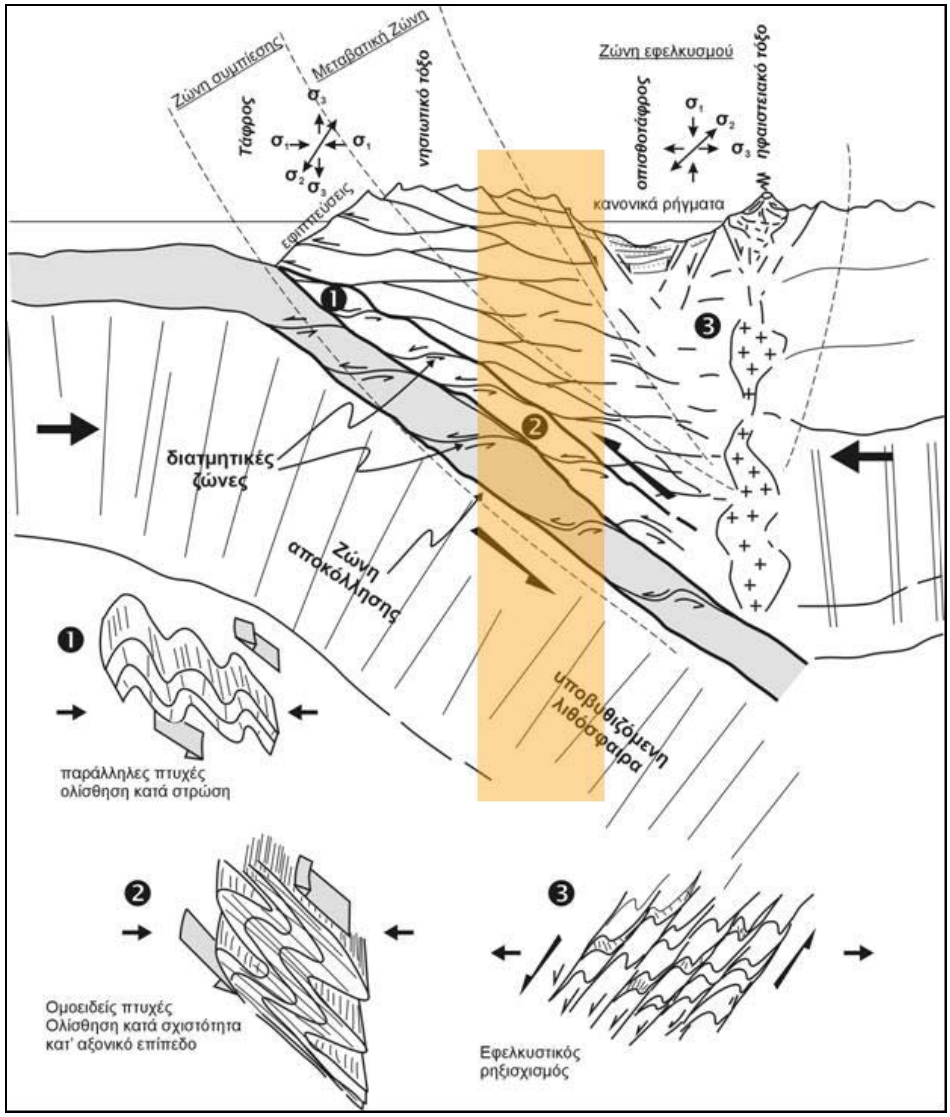
Ένα από τα συνηθισμένα χαρακτηριστικά των τεκτονικά ενεργών περιοχών είναι ότι πολλές φορές υπάρχουν δομές (ρήγματα, ρηξιγενείς ζώνες ή και ρηξιτεμάχη ολόκληρα) καλυμμένες από πρόσφατα ιζήματα, ειδικά στα περιθώρια και στο εσωτερικό των νεοτεκτονικών λεκανών. Με την εξαίρεση του κεντρικού τμήματος του ανατολικού ρηξιγενούς περιθωρίου του Ταϋγέτου, το οποίο είναι πολύ καλά εκφρασμένο και ορατό στην επιφάνεια, η υπόλοιπη περιοχή μεταξύ των ορεινών μαζών του Ταϋγέτου και του Πάρνωνα και των προς Νότο και προς Βορρά απολήξεών τους, είναι πολύ πιθανό να περιλαμβάνει τέτοιες (κρυμμένες) δομές. Η γεωμετρία και μόνον της λεκάνης της Σπάρτης είναι μια αρκετά ισχυρή ένδειξη για να αποτελέσει έναυσμα για τη διερεύνηση αυτών των δομών.

Η τεκτονική και παλαιογεωγραφική εξέλιξη της περιοχής έρευνας είναι, παρόλη την πληθώρα ερευνητικών εργασιών και στοιχείων που αφορούν την ευρύτερη περιοχή δύσκολα ανιχνεύσιμη. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιούνται και συντίθενται όλα τα διαθέσιμα στοιχεία από τις διάφορες υφιστάμενες πηγές πληροφόρησης, ενώ αναγκαστικά εκεί που υπάρχουν κενά ως προς τα στοιχεία, αυτά συμπληρώνονται με την πιο ευλογοφανή υποκειμενική υπόθεση.

2.2.1. Γεωδυναμικό πλαίσιο της ευρύτερης περιοχής

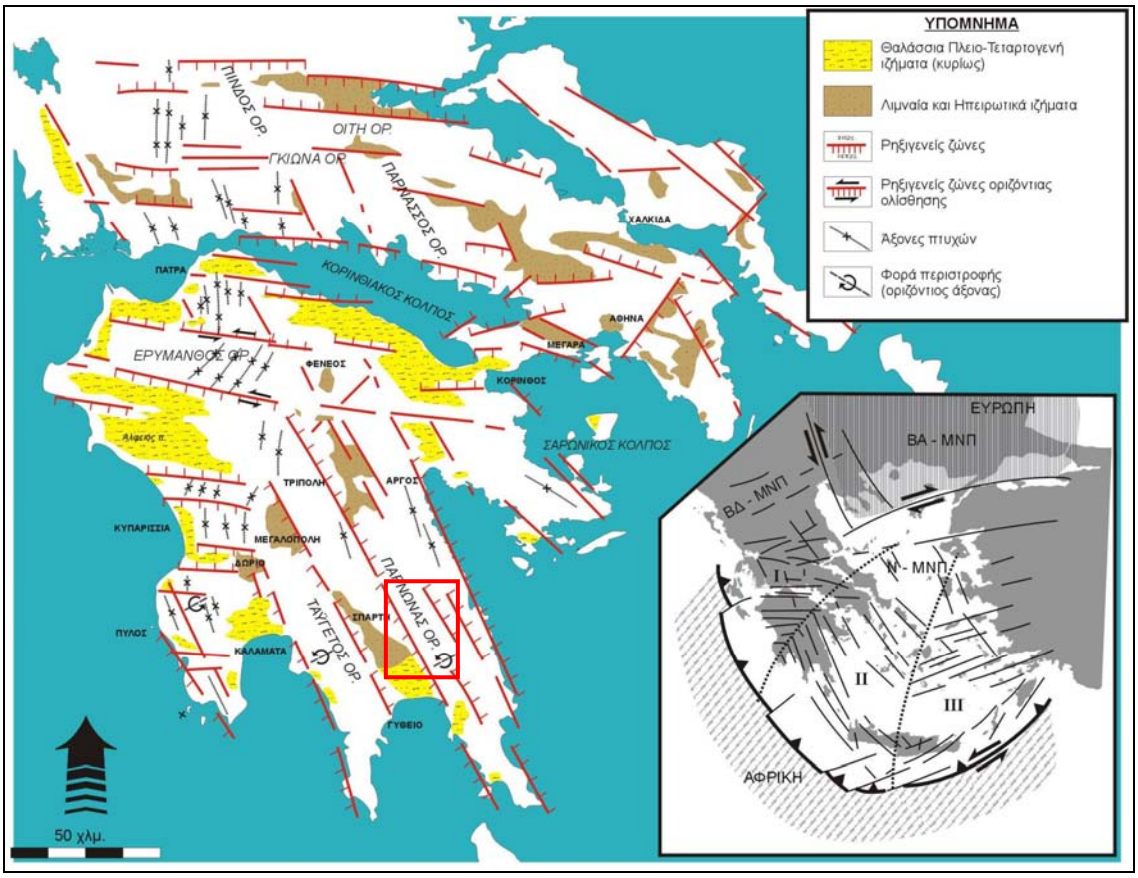
Η περιοχή της Λακωνίας βρίσκεται σε ένα χώρο που αντιστοιχεί στη γεωδυναμική θέση της μεταβατικής ζώνης του νησιωτικού τόξου, και ταυτόχρονα είναι πολύ κοντά τόσο στο μέτωπο της υποβύθισης της αφρικανικής λιθόσφαιρας κάτω από τη λιθόσφαιρα του Αιγαίου στα δυτικά – νοτιοδυτικά (ζώνη συμπίεσης), όσο και στη ζώνη εφελκυσμού στην οπισθοτάφρο του τόξου (Μυρτώο πέλαγος). Αυτό σημαίνει πως είναι αναμενόμενο στο βάθος να δημιουργούνται τεκτονικές δομές που χαρακτηρίζουν τη συμπίεση στο χώρο των (υπο-)επωθήσεων, ενώ στην επιφάνεια η τεκτονική παραμόρφωση να εκφράζεται με δομές που εκφράζουν εφελκυσμό με επικράτηση της βαρύτητας.

Λαμβάνοντας υπόψη τις απόψεις που ερμηνεύουν τη γεωδυναμική εξέλιξη της περιοχής ως αποτέλεσμα εκταφής ή κατάρρευσης στα περιθώρια μεταμορφικών πυρήνων, είναι επίσης αναμενόμενο το ταχύ πέρασμα από το βάθος στην επιφάνεια να έχει οδηγήσει στη διατήρηση και των παλιότερων δομών συμπίεσης στον τεκτονικό ιστό των αλπικής ηλικίας πετρωμάτων, ενώ στη θέση αυτή οι κυρίαρχες δομές είναι πιθανότατα τα κανονικά ρήγματα και οι βαρυτικές ολισθήσεις.



Εικ. 99 – Σχηματική εγκάρσια τομή ενός ορογενετικού τόξου με διάκριση των εντατικών πεδίων και των επί μέρους τεκτονικών δομών επιφανείας και βάθους (από Παπανικολάου – Καροτσιέρης, 2006). Στο σχήμα έχει σημειωθεί η θέση της ευρύτερης περιοχής έρευνας.

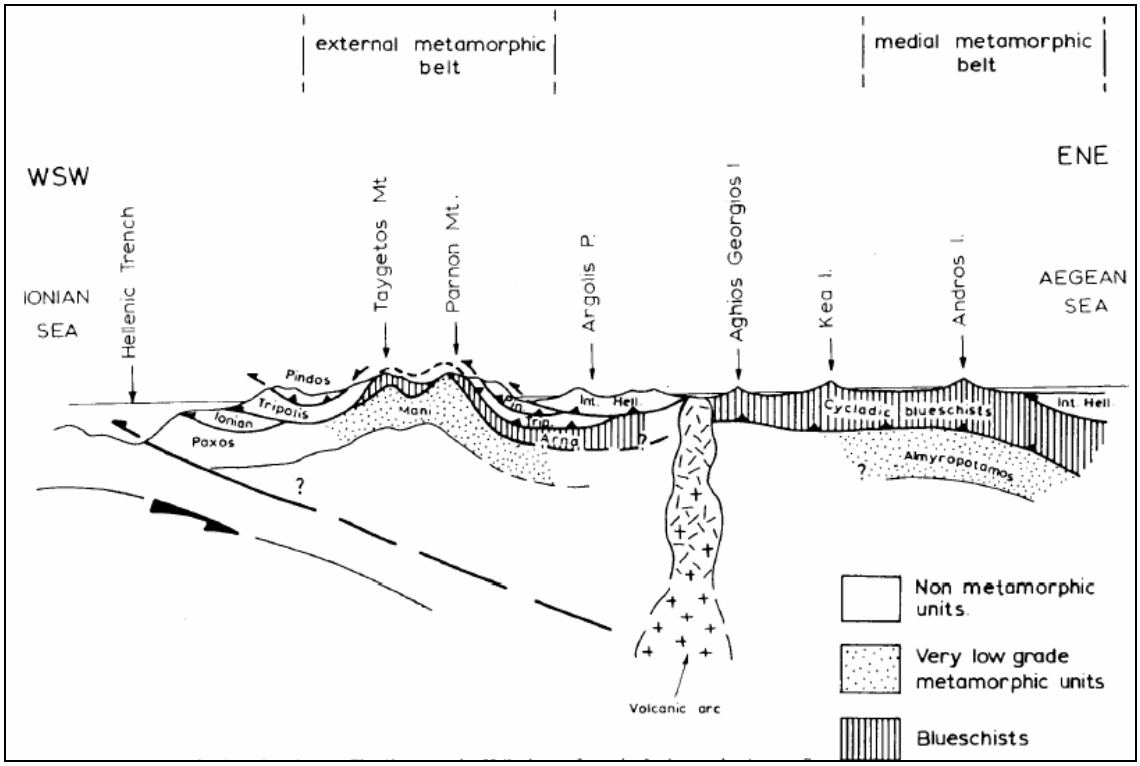
Οι Mariolakos & Papanikolaou (1981), μελετώντας από παλαιογεωγραφική και γεωδυναμική άποψη τις νεογενείς λεκάνες του τόξου του Αιγαίου, διέκριναν τρεις μορφοτεκτονικούς τομείς, λαμβάνοντας υπόψη τη γεωγραφική κατανομή των λεκανών, τις σημερινές λεκάνες του Αιγαίου και τα κύρια μορφοτεκτονικά χαρακτηριστικά της περιοχής νότια του Σπερχειού (νότια μορφονεοτεκτονική περιοχή του ελληνικού χώρου). Οι τρεις περιοχές είναι α) το βορειοδυτικό τμήμα της Πελοποννήσου και της Στερεάς Ελλάδας, με ανάπτυξη λεκανών κατά τη διεύθυνση Α-Δ, β) το νοτιοανατολικό τμήμα της Πελοποννήσου, το βορειοδυτικό τμήμα των Κυκλάδων με τη νότια Αττική και τη νότια Εύβοια και το δυτικό τμήμα της Κρήτης με ανάπτυξη κατά τη διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ και γ) το ανατολικό τμήμα των Κυκλάδων με την Ικαρία και τη Σάμο, τα Δωδεκάνησα και η ανατολική Κρήτη, με ανάπτυξη κατά τη διεύθυνση ΑΒΑ-ΔΝΔ. Οι συγγραφείς περιέγραψαν ένα σχέδιο σχήματος Ζ που σχηματίζεται από την επαλληλία των παραπάνω δομών, υπογραμμίζοντας ότι οι δύο νοτιότερες περιοχές είναι παράλληλες με τις αλπικές δομές και το ίδιο το τόξο του Αιγαίου, ενώ ο βορειοδυτικός τομέας είναι εγκάρσιος. Δόθηκαν δυο πιθανές ερμηνείες: είτε α) η δομή αυτή οφείλεται στην οριζόντιας ολίσθησης κίνηση διεύθυνσης της προέκτασης του βόρειου ρήγματος της Ανατολίας προς την περιοχή Σπερχειού – Πρέβεζας, είτε β) είναι αποτέλεσμα της ανάπτυξης μιας μεγασκοπικής λοξοζωνικής πτυχής με την ενεργοποίηση θραύσεων στο φλοιό λόγω του εντατικού πεδίου της περιοχής.



Εικ. 100 - Σχηματικός χάρτης των μεταλπικών λεκανών της Πελοποννήσου στον οποίο φαίνονται: α) οι κύριες περιθωριακές ρηξιγενείς ζώνες των νεογενών λεκανών β) η διάταξη των ρηγμάτων στο τόξο του Αιγαίου, το οποίο έχει διακριθεί σε τρεις περιοχές (Ι, ΙΙ, ΙΙΙ) (από Mariolakos & Papanikolaou, 1981, τροποποιημένο από Μαριολάκος, 2000). Το πλαίσιο δείχνει την ευρύτερη περιοχή έρευνας.

Οι Papanikolaou & Skarpelis (1987), μελετώντας τους κυανοσχιστόλιθους της Άρνας στην εξωτερική μεταμορφική ζώνη των ελληνίδων, καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι πρόκειται για «εξωτική» τεκτονικά και παλαιογεωγραφικά ενότητα σε σχέση με τις εξωτερικές ελληνίδες, και ότι, ευρισκόμενη στην

αντίστοιχη τεκτονική θέση με τους κυανοσχιστόλιθους των Κυκλάδων, πρόκειται στην ουσία για ενότητα με την ίδια προέλευση με αυτούς (είτε ως συνέχεια του ίδιου καλύμματος, είτε ως ξεχωριστά τεκτονικά τεμάχη). Φέρει δε κατά τους συγγραφείς τα σημάδια τεκτονικής παραμόρφωσης σε μεγάλο βάθος, σε αντίθεση τόσο με τα υποκείμενα, όσο και με τα υπερκείμενα καλύμματα.

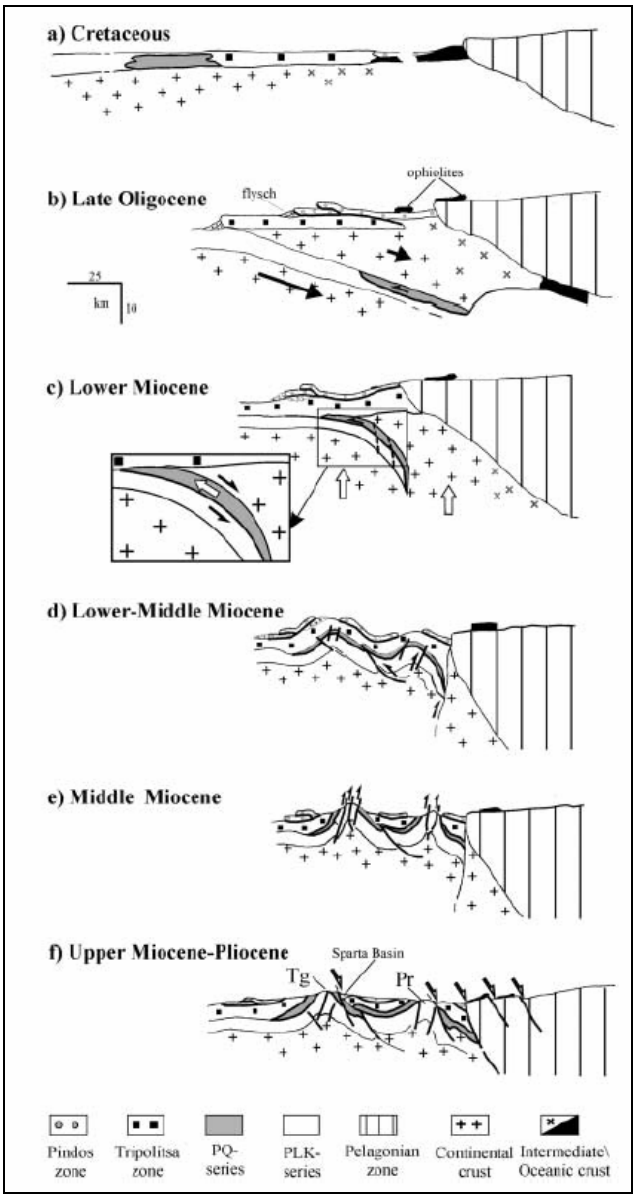


Εικ. 101 – Σχηματική τομή στο ελληνικό τόξο από το Ιόνιο προς το Αιγαίο πέλαγος. Η πιθανή συνέχεια των κυανοσχιστόλιθων της Αρνας στους κυανοσχιστόλιθους των Κυκλάδων εμφανίζεται ως τεκτονικό κάλυμμα ανάμεσα στην υποκείμενη ελαφρά μεταμορφωμένη Μάνη και τον Αλμυροπόταμο, και τις υπερκείμενες αμεταμόρφωτες ενότητες (Ιόνια, Τρίπολη, Πίνδος και εσωτερικές ελληνίδες) (Papanikolaou & Skarpelis, 1987).

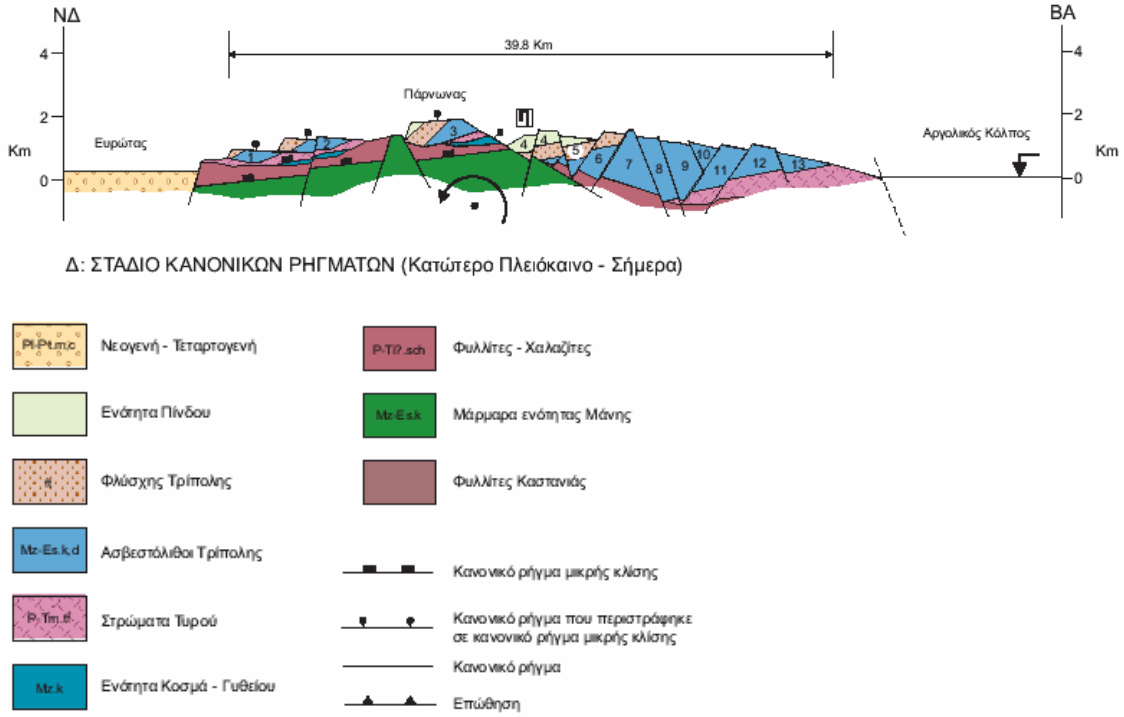
Οι Doutsos et al. (2000) περιέγραψαν ένα μοντέλο που συνδυάζει μια δομή εξώθησης των μεταμορφωμένων πετρωμάτων της νότιας Πελοποννήσου με επωθήσεις προς το εξωτερικό αλλά και το εσωτερικό του τόξου, και με την εκταφή τους και την κατάρρευση του ορογενούς στη συνέχεια. Οι συγγραφείς παρατήρησαν ότι οι επωθήσεις τόσο στον Ταΰγετο όσο και στον Πάρνωνα δείχνουν παρόμοια γεωμετρία και προς τα νότια εξελίσσονται σε back-thrust. Θεώρησαν επίσης ότι οι πλακώδεις ασβεστόλιθοι του Πάρνωνα είναι αλλόχθονοι σε σχέση με αυτούς του Ταΰγετου, και ερμηνεύουν έτσι τις διαφορές που παρατηρούν στον τεκτονικό ιστό μεταξύ των δύο μαζών. Επίσης σημείωσαν ότι παρόλο που και τα δύο ρήγματα επανενεργοποιήθηκαν κατά την ύστερη ορογενετική περίοδο ως κανονικά ρήγματα, οι αθροιστικές κατακόρυφες μετατοπίσεις στο παράθυρο του Πάρνωνα είναι μικρότερες (σ.σ. από τον Ταΰγετο) και δεν συνέβη ανάπτυξη λεκανών και απόθεση ιζημάτων.

Ο Σκούρτσος (2002) μελετώντας την τεκτονική δομή των ανατολικών ορίων του τεκτονικού παραθύρου του Πάρνωνα αναφέρει ότι «*η φυσικογεωγραφία της περιοχής ελέγχεται από τα κανονικά ρήγματα που ακολούθησαν την εφελκυστική φάση των αποκολλήσεων… από τον Αργολικό Κόλπο και προς τα δυτικά διακρίνονται τρεις μεγάλες μορφολογικές περιοχές: α) τα υψίπεδα της επαρχίας της Κυνουρίας, β) ο κεντρικός πυρήνας της οροσειράς του Πάρνωνα με τις υψηλότερες κορυφές του και γ) η ημιορεινή περιοχή δυτικά της οροσειράς που φτάνει μέχρι την πεδινή λεκάνη της Σπάρτης. Τα όρια αυτών των περιοχών είναι τεκτονικά και πρόκειται για μεγάλης κλίσης κανονικά ρήγματα. Αυτά τα νέα ρηξιγενή συστήματα αποτελούνται από κανονικά ρήγματα, διεύθυνσης ΒΔ-ΝΑ έως Β-Ν, σπανιότερα ΒΑ-ΝΔ. Πρόκειται για ρήγματα που είτε αναπτύσσονται σε*

κλιμακωτή διάταξη, οπότε και συνιστούν επιμέρους ρηξιτμήματα μίας μεγαλύτερης ρηξιγενούς ζώνης, είτε είναι ανεξάρτητα και μεμονωμένα ρήγματα που μπορεί να έχουν μήκος αρκετών χιλιομέτρων. Η νεότερη αυτή παραμορφωτική φάση σχετίζεται με την ανύψωση της οροσειράς του Πάρνωνα και με τη μετάθεση σε διαφορετικά υψόμετρα των παλαιοτέρων εφελκυστικών δομών. Επίσης, τα ίδια ρήγματα τέμνουν για πρώτη φορά την πιο βαθιά τεκτονική ενότητα της Μάνης και παραμορφώνουν τις συμπιεστικές δομές αυτής.» Ο συγγραφέας αναπτύσσοντας ένα πρότυπο τεκτονικής εξέλιξης της περιοχής έρευνας, υποστηρίζει ότι η περιοχή υπέστη δύο στάδια εφελκυσμού στην τελευταία φάση παραμόρφωσης της στήλης των πετρωμάτων, με το πρώτο να χαρακτηρίζεται από ρήγματα αποκόλλησης, μικρής κλίσης (αρχικό και ύστερο στάδιο αποκολλήσεων), που δεν επηρεάζουν την αυτόχθονη ενότητα, ενώ ταυτόχρονα αυτή εξακολουθούσε να παραμορφώνεται υπό καθεστώς συμπίεσης, ενώ το δεύτερο στάδιο (στάδιο κανονικών ρηγμάτων) χαρακτηρίζεται από κανονικά ρήγματα μεγάλης κλίσης και επηρεάζει όλη τη στήλη των πετρωμάτων. Σε αυτό το τελευταίο στάδιο αποδίδεται και η δημιουργία των λεκανών της Σπάρτης και του Βρονταμά και η πλήρωσή τους με μεταλπικά ιζήματα του Άνω Πλειοκαίνου και του Τεταρτογενούς.



Εικ. 102 – Προτεινόμενο μοντέλο εξέλιξης της ανάπτυξης της νότιας Πελοποννήσου κατά μήκος μιας τομής μεταξύ Ταϋγέτου και Πάρνωνα (Doutsos et al., 2000).

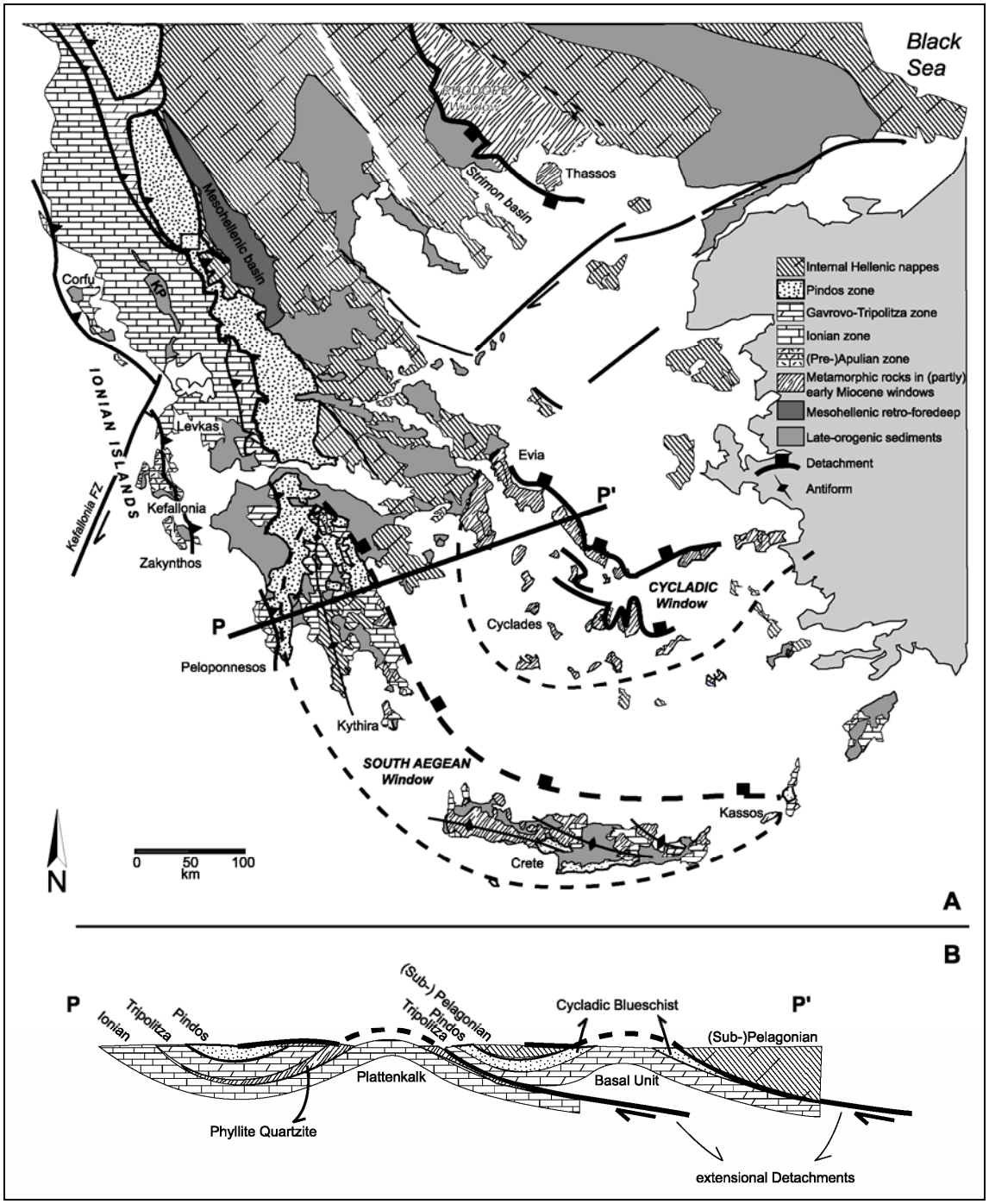


Εικ. 103 – Τομή του Πάρνωνα από τη λεκάνη της Σπάρτης ως τον Αργολικό κόλπο, στο τελευταίο στάδιο εξέλιξης της περιοχής (Σκούρτσος, 2002). Ο Σκούρτσος περιγράφει στο στάδιο αυτό τη δράση των κανονικών ρηγμάτων που αναπτύσσονται από το Κ. –Μ. Πλειόκαινο και δρουν μέχρι σήμερα. «Από τη δράση των ρηγμάτων που κλίνουν προς τα βορειοανατολικά προκαλείται περιστροφή των μεγάλων ρηξιτεμαχών που αυτά ορίζουν προς τα νοτιοδυτικά, περιστρέφοντας την ίδια στιγμή και τις πρώιμες και ανενεργές πλέον εφελκυστικές δομές. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα οι αρχικά οριζόντιες αποκολλήσεις να αποκτήσουν μικρές κλίσεις προς τα νοτιοδυτικά δίνοντας σήμερα την εντύπωση ότι πρόκειται για μικρής κλίσης ανάστροφες ρηξιγενείς επιφάνειες».

Οι van Hinsbergen et al (2005) περιέγραψαν στην περιοχή του νότιου Αιγαίου ένα «ψυχρό μεταμορφικό πυρήνα» που οριοθετείται προς τα πάνω από μια αποκόλληση μεγάλης κλίμακας, η οποία βρίσκεται κάτω από το «θερμό μεταμορφικό πυρήνα» των Κυκλάδων. Η εκταφή των μεταμορφωμένων πετρωμάτων του νοτίου Αιγαίου αποδίδεται στην αποκόλληση αυτή μεταξύ του «θερμού» και του «ψυχρού» μεταμορφικού πυρήνα. Κατά τους ίδιους, το ρήγμα αποκόλλησης στη νότια Πελοπόννησο είναι πτυχωμένο και στη συνέχεια τετμημένο από κανονικά ρήγματα. Οι συγγραφείς συμπέραναν ότι η εκταφή των πετρωμάτων έγινε από ένα βάθος περίπου 25 χιλιομέτρων, και μια απόσταση από τους φυλλίτες της Καστανιάς (άξονας της εκταφής, στην αντιμορφή του Ταϋγέτου) ως το εξωτερικό όριο του ρήγματος αποκόλλησης γύρω στα 45 χιλιόμετρα, πριν από την παραμόρφωση που ακολούθησε την εκταφή. Έτσι, υπολογίζουν γωνία κλίσης περίπου 30^{o} θεωρώντας ότι η κλίση αυτή μειώνεται με το βάθος. Η αποκόλληση αυτή προσδιορίζεται στο υπόβαθρο της ανθρακικής σειράς της Τρίπολης, δηλαδή στα στρώματα Τυρού και τη σειρά Φυλλιτών – Χαλαζιτών. Οι van Hinsbergen et al. (2005) θεωρούν ότι πρωτογενώς η επαφή της Τρίπολης με το υπόβαθρό της είναι μια ασυμφωνία, η οποία κατά τους Ring et al (2001) λειτούργησε σαν επιφάνεια αποκόλλησης. Οι συγγραφείς παρατήρησαν επίσης ότι σε πολλές περιοχές στην Κρήτη[21] η σειρά φυλλιτών – χαλαζιτών έχει εξαλειφθεί ανάμεσα

[21] Αυτό συμβαίνει κατά θέσεις και στη συγκεκριμένη περιοχή έρευνας.

στους πλακώδεις ασβεστόλιθους και την Τρίπολη, και η αποκόλληση βρίσκεται πλέον μεταξύ αυτών των δύο ανθρακικών σειρών.



Εικ. 104 – Γεωλογικός χάρτης της περιοχής του Αιγαίου, τροποποιημένος από Bornovas and Rontogianni_Tsiabaou (1983), Dinetr (1998, Meco and Aliaj (2000) και Jolivet et al. (2004). Από van Hinsbergen et al. (2005).

Παρόλο που όπως φαίνεται από τα παραπάνω, υπάρχουν πλείστες, συγκλίνουσες ή αποκλίνουσες απόψεις σχετικά με την τεκτονική δομή και εξέλιξη της περιοχής, υπάρχουν ωστόσο κάποια σημεία που φαίνεται να είναι κοινά αποδεκτά:

- Οι κυρίαρχες ρηξιγενείς δομές στην περιοχή έχουν διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ, και αυτές είναι υπεύθυνες για τη σημερινή φυσικογεωγραφία.
- Παρατηρείται λέπτυνση των αλλόχθονων καλυμμάτων (Τρίπολη, Πίνδος, φυλλίτες).
- Η σειρά φυλλιτών – χαλαζιτών έχει διαδραματίσει πολύ σημαντικό ρόλο στην τεκτονική εξέλιξη της περιοχής, οριοθετώντας αφενός τις αλλόχθονες ενότητες, αλλά και τις διαφορές μεταξύ αλλόχθονων – αυτόχθονων ενοτήτων σε σχέση με τον τύπο της παραμόρφωσης.
- Εκτός από τον αρχικό (συμπιεστικό-διατμητικό) χαρακτήρα των επιφανειών επώθησης μεταξύ των καλυμμάτων, έχει διαπιστωθεί πάνω σε αυτές και κίνηση με τη μορφή ολίσθησης (βαρύτητα, εφελκυσμός) σε μεγάλη κλίμακα, κατά την εκταφή/εξώθηση των μεταμορφωμένων πετρωμάτων.
- Παρατηρείται περιστροφή προς τα νοτιοδυτικά των μεγάλων ρηξιτεμαχών του κεντρικού Πάρνωνα.

2.2.2. Τεκτονικές παρατηρήσεις στην περιοχή έρευνας

Στα προηγούμενα κεφάλαια αναφέρθηκε ότι τα αποθέματα υπογείων υδάτων της περιοχής εντοπίζονται κατά κύριο λόγο στους ανθρακικούς καρστικούς σχηματισμούς του ανθρακικού τμήματος της ενότητας Μάνης και της ενότητας Τρίπολης. Επίσης έγινε αναφορά στο ρόλο της τεκτονικής παραμόρφωσης των σχηματισμών αυτών, τόσο στην εξέλιξη της καρστικοποίησης των πετρωμάτων αυτών, όσο και στη γενική κυκλοφορία του νερού μέσα στη μάζα τους. Στις παραγράφους που ακολουθούν θα γίνει μια προσπάθεια να εξακριβωθούν οι συνθήκες κίνησης του υπόγειου νερού μέσα στη μάζα των ανθρακικών σχηματισμών, αλλά και οι συνθήκες επικοινωνίας μεταξύ των καρστικών υδροφόρων. Ο σημαντικός ρόλος της σειράς φυλλιτών – χαλαζιτών σε σχέση με την τεκτονική παραμόρφωση των καλυμμάτων στη νοτιοανατολική Πελοπόννησο, όπως αναδεικνύεται από τη βιβλιογραφία, έχει μια επιπλέον ιδιαίτερη σημασία στην υδρογεωλογία. Η παρουσία ή απουσία του καλύμματος αυτού ανάμεσα στις δυο ανθρακικές σειρές καθορίζει τις συνθήκες επικοινωνίας τους. Εξάλλου, η ίδια η μορφολογία της επαφής του καλύμματος με τους υπερκείμενους ασβεστόλιθους της Τρίπολης καθορίζει τους άξονες υπόγειας αποστράγγισης στο ολοκαρστικό σύστημα του αλλόχθονου. Τέλος, ο ρηξιγενής ιστός των πλέον πρόσφατων ρηγμάτων (που είναι μεγάλης κλίσης επιφάνειες και διαμπερείς δομές σε σχέση με την επαλληλία όλων των καλυμμάτων) έχει ιδιαίτερη σημασία καθώς μπορεί είτε να απομονώνει ρηξιτεμάχη με διαφορετικό κινηματικό χαρακτήρα και χαρακτηριστικά υπόγειας αποστράγγισης, είτε να προκαλεί συνθήκες επικοινωνίας μεταξύ υδροφόρων οριζόντων που είναι απομονωμένοι μέσω των φυλλιτών - χαλαζιτών[22].

Σύμφωνα με τα παραπάνω, για να εξακριβωθεί, τουλάχιστον σε αδρές γραμμές, η κυκλοφορία των υπογείων υδάτων στην περιοχή, έχει σημασία να διερευνηθούν τα εξής:

- Η παρουσία ή απουσία της σειράς φυλλιτών – χαλαζιτών (ή των στρωμάτων Τυρού) μεταξύ των ασβεστόλιθων της Τρίπολης και των πλακωδών ασβεστόλιθων. Η πληροφόρηση αυτή θα προέλθει από το γεωλογικό χάρτη της περιοχής.
- Η γεωμετρία της επαφής των ασβεστολίθων της Τρίπολης με τους φυλλίτες, όπου αυτοί υπάρχουν. Το σκοπό αυτό εξυπηρετεί η κατασκευή του υπεδαφικού τεκτονικού χάρτη της συγκεκριμένης επαφής.

[22] Υπενθυμίζεται πάντως ότι σε κάθε περίπτωση οι φυλλίτες – χαλαζίτες θεωρούνται αδιαπέρατοι σχηματισμοί μόνο σε σχέση με τα υποκείμενα και υπερκείμενα καρστικά συστήματα. Στην πραγματικότητα, στις περιοχές όπου υπάρχει καλά ανεπτυγμένο σύστημα ασυνεχειών, ικανό πάχος και επαρκής επιφανειακή ή πλευρική τροφοδοσία, οι φυλλίτες – χαλαζίτες υδροφορούν και, ελλείψει άλλων εναλλακτικών λύσεων, φιλοξενούν εκμεταλλεύσιμα ή τουλάχιστον στρατηγικά αποθέματα νερού, παρά τα προβλήματα ποιότητας που παρουσιάζονται συχνά, λόγω της υψηλής συγκέντρωσης ιόντων σιδήρου.

- Η γεωμετρία των ρηγμάτων στους ασβεστόλιθους, κυρίως των ανθρακικών πετρωμάτων, και ειδικότερα των ρηγμάτων μεγάλης κλίσης. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται τα ροδογράμματα των ρηγμάτων ανά ενότητα και ανά περιοχή.

2.2.2.1. Ανάπτυξη του καλύμματος φυλλιτών – χαλαζιτών

Η παρουσία των φυλλιτών – χαλαζιτών σε εμφανίσεις στην επιφάνεια αναπτύσσεται κυρίως στα περιθώρια των πλακωδών ασβεστόλιθων ως τεκτονικά υπερκείμενο, και στα περιθώρια των ασβεστόλιθων Τρίπολης, ως υποκείμενο. Έτσι, επειδή οι εμφανίσεις των ανθρακικών πετρωμάτων παρουσιάζουν μια επιμήκη διάταξη κατά τη διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ, οι φυλλίτες – χαλαζίτες εμφανίζονται σε «λωρίδες» ανάμεσά τους (περιοχή Αγριάνων – Καλλιθέας, περιοχή Γκοριτσάς). Επίσης, εμφανίζονται στην περιοχή της Χρύσαφας, σε επαφή με τους πλακώδεις ασβεστόλιθους, μέσω σύνθετων τεκτονικών επιφανειών, που θα παρουσιαστούν παρακάτω. Επίσης, είναι βεβαιωμένη η παρουσία τους κάτω από τα μεταλπικά ιζήματα της περιοχής ανατολικά του Αφισού ενώ οι κυριότερες εμφανίσεις τους αναπτύσσονται βορειοδυτικά της περιοχής έρευνας, στην περιοχή βόρεια της συμβολής του Οινούντα με τον Ευρώτα.

Ως προς την παρουσία των πετρωμάτων της σειράς κάτω από τους ασβεστόλιθους της Τρίπολης, πρέπει να επισημανθεί ότι σε αρκετές περιοχές δεν επιβεβαιώνεται, ενώ σε άλλες βεβαιώνεται η απουσία τους. Στην περιοχή του ρέματος Σωφρόνι, επιβεβαιώνεται η παρουσία της σειράς κάτω από τους ασβεστόλιθους, καθώς εμφανίζονται τόσο γύρω από τους ασβεστόλιθους, όσο και σε γεωτρήσεις κάτω από αυτούς. Στο κάλυμμα της περιοχή Ψάρι – Πρ. Ηλίας στα ορεινά της περιοχής επιβεβαιώνεται η παρουσία των σχηματισμών της σειράς, έστω και με μικρό πάχος, στο μεγαλύτερο τμήμα της επαφής με τους ασβεστόλιθους. Το ίδιο συμβαίνει και στην περιοχή της Γκοριτσάς.

Αντίθετα, στην περιοχή βόρεια της Καλλονής (σχεδόν μέχρι τη Χρύσαφα) οι ασβεστόλιθοι των δυο σειρών έρχονται σε απευθείας επαφή μεταξύ τους, γεγονός που δημιουργεί αμφιβολίες για την ανάπτυξη της σειράς και στην ευρύτερη περιοχή, κάτω από τους ασβεστόλιθους της Τρίπολης.

Γενικά μπορεί να διαπιστωθεί ότι οι εμφανίσεις της σειράς είναι πιο εκτεταμένες και με μεγαλύτερο πάχος στις περιοχές βορειοδυτικά της γραμμής Πολύδροσο – Αφισού, ενώ μειώνονται σημαντικά στην περιοχή του άξονα Κεφαλάς – Καλλονή.

2.2.2.2. Υπεδαφικός τεκτονικός χάρτης της επαφής Τρίπολης / Σειράς φυλλιτών-χαλαζιτών

Η πρώτη παρατήρηση που γίνεται στον υπεδαφικό τεκτονικό χάρτη της επαφής της ανθρακικής σειράς της Τρίπολης με το υπόβαθρό της, είναι ότι δεν υπάρχει μια ενιαία γεωμετρία για όλη την περιοχή. Οι συμμορφές και αντιμορφές που σχηματίζει η επιφάνεια αυτή, δεν παρουσιάζουν μια καθαρή διάταξη στο χώρο και σε κάποιες περιπτώσεις η γεωμετρία τους είναι δυσδιάκριτη. Αυτό φαίνεται ότι οφείλεται στο γεγονός ότι η επαφή αυτή είναι ισχυρά τεκτονισμένη και διαταραγμένη από τα ρήγματα που καθορίζουν τα τεκτονικά τεμάχη της περιοχής, που θα περιγραφούν και παρακάτω. Η πιο καθαρή δομή που εμφανίζεται στον υπεδαφικό χάρτη, είναι ένα ρηξιγενές σύγκλινο μεγάλης κλίμακας που αναπτύσσεται από την περιοχή βόρεια της Καλλονής και με άξονα ΒΒΔ-ΝΝΑ καλύπτει όλη την περιοχή από τις δυτικές απολήξεις των πλακωδών ασβεστόλιθων του νότιου Πάρνωνα, μέχρι τα Βαρδουνοχώρια βόρεια της Σκάλας. Η δομή αυτή περιλαμβάνει την περιοχή του βυθίσματος του Βρονταμά και τόσο το ανατολικό όσο και το δυτικό περιθώριό της σχηματίζεται σε μεγάλο μήκος από κανονικά ρήγματα. Σημειώνεται επίσης ότι, πέρα από τη γενική γεωμετρία του συγκλίνου, υπάρχει έντονη ρηξιγενής παραμόρφωση στο εσωτερικό τη δομής με μικρές τεκτονικές τάφρους και κέρατα, με αποτέλεσμα την παρουσία τεμαχών με αντίστοιχους σχηματισμούς σε διάφορα υψόμετρα ή βάθη από την επιφάνεια, κάτω από τα μεταλπικά ιζήματα, νοτιότερα των Αγίων Αναγύρων. Η δομή αυτή ξεκινά από υψόμετρα πάνω από 800 μέτρα βορειοανατολικά της Καλλονής με ένα ανοιχτό βορειοανατολικό σκέλος και με ένα ρηξιγενές απότομο δυτικό σκέλος στο βύθισμα της Καλλονής σε υψόμετρα 500-600 μέτρα. Στην περιοχή Γκοριτσάς – Αγίων Αναργύρων η υπεδαφική επιφάνεια βρίσκεται περίπου στα 250-450 μέτρα, ενώ από το Βρονταμά και προς τα νότια βυθίζεται διαδοχικά κάτω από τα 200 και από

τα 100 μέτρα, για να καταλήξει στην περιοχή της Σκάλας, κοντά ή και κάτω από το επίπεδο της στάθμης της θάλασσας. Αυτή η κλιμακωτή ταπείνωση της βάσης των ασβεστόλιθων της Τρίπολης προς τα νότια, φαίνεται ότι είναι και η κύρια αιτία που με την εξαίρεση της πηγής του Αγ. Στεφάνου στη Γκοριτσά, δεν υπάρχει άλλη εκδήλωση πηγών προς τα νότια, πριν από τη Σκάλα. Η κλίση της επαφής προς τα νότια και η ταπείνωσή της δείχνει ότι το υπόγειο νερό που κατεισδύει στους ασβεστόλιθους της Τρίπολης αναμένεται να ρέει προς τα νότια – νοτιοανατολικά σε ολοένα και μεγαλύτερο βάθος, χωρίς σημαντικά εμπόδια.

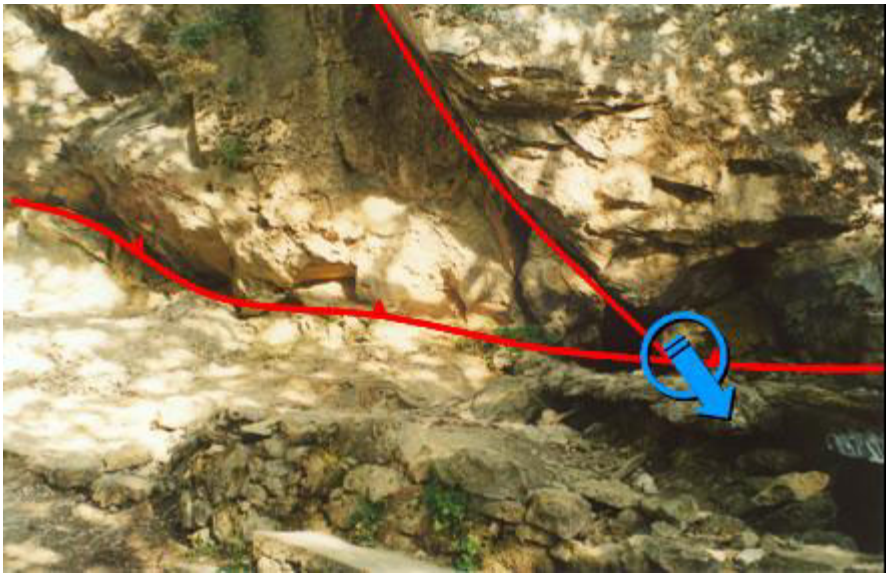
Η συγκλινική μορφή που περιγράφηκε παραπάνω τερματίζεται στο όριο της νοητής γραμμής Χρύσαφα – Αγριάνοι. Στην περιοχή των Αγριάνων εμφανίζεται ένα αντίκλινο με διεύθυνση περίπου Β-Ν, ανατολικά του οποίου οι ασβεστόλιθοι της Τρίπολης εκφορτίζονται στις μικρής δυναμικότητας πηγές του οικισμού. Δυτικά του αντικλίνου αυτού αναπτύσσεται το ανατολικό – νοτιοανατολικό σκέλος μιας συγκλινικής δομής με άξονα ΒΑ-ΝΔ, που καταλήγει και γίνεται πιο ξεκάθαρη στο ρέμα Σωφρόνι. Και αυτή η δομή δεν είναι αδιατάρακτη, αλλά αντιθέτως έχει διακοπεί από ρήγματα ΒΔ-ΝΑ, αλλά και από ρήγματα ΒΑ-ΝΔ, ακριβώς πάνω στην κοίτη (στον άξονα του συγκλίνου) του ρέματος. Ούτε σε αυτή την περίπτωση, που ο υπεδαφικός χάρτης καταλήγει σε άξονα συγκλίνου στην επιφάνεια δεν υπάρχει αξιόλογη πηγή, με βάση το μέγεθος των ασβεστόλιθων που φαίνεται ότι αποστραγγίζονται προς τα νοτιοδυτικά, με την εξαίρεση μικρών εκφορτίσεων στη βόρεια πλευρά της απόληξης των ασβεστόλιθων, αλλά και εσωτερικότερα στο ανθρακικό κάλυμμα, πάλι στη βόρεια πλευρά του άξονα αποστράγγισης.

Το κάλυμμα των ασβεστόλιθων της Τρίπολης στην υδροκριτική περιοχή του Πάρνωνα παρουσιάζει δύο σημαντικές εμφανίσεις στην περιοχή Κουτσογιάννενας και στην περιοχή Ψάρι – Πρ. Ηλίας – Πρεζέση. Στην πρώτη περίπτωση η επιφάνεια επαφής της ανθρακικής σειράς με το κλαστικό υπόβαθρο ξεκινά από τα 1500 μέτρα περίπου και κλίνει προς τα νοτιοδυτικά, ενώ διασχίζεται και από ρήγματα διεύθυνσης ΒΔ-ΝΑ, τα οποία επίσης την ταπεινώνουν προς την ίδια κατεύθυνση, για να φθάσει κάτω από τα 1000 μέτρα κοντά στα Βέροια. Το τμήμα αυτό του καλύμματος είναι στη νότια πλευρά του κεκαμμένο προς την κοιλάδα Ψητό Ρέμα, η οποία και το διαχωρίζει από το δεύτερο τμήμα (Ψάρι - Πρ. Ηλίας). Αυτή η κάμψη, σε συνδυασμό με τα ρήγματα που το διασχίζουν όπως προαναφέρθηκε, ευθύνεται για τις πηγαίες εκφορτίσεις στη βορειοδυτική πλευρά του Ψητού, (Ψητό, Ψηλή Βρύση, Μεταξωτού κ.λπ.). Η υπεδαφική επιφάνεια στο νοτιοανατολικό τμήμα του καλύμματος, ξεκινά από τα νοτιοανατολικά σε υψόμετρα περίπου 1780 μέτρα και φτάνει στα βορειοδυτικά και στα δυτικά σε υψόμετρα γύρω στα 1000 μέτρα, ενώ οι ανατολικές απολήξεις του βρίσκονται γύρω στα 1400-1500 μέτρα. Στη βορειοδυτική πλευρά κυρίως, και δευτερευόντως στη δυτική υπάρχουν πηγαίες εκφορτίσεις (Σούμου Βρύση, Ντούρου Βρύση), που και εδώ επηρεάζονται καταλυτικά από ρήγματα διεύθυνσης ΒΔ-ΝΑ που διασχίζουν το κάλυμμα.

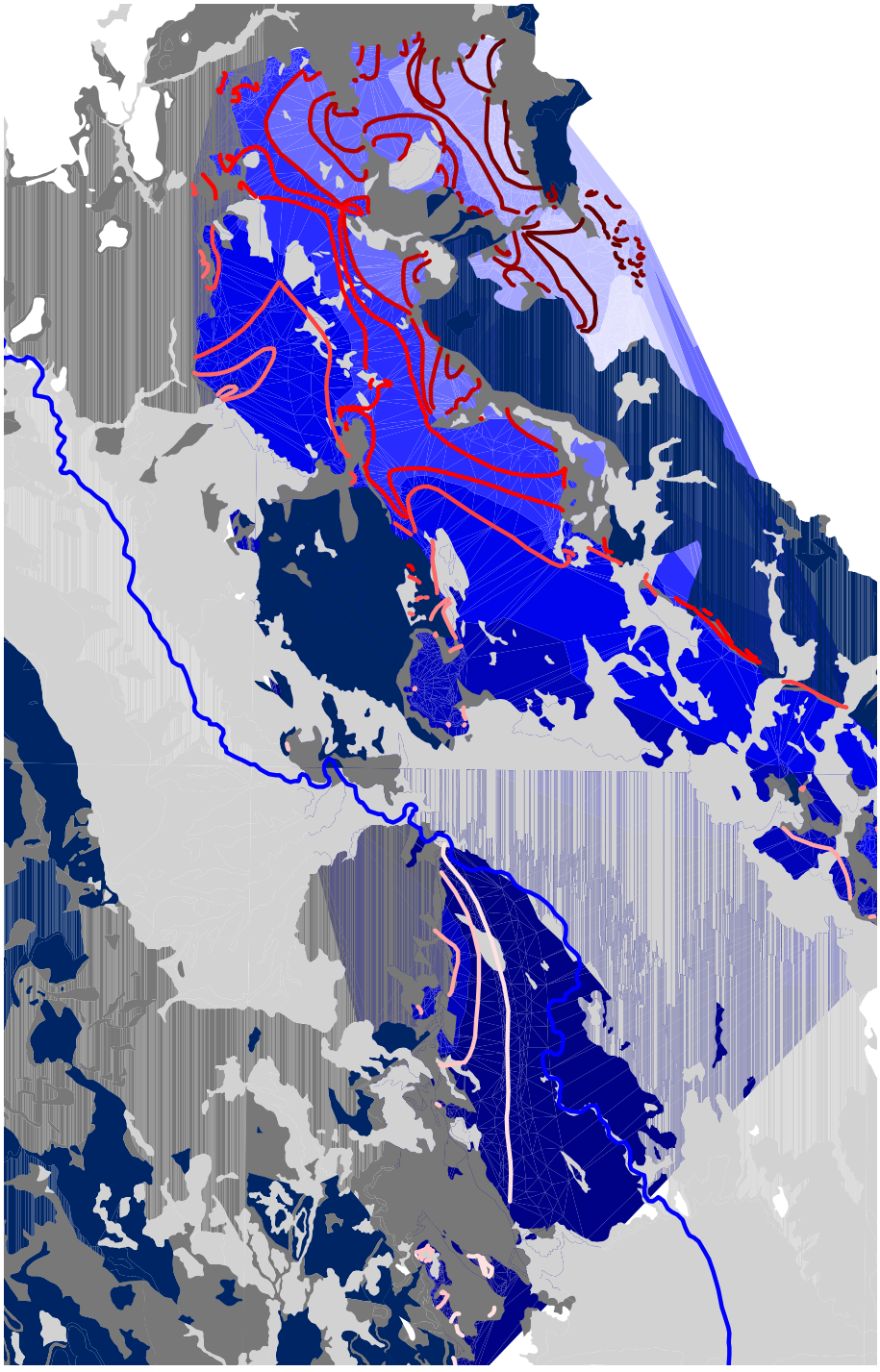
Αν συνεκτιμηθούν και οι δύο εμφανίσεις του καλύμματος, η συνολική εικόνα είναι, ως δομή πρώτης τάξης, μια συγκλινική μορφή με άξονα ΒΑ-ΝΔ στην περιοχή ανάμεσα στα δυο καλύμματα (Ψητό ρέμα), ανάλογη με αυτήν στο Σωφρόνι. Στη συγκεκριμένη περίπτωση πάντως, αυτή η δομή είναι πολύ πιο παραμορφωμένη από τα ρήγματα και πολύ πιο δυσδιάκριτη, καθώς μέσα στα ίδια τα ράκη αναπτύσσονται συγκλινικές και αντικλινικές μορφές που διακόπτονται από τις επιφάνειες των ρηγμάτων.

Ένα επιπλέον αξιοσημείωτο γεγονός για τις εμφανίσεις αυτές των ασβεστόλιθων είναι ότι, προς τα ανατολικά και προς τα δυτικά περιορίζονται από κανονικά ρήγματα που διασχίζουν την ενότητα των πλακωδών ασβεστόλιθων αντιθετικά ως προς τη μορφολογία, με αποτέλεσμα η δομή που περιλαμβάνει τα ράκη να είναι ένα τεκτονικό βύθισμα (και εν μέρει και γι' αυτό δεν έχουν διαβρωθεί ακόμα), που φαίνεται να έχει περιστραφεί προς τα δυτικά – νοτιοδυτικά, όπως φαίνεται από τα υψόμετρα της επαφής των ασβεστόλιθων με το υπόβαθρο.

Εικ. 105 – Μια απόληξη του βόρειου τμήματος του ανθρακικού καλύμματος (Κουτσογιάννενας) που εκφορτίζεται στο Ψητό ρέμα στη νότια πλευρά του (αριστερά στην φωτογραφία ο οικισμός Πολύδροσο).



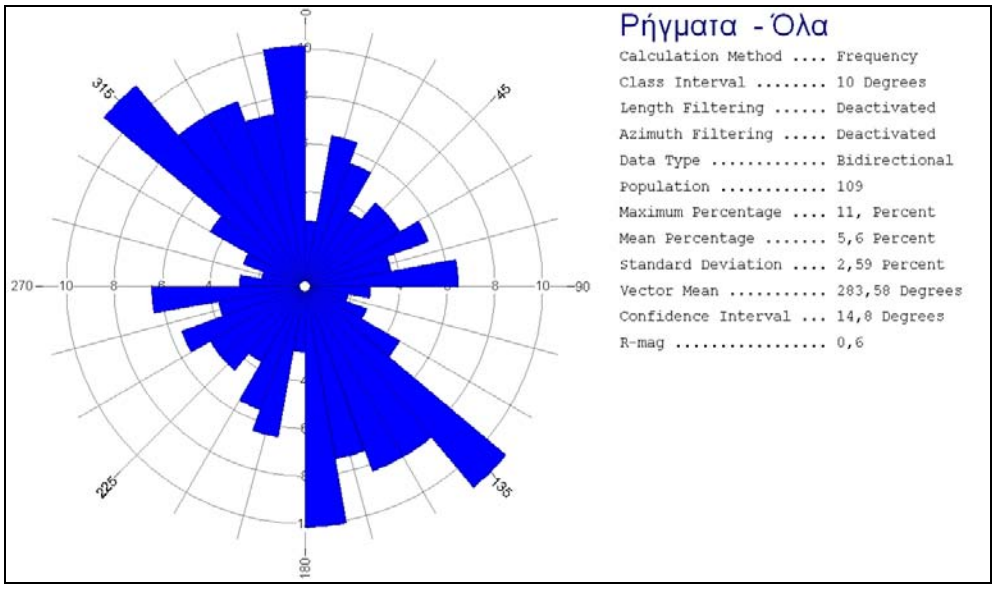
Εικ. 106 – Πηγή στη βόρεια πλευρά του νότιου τμήματος του καλύμματος (Ψάρι - Πρ. Ηλίας – Πρεζέση) που εκδηλώνεται ακριβώς στο σημείο που συνδέεται η υπεδαφική επιφάνεια της επαφής με το σχιστόλιθο, με ρήγμα στον ασβεστόλιθο.



Εικ. 107 – Υπεδαφικός χάρτης της επαφής της ανθρακικής σειράς της Τρίπολης με το υπόβαθρό της.

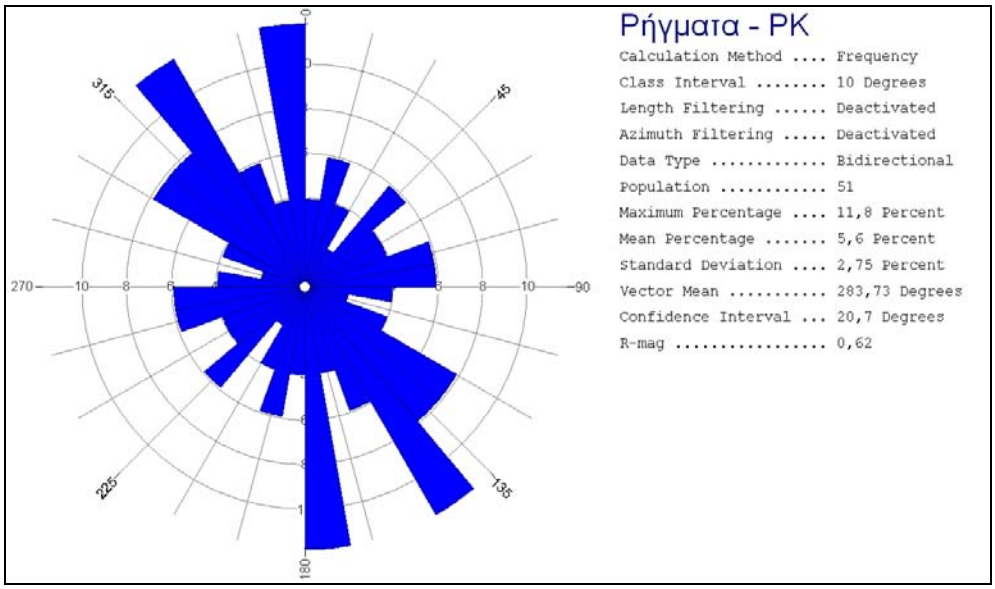
2.2.2.3. Ρηξιγενής τεκτονικός ιστός της περιοχής

Η εικόνα που προκύπτει από το ροδόγραμμα που προβλήθηκαν όλα τα ρήγματα που μετρήθηκαν σε όλους τους σχηματισμούς της περιοχής, επιβεβαιώνει σε γενικές γραμμές την παρατήρηση ότι γενικά οι κυρίαρχες διευθύνσεις των ρηγμάτων είναι ΒΔ-ΝΑ ως ΒΒΔ-ΝΝΑ. Επιπλέον, εμφανίζεται άλλη μια ομάδα με διευθύνσεις ΑΒΑ-ΔΝΔ ως ΒΑ-ΝΔ. Και οι δύο αυτές μεγάλες ομάδες εμφανίζουν μεγάλη διασπορά, σε τέτοιο βαθμό μάλιστα που δεν είναι ξεκάθαρο εάν πρόκειται για δύο μόνο ομάδες.



Εικ. 108 – Ροδόγραμμα διευθύνσεων του συνόλου των ρηγμάτων που μετρήθηκαν στην περιοχή έρευνας.

Στη συνέχεια κατασκευάστηκαν ροδογράμματα ξεχωριστά για καθεμιά από τις ενότητες που απαντώνται στην περιοχή, έτσι ώστε να διαπιστωθεί εάν υπάρχουν και ποιες διαφορές, στο ρηξιγενή ιστό από ενότητα σε ενότητα.

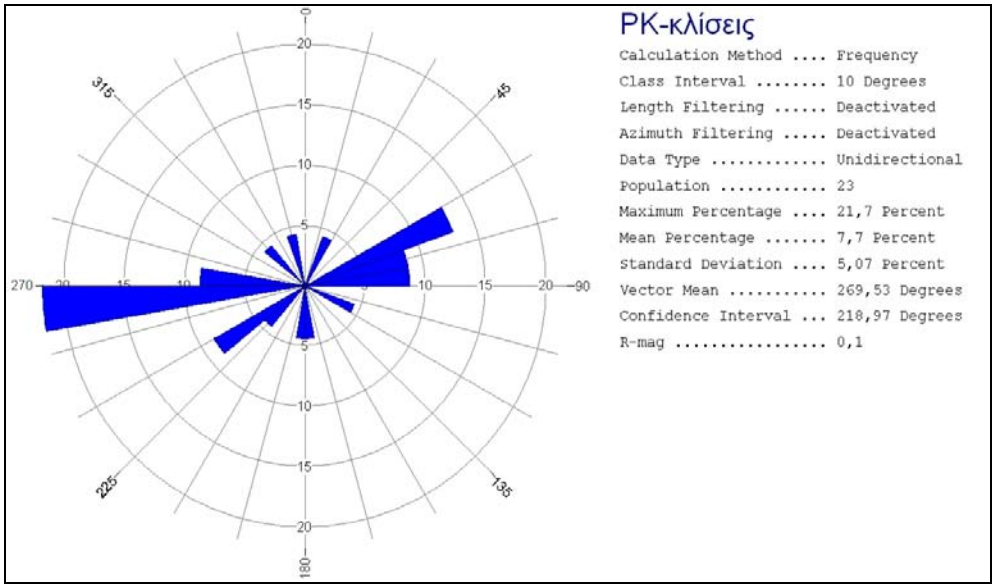


Εικ. 109 – Ροδόγραμμα διευθύνσεων των ρηγμάτων στους πλακώδεις ασβεστόλιθους.

Για τους πλακώδεις ασβεστόλιθους, οι μετρήσεις έδειξαν μια εικόνα παρόμοια με τη γενική κατάσταση που περιγράφηκε παραπάνω, με τη διαφορά ότι φαίνεται να διαχωρίζονται καλύτερα τα ρήγματα διεύθυνσης Β-Ν από τα ρήγματα διεύθυνσης ΒΔ-ΝΑ, ενώ παρατηρείται και εδώ μεγάλη διασπορά στις υπόλοιπες δευτερεύουσες διευθύνσεις, κυριότερη των οποίων φαίνεται να είναι η ΔΝΔ-ΑΒΑ. Οι μετρήσεις της φοράς μέγιστης κλίσης στους σχηματισμούς των πλακωδών ασβεστόλιθων δείχνουν

κλίσεις κυρίως προς τα Δ και δευτερευόντως προς τα Α, γεγονός που δείχνει και την ύπαρξη πτυχών μεγάλης κλίμακας με γενική διεύθυνση Β-Ν ως ΒΒΔ-ΝΝΑ.

Εικ. 110 – Σχεδόν κατακόρυφο ρήγμα διεύθυνσης ΒΒ⊥-ΝΝΑ (κλίση προς τα δυτικά – νοτιοδυτικά) σε πλακώδεις ασβεστόλιθους (περιοχή Κακόσκαλος).

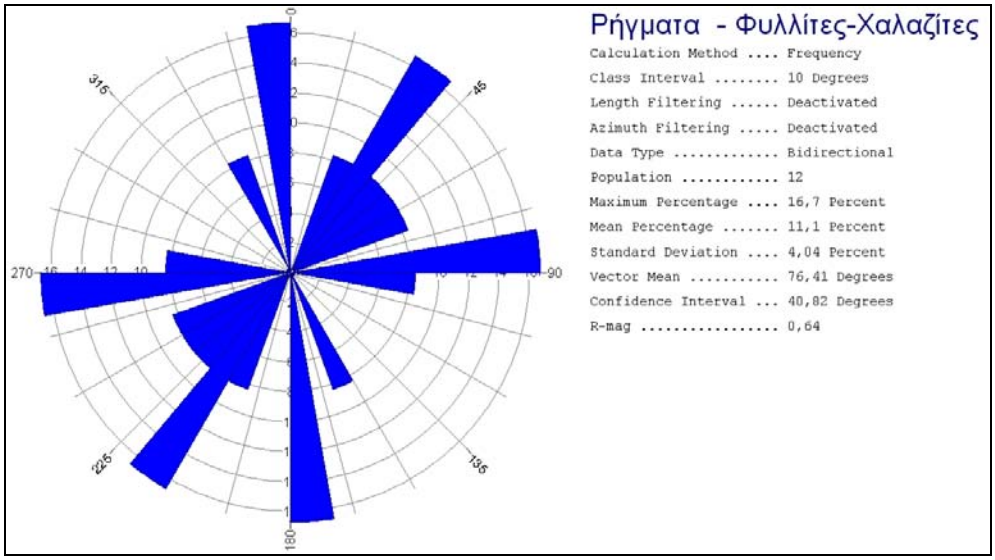


Εικ. 111 – Ροδόγραμμα φοράς μέγιστης κλίσης των στρωμάτων των σχηματισμών της ενότητας πλακωδών ασβεστολίθων.

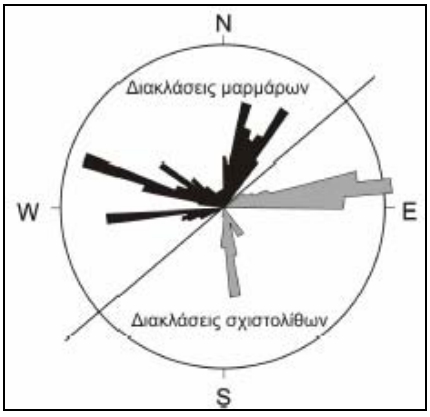
Στη σειρά φυλλιτών – χαλαζιτών, παραδόξως δεν εμφανίζονται οι βορειοδυτικές διευθύνσεις ρηγμάτων, αλλά αντίθετα, εκτός από ρήγματα ΒΒΔ-ΝΝΑ, εμφανίζονται διευθύνσεις ΒΑ-ΝΔ και ΑΒΑ-ΔΝΔ. Το γεγονός αυτό δεν μπορεί να εξηγηθεί μονοσήμαντα, με τα υφιστάμενα στοιχεία. Θα μπορούσαν όμως να διατυπωθούν τουλάχιστον τρεις ερμηνείες σχετικά με το φαινόμενο:

- Οι διευθύνσεις που δεν είναι κοινές, αντιστοιχούν σε φάσεις παραμόρφωσης που δεν είναι κοινές για τις δύο σειρές (διαφορετική τεκτονική εξέλιξη).
- Πρόκειται για διαφορές που οφείλονται στη λιθολογική διαφορά μεταξύ σχιστολίθων και μαρμάρων, η οποία έχει ως αποτέλεσμα τα ίδια επεισόδια παραμόρφωσης να αποτυπώνονται με διαφορετικό τρόπο στις δύο σειρές.
- Επειδή δεν είναι τυχαίες οι περιοχές που εμφανίζονται οι σχηματισμοί της κάθε σειράς, είναι πιθανόν οι διαφορές στις διευθύνσεις να οφείλονται στις ρηξιγενείς ζώνες που επικρατούν στην κάθε περιοχή.

Εξίσου ενδιαφέρον είναι το φαινόμενο που παρατηρείται στις σχιστότητες των φυλλιτών – χαλαζιτών, των οποίων οι φορές μέγιστης κλίσης είναι γενικά προς τα δυτικά (είτε βορειοδυτικές είτε νοτιοδυτικές). Με δεδομένο ότι οι περισσότερες πτυχές στη σειρά φυλλιτών – χαλαζιτών είναι ισοκλινείς ή κλειστές ημιανεστραμμένες ή κατακεκλιμένες, η εικόνα που δίνουν οι σχιστότητες ισχύει και για τα αξονικά επίπεδα των πτυχών (κλίση προς τα δυτικά).



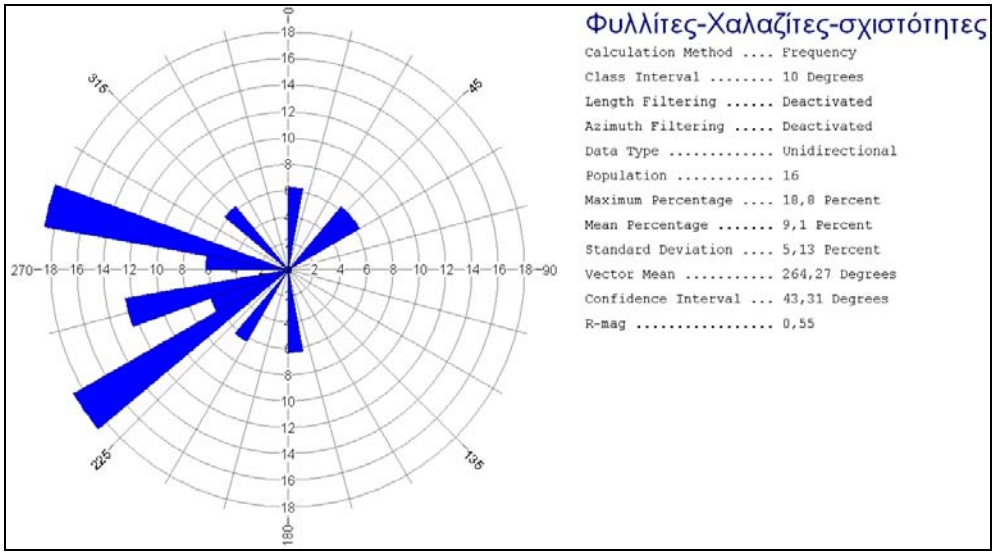
Εικ. 112 – Ροδόγραμμα διευθύνσεων των ρηγμάτων στους φυλλίτες – χαλαζίτες.



Εικ. 113 – Παράδειγμα με διαχωρισμένο ροδόγραμμα στο οποίο παρουσιάζεται η κατανομή των διευθύνσεων των διακλάσεων σε μάρμαρα και σχιστόλιθους της ίδιας ενότητας (από Παπανικολάου και Καροτσιέρης, 2005). Οι διαφορές στις διευθύνσεις των ασυνεχειών οφείλονται στη διαφορά της λιθολογίας.

Στην ανθρακική σειρά της Τρίπολης, η γενική εικόνα είναι πολύ πιο ξεκάθαρη και πιο «πολωμένη», σε σχέση με τις άλλες δύο ενότητες. Ανεξάρτητα από επιμέρους διαφοροποιήσεις σε συγκεκριμένες περιοχές, τα ρήγματα που απαντώνται στους ασβεστόλιθους της Τρίπολης έχουν κυρίως διευθύνσεις ΒΔ-ΝΑ, με μικρή διασπορά προς ΒΒΔ-ΝΝΑ και Β-Ν, και, κατά περιοχές, ρήγματα με διευθύνσεις ΒΑ-ΝΔ.

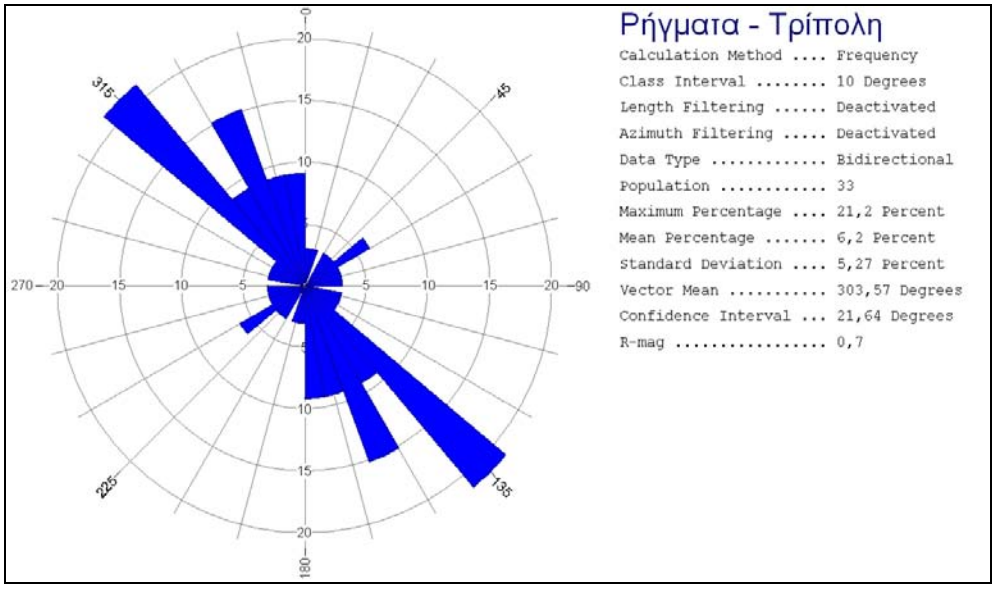
Στα ρήγματα των μεταλπικών σχηματισμών επικρατούν διευθύνσεις ΒΒΑ-ΝΝΔ, ΒΒΔ-ΝΝΑ και ΑΒΑ-ΔΝΔ. Πρέπει πάντως να σημειωθεί ότι τα ρήγματα που μετρήθηκαν στα μεταλπικά ιζήματα είναι ολιγάριθμα και ενδεχομένως να μην αποτελούν αντιπροσωπευτικό δείγμα για την περιοχή.



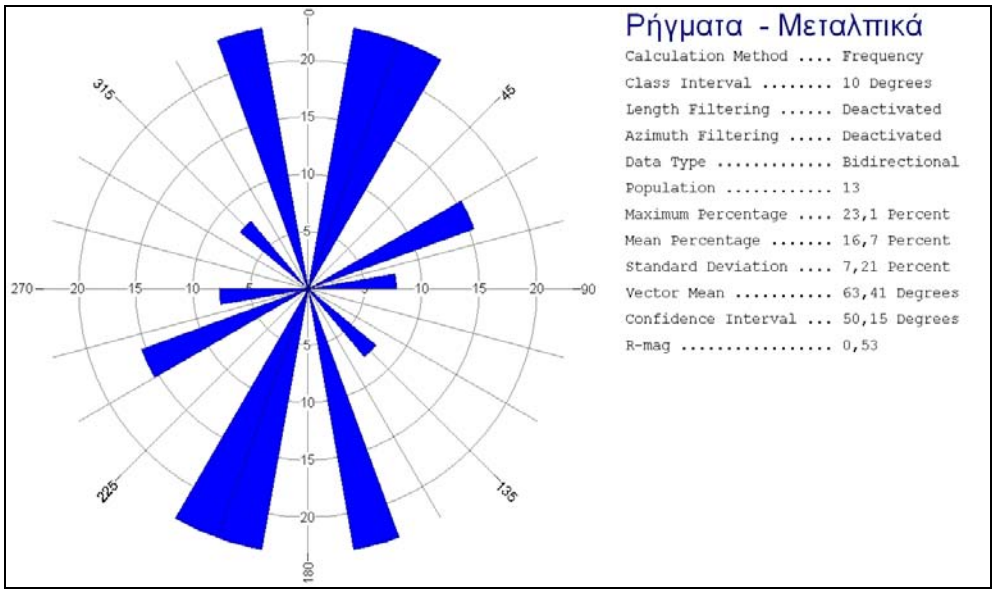
Εικ. 114 – Ροδόγραμμα φοράς μέγιστης κλίσης στις σχιστότητες των φυλλιτών – χαλαζιτών.

Εικ. 115 – Ρήγμα με διεύθυνση Β⊥-ΝΑ (88/220) με τεκτονικό λατυποπαγές αρκετών μέτρων, ισχυρή καρστικοποίηση και απόθεση ορυκτών και μεταλλικών οξειδίων (δεξιά) στην περιοχή ανατολικά των Αγριάνων. Πρόκειται για τμήμα μιας μεγάλης ρηξιγενούς ζώνης στο εσωτερικό του δυτικού Πάρνωνα.

Εικ. 116 – Κατοπτρική επιφάνεια ρήγματος διεύθυνσης Β⊥-ΝΑ (75/222) στην περιοχή ανάντη της Χρύσαφας. Διακρίνονται γραμμές προστριβής κατά κλίση.



Εικ. 117 – Ροδόγραμμα διευθύνσεων των ρηγμάτων που μετρήθηκαν σε σχηματισμούς της ενότητας Τρίπολης.



Εικ. 118 – Ροδόγραμμα των ρηγμάτων που μετρήθηκαν σε μεταλπικούς σχηματισμούς.

Εικ. 119 – Ρήγμα διεύθυνσης Β-Δ-ΝΑ (60/222) σε τεταρτογενείς σχηματισμούς στην περιοχή Σπηλιές (μεταξύ Αφισού – Χρύσαφας).

Εικ. 120 – Σχεδόν κατακόρυφο ρήγμα διεύθυνσης Α-Δ (89/355) στην περιοχή Καραγκίνη (δυτικά της Γκοριτσάς) που φέρνει σε επαφή πλακώδεις ασβεστόλιθους και μεταλπικούς (Α. Πλειόκαινο;) σχηματισμούς.

Εικ. 121 – Συστοιχία κατακόρυφων μικρορηγμάτων διεύθυνσης ΒΒΑ-ΝΝΔ (88/280) σε λιμναίες ανωπλειοκαινικές μάργες στην περιοχή της Σκούρας.

Από τα παραπάνω φαίνεται ότι, τουλάχιστον στους καρστικούς σχηματισμούς της περιοχής, τα συστήματα ασυνεχειών σε μακροσκοπική κλίμακα αναπτύσσονται κατά προτίμηση σε διευθύνσεις

περίπου παράλληλα στον ορεογραφικό άξονα του δυτικού Πάρνωνα. Λαμβάνοντας υπόψη ότι η καρστικοποίηση των σχηματισμών ευνοείται κατά μήκος των ασυνεχειών, είναι λογικό να αναμένεται μεγαλύτερη ανάπτυξη της καρστικοποίησης και ευνοϊκότερες συνθήκες υπόγειας κυκλοφορίας του νερού κατά τη διεύθυνση αυτή. Επίσης, η διάταξη του ρηξιγενούς ιστού με αυτό τον προσανατολισμό προϊδεάζει για την ύπαρξη τεκτονικών δομών όπως σύνθετα τεκτονικά βυθίσματα και κέρατα με αντίστοιχο προσανατολισμό, συνθήκες οι οποίες ευνοούν την πλευρική επαφή μεταξύ διαφορετικών λιθολογιών (ασβεστόλιθοι Τρίπολης - πλακώδεις ασβεστόλιθοι, ασβεστόλιθοι – φυλλίτες κ.λπ.), δημιουργώντας έτσι τοπικά συνθήκες στεγανοποίησης ενός υδροφόρου ή διαρροής. Αυτή η διαπίστωση, σε συνδυασμό με το γεγονός ότι, σε αντίθεση με την ορεινή μάζα του Ταϋγέτου, στο δυτικό Πάρνωνα δεν υπάρχουν πηγές σε ρηξιγενές περιθώριο (καθώς δεν υπάρχει καν μια τέτοιου τύπου ξεκάθαρη τεκτονική δομή), οδήγησαν στη διερεύνηση ορισμένων περιοχών που θεωρήθηκε ότι θα μπορούσαν να ξεδιαλύνουν την εικόνα της δομής της περιοχής, και κατ' επέκταση τις αναμενόμενες συνθήκες υπόγειας κυκλοφορίας του νερού. Πιο συγκεκριμένα, έγινε διερεύνηση στις περιοχές ρέμα Σωφρόνι (Μ. Αγ. Τεσσαράκοντα), Χρύσαφα – Κακόσκαλος, βύθισμα Καλλονής, και Σκούρα – Κεφαλάς.

Στην πρώτη περιοχή (ρέμα Σωφρόνι – Μ. Αγ. Τεσσαράκοντα), όπως αναφέρθηκε στην περιγραφή του τεκτονικού υπεδαφικού χάρτη, καταλήγει ο άξονας μιας συμμορφής που σχηματίζεται στο κάλυμμα των ασβεστόλιθων της Τρίπολης πάνω στη σειρά φυλλιτών – χαλαζιτών. Επειδή πρόκειται για επαφή καρστικού σχηματισμού με σχετικά αδιαπέρατο υπόβαθρο, ήταν αναμενόμενη η εκδήλωση πηγαίων εκφορτίσεων στα χαμηλότερα σημεία της επαφής και μάλιστα, λόγω του μεγέθους του καλύμματος των ανάντη ασβεστόλιθων, σημαντικής δυναμικότητας. Ωστόσο, αυτό δεν συμβαίνει στη συγκεκριμένη περιοχή. Συνεπώς πρέπει να συμβαίνει κάποιο (ή κάποια) από τα ακόλουθα:

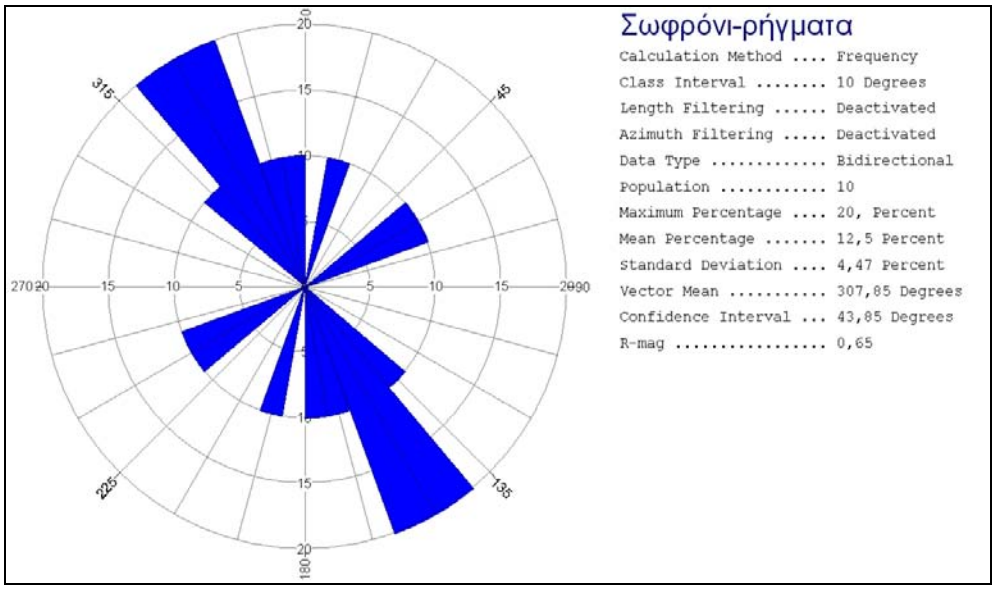
- Παρά την έκταση του καλύμματος των ασβεστόλιθων, η ποσότητα του νερού που κατεισδύει δεν είναι μεγάλη.
- Υπάρχουν διαρροές προς υποκείμενους υδροπερατούς σχηματισμούς (πλακώδεις ασβεστόλιθοι).
- Το πάχος των ασβεστόλιθων είναι μικρό και δεν γίνεται μεγάλη αποθήκευση, οπότε το νερό επιστρέφει στην απορροή κατά μήκος του υδρογραφικού δικτύου.

Από την εργασία υπαίθρου στην περιοχή, διαπιστώθηκαν τα εξής:

- Στην περιοχή των Αγ. Τεσσαράκοντα η κοίτη του ρέματος ρέει κατά μήκος κατακόρυφου ρήγματος με διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ, με κατερχόμενο το νοτιοανατολικό τέμαχος. Ως αποτέλεσμα, στα τελευταία μέτρα της κοίτης μέσα στους ασβεστόλιθους, η βορειοδυτική όχθη δομείται από ηφαιστειοϊζηματογενή πετρώματα της ομάδας του Τυρού, ενώ η νοτιοανατολική όχθη από ασβεστόλιθους που καλύπτονται κατά θέσεις από μεταλπικά ασβεστιτικά συνεκτικά κροκαλοπαγή σε πάγκους.
- Μέσα στη μάζα των ασβεστόλιθων και κοντά στην έξοδο του ρέματος από τους ασβεστόλιθους παρατηρήθηκαν εσωτερικές καμπύλες επιφάνειες ολίσθησης μικρής κλίσης υπό μορφή ζωνών διάτμησης με χαρακτηριστικές s-μορφές, που τέμνουν τον ασβεστόλιθο σε ατρακτοειδή – φακοειδή σώματα. Σε κάποιες από αυτές παρατηρήθηκαν γραμμές προστριβής με μικρή γωνία βύθισης. Οι επιφάνειες κλίνουν προς ΒΑ στη νοτιοανατολική πλευρά του ρέματος. Στη βορειοδυτική πλευρά η επαφή ασβεστόλιθων – στρωμάτων Τυρού κλίνει προς ΔΝΔ. Στην ίδια πλευρά, το πάχος των ασβεστόλιθων είναι μικρό και η βραχομάζα πολύ χαλαρή (παρατηρούνται πολλές καταπτώσεις).
- Οι επιφάνειες ολίσθησης εκατέρωθεν της κοίτης σχηματίζουν μια συμμορφή (σύγκλινο ή ψευδοσύγκλινο) με άξονα στην ίδια την κοίτη, όμως η δομή αυτή είναι διαρρηγμένη με μετατοπισμένα τα δύο σκέλη.
- Η μάζα των ασβεστόλιθων τέμνεται εγκάρσια προς τη γενική διεύθυνση του ρέματος από ρήγματα μεγάλης κλίσης, διεύθυνσης ΒΔ-ΝΑ με κλίση προς τα νοτιοδυτικά, που στην επιφάνεια εμφανίζονται να σχηματίζουν ένα σύνθετο βύθισμα. Τα ρήγματα αυτά αποκλίνουν

στο κέντρο του βυθίσματος, περίπου στον άξονα του ρέματος και συγκλίνουν μακριά από το ρέμα, έχουν δε κυμαινόμενο άλμα. Προς τα βορειοανατολικά τα ρήγματα αυτά φαίνεται ότι τέμνουν επιφάνειες ολίσθησης (παλιές εφιππεύσεις;) που παρατηρούνται μέσα στους ασβεστόλιθους. Οι επιφάνειες αυτές κλίνουν προς τα δυτικά – νοτιοδυτικά.

- Πέρα από αυτή τη ζώνη και προς τα ανάντη, οι ασβεστόλιθοι δεν παρουσιάζουν την ίδια τεκτονική καταπόνηση. Παρατηρούνται κανονικοί ορίζοντες με ομαλή κλίση προς τα δυτικά – νοτιοδυτικά και τα ρήγματα δεν είναι ούτε το ίδιο πυκνά, ούτε καταστρέφουν τη γενική γεωμετρία των στρωμάτων, εκτός από την πάρελξη κοντά στα ρήγματα, όπου παρατηρούνται και πτεροειδείς διακλάσεις.
- Υπάρχει μια μικρή πηγή επαφής στην βόρεια πλευρά του ρέματος, στο χαμηλότερο σημείο της επαφής ασβεστόλιθων – Τυρού.
- Υπάρχει μια μικρή επαφή επαφής στο εσωτερικό του ρέματος (και πάλι στη βόρεια πλευρά) σε μεγάλη απόσταση από την έξοδο από τον ασβεστόλιθο.
- Το πάχος των ασβεστόλιθων αυξάνεται προς τα ανάντη, το ίδιο συμβαίνει όμως και με την γραμμική διάβρωση κατά μήκος του ρέματος.



Εικ. 122 – Ροδόγραμμα διευθύνσεων των ρηγμάτων που μετρήθηκαν στην περιοχή Σωφρόνι..

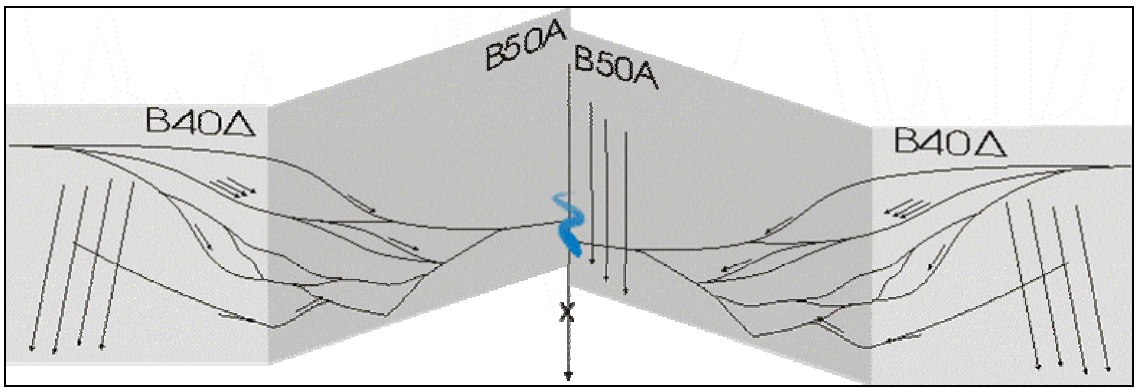
Από τα παραπάνω μπορούν να εξαχθούν τα ακόλουθα συμπεράσματα:

- Το πάχος των ασβεστόλιθων, σε μεγάλο βάθος προς το εσωτερικό του βουνού είναι:
  - διαφορετικό εκατέρωθεν της κοίτης (του ρήγματος) του ρέματος Σωφρόνι,
  - μικρότερο στη βόρεια πλευρά, οπότε το αδιαπέρατο υπόβαθρο εκτίθεται σε κάποιες θέσεις στην επιφάνεια, με αποτέλεσμα την εκδήλωση μικρών πηγών, που εκφορτίζουν τμήμα του βόρειου τεμάχους με μικρό πάχος ασβεστόλιθων,
  - συνολικά μικρότερο από το αναμενόμενο με βάση την εικόνα του υπεδαφικού χάρτη.
- Οι ασβεστόλιθοι διασχίζονται από ρήγματα μεγάλης κλίσης, ενώ φέρουν γραμμική διάβρωση σχεδόν μέχρι τη βάση τους, τουλάχιστον στη βόρεια πλευρά της κοίτης. Αυτό σημαίνει ότι η κατείσδυση στη μάζα τους φθάνει μεν γρήγορα σε βάθος, αλλά δεν αποθηκεύεται στους ασβεστόλιθους, διότι επιστρέφει στην απορροή.

- Δεν είναι γνωστό το πάχος και βεβαιωμένη η ανάπτυξη του αδιαπέρατου κάτω από όλη τη μάζα των ασβεστόλιθων της Τρίπολης. Είναι πιθανό να υπάρχουν διαρροές προς το βάθος (πλακώδεις ασβεστόλιθοι) είτε μέσω των ρηγμάτων, είτε λόγω απευθείας επαφής των δύο ανθρακικών σειρών.

Εικ. 123 – Η νοτιοανατολική όχθη του ρέματος Σωφρόνι κοντά στην έξοδο από τους ασβεστόλιθους. Διακρίνονται επιφάνειες ολίσθησης και ατρακτοειδή σώματα λόγω της διάτμησης στη μάζα των ασβεστόλιθων. Οι επιφάνειες κλίνουν γενικά προς ΒΒΑ, αλλά σχηματίζουν και ράμπες.

Εικ. 124 – Η βορειοδυτική όχθη του ρέματος Σωφρόνι. Διακρίνεται η κλίση προς ΝΝΑ και ο πυρήνας της «συγκλινικής» δομής που σχηματίζουν οι διατμητικές επιφάνειες.



Εικ. 125 – Σκίτσο της τεκτονικής δομής στην κοίτη του ρέματος. Αριστερά και δεξιά (ανοιχτόχρωμες επιφάνειες): τομή σε διεύθυνση Β40Δ. Κέντρο (σκουρόχρωμες επιφάνειες): Άποψη προς τα ανάντη των δύο πλευρών της κοίτης (διεύθυνση Β50Α). Έχει σχεδιαστεί η φορά ροής, ο άξονας της συμμορφής, η μετατόπιση (σχηματικά) των δύο τεμαχών και η φορά της διάτμησης με βάση τις γραμμές προστριβής που εντοπίστηκαν.

Εικ. 126 – Η βόρεια πλευρά του ρέματος Σωφρόνι στην περιοχή ανάντη των Αγ. Τεσσαράκοντα. Διακρίνονται κανονικά ρήγματα (κόκκινο χρώμα) και επιφάνειες εφίππευσης/ολίσθησης (πορτοκαλί) στους ασβεστόλιθους της Τρίπολης.

Εικ. 127 – Πτεροειδείς διακλάσεις σε ασβεστόλιθους Τρίπολης κοντά σε ρήγμα στο ρέμα Σωφρόνι..

Η περιοχή Χρύσαφα – Κακόσκαλος μελετήθηκε διότι είναι το βορειοδυτικό όριο της εμφάνισης των πλακωδών ασβεστόλιθων, σε επαφή με τη σειρά φυλλιτών – χαλαζιτών και δεν ήταν ξεκάθαρη στους υφιστάμενους χάρτες η σχέση και η γεωμετρία της επαφής μεταξύ τους. Στην περιοχή Κακόσκαλος δυτικά της Χρύσαφας σχηματίζεται ένα βύθισμα, που παρουσιάζει ταυτόχρονα ένα σημείο σύγκλισης του υδρογραφικού δικτύου, ενώ προς τα βορειοανατολικά εναλλάσσονται εμφανίσεις πλακωδών ασβεστόλιθων με φυλλίτες – χαλαζίτες, με επαφές που δεν έχουν παρόμοια χαρακτηριστικά. Από την εργασία υπαίθρου στην περιοχή, προέκυψαν οι ακόλουθες παρατηρήσεις:

- Τα ρήγματα που μετρήθηκαν στην περιοχή έχουν διευθύνσεις κυρίως ΒΒΔ-ΝΝΑ, σημαντικό ποσοστό όμως καταλαμβάνουν και οι διευθύνσεις ΑΒΑ-ΔΝΔ, ΒΑ-ΝΔ και Β-Ν.
- Το βύθισμα οριοθετείται δυτικά από ένα ρηξιγενές περιθώριο με κανονικά ρήγματα μεγάλης κλίσης, διεύθυνσης ΒΒΔ-ΝΝΑ ως ΒΔ-ΝΑ με κλίση προς ΑΒΑ, που φέρνουν σε πλευρική επαφή τους πλακώδεις ασβεστόλιθους με τους φυλλίτες – χαλαζίτες.

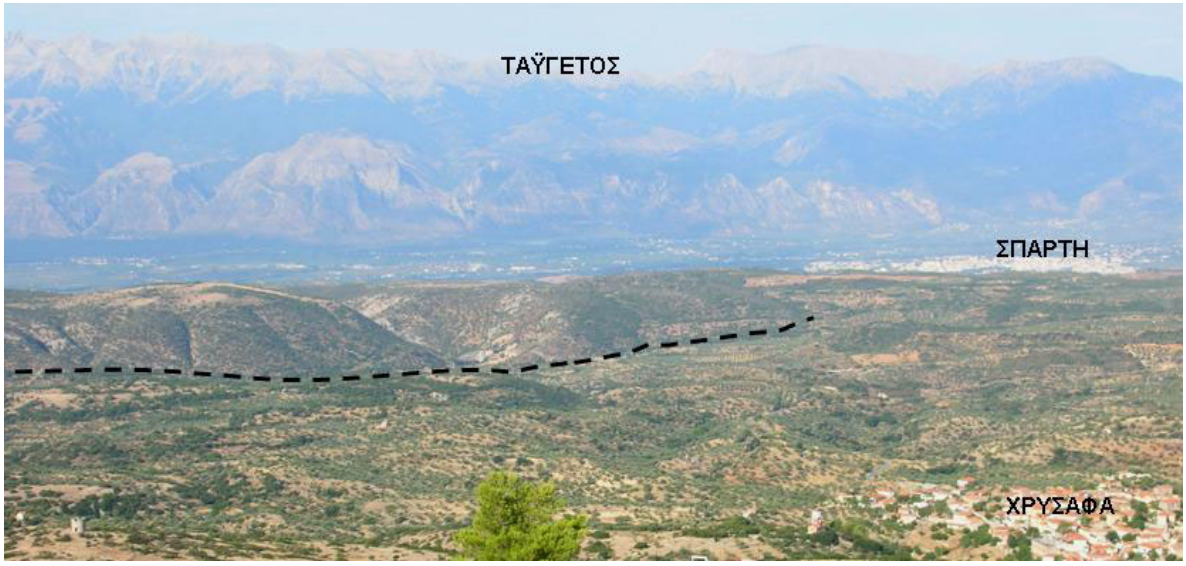
- Στις βόρειες απολήξεις των πλακωδών ασβεστόλιθων, παρατηρείται επαφή μικρής κλίσης μεταξύ των υπερκείμενων φυλλιτών – χαλαζιτών και των υποκείμενων πλακωδών ασβεστόλιθων η οποία έχει τμηθεί από κανονικά ρήγματα παράλληλα έως υποπαράλληλα ως προς αυτά του περιθωρίου, με αποτέλεσμα να εμφανίζεται στο χάρτη ένα «πριονωτό» ίχνος, σχηματίζοντας οξείες γωνίες μεταξύ των ρηγμάτων μεγάλης κλίσης και της τεκτονικής επαφής μικρής κλίσης.
- Οι κλίσεις στους πλακώδεις ασνεστόλιθους και οι σχιστότητες στους μεταμορφωμένους φυλλίτες – χαλαζίτες εμφανίζουν σχεδόν αποκλειστικά δυτικές φορές μέγιστης κλίσης (κυρίως προς ΔΝΔ, με μικρή διασπορά προς ΝΔ και προς ΔΒΔ), ανεξάρτητα από το τεκτονικό τέμαχος στο οποίο έγινε η μέτρηση. Αυτό μπορεί να σημαίνει:
    - είτε ότι οι σχιστόλιθοι είχαν ομοιόμορφο προσανατολισμό πριν από τη δράση των ρηγμάτων που περιγράφηκαν προηγουμένως
    - είτε ότι η δράση των κανονικών ρηγμάτων μεγάλης κλίσης είχε ως αποτέλεσμα την περιστροφή των μικρών ρηξιτεμαχών προς τα δυτικά, με τη μορφή «ντόμινο».
- Εντοπίστηκε πάνω σε πλακώδεις ασβεστόλιθους (για την ακρίβεια πάνω σε τεκτονικό λατυποπαγές με υλικό από τους πλακώδεις ασβεστόλιθους) ένα μεγάλο κάτοπτρο, που ανήκει σε καμπύλη τεκτονική επιφάνεια μικρής κλίσης (30/030), ακριβώς στην περιοχή που συγκλίνουν τα υδρογραφικά δίκτυα (Κακόσκαλος). Πάνω από την επιφάνεια αυτή, παρατηρήθηκε τεκτονική ζώνη με χαρακτηριστικό κίτρινο χρώμα, πάχους αρκετών μέτρων και με υλικό προερχόμενο από πυριτικούς σχηματισμούς και πλακώδεις ασβεστόλιθους. Η ζώνη αυτή έχει μια μέση διεύθυνση ΒΒΔ-ΝΝΑ. Παρατηρούνται χαρακτηριστικά διάτμησης με μικρορήγματα που κλίνουν προς ΑΒΑ, των οποίων η κλίση αυξάνεται προς τα ΑΒΑ και κοντά στο ρήγμα του περιθωρίου του βυθίσματος, που δείχνουν κανονικό χαρακτήρα κίνησης προς ΑΒΑ. Ταυτόχρονα, σε κάποια ρομβόεδρα και σφήνες μέσα στη μάζα της τεκτονικής ζώνης έχουν διατηρηθεί οξύληκτες πτυχές που δείχνουν ανάστροφη κίνηση προς τα ΔΝΔ (κλίση αξονικών επιπέδων προς ΑΒΑ). Πάνω από την τεκτονική ζώνη αναπτύσσονται πυριτικοί σχιστόλιθοι της Μάνης, οι οποίοι εξελίσσονται προς τα πάνω σε πλακώδεις – λεπτοπλακώδεις κρυσταλλικούς ασβεστόλιθους, με φορά μέγιστης κλίσης προς Δ ως ΔΝΔ. Κάτω από την κατοπτρική επιφάνεια που οριοθετεί τη ζώνη διάτμησης, παρατηρείται ασβεστολιθικό τεκτονικό λαπτυποπαγές που χαρακτηρίζεται από φακοειδή σώματα με προσανατολισμό προς ΑΒΑ. Μεγάλο τμήμα της ζώνης καλύπτεται από λατυποπαγή κατά θέσεις στρωμένα, με χαρακτηριστικά κορημάτων.
- Η τεκτονική ζώνη που περιγράφηκε παραπάνω, έχει κατατμηθεί από ρήγματα μεγάλης κλίσης (σχεδόν κατακόρυφα), με παρόμοιες με αυτήν διευθύνσεις, όπως συμβαίνει και με την επαφή φυλλιτών – χαλαζιτών/πλακωδών ασβεστολίθων. Τα ρήγματα αυτά έχουν κανονικό χαρακτήρα και φέρουν ανερχόμενο το τέμαχος που φέρει την κατοπτρική επιφάνεια μικρής κλίσης, και κατερχόμενα τόσο το δυτικό, όσο και το ανατολικό του τέμαχος.
- Προς τα βόρεια – βορειοδυτικά της περιοχής, οι πλακώδεις ασβεστόλιθοι είναι θαμμένοι κάτω από τα μεταλπικά ιζήματα. Αποσβέννυται η μορφολογική έξαρση που διαχωρίζει το βύθισμα του Κακόσκαλου από τη λεκάνη της Σπάρτης, και ταυτόχρονα χάνονται τα ίχνη των ρηγμάτων που τη σχηματίζουν.

Από τις παραπάνω παρατηρήσεις, μπορούν να διατυπωθούν τα ακόλουθα συμπεράσματα:

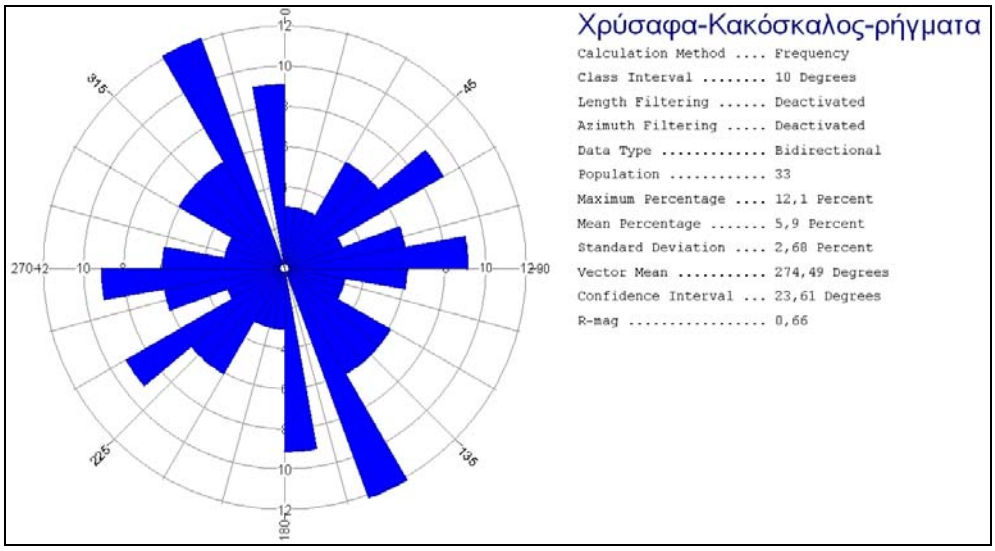
- Ρήγματα διεύθυνσης ΒΒΔ-ΝΝΑ και μεγάλης κλίσης έχουν διαμορφώσει τη σημερινή σχέση των φυλλιτών – χαλαζιτών με την ενότητα Μάνης, αλλά και τη σημερινή μορφολογία.
- Στην περιοχή υπάρχει μια παλιά επιφάνεια εσωτερικής εφίππευσης (το υπερκείμενο προς ΔΝΔ) μεταξύ οριζόντων των πλακωδών ασβεστόλιθων, με ορίζοντα αποκόλλησης την περιοχή των πυριτικών σχιστόλιθων της Μάνης. Η επιφάνεια αυτή έχει στη συνέχεια λειτουργήσει κινηματικά αντίθετα από τον αρχικό χαρακτήρα της, δηλαδή ως ολίσθηση –

αποκόλληση (το υπερκείμενο προς ΑΒΑ) και έχει τμηθεί από τα μεγάλης κλίσης κανονικά ρήγματα που προαναφέρθηκαν.

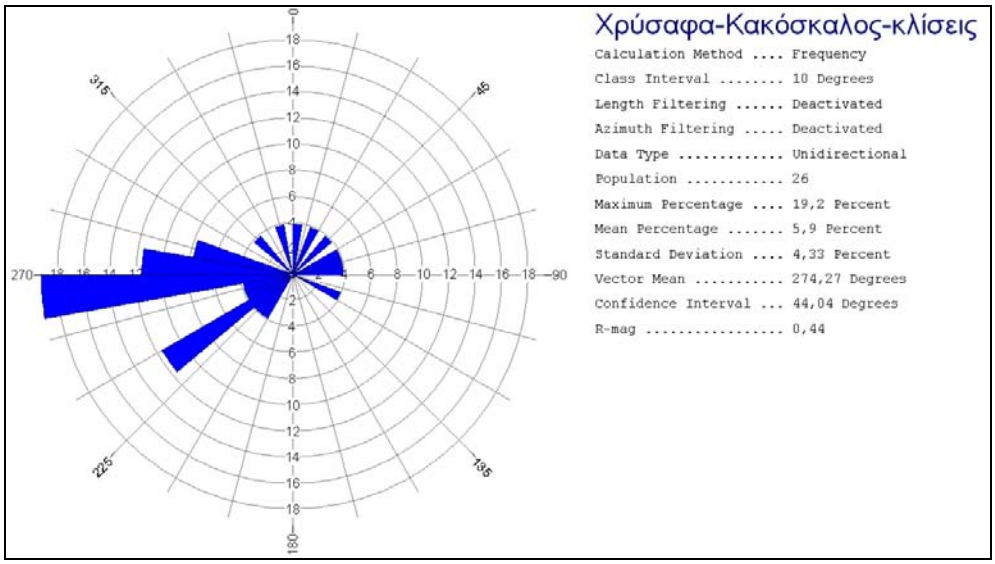
- Το σημείο σύγκλισης των υδρογραφικών δικτύων στον Κακόσκαλο αντιστοιχεί στον πυρήνα του τεκτονικού κέρατος που φέρνει στην επιφάνεια το υποκείμενο τέμαχος της αποκόλλησης στους πλακώδεις ασβεστόλιθους (παλιά εφίππευση).
- Το όριο μεταξύ φυλλιτών – χαλαζιτών είναι σύνθετο. Σχηματίζεται από κανονικά ρήγματα μεγάλης κλίσης, με κατερχόμενα τα ανατολικά τεμάχη, που φέρνουν τις δυο σειρές σε πλευρική επαφή, ενώ από ρήγμα σε ρήγμα διατηρείται τμήμα της πρωτογενούς τεκτονικής επαφής (μικρής κλίσης) μεταξύ τους.
- Επειδή ο προσανατολισμός των ρηγμάτων μεγάλης κλίσης στην περιοχή είναι παράλληλος – υποπαράλληλος με τις παλιότερες τεκτονικές επιφάνειες (εφιππεύσεις, επωθήσεις, ολισθήσεις) είναι δύσκολη η διάκρισή τους.
- Υπάρχουν ρήγματα εγκάρσια προς τις κυρίαρχες διευθύνσεις στην περιοχή, και μάλιστα σε κάποιες θέσεις διακόπτουν και το ρήγμα του περιθωρίου του βυθίσματος. Πρόκειται κυρίως για κανονικά ρήγματα μεγάλης κλίσης, με κατερχόμενο το βόρειο τέμαχος, όμως η συμμετοχή τους στη διαμόρφωση της τεκτονικής δομής δεν είναι ιδιαίτερα έκδηλη, λόγω του πολύ έντονου προσανατολισμού της περιοχής ως προς τις δομές ΒΒΔ-ΝΝΑ. Τα ρήγματα αυτά πιθανότατα «συμπληρώνουν» τον τεκτονικό ιστό που δημιουργεί το τεκτονικό παράθυρο των πλακωδών ασβεστόλιθων, ταπεινώνοντας προοδευτικά τα βόρεια τεμάχη, όπου βαθμιαία αυτοί εξαφανίζονται κάτω από τη σειρά φυλλιτών – χαλαζιτών.
- Στην περιοχή αυτή, όπου η κατώτερη τεκτονική ενότητα βρίσκεται στην επιφάνεια, τα ρήγματα μεγάλης κλίσης φαίνεται ότι έχουν τεμαχίσει τη μάζα της ενότητας Μάνης μαζί με τις όποιες εσωτερικές ζώνες διάτμησης, με αποτέλεσμα την υδραυλική επικοινωνία σε όλη τη μάζα των πλακωδών ασβεστόλιθων, με τον ένα ή τον άλλο τρόπο. Έτσι το νερό που κατεισδύει κινείται εύκολα προς το βάθος της μάζας των ασβεστόλιθων.
- Το γεγονός ότι δεν υπάρχουν πηγές στην περιφέρεια του τεκτονικού παράθυρου δείχνει ότι το παράθυρο των πλακωδών ασβεστόλιθων δεν είναι υδραυλικά απομονωμένο, αλλά έχει πλευρικές διαρροές προς άλλα τεκτονικά τεμάχη.



Εικ. 128 – Αντιθετική (ως προς το δυτικό Πάρνωνα) ρηξιγενής ζώνη διεύθυνσης ΒΒ⊥-ΝΝΑ ως Β⊥-ΝΑ, που δημιουργεί το βύθισμα δυτικά της Χρύσαφας. Στο μεγαλύτερο μήκος της φέρνει σε επαφή πλακώδεις ασβεστόλιθους με φυλλίτες – χαλαζίτες.

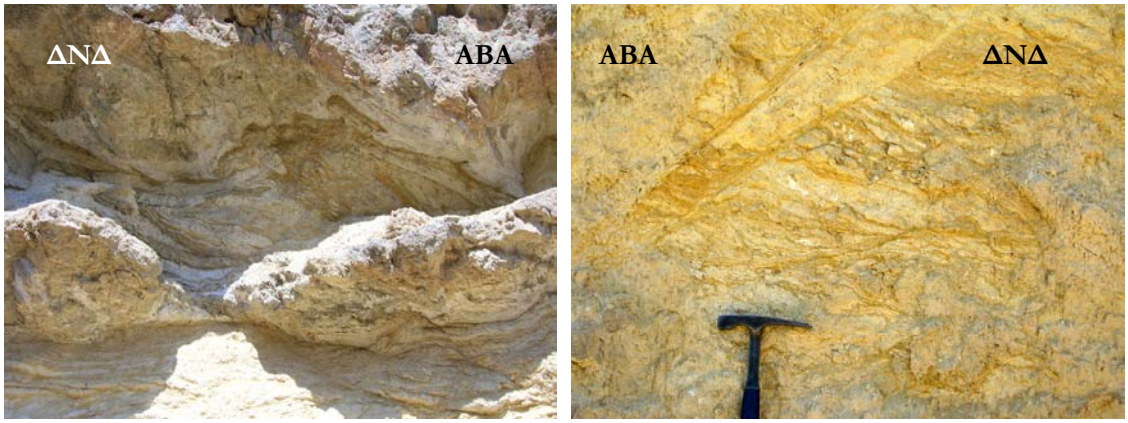


Εικ. 129 – Ροδόγραμμα διευθύνσεων ρηγμάτων που μετρήθηκαν στην περιοχή μεταξύ Χρύσαφας και Κακόσκαλου.

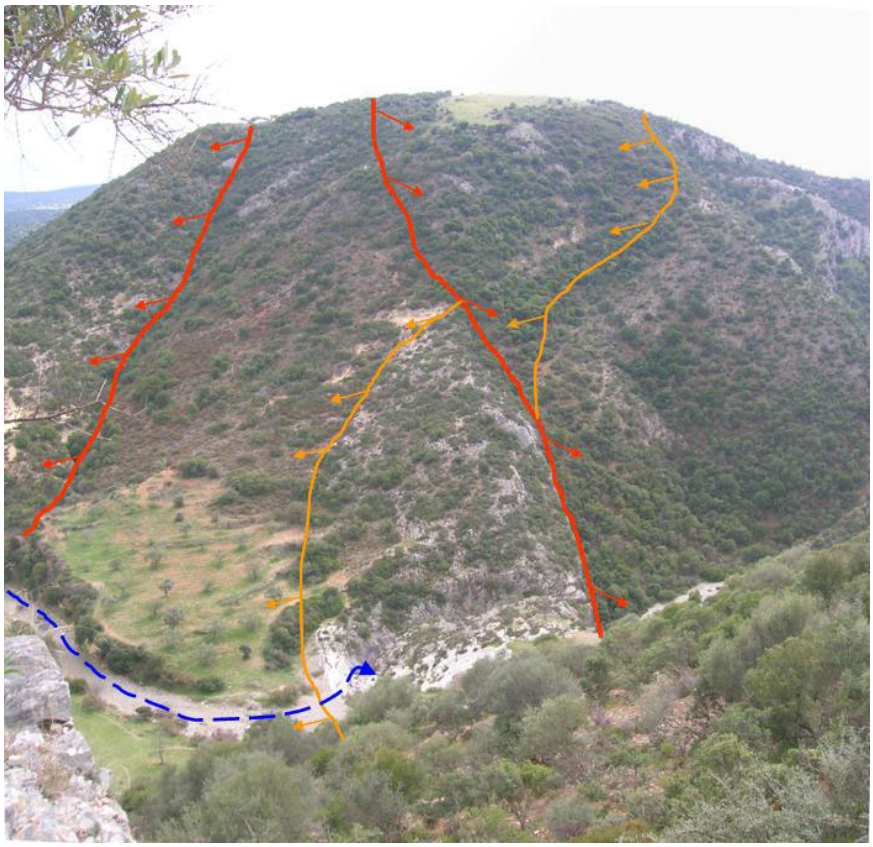


Εικ. 130 – Ροδόγραμμα φοράς μέγιστης κλίσης για τους σχηματισμούς που εμφανίζονται στην περιοχή μεταξύ Χρύσαφας και Κακόσκαλου.

Εικ. 131 – Ρήγμα μικρής κλίσης (διακρίνεται το κάτοπτρο) σε ασβεστόλιθους και πυριτικούς σχιστόλιθους της Μάνης (περιοχή Κακόσκαλος).



Εικ. 132 – Υπάρχουν πτυχές που δείχνουν ανάστροφη κίνηση (εφίππευση προς τα ⊥Ν⊥) (δεξιά) κατά μήκος του ρήγματος μικρής κλίσης στον Κακόσκαλο, αλλά η γενικότερη εικόνα δείχνει κίνηση κανονική προς τα ΑΒΑ, και επίδραση από το ρήγμα μεγάλης κλίσης που οριοθετεί το βύθισμα δυτικά της Χρύσαφας.



Εικ. 133 – Η επιφάνεια (πρωτογενώς) εφίππευσης (πορτοκαλί χρώμα) μεταξύ πλακωδών ασβεστόλιθων στο επίπεδο του πυριτικού ορίζοντα, μεταγενέστερα έχει λειτουργήσει ως ρήγμα μικρής κλίσης και στη συνέχεια τμήθηκε από κανονικά ρήγματα μεγάλης κλίσης (κόκκινο χρώμα).

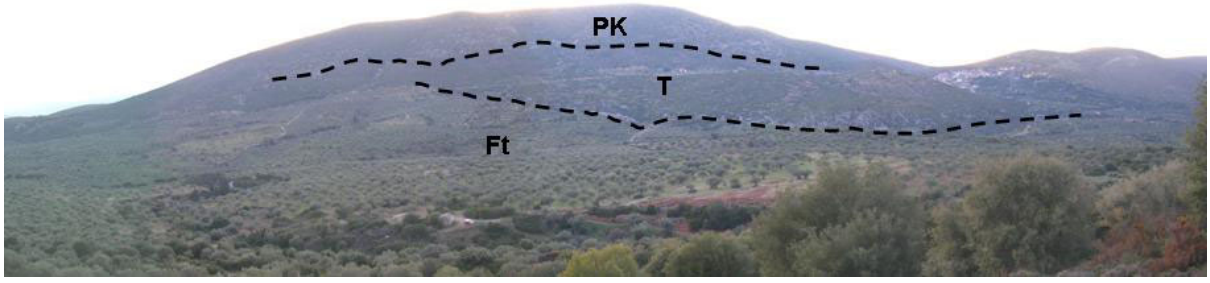
Εικ. 134 – Ρήγμα (60/310) σε σχηματισμούς της σειράς φυλλιτών – χαλαζιτών στο βορειοδυτικό όριο του περιθωρίου του τεκτονικού παράθυρου των πλακωδών ασβεστόλιθων (οδός προς Χρύσαφα). Τα ρήγματα αυτής της οικογένειας δεν παρουσιάζουν εμφανείς επιδράσεις στη μορφολογία και δεν μπορούν να ανιχνευθούν σε μεγάλο μήκος στην περιοχή.

Προς τα ανατολικά της περιοχής (Χρύσαφα) εμφανίζονται οι ασβεστόλιθοι της Τρίπολης, που απουσιάζουν από την περιοχή του βυθίσματος. Βόρεια της Χρύσαφας αυξάνεται η εξάπλωση των ασβεστόλιθων, ενώ ταυτόχρονα παρατηρούνται και μορφολογικές ασυνέχειες με κυμαινόμενο άλμα κατά τη διεύθυνση ΒΒΔ-ΝΝΑ, που αντιστοιχούν σε ρήγματα που τέμνουν (τουλάχιστον) τη μάζα των ασβεστόλιθων. Η εικόνα αυτή είναι αρκετά συχνή στην ευρύτερη περιοχή, όπου παρατηρούνται εκτεταμένες εμφανίσεις των ασβεστόλιθων της ανθρακικής σειράς της Τρίπολης. Στην περιοχή αυτή οι ασβεστόλιθοι υπέρκεινται σχηματισμών της σειράς φυλλιτών – χαλαζιτών (σχιστόλιθοι). Ωστόσο, από την περιοχή της Χρύσαφας και νότια – νοτιοανατολικά, που εμφανίζονται οι πλακώδεις ασβεστόλιθοι ως τεκτονικό παράθυρο, η παρουσία των σχιστόλιθων μειώνεται δραστικά, και τελικά σε όλη τη ζώνη από τη Χρύσαφα ως την Καλλονή οι ασβεστόλιθοι της Τρίπολης έρχονται απευθείας σε επαφή με τους πλακώδεις ασβεστόλιθους.

Εικ. 135 – Ρήγμα διεύθυνσης Β⊥-ΝΑ, με κυμαινόμενο άλμα, βόρεια της Χρύσαφας, σε ασβεστόλιθους της Τρίπολης.

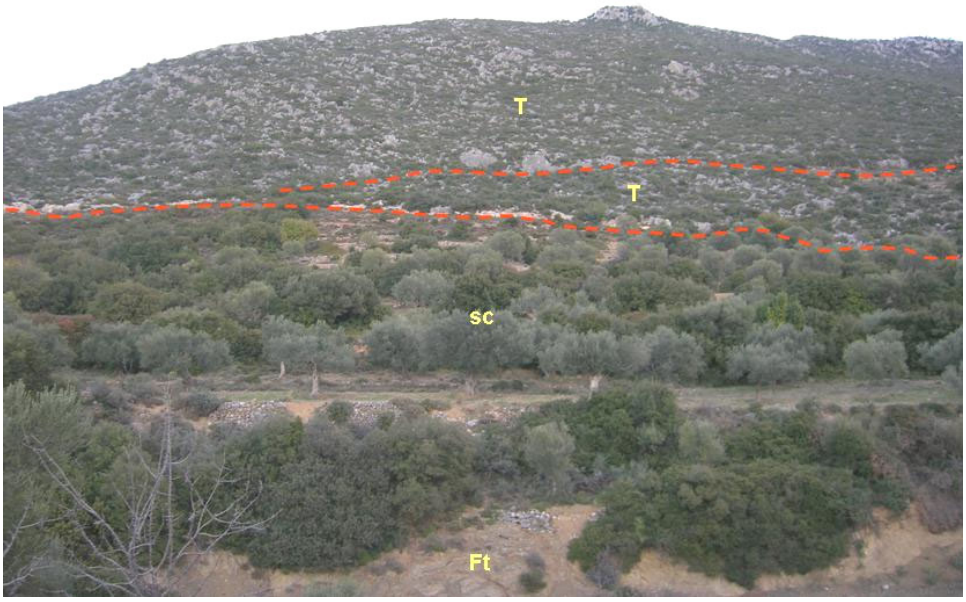
Στην περιοχή της Καλλονής σχηματίζεται ένα βύθισμα προσανατολισμού ΒΒΔ-ΝΝΑ, όπως και στην περιοχή Χρύσαφας - Κακόσκαλου. Το ενδιαφέρον στην περίπτωση αυτή είναι ότι, εκτός από μια πηγή επαφής (εκ πρώτης όψεως) που εκφορτίζει ασβεστόλιθους Τρίπολης στο βόρειο – βορειοδυτικό άκρο της λεκάνης, δεν υπάρχει κάποια άλλη πηγή, παρόλο που σε μεγάλο τμήμα της λεκάνης αναπτύσσονται σχηματισμοί του φλύσχη που έρχονται σε επαφή με ρήγματα με ασβεστόλιθους στο δυτικό και ανατολικό περιθώριό της, και θα ήταν ίσως αναμενόμενη η εκδήλωση κάποιων πηγών υπερπλήρωσης των υποκείμενων ασβεστόλιθων. Από την εργασία υπαίθρου στην περιοχή προέκυψαν οι ακόλουθες παρατηρήσεις:

- Στο δυτικό περιθώριο του βυθίσματος, απουσιάζει η σειρά φυλλιτών – χαλαζιτών ανάμεσα στις ανθρακικές σειρές της Μάνης και της Τρίπολης. Η επαφή μεταξύ των δύο ανθρακικών σειρών είναι ρήγμα με κλίση 35-40/080, με λατυποπαγές μερικών μέτρων ανάμεσά τους. Το ίδιο ισχύει και για την επαφή μεταξύ ασβεστόλιθων και φλύσχη Τρίπολης, η οποία είναι επίσης ρήγμα, σε όλες τις θέσεις που εντοπίστηκε (51/043, 45/070). Οι κλίσεις του φλύσχη είναι μικρές προς τα βορειοανατολικά (20-25/020).
- Στο ανατολικό περιθώριο δεν εμφανίζονται οι πλακώδεις ασβεστόλιθοι, αλλά μόνο οι ασβεστόλιθοι και ο φλύσχης της Τρίπολης, που και πάλι έρχονται σε επαφή με ρήγμα. Χαρακτηριστικό είναι ότι προς την περιοχή που εμφανίζεται το κύριο ρήγμα του περιθωρίου (75/240 ως 85/233, με ρηξισχισμό εσωτερικά από το ρήγμα 84/262) αυξάνονται οι κλίσεις του φλύσχη (από 31/220 ως 77/244). Επίσης, ανατολικά και ανάντη του κύριου ρήγματος εμφανίζονται στους ασβεστόλιθους της Τρίπολης παράλληλα – υποπαράλληλα ρήγματα (ΒΒΔ-ΝΝΑ) που παρουσιάζουν κυμαινόμενο άλμα, όπως και στην περιοχή της Χρύσαφας.

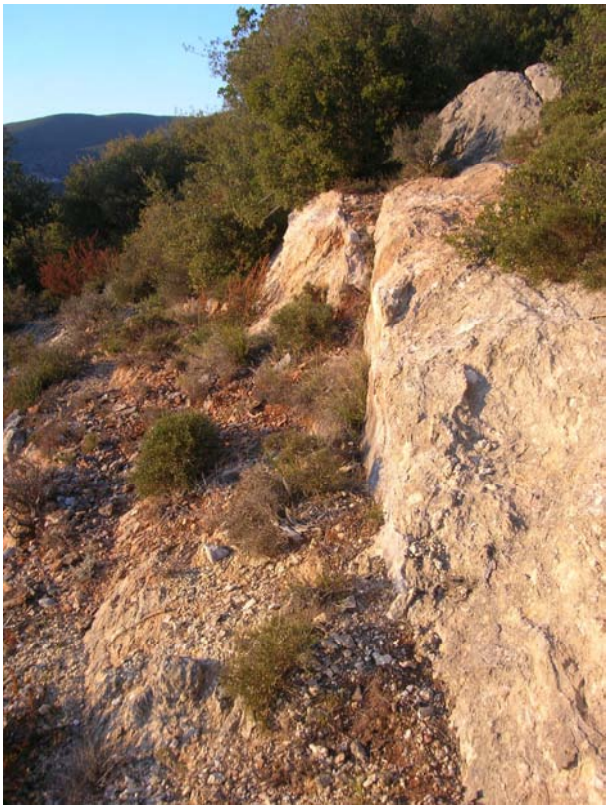


Εικ. 136 – Δυτικό περιθώριο του βυθίσματος Καλλονής. Διακρίνεται η επαφή (ρήγμα) των πλακωδών ασβεστόλιθων με τους ασβεστόλιθους της Τρίπολης και το ρήγμα μεταξύ των ασβεστόλιθων και του φλύσχη της Τρίπολης.

Εικ. 137 – Επαφή των πλακωδών ασβεστόλιθων με τους ασβεστόλιθους της Τρίπολης στο δυτικό περιθώριο του βυθίσματος της Καλλονής.



Εικ. 138 – Ανατολικό περιθώριο του βυθίσματος της Καλλονής. Διακρίνονται ρήγματα στους ασβεστόλιθους της Τρίπολης και μεταξύ ασβεστόλιθων – φλύσχη.. Κατά θέσεις η επαφή καλύπτεται από κορήματα. Στη θέση που σημειώνεται ο φλύσχης, διακρίνεται η επιφάνεια στρώσης, που προφανώς έχει μεγάλη κλίση (εν προκειμένω πάνω από 70^0 προς τα δυτικά).



Εικ. 139 – Το ανατολικό περιθωριακό ρήγμα του βυθίσματος της Καλλονής (75/240 ως 85/233, με ρηξισχισμό εσωτερικά από το ρήγμα 84/262).

Από τις παραπάνω παρατηρήσεις εξάγονται τα ακόλουθα συμπεράσματα:

- Σε όλη την ευρύτερη περιοχή του βυθίσματος της Καλλονής υπάρχει μικρή ή καθόλου παρουσία αδιαπέρατου υπόβαθρου κάτω από τους ασβεστόλιθους της Τρίπολης, των οποίων το πάχος φαίνεται ότι τουλάχιστον στα περιθώρια πρέπει να είναι μικρό.
- Σε επίπεδο ενοτήτων, η δομή του βυθίσματος είναι ένα ρηξιγενές σύγκλινο, που συμπεραίνεται τόσο από τις κλίσεις του φλύσχη (ανατολικές στο δυτικό περιθώριο και δυτικές στο ανατολικό), όσο και από την παρουσία του νεότερου ή τεκτονικά ανώτερου σχηματισμού (φλύσχη) στο κέντρο του βυθίσματος και του αρχαιότερου ή τεκτονικά κατώτερου (πλακώδεις ασβεστόλιθοι δυτικά και ασβεστόλιθοι Τρίπολης ανατολικά) στα περιθώρια.
- Η δομή αυτή θα μπορούσε να υποδεικνύει ότι κατά μήκος του κεντρικού τμήματος του βυθίσματος (κάτω από το φλύσχη) το πάχος των ασβεστόλιθων της Τρίπολης είναι μεγαλύτερο. Πάντως, το γεγονός ότι δεν υπάρχουν πηγές στις επαφές με το φλύσχη δείχνει ότι ακόμα και αν ισχύει η παραπάνω υπόθεση, η «δεξαμενή» αυτών των ασβεστόλιθων έχει διαρροές πλευρικά ή προς τα κάτω και δεν υπερπληρώνεται, τουλάχιστον στις υφιστάμενες κλιματικές συνθήκες.

Η περιοχή μεταξύ Σκούρας – Κεφαλά και προς τα νοτιοανατολικά μέχρι περίπου την κοίτη του Ευρώτα, διερευνήθηκε για διάφορους λόγους, όπως η εξακρίβωση της σχέσης των μεταλπικών σχηματισμών με το αλπικό υπόβαθρο με δεδομένη την απουσία ρηξιγενούς περιθωρίου κατ' αντιστοιχία προς τον Ταΰγετο, και η διερεύνηση της περιοχής όπου οι εμφανίσεις των πλακωδών ασβεστόλιθων απαντώνται στα ελάχιστα υψόμετρα. Η περιοχή παρουσιάζει δυσκολίες στη χαρτογράφηση των σχηματισμών και πολύ περισσότερο στη λεπτομερή αποτύπωση της τεκτονικής δομής, και αυτό δεν είναι τυχαίο. Από την εργασία υπαίθρου διαπιστώθηκαν τα εξής:

- Στο εσωτερικό κάποιων κοιλάδων, και προς τα ανατολικά και στις κορυφές των απολήξεων των λόφων, εμφανίζονται αλπικοί σχηματισμοί, κατά κύριο λόγο πλακώδεις ασβεστόλιθοι και σχιστόλιθοι.
- Η επαφή των μεταλπικών σχηματισμών με τους υποκείμενους αλπικούς είναι αλλού ασυμφωνία, ενίοτε με αρκετά μεγάλη κλίση, και αλλού ρήγμα σχεδόν κατακόρυφο.
- Αντίστοιχη εικόνα παρατηρείται και στην επαφή μεταξύ σχιστόλιθων και πλακωδών ασβεστόλιθων. Σε κάποιες θέσεις η επαφή είναι σχεδόν κατακόρυφο ρήγμα, ενώ αλλού διατηρείται η αρχική επιφάνεια, με μεγάλη όμως κλίση.
- Τα ρήγματα που παρατηρούνται στην περιοχή αυτή δεν παρουσιάζουν τη γεωμετρία που επικρατεί γενικά στην περιοχή (διευθύνσεις ΒΔ-ΝΑ ως ΒΒΔ-ΝΝΑ).
- Οι σχιστότητες των σχιστόλιθων δεν ακολουθούν τη γενική γεωμετρία (κλίση προς ΔΝΔ) που παρατηρήθηκε σε άλλες περιοχές.
- Οι πλακώδεις ασβεστόλιθοι διασχίζονται από σχεδόν κατακόρυφα ρήγματα με διεύθυνση περίπου Β-Ν, που κατά θέσεις οριοθετούν και την επαφή τους με τους σχιστόλιθους (περιοχή Γριές, όπου η επαφή με τους σχιστόλιθους κλίνει προς νότο και έχει διεύθυνση Α-Δ). Έτσι σχηματίζονται διαδοχικά κέρατα και βυθίσματα, με εμφάνιση κατά σειρά μεταλπικών σχηματισμών – πλακωδών ασβεστόλιθων – σχιστόλιθων – πλακωδών ασβεστόλιθων – μεταλπικών κ.ό.κ. Είναι χαρακτηριστικό ότι στην περιοχή αυτή, η κοίτη του Ευρώτα, που έχει μια γενική διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ, αλλάζει κατεύθυνση και διαδοχικά στρέφεται προς τα βόρεια, τα ανατολικά και τα νότια, σχηματίζοντας ένα «μαίανδρο», που όμως είναι τεκτονικά διαμορφωμένος.
- Στο Βουνό Παναγιάς (Ζωοδόχος Πηγή) η επαφή πλακωδών ασβεστόλιθων – σχιστόλιθων είναι επίσης ρήγμα με διεύθυνση Β-Ν (78/106 ως 80/080), ενώ οι σχιστότητες του μεταμορφωμένου κλίνουν βορειοανατολικά. Στη δυτική πλευρά του λόφου υπάρχει ρήγμα 82/170 στους ασβεστόλιθους, και δυτικά του (στο κατερχόμενο τέμαχος) οι σχιστόλιθοι κλίνουν προς νότο (45/175).

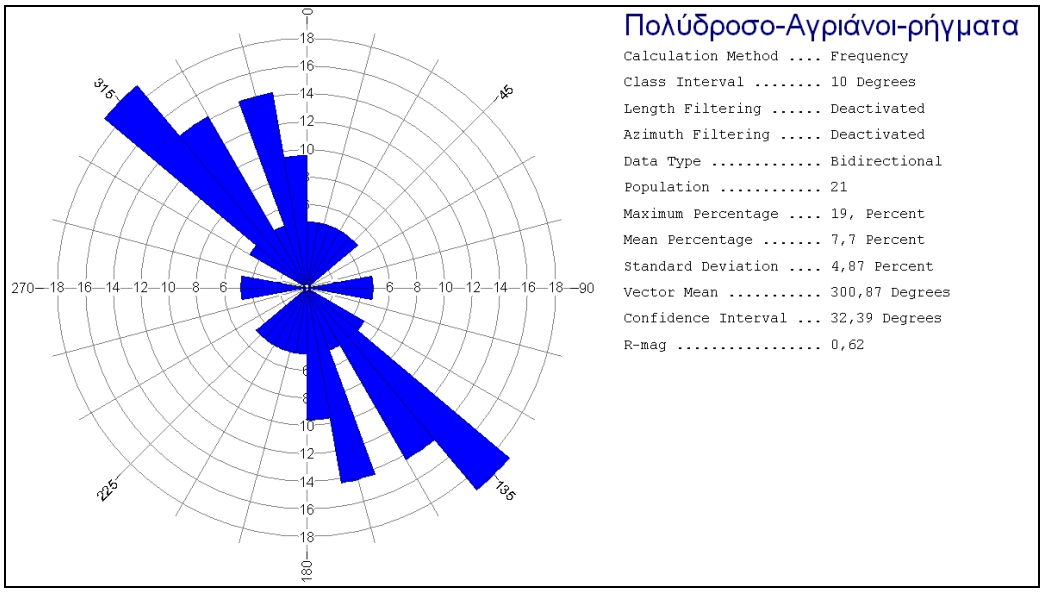
- Δεν υπάρχει εμφάνιση πλακωδών ασβεστόλιθων νοτιότερα από τη γραμμή Βουνό Παναγιάς – Γριές (ή νοτιότερα από την κοίτη του Ευρώτα).

Εικ. 140 – Ρήγματα διεύθυνσης περίπου Β-Ν μέσα στους πλακώδεις ασβεστόλιθους και η επαφή τους με τους σχιστόλιθους (πρόποδες της λοφοσειράς στο κέντρο της φωτογραφίας και αριστερά). Στα δεξιά διακρίνεται η κλίση της επαφής των πλακωδών ασβεστόλιθων με τους υπερκείμενους σχιστόλιθους (κλίση προς νότο) και ο μαίανδρος του Ευρώτα στην περιοχή Γριές.

Εικ. 141 – Βουνό Παναγιάς (κοντά στην κοίτη του Ευρώτα, νοτιοανατολικά της Σκούρας). Αριστερά στο λόφο φαίνεται το ρήγμα διεύθυνσης Α-⊥ (κλίση νότια) και δεξιά (δίπλα στο εκκλησάκι) το ρήγμα (διεύθυνση περίπου Β-Ν) που φέρνει σε επαφή τους ασβεστόλιθους με τους σχιστόλιθους.

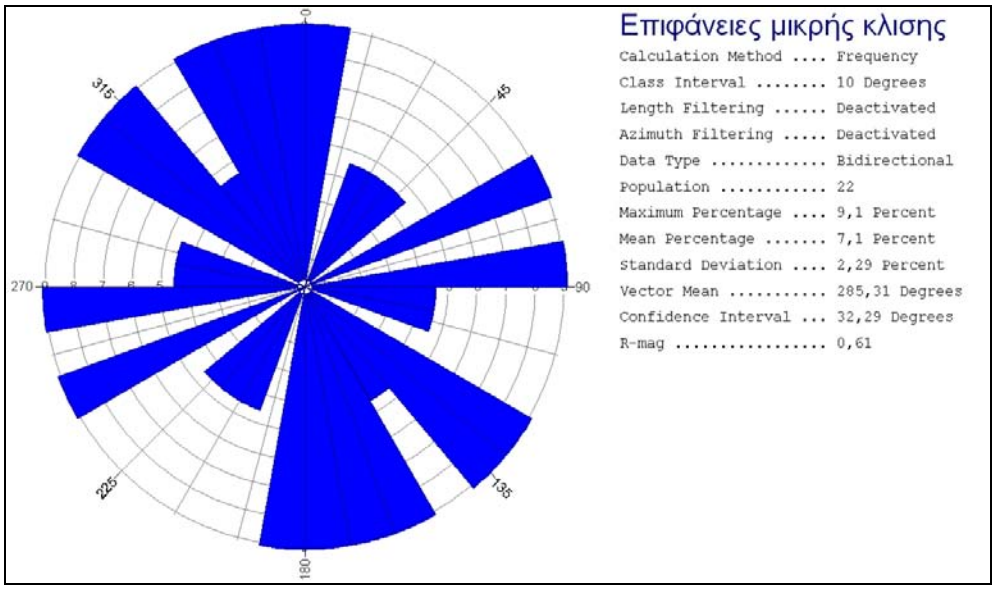
Επιπλέον έγινε επεξεργασία των μετρήσεων για την ορεινή περιοχή (Πολύδροσο – Αγριάνοι), όπου διαπιστώθηκε ότι και στην περίπτωση αυτή υπερισχύουν γενικά οι ρηξιγενείς επιφάνειες με διευθύνσεις κυρίως ΒΔ-ΝΑ ως ΒΒΔ-ΝΝΑ, ενώ μικρό ποσοστό των μετρήσεων διατάσσεται στις διευθύνσεις ΒΑ-ΝΔ και Α-Δ.

Από τη σύγκριση των περιοχών μεταξύ τους γίνεται φανερό ότι η τεκτονική δομή στην ευρύτερη περιοχή, παρόλο που φέρει τα σημάδια της παλαιότερης τεκτονικής εξέλιξης, είναι σήμερα καθορισμένη από ρήγματα μεγάλης κλίσης που οριοθετούν τα επιμέρους ρηξιτεμάχη στα οποία παρατηρούνται διαφορετικές συνθήκες. Είναι επίσης φανερό ότι αυτά τα ρήγματα διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην υπόγεια κυκλοφορία του νερού καθώς καθορίζουν την πλευρική επικοινωνία ή απομόνωση των καρστικών υδροφόρων, σε συνδυασμό βέβαια με τη μορφολογία της βασικής επιφάνειας καρστικών και αδιαπέρατων σχηματισμών κάτω από την ανθρακική σειρά της Τρίπολης.



Εικ. 142 – Ροδόγραμμα διευθύνσεων των ρηγμάτων που μετρήθηκαν στις περιοχές Πολύδροσο – Αγριάνοι..

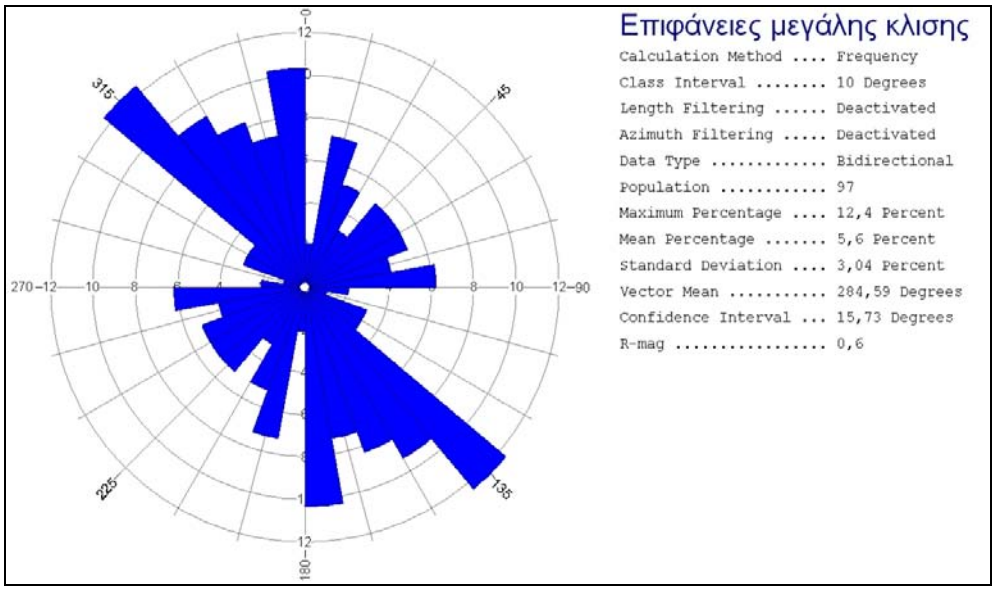
Έτσι, έγινε μια τελευταία επεξεργασία των μετρήσεων των διευθύνσεων των ρηγμάτων, αυτή τη φορά με διάκριση σε επιφάνειες μεγάλης ή μικρής κλίσης.



Εικ. 143 – Ροδόγραμμα διευθύνσεων των ρηξιγενών επιφανειών μικρής κλίσης (<45°) της περιοχής έρευνας.

Από τα ροδογράμματα προκύπτει ότι οι επιφάνειες μικρής κλίσης, οι οποίες είναι και οι παλαιότερες, εμφανίζουν πολύ μεγάλη διασπορά διευθύνσεων σε όλο το εύρος από ΒΔ-ΝΑ ως ΒΒΑ-ΝΝΔ, και ΑΒΑ-ΔΝΔ. Η ισχυρή παρουσία των διευθύνσεων ΑΒΑ-ΔΝΔ μπορεί πιθανόν να ερμηνεύσει γιατί στις μεταβατικές ζώνες μεταξύ των εμφανίσεων των τεκτονικών ενοτήτων δεν παρουσιάζονται ξεκάθαρες ρηξιγενείς δομές. Πρόκειται για συνδυασμό πλαστικής και ρηξιγενούς παραμόρφωσης, όπου συνδυάζονται κάμψεις και κλίσεις των σχηματισμών με εσωτερικές ζώνες διάτμησης και διαστρωματικές ολισθήσεις, σχηματίζοντας μεγάλες συμμορφές (π.χ. Σωφρόνι) και αντιμορφές (π.χ. Κεφαλάς – Κακόσκαλος), στις οποίες όμως ο ρηξιγενής ιστός που κυριαρχεί είναι αυτός των ρηγμάτων

μεγάλης κλίσης. Αντίθετα, οι επιφάνειες μεγάλης κλίσης εμφανίζουν έναν περισσότερο πολωμένο προσανατολισμό. Κυριαρχούν οι επιφάνειες ΒΔ-ΝΑ, και τα ποσοστά μειώνονται σταδιακά μέχρι τη διεύθυνση Β-Ν, όπου εμφανίζεται αυτή η δεύτερη επικρατούσα διεύθυνση.



Εικ. 144 - Ροδόγραμμα διευθύνσεων των ρηξιγενών επιφανειών μεγάλης κλίσης (>45°) της περιοχής έρευνας.

Είναι πιθανό αυτή η δεύτερη ομάδα να σχετίζεται με δομές δεύτερης τάξης, όπως για παράδειγμα φαίνεται ότι συμβαίνει στο εσωτερικό του βυθίσματος της Καλλονής, αλλά και με κλιμακωτή διάταξη, όπως συμβαίνει στη μεταβατική ζώνη στο νότιο όριο της λεκάνης της Σπάρτης. Ακόμα εμφανίζονται επιφάνειες με διευθύνσεις ΒΑ-ΝΔ, που συνήθως σχετίζονται με μεταβατικές περιοχές μεταξύ των μεγάλων τεμαχών, όπως και επιφάνειες Α-Δ, που παρατηρούνται κυρίως στα νότια της περιοχής και συνδέονται με μια σημαντική μετάπτωση για το σύνολο της τεκτονικής δομής της περιοχής, η οποία συνδέεται με το νότιο όριο της λεκάνης της Σπάρτης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΧΗΜΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΠΟΙΟΤΗΤΑ

Η ανάλυση των χημικών χαρακτηριστικών στις διάφορες πηγές υδροληψίας και τα υδάτινα σώματα στην περιοχή του Δήμου, είναι απαραίτητη για δύο λόγους:

- Ο χημισμός των υπόγειων υδάτων μπορεί να βοηθήσει στην καλύτερη κατανόηση των συνθηκών τροφοδοσίας των υδροφόρων οριζόντων στην περιοχή, τις συνθήκες υπόγειας κυκλοφορίας και τις πιθανές συνθήκες επικοινωνίας μεταξύ τους.
- Η επεξεργασία των χημικών αναλύσεων και η σύγκριση με τα κατάλληλα σταθερότυπα θα οδηγήσει στον ποιοτικό χαρακτηρισμό των συστημάτων υδάτων και αφετέρου στο χαρακτηρισμό της καταλληλότητας του νερού κάθε υδροφόρου ανάλογα με τη χρήση.

3.1. ΧΗΜΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΑΤΩΝ

Σύμφωνα με την υφιστάμενη νομοθεσία, οι υπηρεσίες της δημοτικής αρχής έχουν την ευθύνη της ύδρευσης και της υγειονομικής προστασίας για το νερό ύδρευσης στους καποδιστριακούς δήμους. Επίσης, έχουν την ευθύνη της προστασίας των περιοχών τροφοδοσίας των πηγών υδροληψίας. Έτσι σε τακτικά χρονικά διαστήματα γίνονται χημικές αναλύσεις στο νερό του δικτύου ύδρευσης. Επίσης, γίνονται (λιγότερο συχνά και μετά και από πρόταση του Πανεπιστημίου) και δειγματοληψίες στις πηγές υδροληψίας. Οι αναλύσεις αυτές (χημικές και μικροβιολογικές) γίνονται πλέον, σύμφωνα με το νόμο, σε κρατικό πιστοποιημένο εργαστήριο, που στην συγκεκριμένη περίπτωση είναι το εργαστήριο στο Αστέρι Λακωνίας (Δήμος Έλους). Οι δειγματοληψίες έγιναν στις εξής περιοχές:

- Δημοτικό Διαμέρισμα Γκοριτσάς:
  - Πηγές Πολύδροσου (Σούμου Βρύση, Πηγή Μεταξωτού)
  - Γκοριτσά (Άγιος Στέφανος)
- Δημοτικό Διαμέρισμα Αγίων Αναργύρων
  - 3 Γεωτρήσεις
- Δημοτικό Διαμέρισμα Καλλονής
  - Πηγή Καλλονής
- Δημοτικό Διαμέρισμα Κεφαλά
  - 2 Γεωτρήσεις
- Δημοτικό Διαμέρισμα Σκούρας
  - Γεώτρηση
- Δημοτικό Διαμέρισμα Πλατάνας
  - 2 Γεωτρήσεις
- Δημοτικό Διαμέρισμα Αγριάνων
  - Πηγή Αγριάνων

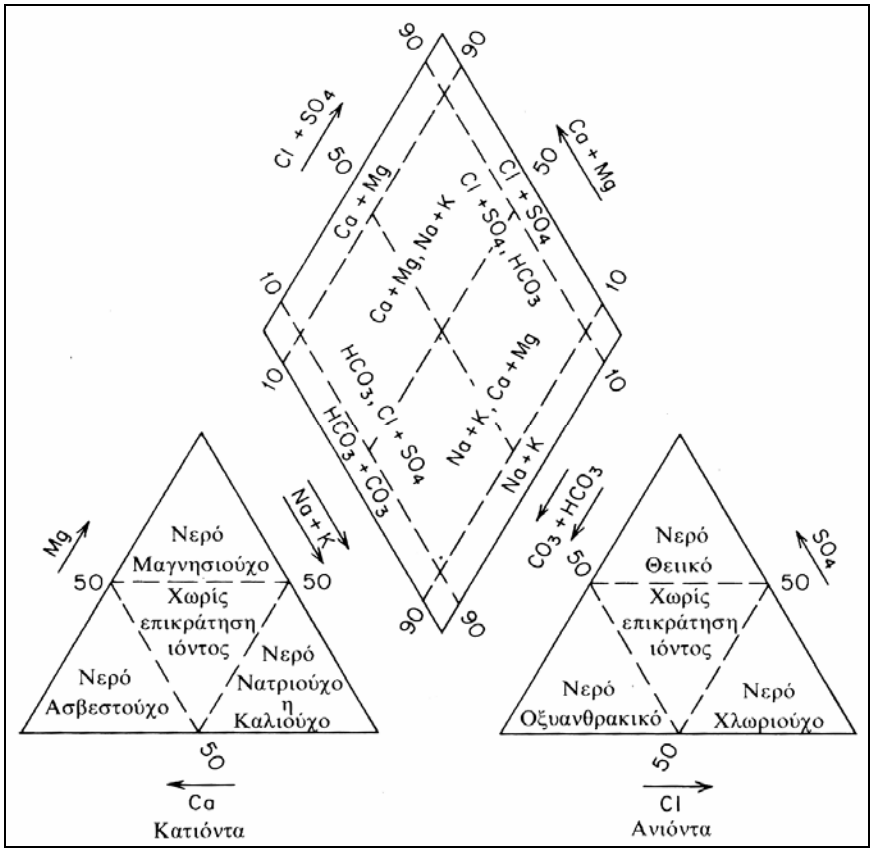
Στο δημοτικό διαμέρισμα της Χρύσαφας οι δειγματοληψίας έγιναν μόνο στη δεξαμενή και στο δίκτυο και δεν μπορούν να αξιοποιηθούν για τη μελέτη του χημισμού.

Η παρουσίαση των αποτελεσμάτων των χημικών αναλύσεων θα γίνει με τριγραμμικά διαγράμματα (Piper), πολυγωνικά διαγράμματα (Stiff), και πίνακες που δείχνουν τις ιοντικές σχέσεις, έτσι ώστε να γίνει η ταξινόμηση των διαφόρων τύπων υδάτων, η σύγκρισή τους και να εξαχθούν τα ανάλογα συμπεράσματα.

Σημειώνεται ότι όλα τα δείγματα προέρχονται από «γλυκά μερά» και η περιεκτικότητα σε διαλυμένα στερεά είναι από 300 – 500 mg/l (με βάση τις τιμές αγωγιμότητας που μετρήθηκαν και τη σχέση 1μS/cm=0,64 mg/l TDS στους 25^{0}C) (Logan 1961, Richards (ed.) 1954). Επίσης σε όλα τα δείγματα το pH είναι μεγαλύτερο από 7 και φτάνει έως και 8,1.

3.1.1. Τριγραμμικά διαγράμματα (Piper)

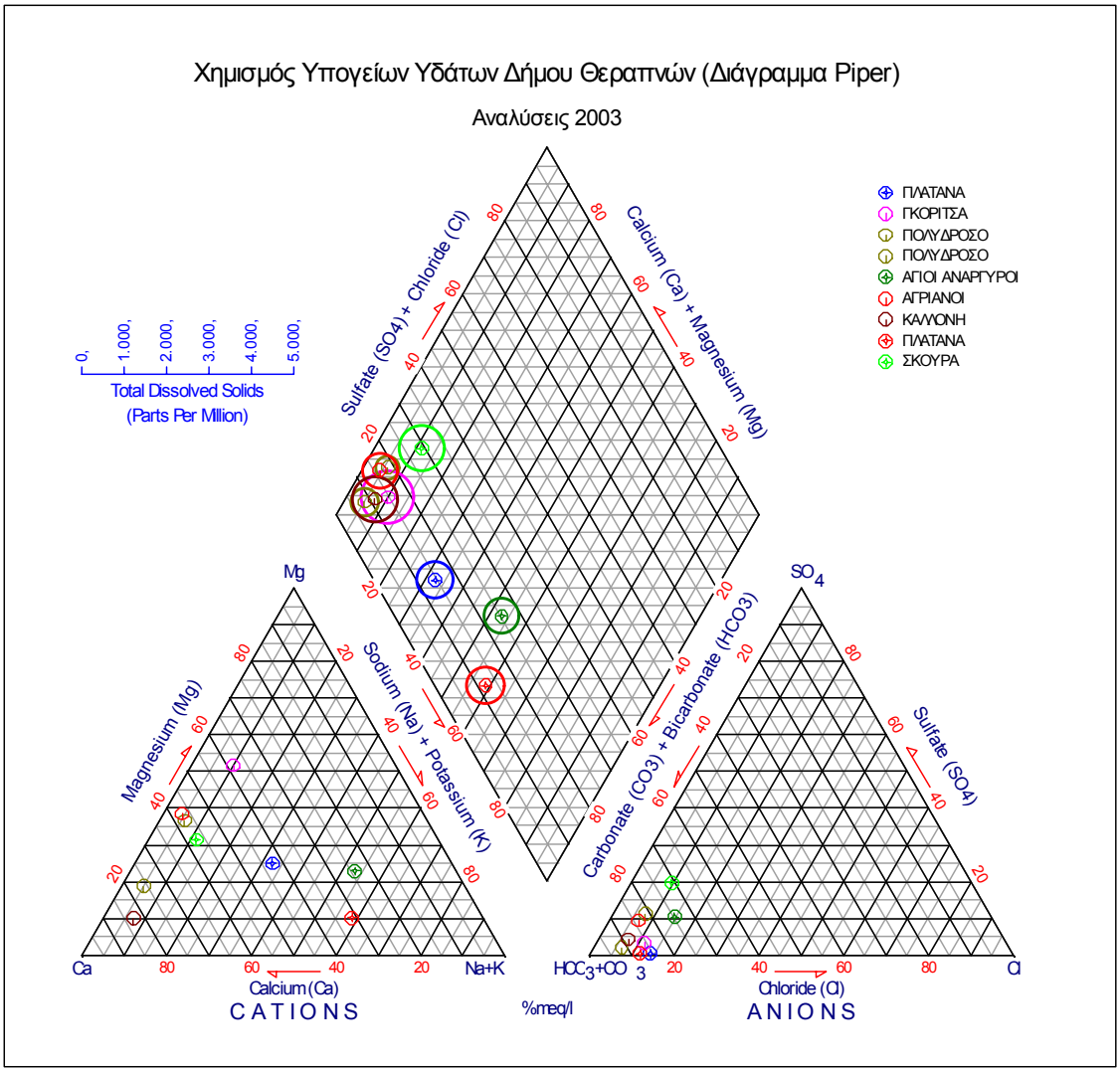
Τα τριγραμμικά διαγράμματα είναι τα πιο εύχρηστα από τα διαγράμματα που χρησιμοποιούνται για τη γραφική παράσταση της χημικής σύστασης του νερού, γιατί προσφέρουν άμεση σύγκριση διαφόρων ποιοτήτων νερού (Καλλέργης, 2000). Στα τριγραμμικά διαγράμματα (Piper, 1944) προβάλλονται τα κατιόντα σε ένα σημείο στο αριστερό τρίγωνο εκπεφρασμένα επί τοις εκατό του συνόλου των κατιόντων σε meq/l και αντίστοιχα στο δεξιό τρίγωνο προβάλλονται τα ανιόντα. Στη συνέχεια τα δυο σημεία που αντιστοιχούν στο ίδιο δείγμα σε καθένα από τα τρίγωνα (κατιόντων και ανιόντων) προβάλλονται στον κεντρικό ρόμβο παράλληλα προς τους επάνω άξονες. Το σημείο αυτό παρουσιάζει την ολική ιοντική κατανομή και παριστάνεται με κύκλο, του οποίου η ακτίνα αντιστοιχεί υπό κλίμακα στο TDS (ολικά διαλυμένα στερεά).



Εικ. 145 – Διάγραμμα ταξινόμησης νερών με βάση τα επικρατούντα ανιόντα και κατιόντα % (Freeze – Cherry, 1979, από Καλλέργης, 2000).

Στα διαγράμματα που ακολουθούν παρουσιάζονται οι προβολές των ιοντικών κατανομών στα δείγματα των πηγών υδροληψίας του Δήμου Θεραπνών, από τις αναλύσεις του 2003 και του 2005. Όπως φαίνεται από τα διαγράμματα, τα δείγματα από τις ίδιες πηγές δεν εμφανίζουν διαχρονικά κάποια αξιόλογη απόκλιση. Επειδή όμως οι δειγματοληψίες δεν έγιναν σε όλα τα σημεία και στις δύο περιόδους, παρουσιάζεται και ένα τρίτο διάγραμμα που περιέχει όλες τις πηγές ανεξάρτητα από το

χρόνο της δειγματοληψίας (εφόσον δεν υπάρχουν αποκλίσεις για την ίδια περιοχή) έτσι ώστε να είναι άμεσα συγκρίσιμα όλα τα σημεία υδροληψίας.

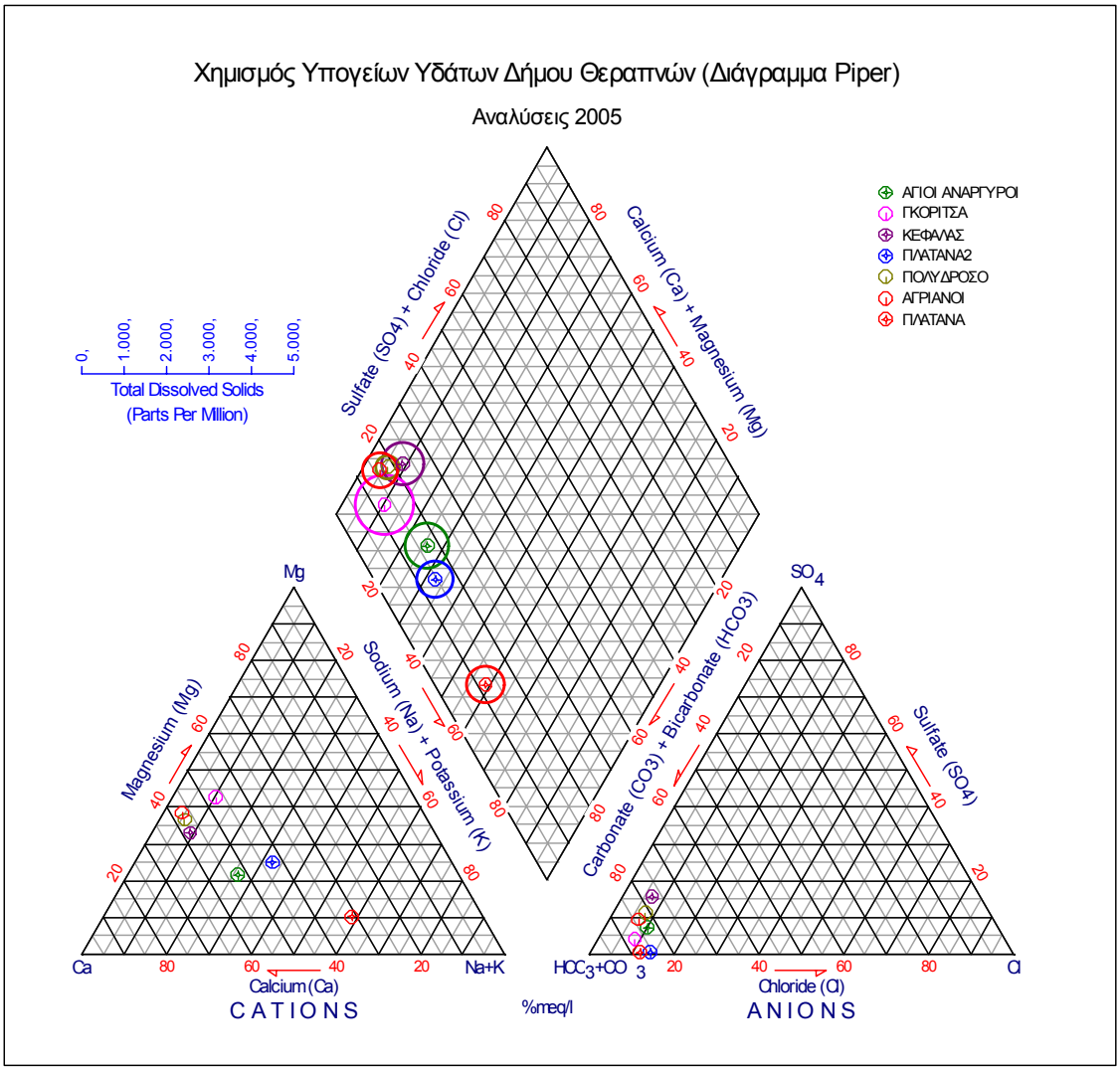


Εικ. 146 – Τριγραμμικό διάγραμμα της ιοντικής κατανομής στις πηγές υδροληψίας του Δήμου Θερμαϊκού από τις αναλύσεις του 2003.

Στο πρώτο τριγραμμικό διάγραμμα έχουν προβληθεί οι ιοντικές κατανομές από τις αναλύσεις του 2003. Συμπεριλαμβάνονται οι πηγές του Πολύδροσου, των Αγριάνων, της Γκοριτσάς και της Καλλονής και οι γεωτρήσεις της Σκούρας, της Πλατάνας, και των Αγίων Αναργύρων. Από το διάγραμμα παρατηρούνται τα εξής:

- Ως προς τα ανιόντα, **όλα** τα δείγματα χαρακτηρίζονται **οξυανθρακικά**.
- Ως προς τα κατιόντα
  - Τα δείγματα του Πολύδροσου, της Καλλονής, της Σκούρας και των Αγριάνων χαρακτηρίζονται **ασβεστούχα**.
  - Το δείγμα της Γκοριτσάς χαρακτηρίζεται **μαγνησιούχο**.

- Το ένα δείγμα της Πλατάνας (νέα γεώτρηση) χαρακτηρίζονται **χωρίς επικράτηση ιόντος**.
- Τα δείγματα των Αγίων Αναργύρων και το ένα της Πλατάνας (παλιά γεώτρηση) **χαρακτηρίζονται νατριούχα**.

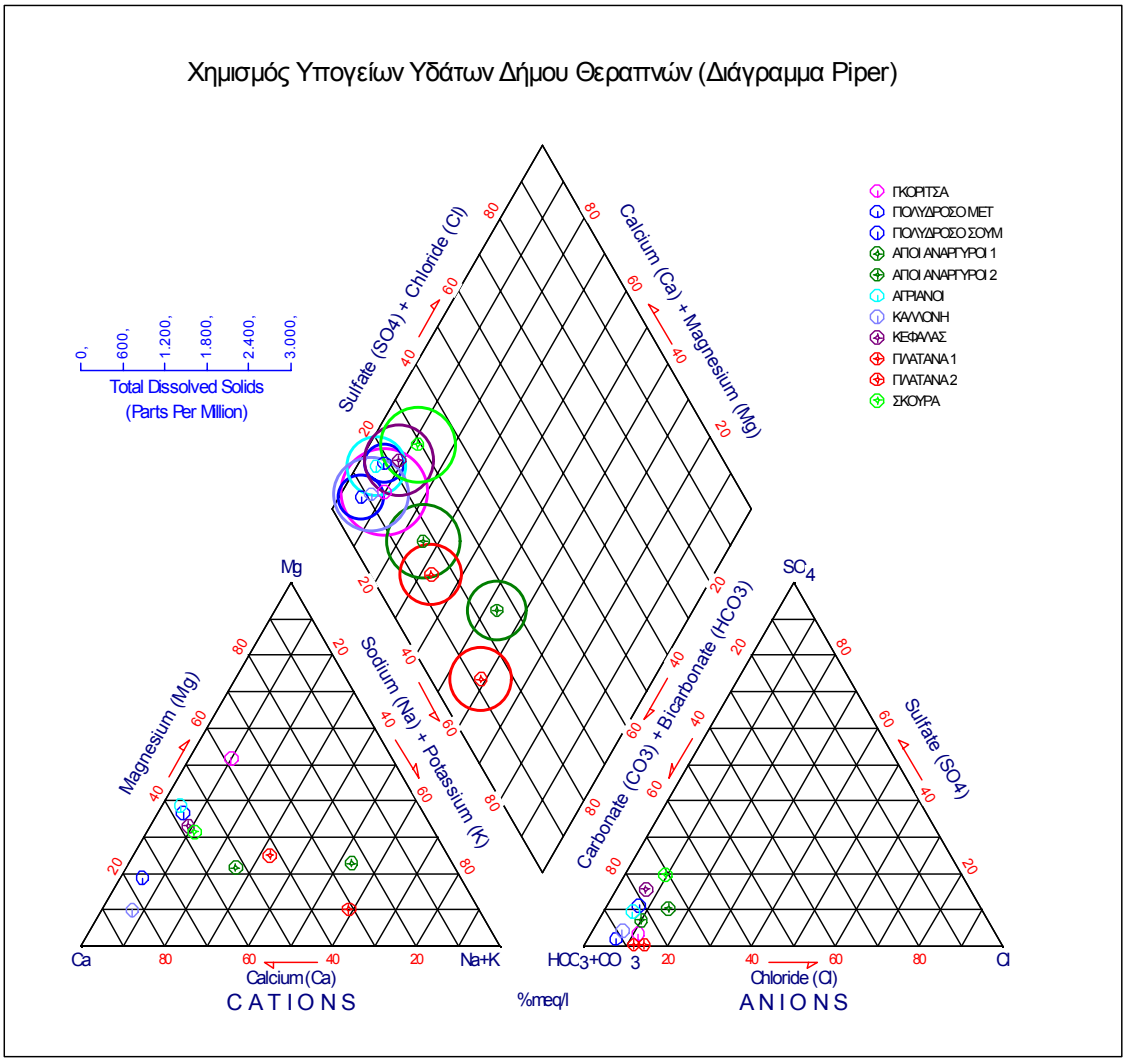


Εικ. 147 - Τριγραμμικό διάγραμμα της ιοντικής κατανομής στις πηγές υδροληψίας του Δήμου Θεραπνών από τις αναλύσεις του 2005.

Στο δεύτερο τριγραμμικό διάγραμμα έχουν προβληθεί οι ιοντικές κατανομές από τις αναλύσεις του 2005. Συμπεριλαμβάνονται οι πηγές του Πολύδροσου, των Αγριάνων και της Γκοριτσάς και οι γεωτρήσεις της Πλατάνας, του Κεφαλά και των Αγίων Αναργύρων. Από το διάγραμμα παρατηρούνται τα εξής:

- Ως προς τα ανιόντα, **όλα** τα δείγματα χαρακτηρίζονται **οξυανθρακικά**.
- Ως προς τα κατιόντα
  - Τα δείγματα του Πολύδροσου, των Αγριάνων, του Κεφαλά και των Αγίων Αναργύρων χαρακτηρίζονται **ασβεστούχα**.

- Το δείγμα της Γκοριτσάς χαρακτηρίζεται **μαγνησιούχο**.
- Το ένα δείγμα της Πλατάνας (νέα γεώτρηση) χαρακτηρίζονται **χωρίς επικράτηση ιόντος**.
- Το δείγμα της Πλατάνας (παλιά γεώτρηση) **χαρακτηρίζεται νατριούχο**.



Εικ. 148 – Τριγραμμικό διάγραμμα της ιοντικής κατανομής στις πηγές υδροληψίας του Δήμου Θεραπνών (συνδυασμός 2003 – 2005).

Στο τρίτο τριγραμμικό διάγραμμα έχουν προβληθεί επιλεκτικά ιοντικές κατανομές από τις αναλύσεις του 2003 και του 2005. Συμπεριλαμβάνονται οι πηγές του Πολύδροσου, των Αγριάνων, της Καλλονής και της Γκοριτσάς και οι γεωτρήσεις της Πλατάνας, του Κεφαλά, της Σκούρας και των Αγίων Αναργύρων. Από το διάγραμμα παρατηρούνται τα εξής:

- Ως προς τα ανιόντα, **όλα** τα δείγματα χαρακτηρίζονται **οξυανθρακικά**.
- Ως προς τα κατιόντα
  - Τα δείγματα του Πολύδροσου, των Αγριάνων, της Καλλονής, του Κεφαλά, της Σκούρας και το ένα των Αγίων Αναργύρων χαρακτηρίζονται **ασβεστούχα**.

- Το δείγμα της Γκοριτσάς χαρακτηρίζεται **μαγνησιούχο**.
- Το ένα δείγμα της Πλατάνας (νέα γεώτρηση) χαρακτηρίζονται **χωρίς επικράτηση ιόντος**.
- Το ένα δείγμα της Πλατάνας (παλιά γεώτρηση) και το ένα δείγμα των Αγίων Αναργύρων **χαρακτηρίζονται νατριούχα**.
- Εκτός από τη μια πηγή του Πολύδροσου και την Καλλονή, παρατηρείται αυξημένη συγκέντρωση μαγνησίου και στα ασβεστούχα δείγματα.
- Η ελάχιστη αλατότητα παρατηρείται στις πηγές του Πολύδροσου και η μέγιστη παρατηρείται στη Γκοριτσά.

Πηγή Υδροληψίας	**Χαρακτηρισμός**
Πολύδροσο (Σούμου Βρύση)	Ασβεστούχο οξυανθρακικό
Πολύδροσο (Πηγή Μεταξωτού)	Ασβεστούχο οξυανθρακικό
Αγριάνοι (Πηγή)	Ασβεστούχο οξυανθρακικό
Καλλονή (Πηγή)	Ασβεστούχο οξυανθρακικό
Κεφαλάς (Γεώτρηση)	Ασβεστούχο οξυανθρακικό
Γκοριτσά (Πηγή)	Μαγνησιούχο οξυανθρακικό
Πλατάνα (Παλιά Γεώτρηση)	Νατριούχο οξυανθρακικό
Πλατάνα (Νέα Γεώτρηση)	Οξυανθρακικό χωρίς επικράτηση κατιόντος
Σκούρα (Γεώτρηση)	Ασβεστούχο οξυανθρακικό
Άγιοι Ανάργυροι (Γεώτρηση 1)	Ασβεστούχο οξυανθρακικό
Άγιοι Ανάργυροι (Γεώτρηση 2)	Νατριούχο οξυανθρακικό

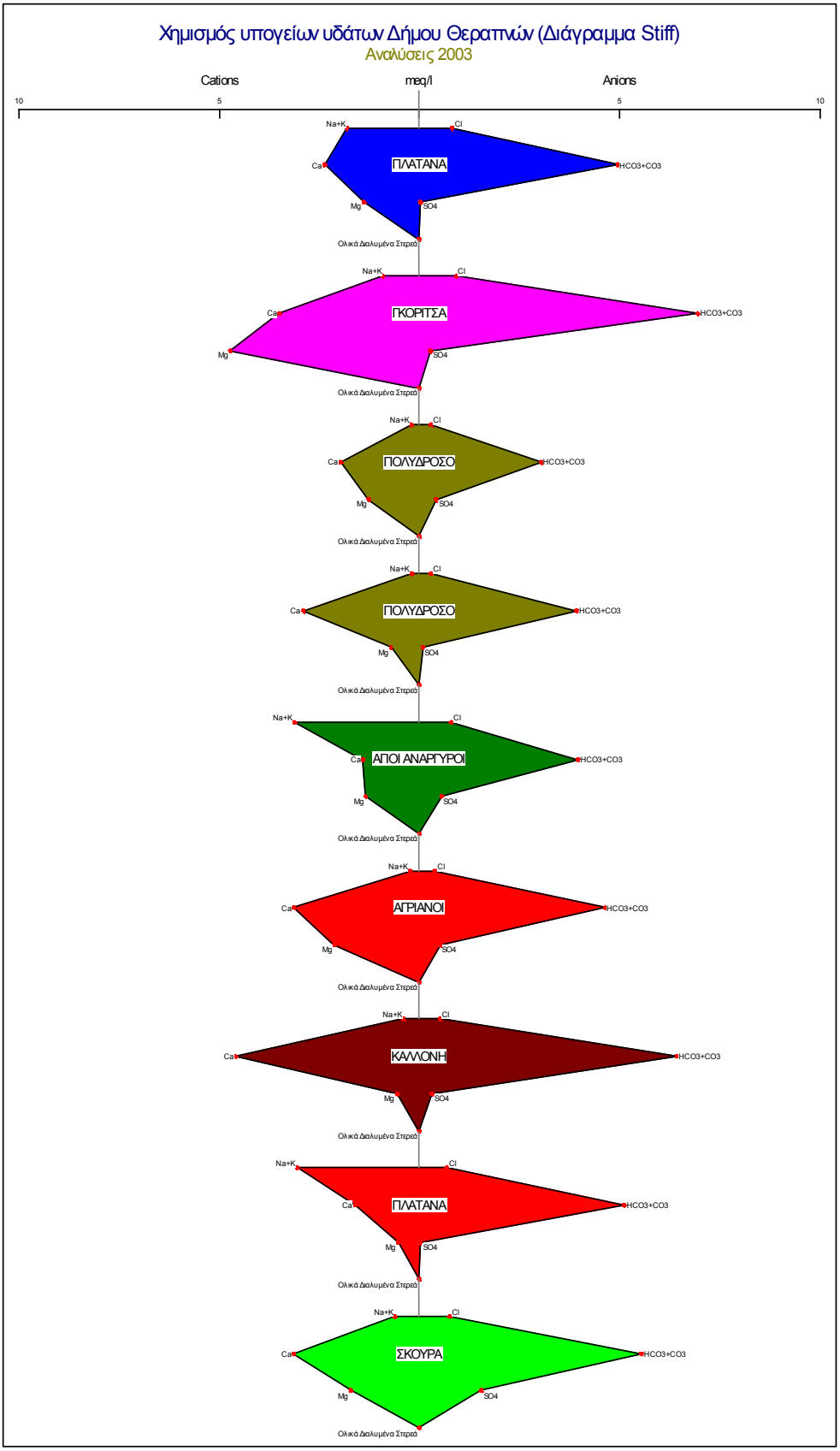
Πίνακας 15 – Ταξινόμηση των δειγμάτων με βάση τα τριγραμμικά διαγράμματα.

3.1.2. Πολυγωνικά διαγράμματα (Stiff)

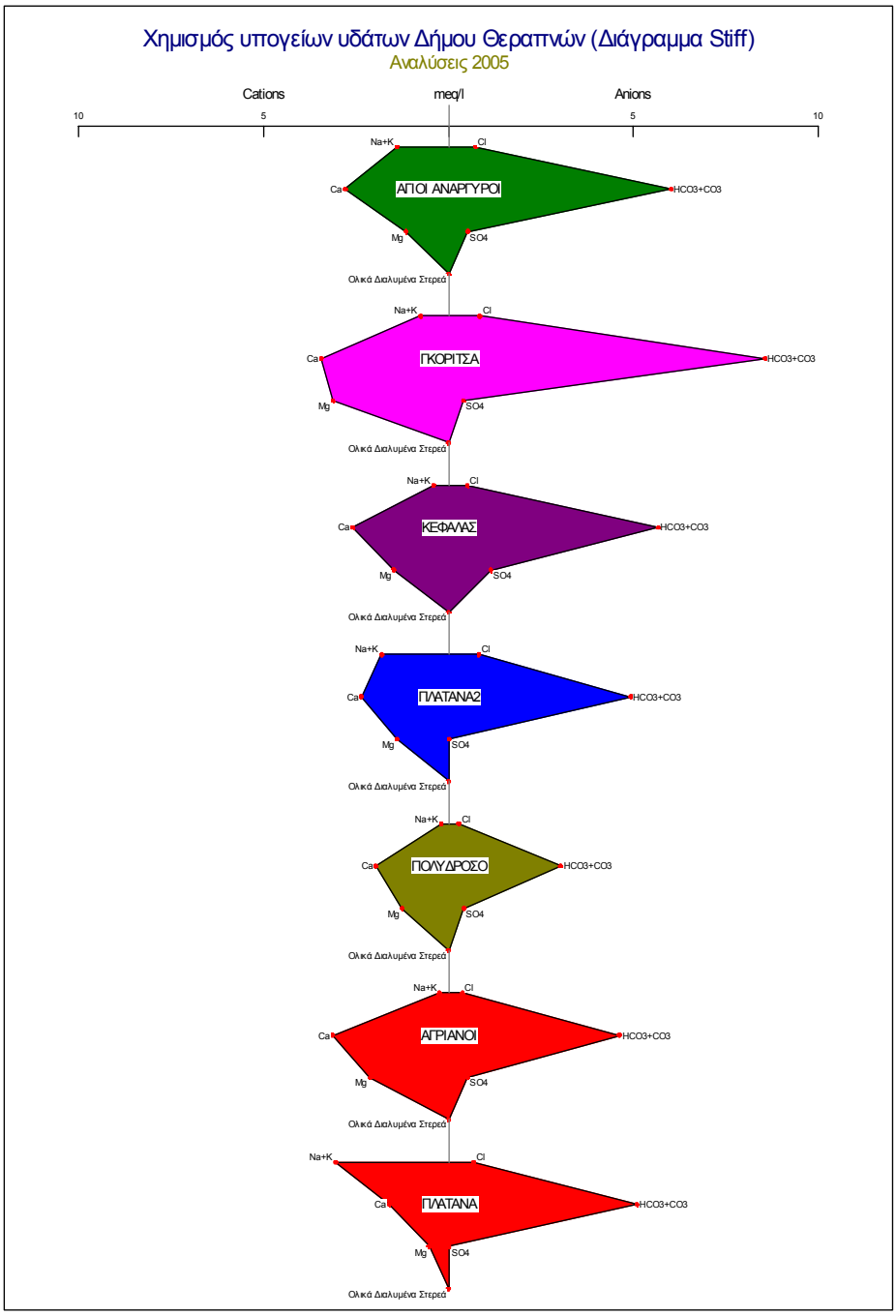
Στα πολυγωνικά διαγράμματα (Stiff, 1951) τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων προβάλλονται σε (τέσσερις) παράλληλους άξονες. Οι συγκεντρώσεις των κατιόντων σημειώνονται στα αριστερά ενός κατακόρυφου άξονα αφετηρίας και των ανιόντων στα δεξιά. Όταν ενωθούν τα διάφορα σημεία, σχηματίζουν ένα ανώμαλο πολυγωνικό σχήμα. Νερά παρόμοιας ποιότητας παρουσιάζουν ίδιο πολυγωνικό σχήμα.

Για την παρουσίαση του χημισμού στην περιοχή έρευνας με πολυγωνικά διαγράμματα χρησιμοποιήθηκαν οι χημικές αναλύσεις όπως αναφέρθηκαν παραπάνω. Τα αποτελέσματα των αναλύσεων του 2003 και του 2005 παρουσιάζονται σε δύο ξεχωριστά διαγράμματα. Στη συνέχεια, με την προσθήκη και των κατιόντων σιδήρου, μαγγανίου και ψευδαργύρου και των ανιόντων νιτρικής και νιτρώδους ρίζας και αμμωνίου παρουσιάζεται ένα διάγραμμα για όλες τις πηγές υδροληψίας.

Στο διάγραμμα των αναλύσεων του 2003, παρατηρείται μια αναλογία στα δείγματα του Πολυδρόσου, των Αγριάνων, της Καλλονής και της Σκούρας και αυξάνεται η ολική συγκέντρωση των ιόντων από το Πολύδροσο και τους Αγριάνους προς την Καλλονή και τη Σκούρα. Παρατηρείται επίσης η ομοιότητα του διαγράμματος των Αγίων Αναργύρων με την Πλατάνα, ενώ διαφοροποιείται η Γκοριτσά, ως το μόνο μαγνησιούχο δείγμα.

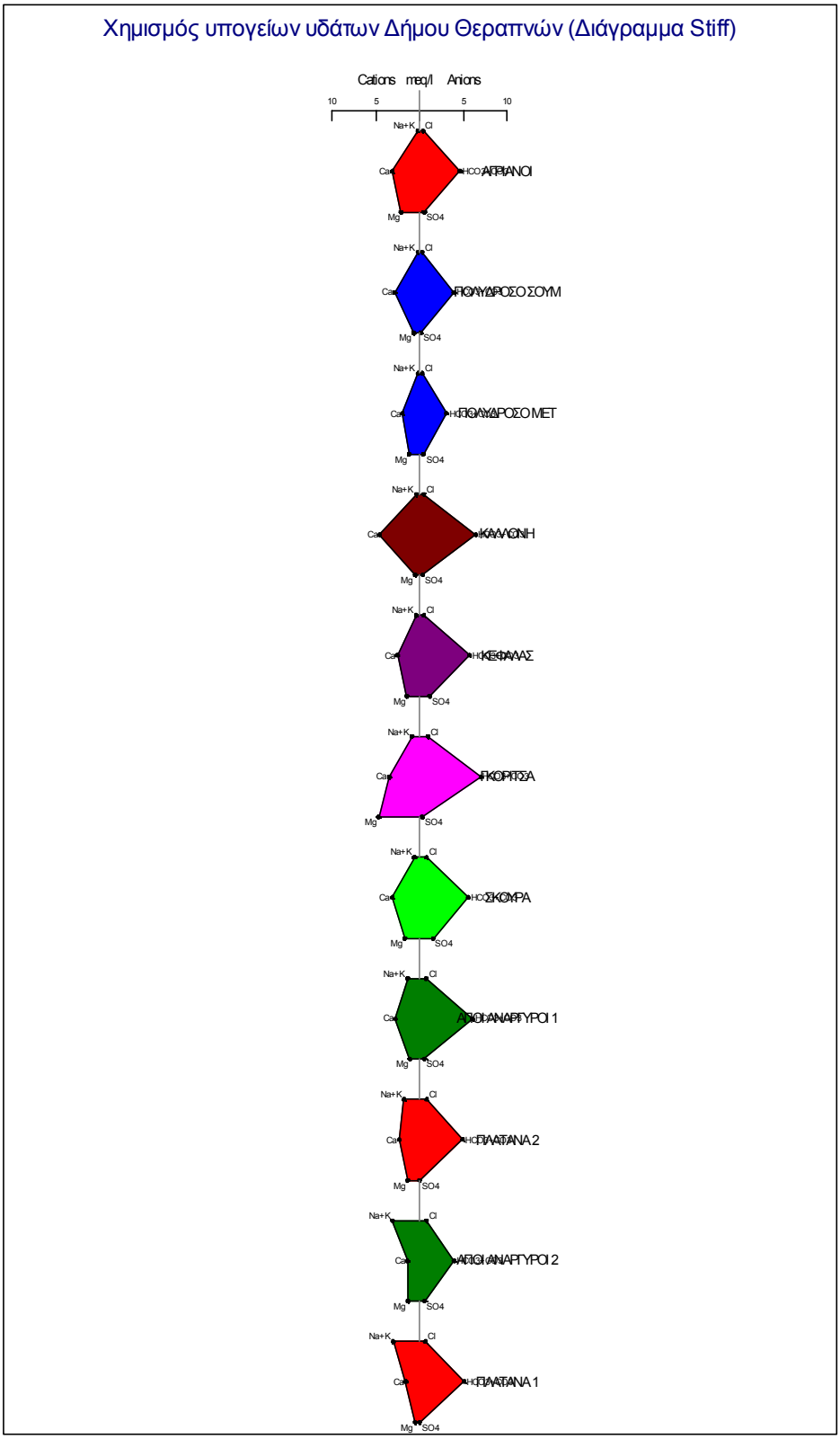


Εικ. 149 – Πολυγωνικά διαγράμματα με βάση τις αναλύσεις του 2003.



Εικ. 150 – Πολυγωνικά διαγράμματα με βάση τις αναλύσεις του 2005.

Στο διάγραμμα των αναλύσεων του 2005, παρατηρείται μια αναλογία στα δείγματα του Πολυδρόσου, των Αγριάνων, του Κεφαλά, της Γκοριτσάς και της παλιάς γεώτρησης της Πλατάνας (όπου παρατηρούνται όμως αυξημένα ιόντα Na) και αυξάνεται η ολική συγκέντρωση των ιόντων. Παρατηρείται επίσης η ομοιότητα του διαγράμματος των Αγίων Αναργύρων με την Πλατάνα.



Εικ. 151 - Πολυγωνικά διαγράμματα για όλες τις πηγές υδροληψίας.

Στο τελευταίο πολυγωνικό διάγραμμα φαίνεται η ομοιότητα μεταξύ των δειγμάτων από τις γεωτρήσεις του Κεφαλά, της Σκούρας, των Αγ. Αναργύρων (1) και της Πλατάνας (2). Ξεχωρίζουν δύο γεωτρήσεις (Πλατάνα 1 και Άγ. Ανάργυροι 2) που επικρατεί το νάτριο στα ανιόντα και η πηγή της Γκοριτσάς που επικρατεί το μαγνήσιο.

3.1.3. Ιοντικό περιβάλλον

Οι σχέσεις αναλογίας μεταξύ συγκεκριμένων ιοντικών συγκεντρώσεων, δίνουν χρήσιμες ενδείξεις για το περιβάλλον και την προέλευση του υπόγειου νερού. Στη συνέχεια θα παρουσιαστούν οι ιοντικές σχέσεις ως προς τα κάτωθι:

- Φθίνουσα περιεκτικότητα σε ανιόντα και κατιόντα
- Σχέση Mg/Ca
- Σχέση Na/K
- Σχέση (Ca+Mg)/(Na+K)

3.1.3.1. Φθίνουσα περιεκτικότητα σε ανιόντα και κατιόντα

Με βάση τη φθίνουσα περιεκτικότητα σε ανιόντα και κατιόντα, τα νερά χαρακτηρίζονται ανθρακικά αν επικρατούν τα ιόντα της όξινης ανθρακικής ρίζας έναντι κατά σειρά των θειικών και του χλωρίου και αντιστοίχως επικρατούν τα ιόντα του ασβεστίου έναντι του μαγνησίου και του νατρίου, ή αντίστροφα, ή χλωριούχα, αν επικρατούν τα ιόντα του χλωρίου και του νατρίου.

ΠΕΡΙΟΧΗ	ΣΗΜΕΙΟ	ΕΙΔΟΣ	1ο Κατιόν	2ο Κατιόν	3ο Κατιόν	1ο Ανιόν	2ο Ανιόν	3ο Ανιόν
ΚΑΛΛΟΝΗ	ΠΗΓΗ ΚΑΛΛΟΝΗΣ	ΠΗΓΗ	Ca	Mg	Na	HCO3	SO4	Cl
ΚΕΦΑΛΑΣ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	Ca	Mg	Na	HCO3	SO4	Cl
ΠΟΛΥΔΡΟΣΟ	ΠΗΓΗ ΜΕΤΑΞΩΤΟΥ	ΠΗΓΗ	Ca	Mg	Na	HCO3	SO4	Cl
ΠΟΛΥΔΡΟΣΟ	ΣΟΥΜΟΥ ΒΡΥΣΗ	ΠΗΓΗ	Ca	Mg	Na	HCO3	SO4	Cl
ΑΓΙΟΙ ΑΝΑΡΓΥΡΟΙ	ΚΕΝΤΡΙΑ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	Ca	Mg	Na	HCO3	Cl	SO4
ΑΓΙΟΙ ΑΝΑΡΓΥΡΟΙ	ΚΕΡΑΤΙΤΣΑ & ΣΤΕΦΑΝΟΣ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	Ca	Mg	Na	HCO3	Cl	SO4
ΑΓΡΙΑΝΟΙ	ΚΕΦΑΛΟΒΡΥΣΟ	ΠΗΓΗ	Ca	Mg	Na	HCO3	Cl	SO4
ΑΓΡΙΑΝΟΙ	ΚΕΦΑΛΟΒΡΥΣΟ	ΠΗΓΗ	Ca	Mg	Na	HCO3	Cl	SO4
ΓΚΟΡΙΤΣΑ	ΑΓΙΟΣ ΣΤΕΦΑΝΟΣ	ΠΗΓΗ	Ca	Mg	Na	HCO3	Cl	SO4
ΠΟΛΥΔΡΟΣΟ	ΠΗΓΗ ΜΕΤΑΞΩΤΟΥ	ΠΗΓΗ	Ca	Mg	Na	HCO3	Cl	SO4
ΣΚΟΥΡΑ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ ΣΚΟΥΡΑΣ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	Ca	Mg	Na	HCO3	Cl	SO4
ΑΓΙΟΙ ΑΝΑΡΓΥΡΟΙ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ ΦΛΩΡΟΥ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	Ca	Na	Mg	HCO3	Cl	SO4
ΠΛΑΤΑΝΑ	ΑΛΩΝΑΚΙ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	Ca	Na	Mg	HCO3	Cl	SO4
ΓΚΟΡΙΤΣΑ	ΑΓΙΟΣ ΣΤΕΦΑΝΟΣ	ΠΗΓΗ	Mg	Ca	Na	HCO3	SO4	Cl
ΑΓΙΟΙ ΑΝΑΡΓΥΡΟΙ	ΑΓ. ΑΝΑΡΓΥΡΟΙ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	Na	Ca	Mg	HCO3	SO4	Cl
ΠΛΑΤΑΝΑ	ΠΑΛΙΑ ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	Na	Ca	Mg	HCO3	Cl	SO4

Πίνακας 16 – Ταξινόμηση των υπογείων υδάτων με βάση τις αναλύσεις στις πηγές υδροληψίας, σύμφωνα με τη φθίνουσα περιεκτικότητα σε κατιόντα.

Στον πίνακα παρατηρείται ότι με βάση τα κατιόντα, όλα τα δείγματα χαρακτηρίζονται ανθρακικά εκτός από τα δείγματα από την Πλατάνα και τους Άγιους Ανάργυρους, που το νάτριο είναι αυξημένο, όπως συμβαίνει και με το χλώριο και σε κάποια επικρατεί. Τα πιο ξεκάθαρα δείγματα είναι της Καλλονής, του Κεφαλά και του Πολύδροσου, όπου και η σειρά των κατιόντων και η σειρά των

ανιόντων τα κατατάσσει στα ανθρακικά. Σε αρκετά δείγματα το χλώριο είναι αυξημένο σε σχέση με τα θειικά ιόντα, όμως πουθενά δεν επικρατεί.

3.1.3.2. Σχέση Mg/Ca

Η σχέση Mg/Ca χρησιμοποιείται για να δείξει την φύση του υδροφόρου, εάν δηλαδή είναι ασβεστολιθικός (0,5-0,7), δολομιτικός (0,7-0,9) ή πυριτικός (>0,9).

ΠΕΡΙΟΧΗ	ΣΗΜΕΙΟ	ΕΙΔΟΣ	Mg/Ca
ΚΑΛΛΟΝΗ	ΠΗΓΗ ΚΑΛΛΟΝΗΣ	ΠΗΓΗ	0,12
ΠΟΛΥΔΡΟΣΟ	ΣΟΥΜΟΥ ΒΡΥΣΗ	ΠΗΓΗ	0,25
ΠΛΑΤΑΝΑ	ΠΑΛΙΑ ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	0,33
ΑΓΙΟΙ ΑΝΑΡΓΥΡΟΙ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ ΦΛΩΡΟΥ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	0,41
ΣΚΟΥΡΑ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ ΣΚΟΥΡΑΣ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	0,55
ΑΓΙΟΙ ΑΝΑΡΓΥΡΟΙ	ΚΕΝΤΡΙΑ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	0,55
ΚΕΦΑΛΑΣ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	0,57
ΠΛΑΤΑΝΑ	ΑΛΩΝΑΚΙ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	0,59
ΑΓΙΟΙ ΑΝΑΡΓΥΡΟΙ	ΑΓ. ΑΝΑΡΓΥΡΟΙ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	0,63
ΠΟΛΥΔΡΟΣΟ	ΠΗΓΗ ΜΕΤΑΞΩΤΟΥ	ΠΗΓΗ	0,64
ΑΓΡΙΑΝΟΙ	ΚΕΦΑΛΟΒΡΥΣΟ	ΠΗΓΗ	0,68
ΑΓΙΟΙ ΑΝΑΡΓΥΡΟΙ	ΚΕΡΑΤΙΤΣΑ & ΣΤΕΦΑΝΟΣ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	0,72
ΓΚΟΡΙΤΣΑ	ΑΓΙΟΣ ΣΤΕΦΑΝΟΣ	ΠΗΓΗ	0,91
ΑΓΙΟΙ ΑΝΑΡΓΥΡΟΙ	ΑΓ. ΑΝΑΡΓΥΡΟΙ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	0,95

Πίνακας 17 – Ταξινόμηση των δειγμάτων με βάση την αναλογία Mg/Ca.

Η ταξινόμηση δείχνει μια ομάδα με τιμές μέσα στο όριο 0.5-0.7 (Πηγή Μεταξωτού, πηγή Αγριάνων, δυο γεωτρήσεις των Αγίων Αναργύρων, η γεώτρηση της Σκούρας, η γεώτρηση του Κεφαλά και η μια γεώτρηση της Πλατάνας (Νέα γεώτρηση - Αλωνάκι), που έχει χαρακτηριστικά ασβεστολιθικού υδροφόρου.

Η μια γεώτρηση των Αγίων Αναργύρων και η πηγή της Γκοριτσάς είναι στο όριο δολομιτικής – πυριτικής σύστασης, και μια γεώτρηση των Αγίων Αναργύρων είναι στο όριο ασβεστολιθικής – δολομιτικής σύστασης.

Τέλος, υπάρχει μια ομάδα με αναλογία <0,5 που περιλαμβάνει την πηγή της Καλλονής και την πηγή Σούμου Βρύση στο Πολύδροσο, καθώς και τις δυο νατριούχες γεωτρήσεις στην Πλατάνα και στους Αγίους Αναργύρους.

3.1.3.3. Σχέση Na/K

Η σχέση Na/K είναι συχνά ενδεικτική για την προέλευση του νερού. Συγκεκριμένα:

- Θαλασσινό νερό: Na/K≈47
- Βρόχινο νερό: Na/K<10
- Περιοχή εμπλουτισμού των υδροφορέων: Na/K 15-25
- Κατάντη τμήμα των υδροφόρων: Na/K 50-70

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζεται η αναλογία Na/K για τις πηγές υδροληψίας της περιοχής με αύξουσα σειρά.

ΠΕΡΙΟΧΗ	Na/K
ΓΚΟΡΙΤΣΑ	4,64
ΑΓΙΟΙ ΑΝΑΡΓΥΡΟΙ	7,11
ΣΚΟΥΡΑ	8,00
ΚΕΦΑΛΑΣ	10,33
ΑΓΙΟΙ ΑΝΑΡΓΥΡΟΙ	14,58
ΠΟΛΥΔΡΟΣΟ	18,29
ΠΟΛΥΔΡΟΣΟ	19,14
ΑΓΡΙΑΝΟΙ	22,97
ΚΑΛΛΟΝΗ	37,85
ΑΓΙΟΙ ΑΝΑΡΓΥΡΟΙ	63,21
ΠΛΑΤΑΝΑ	69,75
ΠΛΑΤΑΝΑ	69,75
ΑΓΙΟΙ ΑΝΑΡΓΥΡΟΙ	72,02
ΠΛΑΤΑΝΑ	148,01
ΠΛΑΤΑΝΑ	148,01
ΠΛΑΤΑΝΑ	175,79

Πίνακας 18 – Πηγές υδροληψίας στο Δήμο Θερμαϊκού με αύξουσα σειρά αναλογίας Na/K.

Όπως φαίνεται στον πίνακα, στην περιοχή 15-25 βρίσκονται οι πηγές του Πολύδροσου και των Αγριάνων και αρκετά κοντά και της Καλλονής. Στην περιοχή πάνω από 50 βρίσκονται οι γεωτρήσεις της Πλατάνας και των Αγίων Αναργύρων. Η πηγή της Γκοριτσάς και οι γεωτρήσεις του Κεφαλά, της Σκούρας και μια των Αγίων Αναργύρων παρουσιάζουν τιμές κάτω από 15.

3.1.3.4. Σχέση (Ca+Mg)/(Na+K)

Η σχέση (Ca+Mg)/(Na+K) χρησιμοποιείται γιατί δείχνει εάν το νερό προέρχεται από την περιοχή εμπλουτισμού των υδροφορέων (>1) ή από τις κατάντη περιοχές (<1).

ΠΕΡΙΟΧΗ	(Ca+Mg)/(Na+K)
ΑΓΡΙΑΝΟΙ	21,46
ΑΓΙΟΙ ΑΝΑΡΓΥΡΟΙ	19,96
ΠΟΛΥΔΡΟΣΟ	18,32
ΠΟΛΥΔΡΟΣΟ	15,68
ΚΑΛΛΟΝΗ	12,91
ΚΕΦΑΛΑΣ	10,05
ΓΚΟΡΙΤΣΑ	8,67
ΣΚΟΥΡΑ	7,81
ΑΓΙΟΙ ΑΝΑΡΓΥΡΟΙ	2,84
ΠΛΑΤΑΝΑ	2,08
ΑΓΙΟΙ ΑΝΑΡΓΥΡΟΙ	1,88
ΑΓΙΟΙ ΑΝΑΡΓΥΡΟΙ	0,99
ΠΛΑΤΑΝΑ	0,70

Πίνακας 19 – Ταξινόμηση των πηγών υδροληψίας της περιοχής με σειρά φθίνουσας τιμής της αναλογίας (Ca+Mg)/(Na+K).

Όπως φαίνεται από τον προηγούμενο πίνακα, όλες οι τιμές εκτός από μια γεώτρηση της Πλατάνας και μια των Αγίων Αναργύρων είναι μεγαλύτερες από 1.

3.1.4. Συμπεράσματα για το χημισμό των υπόγειων υδάτων της περιοχής

Συνοψίζοντας τις παρατηρήσεις των προηγουμένων παραγράφων, μπορούν να αναφερθούν τα ακόλουθα συμπεράσματα:

- Τα υπόγεια ύδατα της περιοχής είναι κυρίως ασβεστούχα οξυανθρακικά, με αρκετή συμμετοχή μαγνησίου και, σε δυο περιπτώσεις στις περιοχές χαμηλού υψομέτρου, νατριούχα οξυανθρακικά.
- Τόσο η αναλογία Na/K, όσο και η αναλογία Ca+Mg)/(Na+K) δείχνουν ότι πρόκειται για περιοχές εμπλουτισμού των ανθρακικών και ανθρακικών – δολομιτικών υδροφόρων, με την εξαίρεση κάποιων υδροφόρων στην Πλατάνα και τους Αγίους Ανάργυρους.
- Στις δύο περιπτώσεις των νατριούχων οξυανθρακικών υδάτων, τόσο η επικράτηση του νατρίου όσο και η συμμετοχή σημαντικής συγκέντρωσης ιόντων σιδήρου και μαγγανίου δείχνει επίδραση από το σύστημα φυλλιτών – χαλαζιτών.
- Το γεγονός ότι με την εξαίρεση των ρηχών υδροφόρων στην Πλατάνα και στους Άγιους Ανάργυρους, όλα τα υπόλοιπα δείγματα, ακόμα και από υδροφόρους σε μεγάλο βάθος (π.χ. Κεφαλάς) δείχνουν χαρακτηριστικά περιοχής τροφοδοσίας, δείχνουν ότι ανεξάρτητα από την απόσταση από την υδροκριτική περιοχή αλλά και από την επιφάνεια, δεν έχουν συμβεί ιδιαίτερες διεργασίες ιοντικής ανταλλαγής. Αυτό σημαίνει κατά πάσα πιθανότητα ότι το νερό κινείται γρήγορα προς το βάθος, δηλαδή η κατείσδυση αλλά και η υπόγεια αποστράγγιση είναι γρήγορη.

3.2. ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΑΤΩΝ

Η ποιότητα των υπόγειων υδάτων εξετάστηκε για καταλληλότητα ως προς τις κυριότερες χρήσεις, δηλαδή την ανθρώπινη κατανάλωση (ύδρευση και επεξεργασία τροφίμων) και την άρδευση. Για την καταλληλότητα σε σχέση με την ανθρώπινη κατανάλωση χρησιμοποιήθηκαν τα σταθερότυπα της Οδηγίας 1998/83 της Ευρωπαϊκής Ένωσης, που παρουσιάστηκαν στο Β Μέρος. Για την καταλληλότητα σε σχέση με την άρδευση, εφαρμόστηκαν τα διαγράμματα ταξινόμησης του νερού κατά Richards, που λαμβάνουν υπόψη το δείκτη αλκαλίωσης και την αγωγιμότητα.

3.2.1. Καταλληλότητα σε σχέση με την ανθρώπινη κατανάλωση

Τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων από τις πηγές υδροληψίας συγκρίθηκαν με τις τιμές των σταθερότυπων νερού ανθρώπινης κατανάλωσης της Οδηγίας 1998/83 της Ευρωπαϊκής Ένωσης (βλ. Μέρος Β, Κεφάλαιο 2). Η σύγκριση παρουσιάζεται συνοπτικά στο επόμενο γράφημα για όλα τα δείγματα. Δεν κρίθηκε σκόπιμη η παρουσίαση σε ξεχωριστά γραφήματα των αναλύσεων από κάθε υδροληψία, εφόσον ελάχιστες ήταν αυτές στις οποίες παρουσιάστηκε υπέρβαση.

Πιο συγκεκριμένα, στα περισσότερα από τα δείγματα οι τιμές της συγκέντρωσης ιόντων υδρογόνου (pH), της αγωγιμότητα, των κύριων στοιχείων, των ιχνοστοιχείων και των θρεπτικών ήταν εντός των αποδεκτών ορίων για πόσιμο νερό ή για επεξεργασία τροφίμων.

Εξαιρέσεις που παρουσιάστηκαν αφορούν

- Αυξημένη συγκέντρωση καλίου στην πηγή της Γκοριτσάς και σε τρεις γεωτρήσεις (στη Σκούρα, στην Πλατάνα και στους Άγιους Ανάργυρους).
- Αυξημένη συγκέντρωση μαγνησίου στην πηγή της Γκοριτσάς.
- Αυξημένη συγκέντρωση σιδήρου σε μια γεώτρηση των Αγίων Αναργύρων.
- Αυξημένη συγκέντρωση μαγγανίου σε δύο γεωτρήσεις (στη Σκούρα και στην Πλατάνα).
- Αυξημένη συγκέντρωση αμμωνίου σε μια γεώτρηση των Αγίων Αναργύρων.

Σημειώνεται ωστόσο ότι σε πολλά δείγματα ανιχνεύτηκε αυξημένη παρουσία βακτηριδίων, κολοβακτηριδίων και E. coli, ακόμα και σε πηγές σε μεγάλα υψόμετρα, όπως η Πηγή Μεταξωτού στο Πολύδροσο, η πηγή των Αγριάνων και η πηγή της Καλλονής. Αυτό είναι ένα θέμα που θα πρέπει να διερευνηθεί ως προς την προέλευση ειδικά των κολοβακτηριοειδών, αλλά σε κάθε περίπτωση χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή στην καλή χλωρίωση του νερού στις δεξαμενές ύδρευσης, καθώς φαίνεται ότι καμιά περιοχή υδροληψίας δεν μπορεί να θεωρηθεί εξ' ορισμού ασφαλής λόγω υψομετρικής ή γεωγραφικής θέσης.

Είναι πιθανό, τόσο η παρουσία αυξημένων συγκεντρώσεων καλίου (που δικαιολογείται και από την επίδραση των σχιστόλιθων στο γεωλογικό υπόβαθρο) όσο και των κολοβακτηριοειδών, να οφείλεται εν μέρει στην κτηνοτροφική δραστηριότητα της περιοχής (κυρίως αιγοπρόβατα βλ. και Μέρος Β, Κεφάλαιο 3). Ειδικά το κάλιο μπορεί να οφείλεται και στη χρήση χλωριούχων ή θειικών αλάτων του καλίου, αν χρησιμοποιούνται ως λιπάσματα στις καλλιέργειες (κυρίως ελαιόδενδρα) της περιοχής

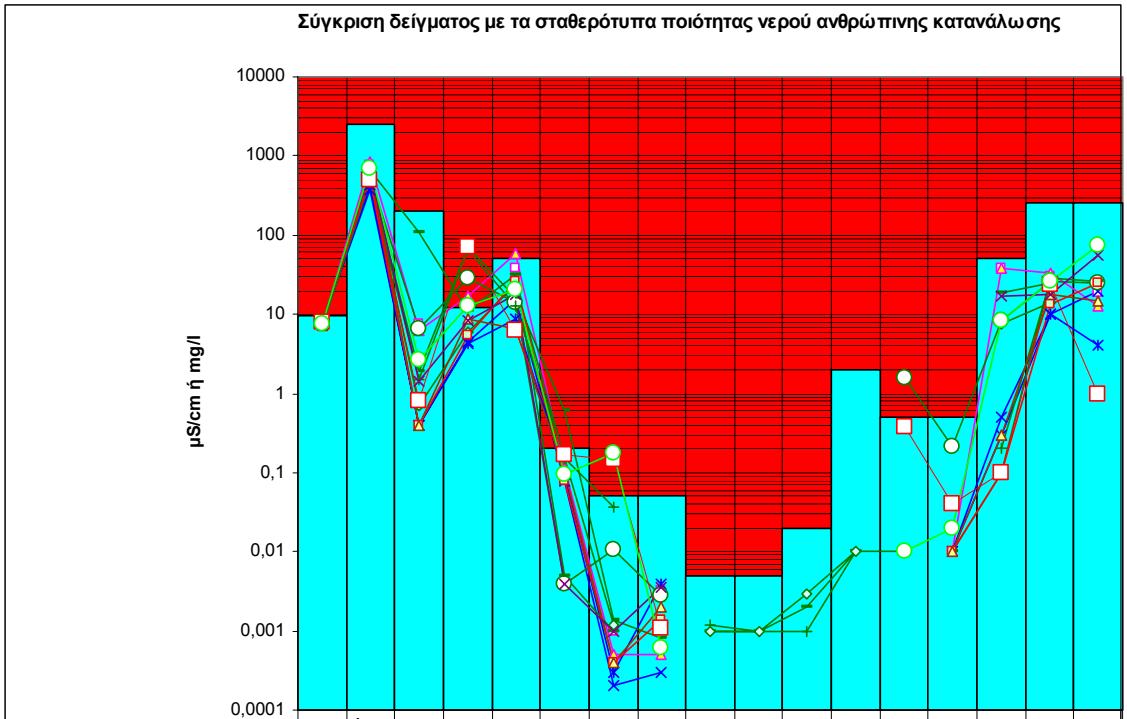
3.2.2. Καταλληλότητα σε σχέση με την άρδευση

Η παρουσίαση των αποτελεσμάτων των χημικών αναλύσεων σε διαγράμματα Richards για την αρδευτική καταλληλότητα του νερού, έδωσε τα ακόλουθα αποτελέσματα:

- Όλα τα δείγματα εκτός από αυτά της Γκοριτσάς κατατάσσονται στην κατηγορία C2S1. Χαρακτηρίζονται ως νερά μέτριας αλατότητας (κατάλληλα για άρδευση εδαφών με καλή στράγγιση και καλλιεργειών ημιανθεκτικών στα άλατα.) και χαμηλής ικανότητας αλκαλίωσης

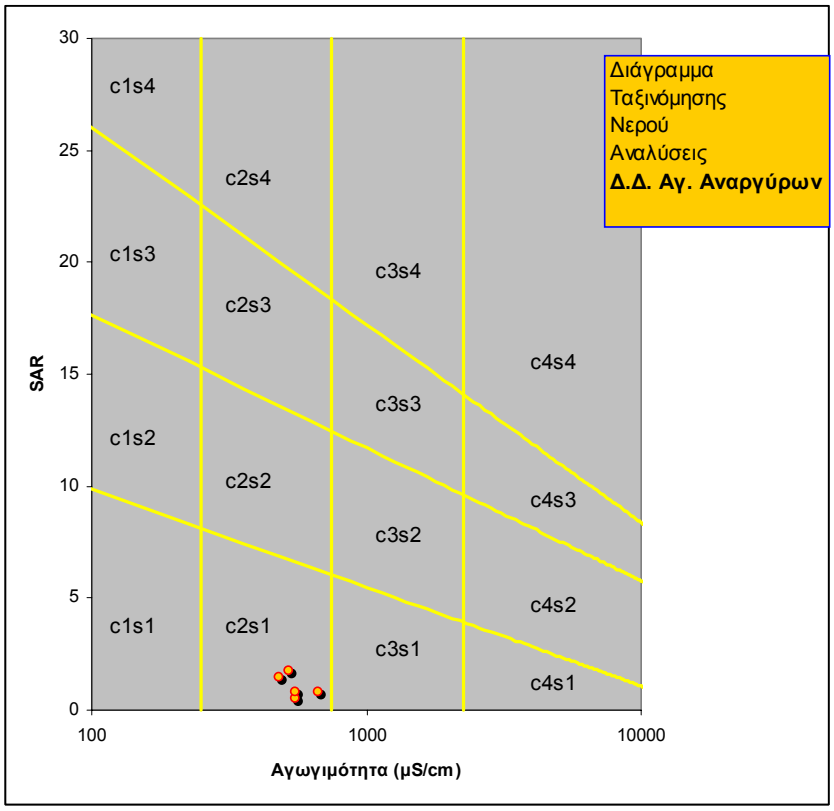
(κατάλληλα για άρδευση εδαφών οποιασδήποτε μηχανικής σύστασης, με καλή στράγγιση και έκπλυση αλάτων).

- Τα δείγματα της Γκοριτσάς κατατάσσονται στην κατηγορία C3S1. Χαρακτηρίζονται ως νερά μέτριας ως υψηλής αλατότητας (για άρδευση διαπερατών εδαφών με συνθήκες πολύ καλής στράγγισης και έκπλυσης αλάτων, με επαρκή ποσότητα ενεργού ασβεστίου και οργανικής ύλης, και για καλλιέργειες ανθεκτικές στα άλατα) και χαμηλής ικανότητας αλκαλίωσης .

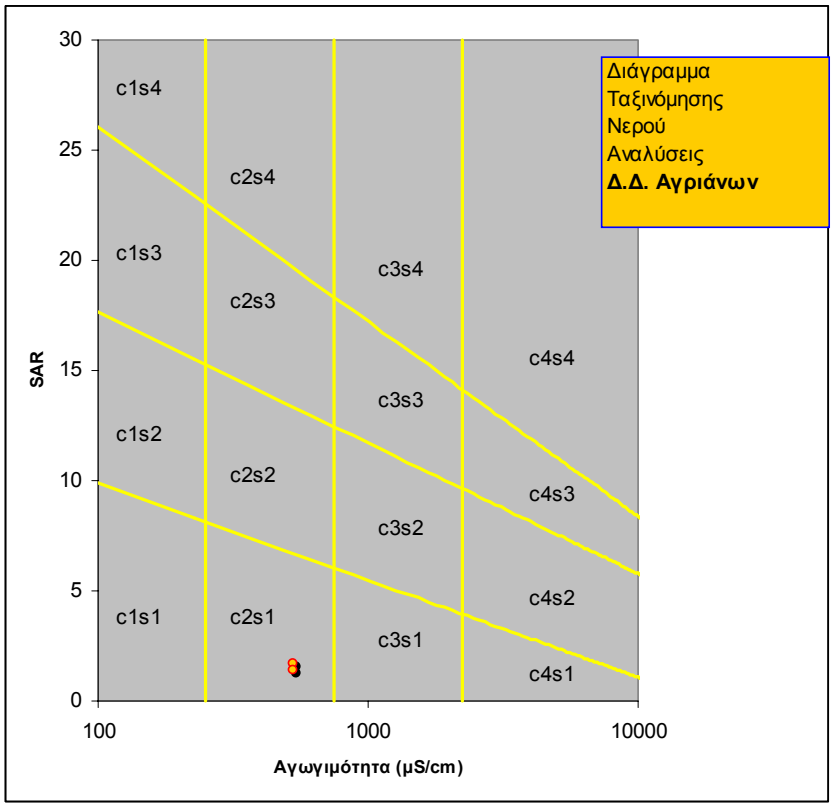


	pH	Αγωγιμότητα	Na	K	Mg	Fe	Mn	Pb	Cd	Cr	Ni	Cu	NH4	NO2	NO3	Cl	SO4
Περιοχή ανεκτών τιμών (mg/l)	9,5	2500	200	12	50	0,2	0,05	0,05	0,01	0,01	0,02	2	0,5	0,5	50	250	250
ΓΚΟΡΙΤΣΑ	7,30	765,0	7,50	13,00	38,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	37,80	30,00	19,00
ΓΚΟΡΙΤΣΑ	7,40	855,0	6,30	17,20	57,40	0,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	38,00	32,50	13,00
ΠΟΛΥΔΡΟΣΟ	7,90	368,0	0,40	4,50	15,30	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,50	10,00	20,00
ΠΟΛΥΔΡΟΣΟ	7,60	436,0	0,40	4,30	8,70	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,30	10,00	4,00
ΑΓΙΟΙ ΑΝΑΡΓΥΡΟΙ	8,00	549,0	6,70	28,00	14,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,60	0,21	8,40	26,00	25,00
ΑΓΙΟΙ ΑΝΑΡΓΥΡΟΙ	7,30	483,0	1,50	63,50	13,00	0,15	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,20	27,00	0,00
ΑΓΙΟΙ ΑΝΑΡΓΥΡΟΙ	8,10	526,0	1,90	70,60	16,30	0,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,10	28,00	26,50
ΑΓΙΟΙ ΑΝΑΡΓΥΡΟΙ	7,60	665,0	108,0	11,00	31,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	19,00	25,00	0,00
ΑΓΙΟΙ ΑΝΑΡΓΥΡΟΙ	7,30	554,0	0,70	6,00	24,00	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	7,50	14,00	0,00
ΑΓΡΙΑΝΟΙ	7,80	529,0	0,40	5,40	25,80	0,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,10	13,50	25,00
ΚΑΛΛΟΝΗ	7,10	691,0	0,40	8,90	6,70	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,30	18,00	15,00
ΚΕΦΑΛΑΣ	7,70	665,0	1,40	8,50	18,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	16,70	18,00	55,00
ΠΛΑΤΑΝΑ	8,00	508,0	0,80	69,60	6,40	0,17	0,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,37	0,04	0,10	24,00	1,00
ΣΚΟΥΡΑ	7,70	684,0	2,70	12,70	20,90	0,10	0,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	8,40	26,50	74,00

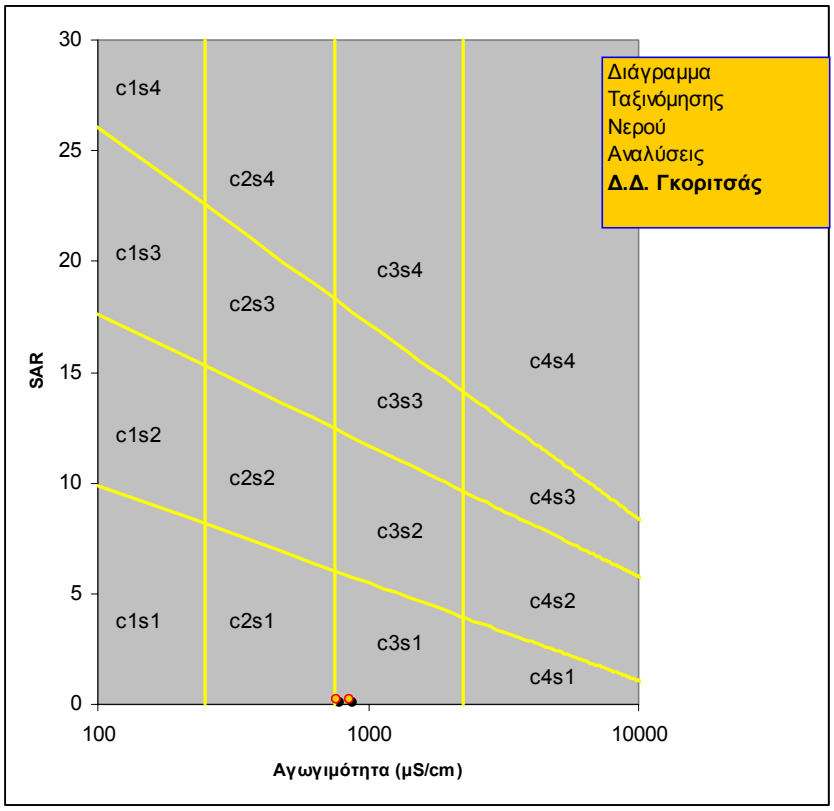
Εικ. 152 – Σύγκριση των αποτελεσμάτων των χημικών αναλύσεων στις πηγές υδροληψίας του Δήμου Θεραπνών με τα όρια των σταθερότυπων νερού για ανθρώπινη κατανάλωση (πόσιμο ή επεξεργασία τροφίμων).



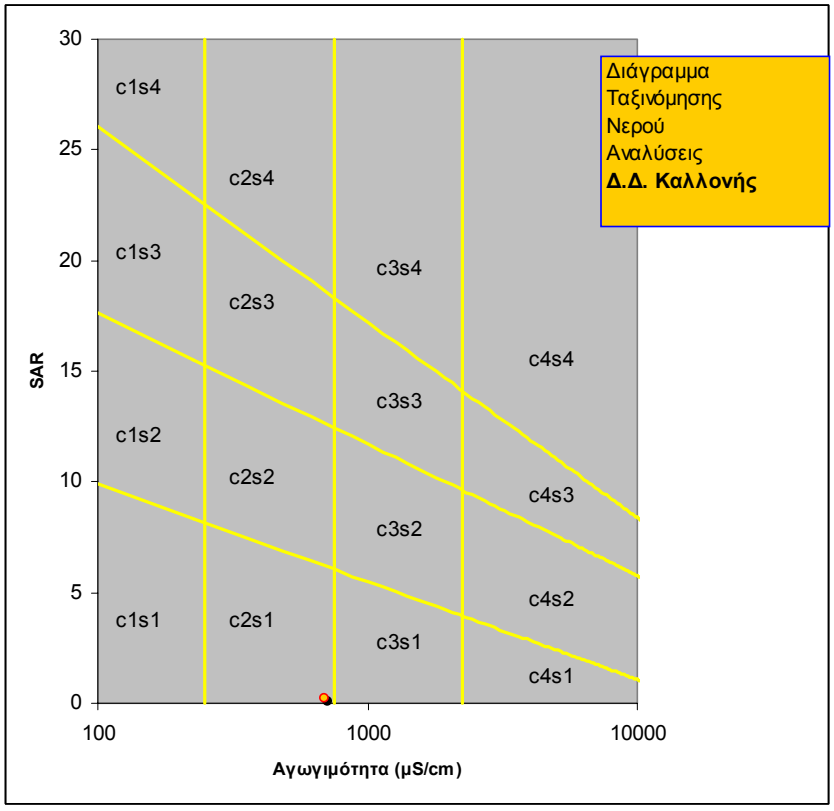
Εικ. 153 – Διάγραμμα Richards για την καταλληλότητα για άρδευση των δειγμάτων νερού από το Δ.Δ. Αγίων Αναργύρων.



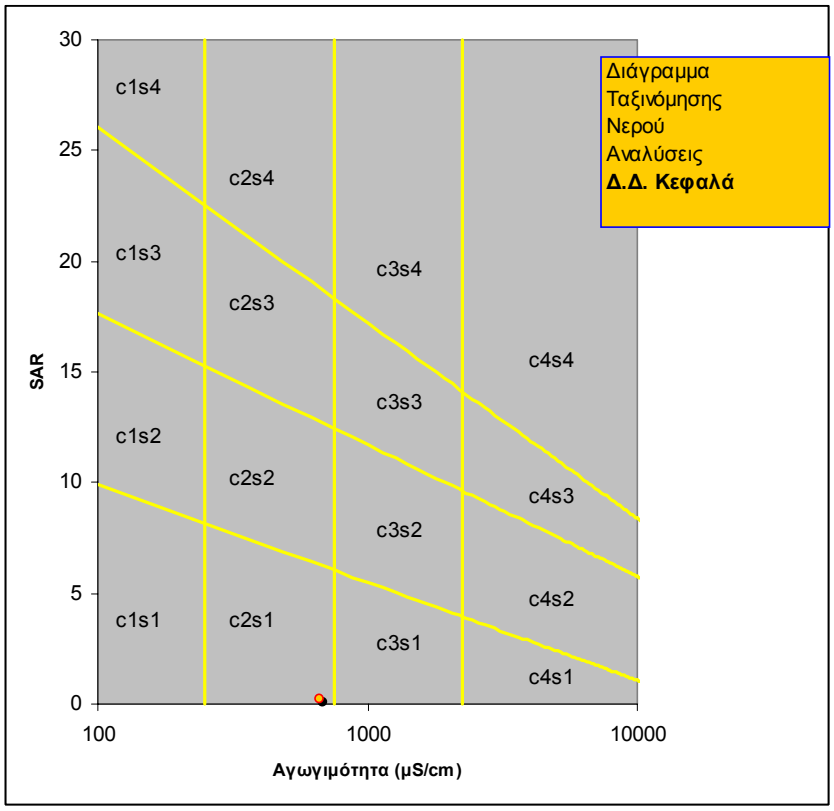
Εικ. 154 - Διάγραμμα Richards για την καταλληλότητα για άρδευση των δειγμάτων νερού από το Δ.Δ. Αγριάνων.



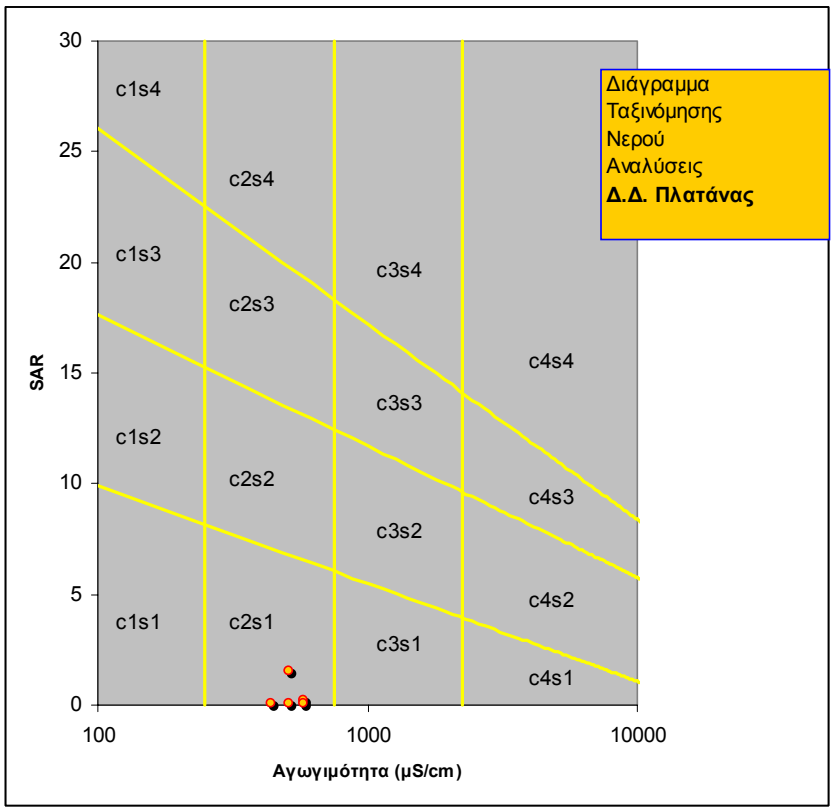
Εικ. 155 - Διάγραμμα Richards για την καταλληλότητα για άρδευση των δειγμάτων νερού από το Δ.Δ. Γκοριτσάς.



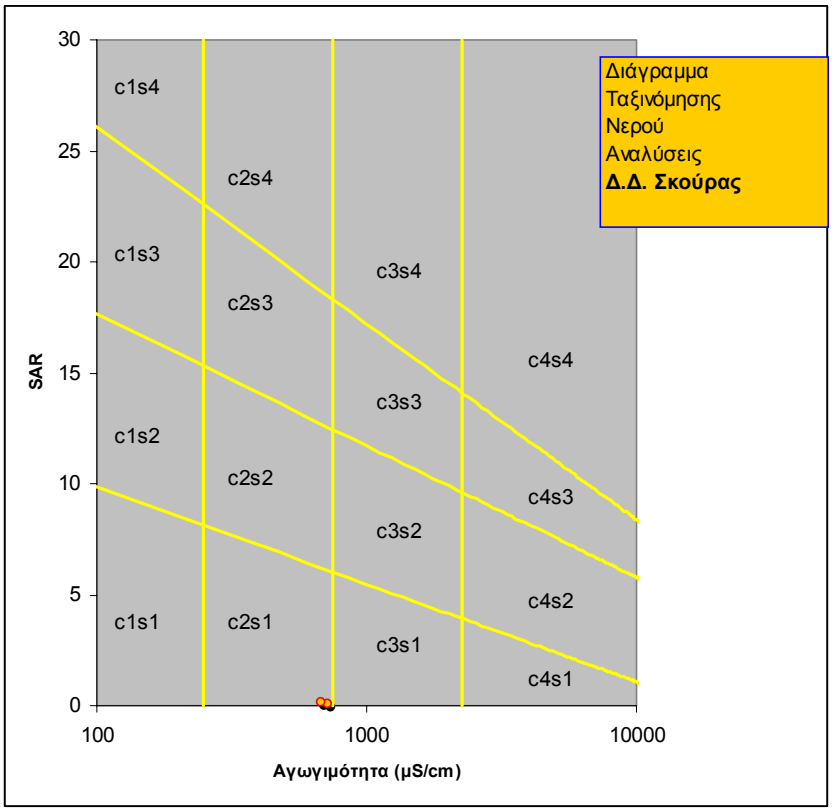
Εικ. 156 - Διάγραμμα Richards για την καταλληλότητα για άρδευση των δειγμάτων νερού από το Δ.Δ. Καλλονής.



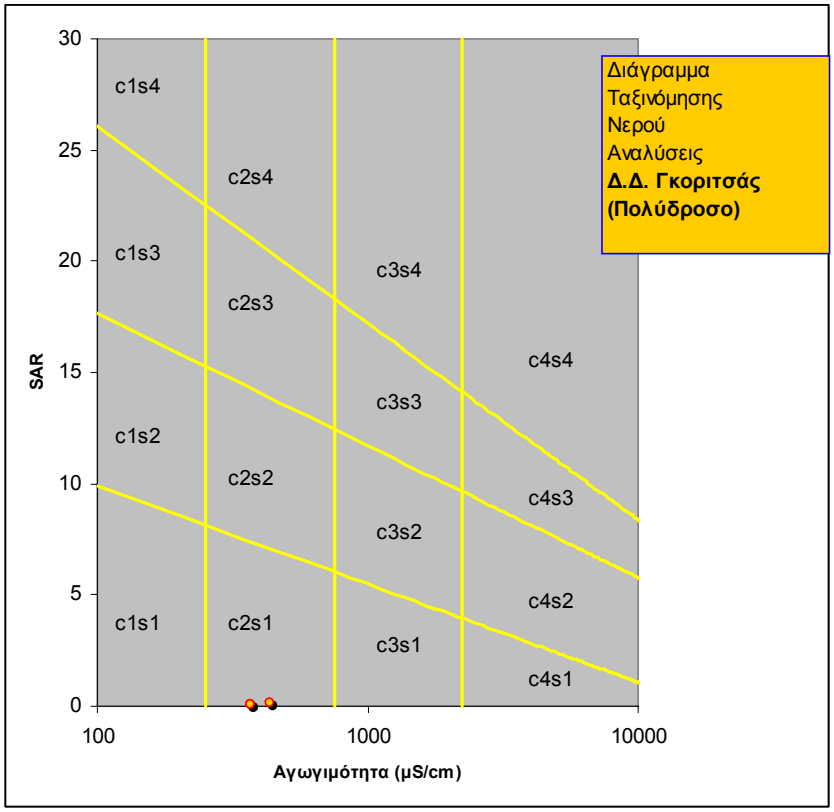
Εικ. 157 - Διάγραμμα Richards για την καταλληλότητα για άρδευση των δειγμάτων νερού από το Δ.Δ. Κεφαλά.



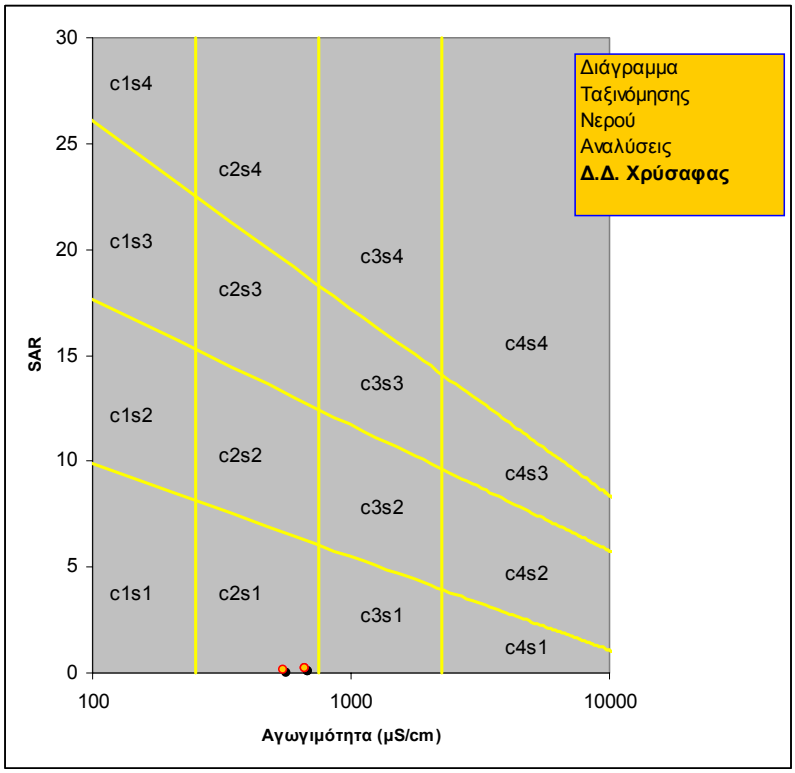
Εικ. 158 - Διάγραμμα Richards για την καταλληλότητα για άρδευση των δειγμάτων νερού από το Δ.Δ. Πλατάνας.



Εικ. 159 - Διάγραμμα Richards για την καταλληλότητα για άρδευση των δειγμάτων νερού από το Δ.Δ. Σκούρας.



Εικ. 160 - Διάγραμμα Richards για την καταλληλότητα για άρδευση των δειγμάτων νερού από το Δ.Δ. Γκοριτσάς (Πολύδροσο).



Εικ. 161 - Διάγραμμα Richards για την καταλληλότητα για άρδευση των δειγμάτων νερού από το Δ.Δ. Χρύσαφας.

Πίνακας 20 – Αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων στο Δήμο Θερμών.

ΠΕΡΙΟΧΗ	ΣΗΜΕΙΟ	ΕΙΔΟΣ	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	pH	pH saturation	SATURATION INDEX	Αγωγιμότητα (20C)
ΧΡΥΣΑΦΑ	ΠΛΑΤΕΙΑ	ΔΙΚΤΥΟ	08/03/02	7,90	-	-	548,00
ΓΚΟΡΙΤΣΑ	ΠΛΑΤΕΙΑ	ΔΙΚΤΥΟ	08/03/02	7,80	-	-	790,00
ΑΓΙΟΙ ΑΝΑΡΓΥΡΟΙ	ΠΛΑΤΕΙΑ	ΔΙΚΤΥΟ	08/03/02	7,80	-	-	649,00
ΚΑΛΛΟΝΗ	ΕΚΚΛΗΣΙΑ ΠΛΑΤΕΙΑΣ	ΔΙΚΤΥΟ	08/03/02	8,10	-	-	498,00
ΚΕΦΑΛΑΣ	ΔΗΜΟΤΙΚΟ ΣΧΟΛΕΙΟ	ΔΙΚΤΥΟ	08/03/02	7,90	-	-	732,00
ΠΛΑΤΑΝΑ	ΝΑΟΣ ΥΠΑΠΑΝΤΗΣ	ΔΙΚΤΥΟ	08/03/02	7,90	-	-	448,00
ΣΚΟΥΡΑ	ΔΗΜΟΤΙΚΟ ΣΧΟΛΕΙΟ	ΔΙΚΤΥΟ	08/03/02	7,70	-	-	755,00
ΠΛΑΤΑΝΑ	ΑΛΩΝΑΚΙ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	15/09/03	7,90	7,40	0,50	576,00
ΓΚΟΡΙΤΣΑ	ΑΓΙΟΣ ΣΤΕΦΑΝΟΣ	ΠΗΓΗ	17/09/03	7,40	7,10	0,30	855,00
ΑΓΙΟΙ ΑΝΑΡΓΥΡΟΙ	ΑΓ. ΑΝΑΡΓΥΡΟΙ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	17/09/03	8,10	7,70	0,40	526,00
ΠΟΛΥΔΡΟΣΟ	ΠΗΓΗ ΜΕΤΑΞΩΤΟΥ	ΠΗΓΗ	17/09/03	7,90	7,70	0,20	368,00
ΠΟΛΥΔΡΟΣΟ	ΣΟΥΜΟΥ ΒΡΥΣΗ	ΠΗΓΗ	17/09/03	7,60	7,40	0,20	436,00
ΑΓΡΙΑΝΟΙ	ΚΕΦΑΛΟΒΡΥΣΟ	ΠΗΓΗ	17/09/03	7,80	7,30	0,50	529,00
ΚΑΛΛΟΝΗ	ΠΗΓΗ ΚΑΛΛΟΝΗΣ	ΠΗΓΗ	17/09/03	7,10	7,00	0,10	691,00
ΣΚΟΥΡΑ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ ΣΚΟΥΡΑΣ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	03/11/03	7,70	7,20	0,50	684,00
ΠΛΑΤΑΝΑ	ΠΑΛΙΑ ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	03/11/03	8,00	7,50	0,50	508,00
ΧΡΥΣΑΦΑ	ΔΕΞΑΜΕΝΗ	ΔΕΞΑΜΕΝΗ	03/11/03	7,90	7,30	0,60	667,00
ΓΚΟΡΙΤΣΑ	ΑΓΙΟΣ ΣΤΕΦΑΝΟΣ	ΠΗΓΗ	14/02/05	7,30	-	-	765,00
ΑΓΙΟΙ ΑΝΑΡΓΥΡΟΙ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ ΦΛΩΡΟΥ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	14/02/05	8,00	-	-	549,00
ΣΚΟΥΡΑ	ΔΕΞΑΜΕΝΗ	ΔΕΞΑΜΕΝΗ	14/02/05	7,80	-	-	714,00
ΚΕΦΑΛΑΣ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	14/02/05	7,70	-	-	665,00
ΧΡΥΣΑΦΑ	ΠΛΑΤΕΙΑ	ΔΙΚΤΥΟ	14/02/05	7,60	-	-	548,00
ΠΛΑΤΑΝΑ	ΒΡΥΣΗ	ΔΙΚΤΥΟ	14/02/05	8,00	-	-	439,00
ΠΛΑΤΑΝΑ	ΑΛΩΝΑΚΙ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	28/04/05	7,90	7,40	0,50	576,00
ΠΟΛΥΔΡΟΣΟ	ΠΗΓΗ ΜΕΤΑΞΩΤΟΥ	ΠΗΓΗ	12/05/05	7,90	7,70	0,20	368,00
ΑΓΡΙΑΝΟΙ	ΚΕΦΑΛΟΒΡΥΣΟ	ΠΗΓΗ	12/05/05	7,80	7,30	0,50	529,00
ΠΛΑΤΑΝΑ	ΠΑΛΙΑ ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	20/05/05	8,00	7,50	0,50	508,00
ΧΡΥΣΑΦΑ	ΔΕΞΑΜΕΝΗ	ΔΕΞΑΜΕΝΗ	20/05/05	7,90	7,30	0,60	667,00
ΑΓΙΟΙ ΑΝΑΡΓΥΡΟΙ	ΚΕΝΤΡΙΑ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	08/06/05	7,30	-	-	554,00
ΑΓΙΟΙ ΑΝΑΡΓΥΡΟΙ	ΚΕΡΑΤΙΤΣΑ & ΣΤΕΦΑΝΟΣ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	14/06/05	7,60	-	-	665,00
ΑΓΙΟΙ ΑΝΑΡΓΥΡΟΙ	ΑΓ. ΑΝΑΡΓΥΡΟΙ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	14/07/05	7,30	-	-	483,00

ΠΕΡΙΟΧΗ	ΣΗΜΕΙΟ	ΕΙΔΟΣ	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	Ολική αλκαλικότητα	P-Αλκαλικότητα	Ολικά Διαλυμένα Στερεά	CO3 (mg/l)
ΧΡΥΣΑΦΑ	ΠΛΑΤΕΙΑ	ΔΙΚΤΥΟ	08/03/02	-	-	-	-
ΓΚΟΡΙΤΣΑ	ΠΛΑΤΕΙΑ	ΔΙΚΤΥΟ	08/03/02	-	-	-	-
ΑΓΙΟΙ ΑΝΑΡΓΥΡΟΙ	ΠΛΑΤΕΙΑ	ΔΙΚΤΥΟ	08/03/02	-	-	-	-
ΚΑΛΛΟΝΗ	ΕΚΚΛΗΣΙΑ ΠΛΑΤΕΙΑΣ	ΔΙΚΤΥΟ	08/03/02	-	-	-	-
ΚΕΦΑΛΑΣ	ΔΗΜΟΤΙΚΟ ΣΧΟΛΕΙΟ	ΔΙΚΤΥΟ	08/03/02	-	-	-	-
ΠΛΑΤΑΝΑ	ΝΑΟΣ ΥΠΑΠΑΝΤΗΣ	ΔΙΚΤΥΟ	08/03/02	-	-	-	-
ΣΚΟΥΡΑ	ΔΗΜΟΤΙΚΟ ΣΧΟΛΕΙΟ	ΔΙΚΤΥΟ	08/03/02	-	-	-	-
ΠΛΑΤΑΝΑ	ΑΛΩΝΑΚΙ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	15/09/03	247,00	0,00	-	0,00
ΓΚΟΡΙΤΣΑ	ΑΓΙΟΣ ΣΤΕΦΑΝΟΣ	ΠΗΓΗ	17/09/03	347,00	0,00	-	0,00
ΑΓΙΟΙ ΑΝΑΡΓΥΡΟΙ	ΑΓ. ΑΝΑΡΓΥΡΟΙ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	17/09/03	198,00	0,00	-	0,00
ΠΟΛΥΔΡΟΣΟ	ΠΗΓΗ ΜΕΤΑΞΩΤΟΥ	ΠΗΓΗ	17/09/03	152,00	0,00	-	0,00
ΠΟΛΥΔΡΟΣΟ	ΣΟΥΜΟΥ ΒΡΥΣΗ	ΠΗΓΗ	17/09/03	196,00	0,00	-	0,00
ΑΓΡΙΑΝΟΙ	ΚΕΦΑΛΟΒΡΥΣΟ	ΠΗΓΗ	17/09/03	231,00	0,00	-	0,00
ΚΑΛΛΟΝΗ	ΠΗΓΗ ΚΑΛΛΟΝΗΣ	ΠΗΓΗ	17/09/03	321,00	0,00	-	0,00
ΣΚΟΥΡΑ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ ΣΚΟΥΡΑΣ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	03/11/03	277,00	0,00	-	0,00
ΠΛΑΤΑΝΑ	ΠΑΛΙΑ ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	03/11/03	255,00	0,00	-	0,00
ΧΡΥΣΑΦΑ	ΔΕΞΑΜΕΝΗ	ΔΕΞΑΜΕΝΗ	03/11/03	167,00	0,00	-	0,00
ΓΚΟΡΙΤΣΑ	ΑΓΙΟΣ ΣΤΕΦΑΝΟΣ	ΠΗΓΗ	14/02/05	429,00	0,00	-	0,00
ΑΓΙΟΙ ΑΝΑΡΓΥΡΟΙ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ ΦΛΩΡΟΥ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	14/02/05	302,00	0,00	-	0,00
ΣΚΟΥΡΑ	ΔΕΞΑΜΕΝΗ	ΔΕΞΑΜΕΝΗ	14/02/05	346,00	0,00	-	0,00
ΚΕΦΑΛΑΣ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	14/02/05	284,00	0,00	-	0,00
ΧΡΥΣΑΦΑ	ΠΛΑΤΕΙΑ	ΔΙΚΤΥΟ	14/02/05	296,00	0,00	-	0,00
ΠΛΑΤΑΝΑ	ΒΡΥΣΗ	ΔΙΚΤΥΟ	14/02/05	256,00	0,00	-	0,00
ΠΛΑΤΑΝΑ	ΑΛΩΝΑΚΙ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	28/04/05	247,00	0,00	-	0,00
ΠΟΛΥΔΡΟΣΟ	ΠΗΓΗ ΜΕΤΑΞΩΤΟΥ	ΠΗΓΗ	12/05/05	152,00	0,00	-	0,00
ΑΓΡΙΑΝΟΙ	ΚΕΦΑΛΟΒΡΥΣΟ	ΠΗΓΗ	12/05/05	231,00	0,00	-	0,00
ΠΛΑΤΑΝΑ	ΠΑΛΙΑ ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	20/05/05	255,00	0,00	-	0,00
ΧΡΥΣΑΦΑ	ΔΕΞΑΜΕΝΗ	ΔΕΞΑΜΕΝΗ	20/05/05	167,00	0,00	-	0,00
ΑΓΙΟΙ ΑΝΑΡΓΥΡΟΙ	ΚΕΝΤΡΙΑ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	08/06/05	-	-	298,00	-
ΑΓΙΟΙ ΑΝΑΡΓΥΡΟΙ	ΚΕΡΑΤΙΤΣΑ & ΣΤΕΦΑΝΟΣ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	14/06/05	-	-	358,00	-
ΑΓΙΟΙ ΑΝΑΡΓΥΡΟΙ	ΑΓ. ΑΝΑΡΓΥΡΟΙ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	14/07/05	-	-	259,00	-

ΠΕΡΙΟΧΗ	ΣΗΜΕΙΟ	ΕΙΔΟΣ	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	HCO3 (mg/l)	Ολική Σκληρότητα	Παροδική Σκληρότητα	Μόνιμη σκληρότητα
ΧΡΥΣΑΦΑ	ΠΛΑΤΕΙΑ	ΔΙΚΤΥΟ	08/03/02	-	-	-	-
ΓΚΟΡΙΤΣΑ	ΠΛΑΤΕΙΑ	ΔΙΚΤΥΟ	08/03/02	-	-	-	-
ΑΓΙΟΙ ΑΝΑΡΓΥΡΟΙ	ΠΛΑΤΕΙΑ	ΔΙΚΤΥΟ	08/03/02	-	-	-	-
ΚΑΛΛΟΝΗ	ΕΚΚΛΗΣΙΑ ΠΛΑΤΕΙΑΣ	ΔΙΚΤΥΟ	08/03/02	-	-	-	-
ΚΕΦΑΛΑΣ	ΔΗΜΟΤΙΚΟ ΣΧΟΛΕΙΟ	ΔΙΚΤΥΟ	08/03/02	-	-	-	-
ΠΛΑΤΑΝΑ	ΝΑΟΣ ΥΠΑΠΑΝΤΗΣ	ΔΙΚΤΥΟ	08/03/02	-	-	-	-
ΣΚΟΥΡΑ	ΔΗΜΟΤΙΚΟ ΣΧΟΛΕΙΟ	ΔΙΚΤΥΟ	08/03/02	-	-	-	-
ΠΛΑΤΑΝΑ	ΑΛΩΝΑΚΙ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	15/09/03	301,30	189,00	189,00	0,00
ΓΚΟΡΙΤΣΑ	ΑΓΙΟΣ ΣΤΕΦΑΝΟΣ	ΠΗΓΗ	17/09/03	423,30	414,00	347,00	67,00
ΑΓΙΟΙ ΑΝΑΡΓΥΡΟΙ	ΑΓ. ΑΝΑΡΓΥΡΟΙ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	17/09/03	241,60	139,00	139,00	0,00
ΠΟΛΥΔΡΟΣΟ	ΠΗΓΗ ΜΕΤΑΞΩΤΟΥ	ΠΗΓΗ	17/09/03	185,40	162,50	152,00	10,50
ΠΟΛΥΔΡΟΣΟ	ΣΟΥΜΟΥ ΒΡΥΣΗ	ΠΗΓΗ	17/09/03	239,10	181,50	181,50	0,00
ΑΓΡΙΑΝΟΙ	ΚΕΦΑΛΟΒΡΥΣΟ	ΠΗΓΗ	17/09/03	282,00	265,00	231,00	34,00
ΚΑΛΛΟΝΗ	ΠΗΓΗ ΚΑΛΛΟΝΗΣ	ΠΗΓΗ	17/09/03	391,60	257,00	257,00	0,00
ΣΚΟΥΡΑ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ ΣΚΟΥΡΑΣ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	03/11/03	338,00	244,00	244,00	0,00
ΠΛΑΤΑΝΑ	ΠΑΛΙΑ ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	03/11/03	311,00	107,00	107,00	0,00
ΧΡΥΣΑΦΑ	ΔΕΞΑΜΕΝΗ	ΔΕΞΑΜΕΝΗ	03/11/03	203,70	256,00	167,00	89,00
ΓΚΟΡΙΤΣΑ	ΑΓΙΟΣ ΣΤΕΦΑΝΟΣ	ΠΗΓΗ	14/02/05	523,00	338,00	338,00	0,00
ΑΓΙΟΙ ΑΝΑΡΓΥΡΟΙ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ ΦΛΩΡΟΥ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	14/02/05	368,00	198,00	198,00	0,00
ΣΚΟΥΡΑ	ΔΕΞΑΜΕΝΗ	ΔΕΞΑΜΕΝΗ	14/02/05	422,00	238,00	238,00	0,00
ΚΕΦΑΛΑΣ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	14/02/05	346,50	205,00	205,00	0,00
ΧΡΥΣΑΦΑ	ΠΛΑΤΕΙΑ	ΔΙΚΤΥΟ	14/02/05	361,00	221,00	221,00	0,00
ΠΛΑΤΑΝΑ	ΒΡΥΣΗ	ΔΙΚΤΥΟ	14/02/05	312,00	115,00	115,00	0,00
ΠΛΑΤΑΝΑ	ΑΛΩΝΑΚΙ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	28/04/05	301,30	189,00	189,00	0,00
ΠΟΛΥΔΡΟΣΟ	ΠΗΓΗ ΜΕΤΑΞΩΤΟΥ	ΠΗΓΗ	12/05/05	185,40	162,50	152,00	10,50
ΑΓΡΙΑΝΟΙ	ΚΕΦΑΛΟΒΡΥΣΟ	ΠΗΓΗ	12/05/05	282,00	265,00	231,00	34,00
ΠΛΑΤΑΝΑ	ΠΑΛΙΑ ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	20/05/05	311,00	107,00	107,00	0,00
ΧΡΥΣΑΦΑ	ΔΕΞΑΜΕΝΗ	ΔΕΞΑΜΕΝΗ	20/05/05	203,70	256,00	167,00	89,00
ΑΓΙΟΙ ΑΝΑΡΓΥΡΟΙ	ΚΕΝΤΡΙΑ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	08/06/05	-	280,00	-	-
ΑΓΙΟΙ ΑΝΑΡΓΥΡΟΙ	ΚΕΡΑΤΙΤΣΑ & ΣΤΕΦΑΝΟΣ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	14/06/05	-	307,00	-	-
ΑΓΙΟΙ ΑΝΑΡΓΥΡΟΙ	ΑΓ. ΑΝΑΡΓΥΡΟΙ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	14/07/05	-	139,00	-	-

ΠΕΡΙΟΧΗ	ΣΗΜΕΙΟ	ΕΙΔΟΣ	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	NH4 (mg/l)	NO2 (mg/l)	NO3 (mg/l)	Cl (mg/l)	SO4 (mg/l)
ΧΡΥΣΑΦΑ	ΠΛΑΤΕΙΑ	ΔΙΚΤΥΟ	08/03/02	-	-	0,10	0,01	9,20	0,01	
ΓΚΟΡΙΤΣΑ	ΠΛΑΤΕΙΑ	ΔΙΚΤΥΟ	08/03/02	-	-	0,00	0,01	41,80	0,01	
ΑΓΙΟΙ ΑΝΑΡΓΥΡΟΙ	ΠΛΑΤΕΙΑ	ΔΙΚΤΥΟ	08/03/02	-	-	0,00	0,00	1,80	0,02	
ΚΑΛΛΟΝΗ	ΕΚΚΛΗΣΙΑ ΠΛΑΤΕΙΑΣ	ΔΙΚΤΥΟ	08/03/02	-	-	0,00	0,01	0,10	0,02	
ΚΕΦΑΛΑΣ	ΔΗΜΟΤΙΚΟ ΣΧΟΛΕΙΟ	ΔΙΚΤΥΟ	08/03/02	-	-	0,00	0,00	16,30	0,17	
ΠΛΑΤΑΝΑ	ΝΑΟΣ ΥΠΑΠΑΝΤΗΣ	ΔΙΚΤΥΟ	08/03/02	-	-	0,00	0,04	1,30	0,03	
ΣΚΟΥΡΑ	ΔΗΜΟΤΙΚΟ ΣΧΟΛΕΙΟ	ΔΙΚΤΥΟ	08/03/02	-	-	0,00	0,01	5,70	0,07	
ΠΛΑΤΑΝΑ	ΑΛΩΝΑΚΙ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	15/09/03	47,40	16,90	0,80	0,01	0,10	29,00	1,00
ΓΚΟΡΙΤΣΑ	ΑΓΙΟΣ ΣΤΕΦΑΝΟΣ	ΠΗΓΗ	17/09/03	70,10	57,40	0,00	0,01	38,00	32,50	13,00
ΑΓΙΟΙ ΑΝΑΡΓΥΡΟΙ	ΑΓ. ΑΝΑΡΓΥΡΟΙ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	17/09/03	28,30	16,30	0,00	0,01	0,10	28,00	26,50
ΠΟΛΥΔΡΟΣΟ	ΠΗΓΗ ΜΕΤΑΞΩΤΟΥ	ΠΗΓΗ	17/09/03	39,50	15,30	0,00	0,01	0,50	10,00	20,00
ΠΟΛΥΔΡΟΣΟ	ΣΟΥΜΟΥ ΒΡΥΣΗ	ΠΗΓΗ	17/09/03	58,10	8,70	0,00	0,01	0,30	10,00	4,00
ΑΓΡΙΑΝΟΙ	ΚΕΦΑΛΟΒΡΥΣΟ	ΠΗΓΗ	17/09/03	62,90	25,80	0,00	0,01	0,10	13,50	25,00
ΚΑΛΛΟΝΗ	ΠΗΓΗ ΚΑΛΛΟΝΗΣ	ΠΗΓΗ	17/09/03	91,80	6,70	0,00	0,01	0,30	18,00	15,00
ΣΚΟΥΡΑ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ ΣΚΟΥΡΑΣ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	03/11/03	62,80	20,90	0,01	0,02	8,40	26,50	74,00
ΠΛΑΤΑΝΑ	ΠΑΛΙΑ ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	03/11/03	32,30	6,40	0,37	0,04	0,10	24,00	1,00
ΧΡΥΣΑΦΑ	ΔΕΞΑΜΕΝΗ	ΔΕΞΑΜΕΝΗ	03/11/03	90,00	7,50	0,01	0,01	11,00	13,50	15,00
ΓΚΟΡΙΤΣΑ	ΑΓΙΟΣ ΣΤΕΦΑΝΟΣ	ΠΗΓΗ	14/02/05	69,00	38,00	0,00	0,00	37,80	30,00	19,00
ΑΓΙΟΙ ΑΝΑΡΓΥΡΟΙ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ ΦΛΩΡΟΥ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	14/02/05	56,00	14,00	1,60	0,21	8,40	26,00	25,00
ΣΚΟΥΡΑ	ΔΕΞΑΜΕΝΗ	ΔΕΞΑΜΕΝΗ	14/02/05	62,00	20,00	0,00	0,00	4,40	21,00	45,00
ΚΕΦΑΛΑΣ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	14/02/05	52,00	18,00	0,00	0,00	16,70	18,00	55,00
ΧΡΥΣΑΦΑ	ΠΛΑΤΕΙΑ	ΔΙΚΤΥΟ	14/02/05	75,00	8,00	0,00	0,00	8,80	22,00	17,00
ΠΛΑΤΑΝΑ	ΒΡΥΣΗ	ΔΙΚΤΥΟ	14/02/05	37,00	5,50	0,42	0,01	2,60	22,00	5,50
ΠΛΑΤΑΝΑ	ΑΛΩΝΑΚΙ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	28/04/05	47,40	16,90	0,80	0,01	0,10	29,00	1,00
ΠΟΛΥΔΡΟΣΟ	ΠΗΓΗ ΜΕΤΑΞΩΤΟΥ	ΠΗΓΗ	12/05/05	39,50	15,30	0,00	0,01	0,50	10,00	20,00
ΑΓΡΙΑΝΟΙ	ΚΕΦΑΛΟΒΡΥΣΟ	ΠΗΓΗ	12/05/05	62,90	25,80	0,00	0,01	0,10	13,50	25,00
ΠΛΑΤΑΝΑ	ΠΑΛΙΑ ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	20/05/05	32,30	6,40	0,37	0,04	0,10	24,00	1,00
ΧΡΥΣΑΦΑ	ΔΕΞΑΜΕΝΗ	ΔΕΞΑΜΕΝΗ	20/05/05	90,00	7,50	0,01	0,01	11,00	13,50	15,00
ΑΓΙΟΙ ΑΝΑΡΓΥΡΟΙ	ΚΕΝΤΡΙΑ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	08/06/05	72,00	24,00	0,00	0,00	7,50	14,00	
ΑΓΙΟΙ ΑΝΑΡΓΥΡΟΙ	ΚΕΡΑΤΙΤΣΑ & ΣΤΕΦΑΝΟΣ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	14/06/05	71,00	31,00	0,00	0,00	19,00	25,00	
ΑΓΙΟΙ ΑΝΑΡΓΥΡΟΙ	ΑΓ. ΑΝΑΡΓΥΡΟΙ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	14/07/05	34,00	13,00	0,01	0,00	0,20	27,00	

ΠΕΡΙΟΧΗ	ΣΗΜΕΙΟ	ΕΙΔΟΣ	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	Fe (μg/l)	Mn (μg/l)	Pb (μg/l)	Zn (mg/l)	Cd (μg/l)	Cu (mg/l)
ΧΡΥΣΑΦΑ	ΠΛΑΤΕΙΑ	ΔΙΚΤΥΟ	08/03/02	9,18	1,65		-		
ΓΚΟΡΙΤΣΑ	ΠΛΑΤΕΙΑ	ΔΙΚΤΥΟ	08/03/02	46,68	0,63		-		
ΑΓΙΟΙ ΑΝΑΡΓΥΡΟΙ	ΠΛΑΤΕΙΑ	ΔΙΚΤΥΟ	08/03/02	10,85	0,74		-		
ΚΑΛΛΟΝΗ	ΕΚΚΛΗΣΙΑ ΠΛΑΤΕΙΑΣ	ΔΙΚΤΥΟ	08/03/02	38,76	1,42		-		
ΚΕΦΑΛΑΣ	ΔΗΜΟΤΙΚΟ ΣΧΟΛΕΙΟ	ΔΙΚΤΥΟ	08/03/02	21,83	0,46		-		
ΠΛΑΤΑΝΑ	ΝΑΟΣ ΥΠΑΠΑΝΤΗΣ	ΔΙΚΤΥΟ	08/03/02	22,06	17,38		-		
ΣΚΟΥΡΑ	ΔΗΜΟΤΙΚΟ ΣΧΟΛΕΙΟ	ΔΙΚΤΥΟ	08/03/02	30,76	4,16		-		
ΠΛΑΤΑΝΑ	ΑΛΩΝΑΚΙ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	15/09/03	1285,00	5,00	0,50	-		
ΓΚΟΡΙΤΣΑ	ΑΓΙΟΣ ΣΤΕΦΑΝΟΣ	ΠΗΓΗ	17/09/03	113,00	0,50	0,50	-		
ΑΓΙΟΙ ΑΝΑΡΓΥΡΟΙ	ΑΓ. ΑΝΑΡΓΥΡΟΙ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	17/09/03	598,00	1,40	0,80	-		
ΠΟΛΥΔΡΟΣΟ	ΠΗΓΗ ΜΕΤΑΞΩΤΟΥ	ΠΗΓΗ	17/09/03	77,00	0,20	0,30	-		
ΠΟΛΥΔΡΟΣΟ	ΣΟΥΜΟΥ ΒΡΥΣΗ	ΠΗΓΗ	17/09/03	93,00	0,30	4,00	-		
ΑΓΡΙΑΝΟΙ	ΚΕΦΑΛΟΒΡΥΣΟ	ΠΗΓΗ	17/09/03	78,00	0,40	1,40	-		
ΚΑΛΛΟΝΗ	ΠΗΓΗ ΚΑΛΛΟΝΗΣ	ΠΗΓΗ	17/09/03	104,00	0,40	2,00	-		
ΣΚΟΥΡΑ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ ΣΚΟΥΡΑΣ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	03/11/03	95,00	172,50	0,60	-		
ΠΛΑΤΑΝΑ	ΠΑΛΙΑ ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	03/11/03	168,00	148,50	1,10	-		
ΧΡΥΣΑΦΑ	ΔΕΞΑΜΕΝΗ	ΔΕΞΑΜΕΝΗ	03/11/03	72,00	0,20	0,30	-		
ΓΚΟΡΙΤΣΑ	ΑΓΙΟΣ ΣΤΕΦΑΝΟΣ	ΠΗΓΗ	14/02/05	4,00	1,00	3,20	53,00		
ΑΓΙΟΙ ΑΝΑΡΓΥΡΟΙ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ ΦΛΩΡΟΥ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	14/02/05	4,00	10,50	2,80	207,00		
ΣΚΟΥΡΑ	ΔΕΞΑΜΕΝΗ	ΔΕΞΑΜΕΝΗ	14/02/05	95,00	26,00	3,50	138,00		
ΚΕΦΑΛΑΣ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	14/02/05	4,00	1,00	3,60	16,00		
ΧΡΥΣΑΦΑ	ΠΛΑΤΕΙΑ	ΔΙΚΤΥΟ	14/02/05	4,00	1,00	1,80	223,00		
ΠΛΑΤΑΝΑ	ΒΡΥΣΗ	ΔΙΚΤΥΟ	14/02/05	89,00	17,00	2,70	184,00		
ΠΛΑΤΑΝΑ	ΑΛΩΝΑΚΙ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	28/04/05	1285,00	5,00	0,50	-		
ΠΟΛΥΔΡΟΣΟ	ΠΗΓΗ ΜΕΤΑΞΩΤΟΥ	ΠΗΓΗ	12/05/05	77,00	0,20	0,30	-		
ΑΓΡΙΑΝΟΙ	ΚΕΦΑΛΟΒΡΥΣΟ	ΠΗΓΗ	12/05/05	78,00	0,40	1,40	-		
ΠΛΑΤΑΝΑ	ΠΑΛΙΑ ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	20/05/05	168,00	148,50	1,10	-		
ΧΡΥΣΑΦΑ	ΔΕΞΑΜΕΝΗ	ΔΕΞΑΜΕΝΗ	20/05/05	72,00	0,20	0,30	-		
ΑΓΙΟΙ ΑΝΑΡΓΥΡΟΙ	ΚΕΝΤΡΙΑ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	08/06/05	150,00	1,20		-	1,00	0,01
ΑΓΙΟΙ ΑΝΑΡΓΥΡΟΙ	ΚΕΡΑΤΙΤΣΑ & ΣΤΕΦΑΝΟΣ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	14/06/05	5,00	1,00		-	1,00	0,01
ΑΓΙΟΙ ΑΝΑΡΓΥΡΟΙ	ΑΓ. ΑΝΑΡΓΥΡΟΙ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	14/07/05	151,00	37,00		-	1,20	0,01

ΠΕΡΙΟΧΗ	ΣΗΜΕΙΟ	ΕΙΔΟΣ	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	Ni (μg/l)	Cr (μg/l)	Na (mg/l)	K (mg/l)	Συνολικά βακτηρίδια (37C)	Συνολικά βακτηρίδια (22C)
ΧΡΥΣΑΦΑ	ΠΛΑΤΕΙΑ	ΔΙΚΤΥΟ	08/03/02				-	162,00	220,00
ΓΚΟΡΙΤΣΑ	ΠΛΑΤΕΙΑ	ΔΙΚΤΥΟ	08/03/02				-	23,00	74,00
ΑΓΙΟΙ ΑΝΑΡΓΥΡΟΙ	ΠΛΑΤΕΙΑ	ΔΙΚΤΥΟ	08/03/02				-	136,00	408,00
ΚΑΛΛΟΝΗ	ΕΚΚΛΗΣΙΑ ΠΛΑΤΕΙΑΣ	ΔΙΚΤΥΟ	08/03/02				-	14,00	332,00
ΚΕΦΑΛΑΣ	ΔΗΜΟΤΙΚΟ ΣΧΟΛΕΙΟ	ΔΙΚΤΥΟ	08/03/02				-	11,00	9,00
ΠΛΑΤΑΝΑ	ΝΑΟΣ ΥΠΑΠΑΝΤΗΣ	ΔΙΚΤΥΟ	08/03/02				-	35,00	94,00
ΣΚΟΥΡΑ	ΔΗΜΟΤΙΚΟ ΣΧΟΛΕΙΟ	ΔΙΚΤΥΟ	08/03/02				-	16,00	8,00
ΠΛΑΤΑΝΑ	ΑΛΩΝΑΚΙ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	15/09/03			41,00	1,00	4,00	5,00
ΓΚΟΡΙΤΣΑ	ΑΓΙΟΣ ΣΤΕΦΑΝΟΣ	ΠΗΓΗ	17/09/03			17,20	6,30	11,00	3,00
ΑΓΙΟΙ ΑΝΑΡΓΥΡΟΙ	ΑΓ. ΑΝΑΡΓΥΡΟΙ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	17/09/03			70,60	1,90	38,00	8,00
ΠΟΛΥΔΡΟΣΟ	ΠΗΓΗ ΜΕΤΑΞΩΤΟΥ	ΠΗΓΗ	17/09/03			4,50	0,40	12,00	21,00
ΠΟΛΥΔΡΟΣΟ	ΣΟΥΜΟΥ ΒΡΥΣΗ	ΠΗΓΗ	17/09/03			4,30	0,40	3,00	14,00
ΑΓΡΙΑΝΟΙ	ΚΕΦΑΛΟΒΡΥΣΟ	ΠΗΓΗ	17/09/03			5,40	0,40	3,00	66,00
ΚΑΛΛΟΝΗ	ΠΗΓΗ ΚΑΛΛΟΝΗΣ	ΠΗΓΗ	17/09/03			8,90	0,40	39,00	34,00
ΣΚΟΥΡΑ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ ΣΚΟΥΡΑΣ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	03/11/03			12,70	2,70	25,00	21,00
ΠΛΑΤΑΝΑ	ΠΑΛΙΑ ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	03/11/03			69,60	0,80	49,00	42,00
ΧΡΥΣΑΦΑ	ΔΕΞΑΜΕΝΗ	ΔΕΞΑΜΕΝΗ	03/11/03			14,50	0,30	1,00	1,00
ΓΚΟΡΙΤΣΑ	ΑΓΙΟΣ ΣΤΕΦΑΝΟΣ	ΠΗΓΗ	14/02/05			13,00	7,50	1,00	12,00
ΑΓΙΟΙ ΑΝΑΡΓΥΡΟΙ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ ΦΛΩΡΟΥ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	14/02/05			28,00	6,70	1,00	12,00
ΣΚΟΥΡΑ	ΔΕΞΑΜΕΝΗ	ΔΕΞΑΜΕΝΗ	14/02/05			12,00	2,10	82,00	300,00
ΚΕΦΑΛΑΣ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	14/02/05			8,50	1,40	13,00	49,00
ΧΡΥΣΑΦΑ	ΠΛΑΤΕΙΑ	ΔΙΚΤΥΟ	14/02/05			11,00	0,80	12,00	39,00
ΠΛΑΤΑΝΑ	ΒΡΥΣΗ	ΔΙΚΤΥΟ	14/02/05			62,00	0,60	4,00	15,00
ΠΛΑΤΑΝΑ	ΑΛΩΝΑΚΙ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	28/04/05			41,00	1,00	4,00	5,00
ΠΟΛΥΔΡΟΣΟ	ΠΗΓΗ ΜΕΤΑΞΩΤΟΥ	ΠΗΓΗ	12/05/05			4,50	0,40	12,00	11,00
ΑΓΡΙΑΝΟΙ	ΚΕΦΑΛΟΒΡΥΣΟ	ΠΗΓΗ	12/05/05			5,40	0,40	3,00	66,00
ΠΛΑΤΑΝΑ	ΠΑΛΙΑ ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	20/05/05			69,60	0,80	49,00	42,00
ΧΡΥΣΑΦΑ	ΔΕΞΑΜΕΝΗ	ΔΕΞΑΜΕΝΗ	20/05/05			14,50	0,30	1,00	1,00
ΑΓΙΟΙ ΑΝΑΡΓΥΡΟΙ	ΚΕΝΤΡΙΑ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	08/06/05	3,00	1,00	6,00	0,70	87,00	75,00
ΑΓΙΟΙ ΑΝΑΡΓΥΡΟΙ	ΚΕΡΑΤΙΤΣΑ & ΣΤΕΦΑΝΟΣ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	14/06/05	2,00	1,00	11,00	108,00	14,00	35,00
ΑΓΙΟΙ ΑΝΑΡΓΥΡΟΙ	ΑΓ. ΑΝΑΡΓΥΡΟΙ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	14/07/05	1,00	1,00	63,50	1,50	300,00	300,00

ΠΕΡΙΟΧΗ	ΣΗΜΕΙΟ	ΕΙΔΟΣ	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	Total Coliforms	E. Coli	Εντερόκοκκοι
ΧΡΥΣΑΦΑ	ΠΛΑΤΕΙΑ	ΔΙΚΤΥΟ	08/03/02	143,00	18,00	
ΓΚΟΡΙΤΣΑ	ΠΛΑΤΕΙΑ	ΔΙΚΤΥΟ	08/03/02	7,00	0,00	
ΑΓΙΟΙ ΑΝΑΡΓΥΡΟΙ	ΠΛΑΤΕΙΑ	ΔΙΚΤΥΟ	08/03/02	152,00	8,00	
ΚΑΛΛΟΝΗ	ΕΚΚΛΗΣΙΑ ΠΛΑΤΕΙΑΣ	ΔΙΚΤΥΟ	08/03/02	6,00	0,00	
ΚΕΦΑΛΑΣ	ΔΗΜΟΤΙΚΟ ΣΧΟΛΕΙΟ	ΔΙΚΤΥΟ	08/03/02	0,00	0,00	
ΠΛΑΤΑΝΑ	ΝΑΟΣ ΥΠΑΠΑΝΤΗΣ	ΔΙΚΤΥΟ	08/03/02	1,00	0,00	
ΣΚΟΥΡΑ	ΔΗΜΟΤΙΚΟ ΣΧΟΛΕΙΟ	ΔΙΚΤΥΟ	08/03/02	4,00	0,00	
ΠΛΑΤΑΝΑ	ΑΛΩΝΑΚΙ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	15/09/03	130,00	53,00	0,00
ΓΚΟΡΙΤΣΑ	ΑΓΙΟΣ ΣΤΕΦΑΝΟΣ	ΠΗΓΗ	17/09/03	5,00	0,00	0,00
ΑΓΙΟΙ ΑΝΑΡΓΥΡΟΙ	ΑΓ. ΑΝΑΡΓΥΡΟΙ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	17/09/03	18,00	11,00	4,00
ΠΟΛΥΔΡΟΣΟ	ΠΗΓΗ ΜΕΤΑΞΩΤΟΥ	ΠΗΓΗ	17/09/03	350,00	23,00	6,00
ΠΟΛΥΔΡΟΣΟ	ΣΟΥΜΟΥ ΒΡΥΣΗ	ΠΗΓΗ	17/09/03	55,00	2,00	0,00
ΑΓΡΙΑΝΟΙ	ΚΕΦΑΛΟΒΡΥΣΟ	ΠΗΓΗ	17/09/03	82,00	6,00	1,00
ΚΑΛΛΟΝΗ	ΠΗΓΗ ΚΑΛΛΟΝΗΣ	ΠΗΓΗ	17/09/03	22,00	1,00	0,00
ΣΚΟΥΡΑ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ ΣΚΟΥΡΑΣ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	03/11/03	4,00	0,00	0,00
ΠΛΑΤΑΝΑ	ΠΑΛΙΑ ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	03/11/03	93,00	73,00	0,00
ΧΡΥΣΑΦΑ	ΔΕΞΑΜΕΝΗ	ΔΕΞΑΜΕΝΗ	03/11/03	1,00	1,00	0,00
ΓΚΟΡΙΤΣΑ	ΑΓΙΟΣ ΣΤΕΦΑΝΟΣ	ΠΗΓΗ	14/02/05	7,00	0,00	0,00
ΑΓΙΟΙ ΑΝΑΡΓΥΡΟΙ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ ΦΛΩΡΟΥ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	14/02/05	2,00	0,00	0,00
ΣΚΟΥΡΑ	ΔΕΞΑΜΕΝΗ	ΔΕΞΑΜΕΝΗ	14/02/05	13,00	0,00	0,00
ΚΕΦΑΛΑΣ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	14/02/05	9,00	2,00	0,00
ΧΡΥΣΑΦΑ	ΠΛΑΤΕΙΑ	ΔΙΚΤΥΟ	14/02/05	174,00	0,00	0,00
ΠΛΑΤΑΝΑ	ΒΡΥΣΗ	ΔΙΚΤΥΟ	14/02/05	15,00	0,00	0,00
ΠΛΑΤΑΝΑ	ΑΛΩΝΑΚΙ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	28/04/05	130,00	53,00	0,00
ΠΟΛΥΔΡΟΣΟ	ΠΗΓΗ ΜΕΤΑΞΩΤΟΥ	ΠΗΓΗ	12/05/05	350,00	23,00	6,00
ΑΓΡΙΑΝΟΙ	ΚΕΦΑΛΟΒΡΥΣΟ	ΠΗΓΗ	12/05/05	82,00	6,00	1,00
ΠΛΑΤΑΝΑ	ΠΑΛΙΑ ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	20/05/05	93,00	73,00	0,00
ΧΡΥΣΑΦΑ	ΔΕΞΑΜΕΝΗ	ΔΕΞΑΜΕΝΗ	20/05/05	1,00	1,00	0,00
ΑΓΙΟΙ ΑΝΑΡΓΥΡΟΙ	ΚΕΝΤΡΙΑ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	08/06/05	58,00	0,00	0,00
ΑΓΙΟΙ ΑΝΑΡΓΥΡΟΙ	ΚΕΡΑΤΙΤΣΑ & ΣΤΕΦΑΝΟΣ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	14/06/05	11,00	0,00	0,00
ΑΓΙΟΙ ΑΝΑΡΓΥΡΟΙ	ΑΓ. ΑΝΑΡΓΥΡΟΙ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	14/07/05	14,00	0,00	0,00

ΠΕΡΙΟΧΗ	ΣΗΜΕΙΟ	ΕΙΔΟΣ	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	Pseudomonas spp.
ΧΡΥΣΑΦΑ	ΠΛΑΤΕΙΑ	ΔΙΚΤΥΟ	08/03/02	
ΓΚΟΡΙΤΣΑ	ΠΛΑΤΕΙΑ	ΔΙΚΤΥΟ	08/03/02	
ΑΓΙΟΙ ΑΝΑΡΓΥΡΟΙ	ΠΛΑΤΕΙΑ	ΔΙΚΤΥΟ	08/03/02	
ΚΑΛΛΟΝΗ	ΕΚΚΛΗΣΙΑ ΠΛΑΤΕΙΑΣ	ΔΙΚΤΥΟ	08/03/02	
ΚΕΦΑΛΑΣ	ΔΗΜΟΤΙΚΟ ΣΧΟΛΕΙΟ	ΔΙΚΤΥΟ	08/03/02	
ΠΛΑΤΑΝΑ	ΝΑΟΣ ΥΠΑΠΑΝΤΗΣ	ΔΙΚΤΥΟ	08/03/02	
ΣΚΟΥΡΑ	ΔΗΜΟΤΙΚΟ ΣΧΟΛΕΙΟ	ΔΙΚΤΥΟ	08/03/02	
ΠΛΑΤΑΝΑ	ΑΛΩΝΑΚΙ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	15/09/03	
ΓΚΟΡΙΤΣΑ	ΑΓΙΟΣ ΣΤΕΦΑΝΟΣ	ΠΗΓΗ	17/09/03	
ΑΓΙΟΙ ΑΝΑΡΓΥΡΟΙ	ΑΓ. ΑΝΑΡΓΥΡΟΙ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	17/09/03	
ΠΟΛΥΔΡΟΣΟ	ΠΗΓΗ ΜΕΤΑΞΩΤΟΥ	ΠΗΓΗ	17/09/03	
ΠΟΛΥΔΡΟΣΟ	ΣΟΥΜΟΥ ΒΡΥΣΗ	ΠΗΓΗ	17/09/03	
ΑΓΡΙΑΝΟΙ	ΚΕΦΑΛΟΒΡΥΣΟ	ΠΗΓΗ	17/09/03	
ΚΑΛΛΟΝΗ	ΠΗΓΗ ΚΑΛΛΟΝΗΣ	ΠΗΓΗ	17/09/03	
ΣΚΟΥΡΑ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ ΣΚΟΥΡΑΣ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	03/11/03	
ΠΛΑΤΑΝΑ	ΠΑΛΙΑ ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	03/11/03	
ΧΡΥΣΑΦΑ	ΔΕΞΑΜΕΝΗ	ΔΕΞΑΜΕΝΗ	03/11/03	
ΓΚΟΡΙΤΣΑ	ΑΓΙΟΣ ΣΤΕΦΑΝΟΣ	ΠΗΓΗ	14/02/05	
ΑΓΙΟΙ ΑΝΑΡΓΥΡΟΙ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ ΦΛΩΡΟΥ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	14/02/05	
ΣΚΟΥΡΑ	ΔΕΞΑΜΕΝΗ	ΔΕΞΑΜΕΝΗ	14/02/05	
ΚΕΦΑΛΑΣ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	14/02/05	
ΧΡΥΣΑΦΑ	ΠΛΑΤΕΙΑ	ΔΙΚΤΥΟ	14/02/05	
ΠΛΑΤΑΝΑ	ΒΡΥΣΗ	ΔΙΚΤΥΟ	14/02/05	
ΠΛΑΤΑΝΑ	ΑΛΩΝΑΚΙ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	28/04/05	
ΠΟΛΥΔΡΟΣΟ	ΠΗΓΗ ΜΕΤΑΞΩΤΟΥ	ΠΗΓΗ	12/05/05	
ΑΓΡΙΑΝΟΙ	ΚΕΦΑΛΟΒΡΥΣΟ	ΠΗΓΗ	12/05/05	
ΠΛΑΤΑΝΑ	ΠΑΛΙΑ ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	20/05/05	
ΧΡΥΣΑΦΑ	ΔΕΞΑΜΕΝΗ	ΔΕΞΑΜΕΝΗ	20/05/05	
ΑΓΙΟΙ ΑΝΑΡΓΥΡΟΙ	ΚΕΝΤΡΙΑ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	08/06/05	0,00
ΑΓΙΟΙ ΑΝΑΡΓΥΡΟΙ	ΚΕΡΑΤΙΤΣΑ & ΣΤΕΦΑΝΟΣ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	14/06/05	0,00
ΑΓΙΟΙ ΑΝΑΡΓΥΡΟΙ	ΑΓ. ΑΝΑΡΓΥΡΟΙ	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	14/07/05	0,00

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΥΔΑΤΩΝ

1.1. Διάκριση

Σύμφωνα με τους ορισμούς της Οδηγίας 2000/60 για τα ύδατα, τα συστήματα υδάτων ορίζονται ως εξής:

- Σύστημα επιφανειακών υδάτων: διακεκριμένο και σημαντικό στοιχείο επιφανειακών υδάτων, όπως π.χ. μια λίμνη, ένας ταμιευτήρας, ένα ρεύμα, ένας ποταμός ή μια διώρυγα, ένα τμήμα ρεύματος, ποταμού ή διώρυγας, μεταβατικά ύδαταή ένα τμήμα παράκτιων υδάτων.
- Σύστημα υπόγειων υδάτων: συγκεκριμένος όγκος υπογείων υδάτων εντός ενός ή περισσότερων υδροφόρων οριζόντων.

Η γεωγραφική κατανομή και η τεκτονοστρωματογραφική σχέση των γεωλογικών σχηματισμών στην περιοχή έρευνας, οδηγεί καταρχήν στο διαχωρισμό δύο κύριων καρστικών συστημάτων (ενότητα Μάνης και ενότητα Τρίπολης) με βασικό διακριτικό χαρακτηριστικό την επαλληλία στην ανάπτυξή τους. Δηλαδή, άσχετα με το εάν παρεμβάλλεται μεταξύ τους το σχετικά αδιαπέρατο σύστημα των φυλλιτών – χαλαζιτών, και ακόμα και στην περίπτωση που εφάπτονται απευθείας, πρόκειται για δύο ομάδες ανθρακικών σχηματισμών που αν μη τι άλλο έχουν διαφορετικά χαρακτηριστικά καρστικοποίησης λόγω και των λιθολογικών διαφορών τους αλλά και λόγω του βαθμού καρστικοποίησης που έχουν υποστεί κατά την επίσης διαφορετική διάρκεια έκθεσής τους στην επιφάνεια (όπως εξηγήθηκε στα προηγούμενα κεφάλαια). Γι' αυτό άλλωστε και η απευθείας επαφή μεταξύ τους παρουσιάζεται καρστικοποιημένη, παρά τη βέβαιη υδραυλική επικοινωνία.

Τα συστήματα υδάτων που αναπτύσσονται στην περιοχή του Δήμου Θεραπνών διακρίνονται στα ακόλουθα:

- Ποταμός Ευρώτας (σύστημα επιφανειακών υδάτων), φρεάτιος υδροφόρος των προσχώσεων και φακοειδείς υδροφόροι των πλειοπλειστοκαινικών σχηματισμών. Αναφέρονται μαζί γιατί είναι άμεσα αλληλοεξαρτώμενα συστήματα.
- Καρστικοί υδροφόροι καλύμματος ασβεστόλιθων ενότητας Τρίπολης.
- Βαθύς καρστικός υδροφορέας ασβεστόλιθων ενότητας Μάνης – Κρήτης.
- Υδροφορίες φυλλιτών – χαλαζιτών.

1.2. Ποταμός Ευρώτας και φρεάτιος υδροφόρος της πεδιάδας

Ο ελεύθερος υδροφόρος ορίζοντας που αναπτύσσεται στις ολοκαινικές προσχώσεις της πεδιάδας και τις πρόσφατες αποθέσεις του ποταμού, θεωρείται ενιαίο σύστημα και κατά θέσεις μεταπίπτει σε μερικώς υπό πίεση, εντός των σχηματισμών του Πλειστοκαίνου που περιέχουν ορίζοντες κροκαλοπαγών. Τα στοιχεία που αναφέρονται παρακάτω προέρχονται κυρίως από την εργασία του Α. Αντωνάκου στην περιοχή (Αντωνάκος 1997, Αντωνάκος 1998, Antonakos & Lambrakis 2000, Lambrakis et al, 2004). Ο φρεάτιος υδροφόρος τροφοδοτείται επιφανειακά απευθείας από τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα και από την απορροή των χειμάρρων που αποστραγγίζουν τον Ταΰγετο προς τον Ευρώτα, και υπόγεια με πλευρική τροφοδοσία από τα καρστικά συστήματα του δυτικού Ταϋγέτου. Το υπόβαθρό του είναι είτε λιμναίοι – λιμνοχερσαίοι πλειοπλειστοκαινικοί σχηματισμοί με μικρότερη περατότητα, είτε κατά θέσεις αλπικοί σχηματισμοί (ασβεστόλιθοι, φυλλίτες – χαλαζίτες ή μάρμαρα), κυρίως στο νοτιοανατολικό του όριο.

Από τον πιεζομετρικό χάρτη της επόμενης εικόνας (ο οποίος αναφέρεται σε περίοδο υψηλών υδάτων, δηλαδή στο τέλος της υγρής περιόδου του 1996) μπορούν να σχολιαστούν τα ακόλουθα:

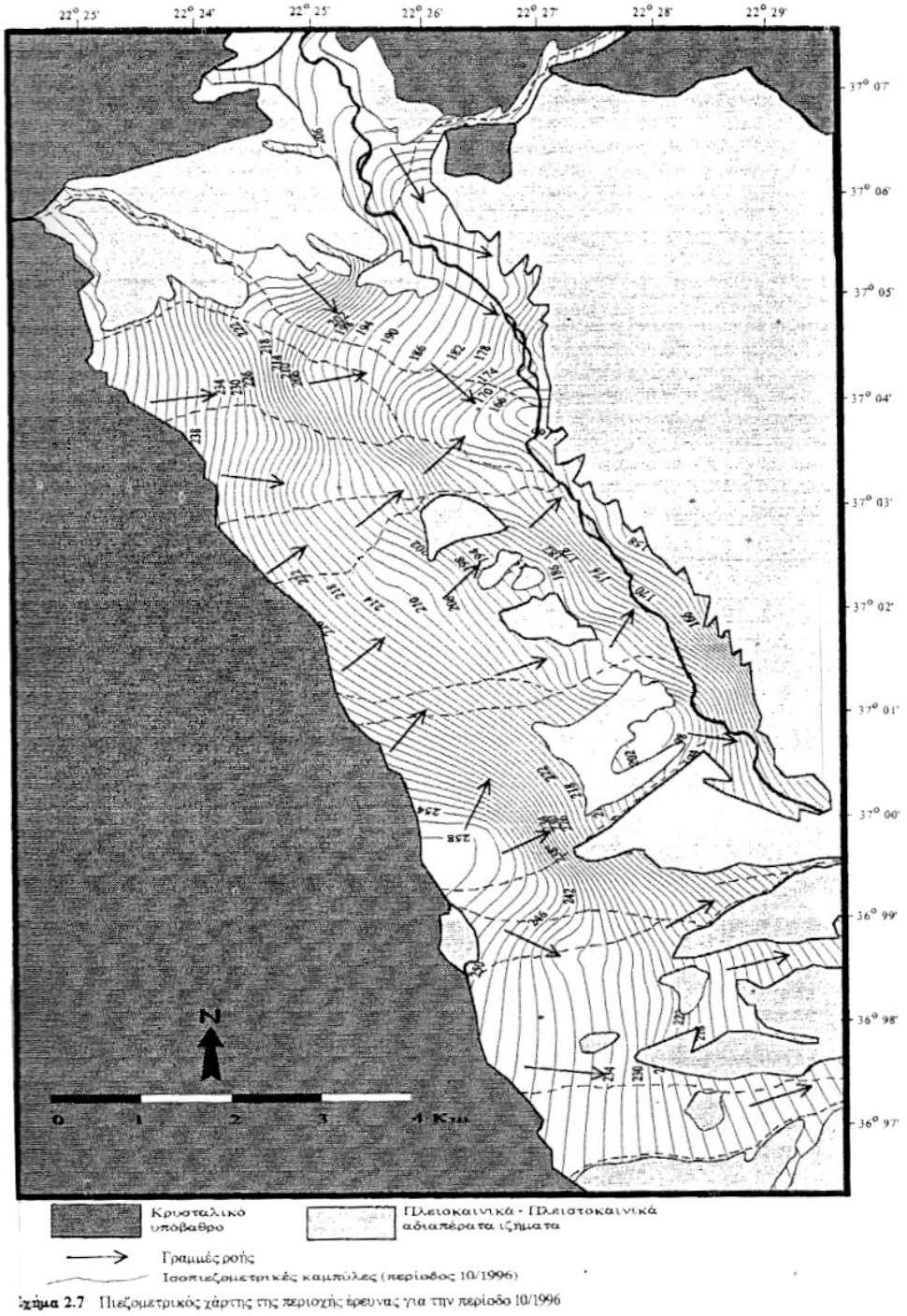
- Στο μεγαλύτερο τμήμα της περιοχής η πιεζομετρία του φρεάτιου υδροφόρου είναι παράλληλη με τον ποταμό (δηλαδή οι γραμμές ροής κάθετες προς αυτόν).

- Είναι φανερή η τροφοδοσία από το καρστικό σύστημα του Ταϋγέτου, στην περιοχή του δυτικού περιθωρίου της λεκάνης.
- Στο βόρειο τμήμα της περιοχής κοντά στον Ευρώτα, οι πιεζομετρικές καμπύλες παρουσιάζουν μικρότερη υδραυλική κλίση από ό,τι στο νότιο. Αυτό οφείλεται κυρίως σε δύο λόγους:
    - Η κοκκομετρία του υδροφορέα είναι πιο αδρομερής στο βόρειο τμήμα και πιο λεπτομερής νοτιότερα.
    - Το πάχος του υδροφόρου είναι μεγαλύτερο στο βόρειο τμήμα από ό,τι στο νότιο. Στην περιοχή νότια της Σκούρας, το υπόβαθρο των λιμναίων αποθέσεων εμφανίζεται στην επιφάνεια και το πάχος των αποθέσεων μειώνεται και δυτικά και νότια.
- Στη συγκεκριμένη περίοδο φαίνεται ότι ο φρεάτιος υδροφόρος τροφοδοτεί το ποτάμι από τα δυτικά, και τροφοδοτείται από αυτό ανατολικά του.
- Οι πιεζομετρικές γραμμές είναι παράλληλες προς το ανατολικό όριο του υδροφόρου, και δεδομένου ότι η ροή είναι προς τα ανατολικά και υπάρχει καρστικός υδροφόρος σε μεγαλύτερα βάθη, ο φρεάτιος υδροφόρος πιθανόν τροφοδοτεί και τον καρστικό, αν επιτρέπουν οι συνθήκες επικοινωνίας μεταξύ τους.

Στα παραπάνω πρέπει να προστεθεί μια επιπλέον παρατήρηση. Κατά τη διάρκεια των εργασιών για την εκπόνηση της παρούσης εργασίας, παρατηρήθηκε σε κάποια σημεία κατά μήκος του ποταμού ότι η ροή ήταν μόνο υποδερμική, και δεν υπήρχε επιφανειακή ροή του ποταμού, πράγμα που ίσχυε ανάντη και κατάντη αυτών των σημείων. Είναι συνεπώς πιθανόν, σε κάποιες ξηρές περιόδους, η στάθμη του υδροφόρου να είναι χαμηλότερα από τον πυθμένα του ποταμού και από τις δύο πλευρές του, οπότε ο ποταμός να τροφοδοτεί και τη δυτική πλευρά του υδροφόρου, δεδομένων και των αρδευτικών αντλήσεων που λαμβάνουν χώρα σε μεγάλη κλίμακα από ρηχά φρέατα μεγάλης διαμέτρου κατά μήκος του Ευρώτα.

Εξάλλου, υπάρχει μια ακόμα περιοχή που αναπτύσσεται φρεάτιος υδροφόρος ορίζοντας στις προσχώσεις του Ευρώτα, στην περιοχή που συμβάλλει ο χείμαρρος Ρασίνα με την κεντρική κοίτη του ποταμού (Πυρί – Μολαίτη - Βασιλοπέραμα). Ο υδροφόρος αυτός βρίσκεται αρκετά μέτρα χαμηλότερα από το προηγούμενο επίπεδο και η μέση στάθμη του είναι περίπου στα 100 μέτρα υψόμετρο και πολύ κοντά στην επιφάνεια. Τους δύο υδροφόρους φαίνεται ότι συνδέει κυρίως η ροή του ποταμού, καθώς ανάμεσα στις δύο περιοχές εμφανίζεται το φυλλιτικό υπόβαθρο και απολεπτύνονται οι αλλουβιακές προσχώσεις. Σημειώνεται ότι στην περιοχή της Σκούρας οι παροχές των φρεάτων κυμαίνονται στα 30 m^3/h, ενώ στο Πυρί οι παροχές είναι της τάξεως των 55 m^3/h. Ενδεχομένως αυτή η διαφορά οφείλεται σε δύο παράγοντες:

- Το πάχος του υδροφόρου ορίζοντα μπορεί να είναι μεγαλύτερο στη νότια περιοχή.
- Η κοκκομετρία των προσχώσεων μπορεί να περιλαμβάνει μεγαλύτερο ποσοστό αδρομερών κλασμάτων.



Σχήμα 2.7 Πιεζομετρικός χάρτης της περιοχής έρευνας για την περίοδο 10/1996

Εικ. 162 – Πιεζομετρικός χάρτης της πεδιάδας της Σπάρτης για την περίοδο 10/1996 (Αντωνάκος, 1997).

1.3. Καρστικοί υδροφόροι καλύμματος ασβεστόλιθων της ενότητας Τρίπολης

Η πλέον εκτεταμένη εμφάνιση στο γεωλογικό χάρτη της περιοχής είναι αυτή των ασβεστόλιθων της ενότητας Τρίπολης. Δεδομένου δε ότι η τεκτονοστρωματογραφική διάρθρωση της περιοχής περιλαμβάνει ένα σχετικά αδιαπέρατο σύστημα (φυλλίτες – χαλαζίτες) ως υπόβαθρο αυτής της

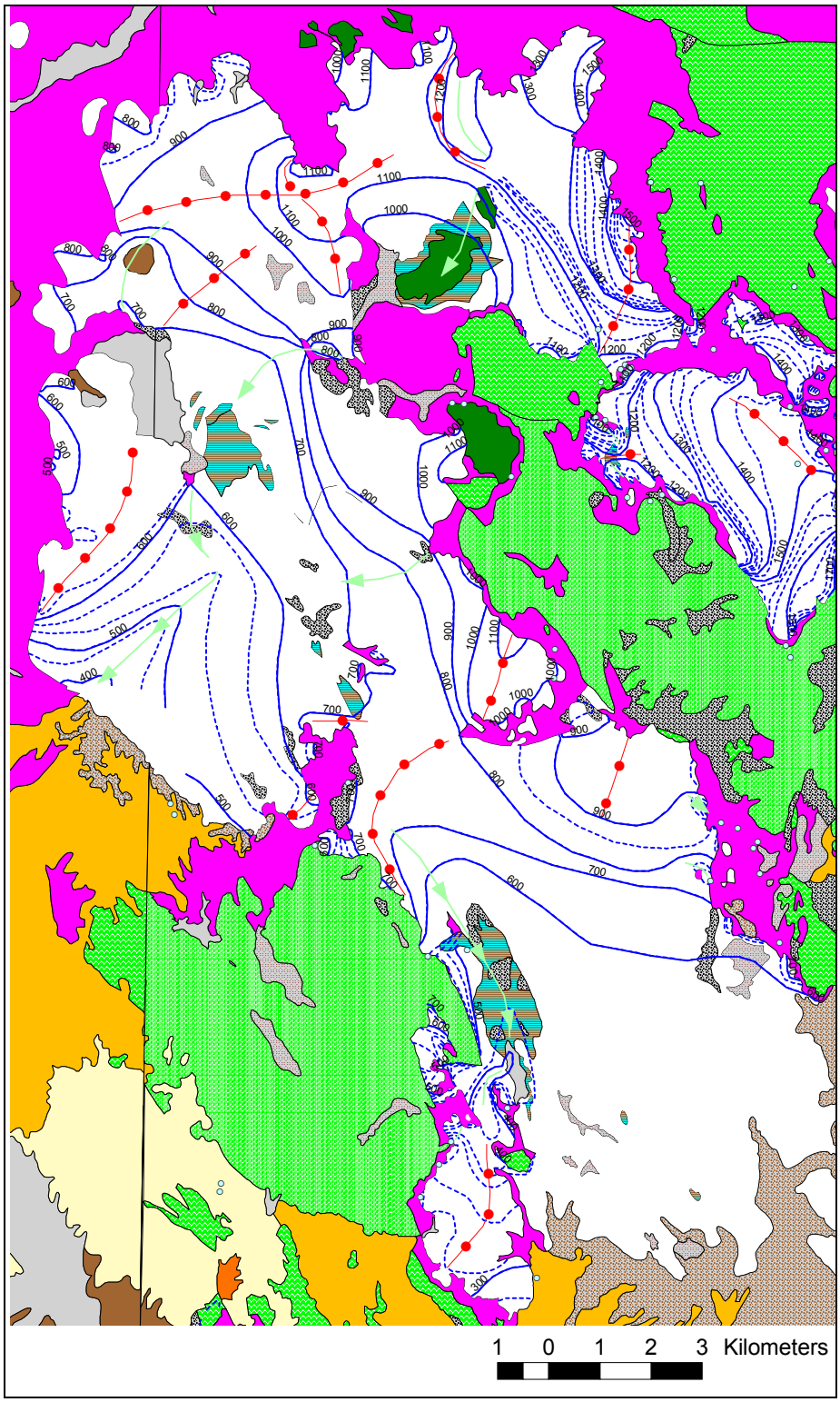
ανθρακικής σειράς,, αναμένεται η δημιουργία ενός ιδιαίτερα εκτεταμένου επικρεμάμενου καρστικού συστήματος υδροφόρων, με μεγάλη δυναμικότητα.

Αντίθετα όμως με τα αναμενόμενα, με την εξαίρεση της περιοχής του Πολύδροσου, δεν εμφανίζονται στην περιοχή μεγάλες καρστικές πηγές. Η έρευνα που έγινε στο ύπαιθρο σε συνδυασμό με την κατασκευή του υπεδαφικού τεκτονικού χάρτη της επαφής της ανθρακικής σειράς της Τρίπολης με τις υποκείμενες ενότητες, έδειξε τα εξής:

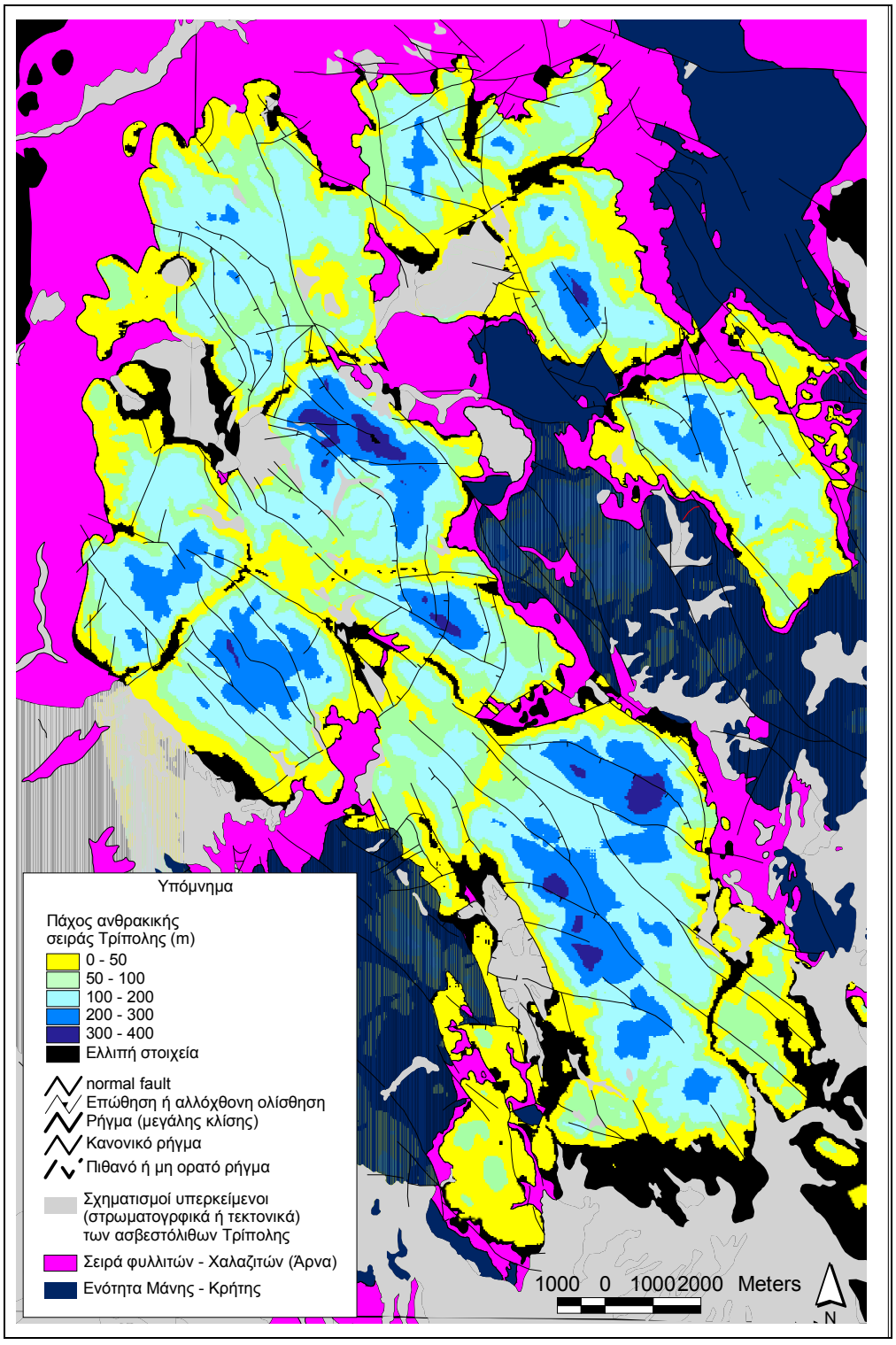
- Το κάλυμμα των ασβεστόλιθων της Τρίπολης φέρει μια ισχυρή παραμόρφωση με αποτέλεσμα τη δημιουργία πολυάριθμων υπόγειων υδροκριτών, οι οποίοι (εκτός εξαιρέσεων) εμποδίζουν τη δημιουργία μεγάλων αξόνων υπόγειας αποστράγγισης.. Ακόμα όμως και στις περιπτώσεις αυτές δεν παρουσιάζονται εκφορτίσεις δυναμικότητας ανάλογης της έκτασης του καρστικού πεδίου.
- Σε μεγάλο τμήμα της περιοχής το πάχος του φυλλιτικού υπόβαθρου είναι πολύ μικρό (μερικά μέτρα) ή απουσιάζει εντελώς, με αποτέλεσμα την απευθείας επικοινωνία των ασβεστόλιθων της Τρίπολης με τους ανθρακικούς σχηματισμούς της σχετικά αυτόχθονης ενότητας Μάνης – Κρήτης και τις σχετικές απώλειες νερού προς το βάθος. Η επικοινωνία αυτή ενισχύεται και από ρήγματα μεγάλης κλίσης που διασχίζουν όλη την τεκτονοστρωματογραφική στήλη.
- Το πάχος της ανθρακικής σειράς της Τρίπολης είναι σε μεγάλο ποσοστό της περιοχής πολύ μικρό (κάτω από 100, αλλά ακόμα και κάτω από 50 μέτρα).
- Η επαφή με το υπόβαθρο σε πολλές περιοχές έχει μεγάλη κλίση.

Ο συνδυασμός των παραπάνω φαινομένων, δημιουργεί μια ιδιότυπη κατάσταση υπόγειας κυκλοφορίας, όπου η ροή μέσα στους ασβεστόλιθους της Τρίπολης είναι ταυτόχρονα διάχυτη και γρήγορη, ενώ υπάρχουν ζώνες που το νερό μπορεί να διαφύγει γρήγορα σε μεγάλο βάθος.

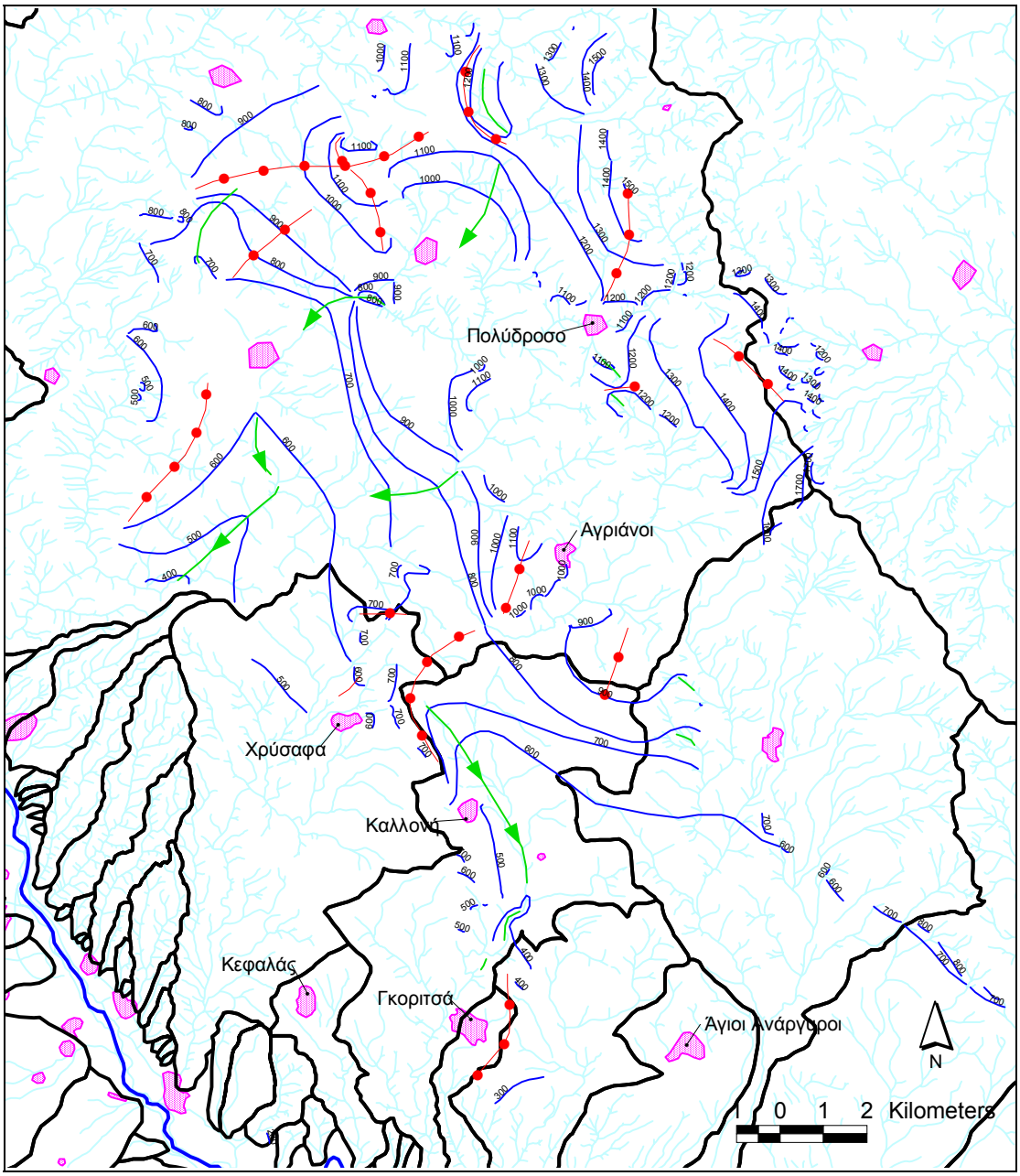
Στον υπεδαφικό χάρτη εμφανίζονται τα στοιχεία παραμόρφωσης της τεκτονικής επαφής των ασβεστόλιθων της Τρίπολης με το τεκτονικό υπόβαθρό της. Στο βορειοδυτικό τμήμα της περιοχής κυριαρχούν στοιχεία παραμόρφωσης (άξονες συμμορφών και αντιμορφών) με διεύθυνση περίπου ΒΑ-ΝΔ με βύθιση προς τα νοτιοδυτικά, χωρίς να λείπουν οι κάμψεις προς τα νότια ή προς τα βόρεια. Στο νοτιοανατολικό τμήμα της περιοχής τα στοιχεία παραμόρφωσης της επαφής είναι προσανατολισμένα κατά τη διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ με βύθιση προς τα νοτιοανατολικά, αλλά και εδώ παρατηρούνται σημαντικές κάμψεις κατά τη διεύθυνση Β-Ν ή και ΒΑ-ΝΔ. Στο βορειοανατολικό τμήμα της περιοχής (υδροκριτική περιοχή στην κορυφογραμμή του Πάρνωνα) παρατηρούνται άξονες κατά τη διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ, με σχετικά μικρό μήκος, και κάμψεις προς τη διεύθυνση ΔΒΔ-ΝΝΑ. Στην περιοχή αυτή όμως η πραγματική μακροδομή πρώτης τάξης είναι αυτή που σχηματίζουν σε συνδυασμό τα δύο τμήματα του καλύμματος, που συγκλίνουν προς το Ψηλό ρέμα. Αυτή η δομή είναι μια συμμορφή με διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ, όπως και στην περίπτωση της δυτικής περιοχής.



Εικ. 163 – Υπεδαφικός τεκτονικός χάρτης της επαφής της ανθρακικής σειράς της ενότητας Τρίπολης με το υπόβαθρό της. Οι κόκκινες γραμμές συμβολίζουν τους υπόγειους υδροκρίτες (άξονες αντιμορφών) και οι πράσινες γραμμές τους άξονες υπόγειας αποστράγγισης (άξονες συμμορφών).



Εικ. 164 – Το εκτιμώμενο πάχος των ασβεστόλιθων της ενότητας Τρίπολης στην ευρύτερη περιοχή του Δήμου Θεραπνών, με βάση τον υπεδαφικό τεκτονικό χάρτη. Στις περιοχές που οι ασβεστόλιθοι καλύπτονται από άλλους σχηματισμούς, ο υπεδαφικός χάρτης είναι ανακριβής και συνεπώς το πάχος μπορεί να διαφέρει σημαντικά από το πραγματικό.



Εικ. 165 – Σύγκριση των υδροκριτών των υπολεκανών του Ευρώτα (η μεγάλη λεκάνη στα βορειοδυτικά είναι ο Οινούς ή Κελεφίνα) με τους υπόγειους υδροκρίτες του υπεδαφικού τεκτονικού χάρτη της επαφής της ανθρακικής σειράς της Τρίπολης με το υπόβαθρο. Με μαύρη γραμμή οι υδροκρίτες των υπολεκανών του Ευρώτα, ανεξάρτητα από τάξη.

Μια επιπλέον παρατήρηση τόσο υδρογεωλογικής όσο και τεκτονικής φύσης μπορεί να γίνει όταν συγκριθούν οι υδροκρίτες των υδρολογικών υπολεκανών του Ευρώτα με τους υπόγειους υδροκρίτες που προκύπτουν από τον υπεδαφικό τεκτονικό χάρτη. Είναι φανερό ότι κάποιες απότομες κάμψεις των επιφανειακών υδροκριτών εκφράζονται και στην παραμόρφωση του υπόβαθρου. Αυτό με την αντίστροφη λογική μπορεί να σημαίνει ότι η τεκτονική παραμόρφωση του γεωλογικού υπόβαθρου εκφράζεται πολύ καλά στις σημερινές ενεργές γεωμορφές, πράγμα που δείχνει ότι πιθανότατα πρόκειται για πρόσφατη παραμόρφωση που δεν έχει ακόμα απαλειφθεί από τις εξωγενείς μορφογενετικές δυνάμεις. Κατ' επέκταση, είναι φανερή η επίδραση του ενεργού τεκτονισμού στις υδρογεωλογικές συνθήκες της συγκεκριμένης περιοχής.

Η παραμόρφωση αυτή του καλύμματος των ασβεστόλιθων ερμηνεύει μόνο εν μέρει την υπόγεια κυκλοφορία του νερού, καθώς η παρουσία αξόνων υπόγειας αποστράγγισης δεν συνοδεύεται πάντα από πηγαίες εκφορτίσεις πάνω στους άξονες αυτούς, ή αντίθετα, παρουσιάζονται πηγές σε θέσεις που η γεωμετρία του καλύμματος δεν δείχνει σημαντική σύγκλιση. Πιο συγκεκριμένα:

- Στην βορειοανατολική περιοχή ο υπεδαφικός χάρτης ερμηνεύει ικανοποιητικά την εκδήλωση πηγών σε όλες τις πλευρές του καλύμματος της Τρίπολης, και μάλιστα, οι δυναμικότητες των πηγών φαίνεται ότι είναι γενικά ανάλογες με την έκταση των αντίστοιχων ανάντη υδρογεωλογικών λεκανών, όπως αυτές ορίζονται από τους υπόγειους υδροκρίτες στο κάλυμμα. Υπάρχουν πηγαίες εκφορτίσεις και στη βόρεια και στη νότια πλευρά του καλύμματος, αλλά είναι μικρής δυναμικότητας (π.χ. Βοϊδόβρυση). Αντίθετα, στη βορειοδυτική (για το νότιο τμήμα του καλύμματος) και στη νοτιοδυτική (για το βόρειο τμήμα του καλύμματος) πλευρά, δηλαδή πάνω στον διαβρωμένο άξονα υπόγειας αποστράγγισης, καταλήγουν άξονες που συνήθως συνοδεύονται από παράλληλα ρήγματα με αποτέλεσμα τις καρστικές πηγές επαφής του Πολύδροσου (Ψηλή Βρύση, Μεταξωτού, Ψητό, Σούμου Βρύση κ.λπ.) σε υψόμετρα κυρίως μεταξύ 1050 ως 1100 μέτρα.

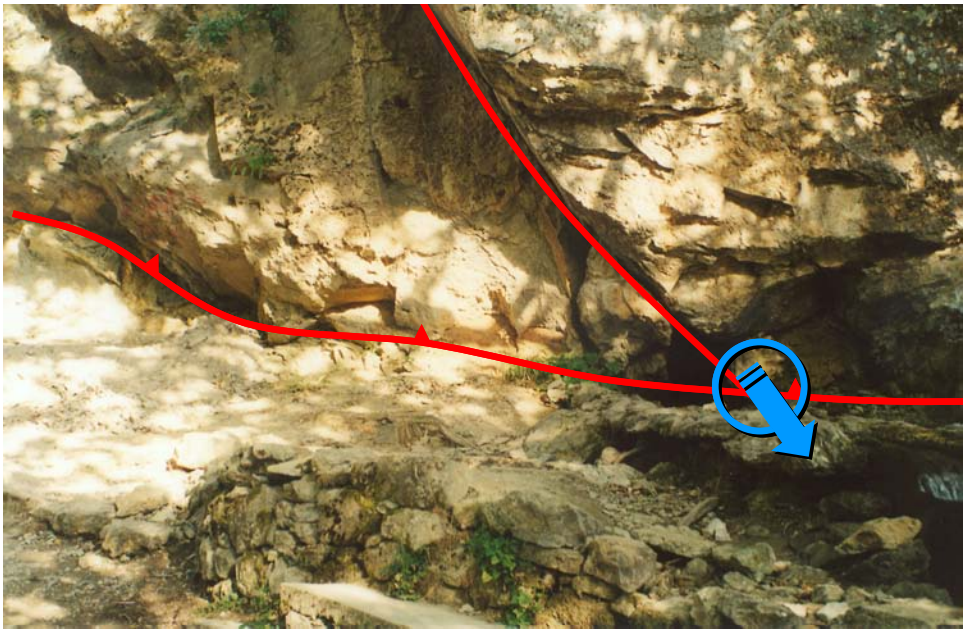
- Στο κέντρο περίπου της περιοχής αναπτύσσεται τμηματικά ένας μεγάλος υπόγειος υδροκρίτης που φαίνεται ότι συνδέεται με την εμφάνιση του μεταμορφωμένου υπόβαθρου και της σχετικά αυτόχθονης ενότητας στην περιοχή. Στα όρια του καλύμματος της Τρίπολης, και παρά την αντικλινική δομή, υπάρχουν μικρά τμήματα του καλύμματος στα σκέλη αντικλίνων μικρότερης τάξης, τα οποία ευνοούν την εκδήλωση καρστικών πηγών επαφής, μικρής όμως δυναμικότητας, εξαιτίας ακριβώς της μικρής υδρογεωλογικής λεκάνης στην ανάντη περιοχή. Οι πιο χαρακτηριστικές τέτοιες περιπτώσεις είναι οι πηγές της Χρύσαφας (580 μέτρα υψόμετρο) και των Αγριάνων (980 μέτρα υψόμετρο), που άλλωστε δεν επαρκούν για την κάλυψη των αναγκών των περιοχών αυτών. Μια παρόμοια αλλά πιο περίπλοκη περίπτωση είναι η πηγή της Καλλονής (560 μέτρα υψόμετρο), στο βορειοδυτικό όριο ενός τεκτονικού βυθίσματος με διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ. Η πηγή αυτή εκδηλώνεται μεταξύ ενός αντικλινικού και ενός συγκλινικού άξονα διεύθυνσης ΒΔ-ΝΑ, φαίνεται όμως ότι σημαντικό ρόλο έχουν παίξει τα ρήγματα στην περίπτωση αυτή. Στην ανάντη περιοχή παρατηρείται σε αρκετά μεγάλη έκταση η (πάντως καρστικοποιημένη) επαφή της Τρίπολης απευθείας με την ενότητα των πλακωδών ασβεστολίθων (Μάνη), η οποία κλίνει προς το βύθισμα. Ωστόσο, και κατάντη του σημείου εκδήλωσης της πηγής εμφανίζονται ασβεστόλιθοι. Πιθανόν να πρόκειται για πηγή επαφής υπερχείλισης. Η παροχή της πάντως είναι μικρή και αυτό πρέπει να οφείλεται αφενός στη μικρή έκταση της υδρογεωλογικής λεκάνης και αφετέρου στις απώλειες από το καρστικό σύστημα της Τρίπολης προς το καρστικό σύστημα της Μάνης. Σημειώνεται επιπλέον ότι, επειδή η πηγή δεν έχει μόνιμη ροή, στην ίδια θέση έχει εκτελεστεί γεώτρηση βάθους 100 μέτρων, με επίσης μικρή παροχή. Κατά συνέπεια, ο μηχανισμός της πηγής παραμένει ένα ανοιχτό πρόβλημα και χρειάζεται λεπτομερέστερη έρευνα για να εξακριβωθεί.

- Στη νοτιότατη (για την περιοχή έρευνας) απόληξη των ασβεστόλιθων της Τρίπολης (Γκοριτσά) εμφανίζεται ένα σχετικά περιορισμένο κάλυμμα ασβεστόλιθων, που έρχεται σε επαφή σχεδόν αποκλειστικά με σχιστόλιθους, τουλάχιστον στην περιοχή που μπορεί να παρατηρηθεί. Το κάλυμμα αυτό παρουσιάζει κάποιες μικρές εκφορτίσεις στη δυτική του πλευρά (Χάρακας) που εμφανίζονται κυρίως μέσα από τους σχιστόλιθους κοντά στην επαφή, και μια πιο σημαντική στη νότια (Άγιος Στέφανος, 280 μέτρα υψόμετρο), από την οποία και υδρεύεται η Γκοριτσά. Ο υπεδαφικός χάρτης δείχνει έναν υπόγειο υδροκρίτη διεύθυνσης ΒΒΑ-ΝΝΔ, και ερμηνεύει σχετικά ικανοποιητικά τις περιοχές των εκφορτίσεων. Παρά ταύτα, και παρόλο που η πηγή φαίνεται ότι είναι μια τυπική περίπτωση επαφής, υπάρχει περίπτωση η πραγματικότητα να είναι διαφορετική. Καταρχήν η πηγή αντλείται σήμερα από χαμηλότερο σημείο από τη θέση που εκφορτιζόταν (λίγα μέτρα), και εξάλλου στην περιοχή της εκφόρτισης η επαφή των ασβεστόλιθων με το υπόβαθρο καλύπτεται εν μέρει από μεταλπικά ιζήματα. Και δεύτερον, στη γύρω περιοχή (Γαλατού και Λαΐνα) έχουν ανορυχθεί υδρογεωτρήσεις με σημαντικές παροχές, οι οποίες αντλούν από στάθμες στο επίπεδο των 190 μέτρων, γεγονός που σημαίνει ότι όχι πολλά μέτρα χαμηλότερα από το επίπεδο της πηγής

αναπτύσσεται (δεύτερος;) επικρεμάμενος υδροφόρος ορίζοντας του οποίου η σχέση με τη λειτουργία της πηγής δεν είναι γνωστή.

- Στο δυτικό όριο του καλύμματος των ασβεστόλιθων (περιοχή Μονής Αγ. Τεσσαράκοντα, ρέμα Σωφρόνι) καταλήγει ένας μεγάλος άξονας υπόγειας αποστράγγισης, ο οποίος μάλιστα φαίνεται να αντιστοιχεί σε μια μεγάλη υδρογεωλογική λεκάνη που ξεκινά σχεδόν από τις καταβόθρες του Βασαρά στα βόρεια. Στην έξοδο του φαραγγιού προς τα νοτιοδυτικά με βάση τη δομή θα αναμένονταν σημαντικές πηγαίες εκφορτίσεις, γεγονός όμως που δεν συμβαίνει. Μια προσεκτικότερη διερεύνηση στην περιοχή έδειξε ότι ρήγματα διεύθυνσης ΒΑ-ΝΔ, ακριβώς δηλαδή πάνω στον άξονα υπόγειας αποστράγγισης, έχουν μετατοπίσει τα δύο σκέλη του συγκλίνου, φέροντας το υπόβαθρο στο βορειοδυτικό τέμαχος πολύ κοντά στην επιφάνεια, σε αντίθεση με το κατερχόμενο νοτιοανατολικό τέμαχος. Υπάρχουν κάποιες μικρές πηγές κοντά στην κοίτη του ρέματος στη βορειοδυτική όχθη (μια εκ των οποίων χρησιμοποιείται από την παρακείμενη Μονή), ενώ αντίθετα στη νοτιοανατολική πλευρά, έχουν ανορυχθεί και γεωτρήσεις στους ασβεστόλιθους, οι οποίες ήταν ανεπιτυχείς. Πρέπει πάντως να σημειωθεί ότι στο νοτιοανατολικό σκέλος του συγκλίνου η μορφή των καμπύλων παρατάξεων του υπεδαφικού χάρτη μεταβάλλεται και σταδιακά η διεύθυνσή τους γίνεται σχεδόν παράλληλη με τη μορφολογία, δηλαδή σε διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ. Αυτό είναι ένα στοιχείο που πιθανόν να ερμηνεύει εν μέρει την απουσία σημαντικών πηγών, αφού η κυκλοφορία του νερού είναι διάχυτη στην περιοχή. Δύο επιπλέον στοιχεία που ενδεχομένως ενισχύουν αυτή την άποψη είναι τα ακόλουθα. Πρώτον, η ύπαρξη μικρών πηγών στην περιοχή του Αγίου Γεωργίου μέσα στις τεταρτογενείς αποθέσεις που καλύπτουν τους ασβεστόλιθους της Τρίπολης, και κοντά στη μεταξύ τους επαφή. Δεδομένης της θέσης των πηγών, θα μπορούσε να υποτεθεί ότι οι τεταρτογενείς αποθέσεις τροφοδοτούνται πλευρικά από τους ασβεστόλιθους, με μικρή πάντως ποσότητα νερού, διότι διαφορετικά θα εκδηλώνονταν πηγές και στην επαφή. Δεύτερον, η ανόρυξη γεώτρησης νοτιοδυτικά από την επαφή των τεταρτογενών με τους ασβεστόλιθους (ανατολικά της περιοχής Προβατόμαντρα) με στάθμη υδροφόρου περίπου στα 320 μέτρα υψόμετρο. Παρόλο που δεν υπάρχουν επιπλέον στοιχεία για τον υδροφορέα, είναι βέβαιο ότι ακόμα και αν δεν αναπτύσσεται στους ίδιους τους ασβεστόλιθους, δεν μπορεί παρά να τροφοδοτείται υπόγεια από αυτούς.

Εικ. 166 – Μικρή πηγή επαφής ανάντη του Πολύδροσου (αριστερά στη φωτογραφία). Η επαφή με τους μικρού πάχους σχιστόλιθους κλίνει προς τα νοτιοανατολικά.



Εικ. 167 – Η πηγή Ψηλή Βρύση στο Πολύδροσο. Η εκφόρτιση γίνεται στην επαφή των ασβεστόλιθων με τους σχιστόλιθους, στο σημείο τομής της με καμπύλο ρήγμα.

Εικ. 168 – Η πηγή Μεταξωτού στο Πολύδροσο (καρστική πηγή επαφής βορειοανατολικά και ανάντη της προηγούμενης θέσης).

Εικ. 169 – Η πηγή Σούμου Βρύση στο Πολύδροσο. Πρόκειται επίσης για καρστική πηγή επαφής. Στη δεξιά φωτογραφία η επαφή ασβεστόλιθουσχιστόλιθου λίγα μέτρα ανάντη της δεξαμενής. Η επαφή κλίνει προς τα βορειοδυτικά (13/313) και ο σχιστόλιθος προς τα δυτικά (40/253).

Εικ. 170 – Η πηγή Κεφαλάρι των Αγριάνων στη βάση των ασβεστόλιθων της Τρίπολης.

Εικ. 171 – Η πηγή της Χρύσαφας στην επαφή ασβεστόλιθου/σχιστόλιθου.

Εικ. 172 – Η γεώτρηση στην πλατεία της Καλλονής, λίγα μέτρα νότια από το σημείο εκφόρτισης της πηγής.

Εικ. 173 – Ρήγμα διεύθυνσης ΒΑ-ΝΔ με διεύθυνση προς την πηγή της Καλλονής δυτικά της θέσης που φαίνεται στη φωτογραφία.

Εικ. 174 – Η πηγή του Αγίου Στεφάνου στη Γκοριτσά, στη βάση των ασβεστόλιθων.

Εικ. 175 – Η πηγή Χάρακας, στη δυτική πλευρά του καλύμματος στην περιοχή της Γκοριτσάς (χωρίς μόνιμη ροή).

Εικ. 176 – Η πηγή του Αγίου Γεωργίου στα τετραγωνική κρηναλοπαγή κοντά στην επαφή με τους ασβεστόλιθους.

Εικ. 177 – Η επαφή των ασβεστόλιθων της Τρίπολης με το αδιαπέρατο υπόβαθρο (στη συγκεκριμένη θέση ηφαιστειοϊζηματογενείς σχηματισμοί του Τυρού) κοντά στην έξοδο του ρέματος Σωφρόνι.(Άγιοι Τεσσαράκοντα). Στη φωτογραφία φαίνεται η βορειοδυτική πλευρά του ρέματος, ενώ στην νοτιοανατολική δεν εμφανίζεται το υπόβαθρο των ασβεστόλιθων.

Εικ. 178 – Η γεώτρηση ανατολικά της Προβατόμαντρας. Στο βάθος διακρίνεται η έξοδος του φαραγγιού στο ρέμα Σωφρόνι (Άγ. Τεσσαράκοντα).

1.4. Καρστικός υδροφορέας ενότητας Μάνης – Κρήτης

Οι ανθρακικοί σχηματισμοί της ενότητας Μάνης παρουσιάζουν δυο κύριες εμφανίσεις στην περιοχή έρευνας. Η πρώτη βρίσκεται στην ορεινή ζώνη του Πάρνωνα σε υψόμετρο γύρω στα 1000 μέτρα και η δεύτερη στην ημιορεινή περιοχή μεταξύ Χρύσαφας και Κεφαλά σε υψόμετρο περίπου 400 μέτρων.

Για την ορεινή ζώνη δεν αναφέρονται σημαντικές πηγαίες εκφορτίσεις στην ευρύτερη περιοχή αλλά και στις νότιες απολήξεις της, γεγονός αποθαρρυντικό όσον αφορά την ανάπτυξη εκμεταλλεύσιμου υδροφόρου ορίζοντα, δηλαδή την υδροφορία σε βάθος που να επιτρέπει την ανόρυξη των συνήθων παραγωγικών γεωτρήσεων με βάση τα οικονομικά μεγέθη. Είναι αναμενόμενη πάντως η κυκλοφορία μεγάλων ποσοτήτων υπόγειου νερού στη μάζα των κρυσταλλικών ασβεστόλιθων και των μαρμάρων της ενότητας Μάνης, δεδομένης της υψομετρικής ζώνης της εμφάνισης και της έκτασής της. Με βάση την προέκταση της εμφάνισης των σχηματισμών αυτών σε χαμηλότερα υψόμετρα προς τα νοτιοανατολικά, είναι πιθανό να είναι δυνατή η εκμετάλλευση αυτής της υδροφορίας στη γειτονική περιοχή του Δήμου Γερόνθρων (Γεράκι). Είναι επίσης πιθανό να συμβαίνει στην περιοχή ένα φαινόμενο αντίστοιχο με αυτό που συμβαίνει μεταξύ του οροπεδίου της Τρίπολης και των παράκτιων πηγών της Αργολίδας, όπου έχει αποδειχθεί ότι υπάρχει υδραυλική επικοινωνία. Θα έπρεπε ίσως να διερευνηθεί η επικοινωνία της ορεινής ζώνης του Πάρνωνα με τις υποθαλάσσιες εκφορτίσεις στην πλευρά του Μυρτώου πελάγους.

Στην ημιορεινή ζώνη επίσης δεν υπάρχουν πηγές, υπάρχει όμως μια σχετικά ευρεία περιοχή που έχει διαπιστωθεί η ανάπτυξη υδροφόρου ορίζοντα σημαντικής δυναμικότητας (οι γεωτρήσεις δίνουν παροχές πάνω από 80 m^3/h), με στάθμη γύρω στα 40 μέτρα υψόμετρο. Η περιοχή αυτή εντοπίζεται στον Κεφαλά και νοτιότερα. Με βάση την εξάπλωση των σχηματισμών στην περιοχή μπορεί να θεωρηθεί αρκετά πιθανή η ανάπτυξη αυτής της υδροφορίας σε μεγάλο ποσοστό της έκτασης της μάζας των ανθρακικών στη ζώνη αυτή, αν και δεν υπάρχουν δεδομένα γεωτρήσεων που να επιβεβαιώνουν αυτή την εικασία.

Εικ. 179 – Η περιοχή Ράχη Παρασκευά (άποψη προς τα νότια) με τον κύριο όγκο των ανθρακικών πετρωμάτων της ενότητας Μάνης στην υψομετρική ζώνη περίπου των 1000 μέτρων.

Εικ. 180 – Άποψη από τα ανατολικά της περιοχής μεταξύ Κεφαλά και Χρύσαφας (το χωριό κάτω δεξιά στη φωτογραφία) με τον κύριο όγκο των ανθρακικών σχηματισμών της ενότητας Μάνης στην υψομετρική ζώνη περίπου των 400 μέτρων.

Εικ. 181 – Η δημοτική γεώτρηση του Κεφαλά (πάνω σε πλακώδεις κρυσταλλικούς ασβεστόλιθους). Υψόμετρο 406 μέτρα, βάθος διάτρησης περίπου 400 μέτρα, στάθμη 40 μέτρα.

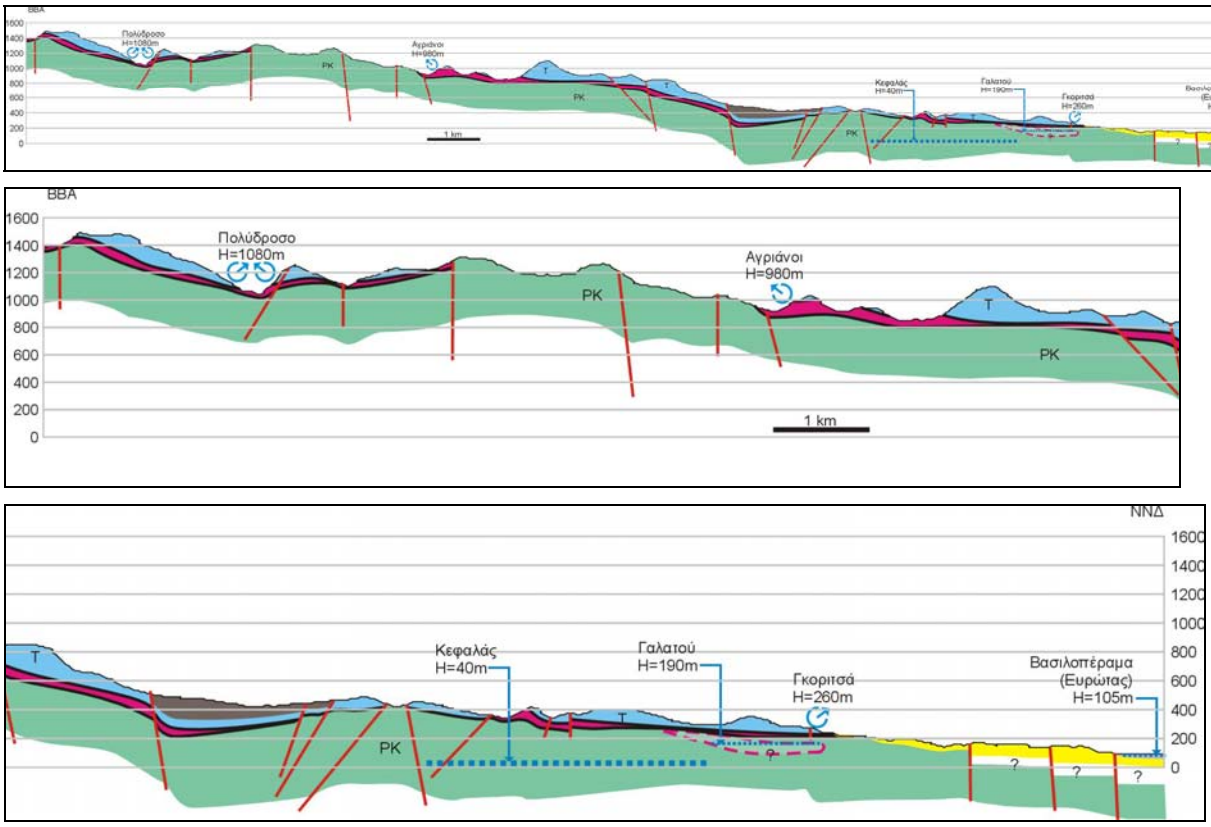
1.5. Υδροφορίες φυλλιτών – χαλαζιτών

Στην περιοχή του Δήμου Θεραπνών, το πάχος της σειράς φυλλιτών – χαλαζιτών (μαζί και με τα πετρώματα του Τυρού είναι συνήθως μικρό και ενίοτε οι σχηματισμοί αυτοί απουσιάζουν εντελώς ανάμεσα στις δύο ανθρακικές σειρές. Στο δυτικό τμήμα της περιοχής πάντως η εικόνα είναι πολύ διαφορετική, καθώς στον άξονα του συγκλίνου των Αγίων Τεσσαράκοντα προς τα δυτικά και τα βορειοδυτικά οι σχιστόλιθοι αυξάνονται σε έκταση και σε πάχος, ενώ αποκαλύπτονται σε διάφορες θέσεις απευθείας κάτω από τους πλειοτεταρτογενείς σχηματισμούς. Η μοναδική ένδειξη για υδροφορία που μπορεί να σχετίζεται με κυκλοφορία σε φυλλίτες – χαλαζίτες (χωρίς απαραίτητα να φιλοξενείται στη μάζα τους) είναι η αυξημένη παρουσία ιόντων σιδήρου και μαγγανίου σε κάποιους υδροφόρους ορίζοντες (σίδηρος στην περιοχή των Αγίων Αναργύρων και μαγγάνιο στην Πλατάνα και στη Σκούρα).

1.6. Δυναμικό συστημάτων υδάτων

Με βάση το γεωλογικό χάρτη, τον υπεδαφικό τεκτονικό χάρτη και τα δεδομένα των γεωτρήσεων όπου υπήρχαν, έγινε μια προσπάθεια διάκρισης των συστημάτων σε υποσυστήματα, με στόχο την εκτίμηση του δυναμικού και της εκμεταλλευσιμότητάς τους. Έτσι, το σύστημα των ανθρακικών πετρωμάτων της ενότητας Μάνης χωρίστηκε σε δύο υποσυστήματα (βλ. παραπάνω) και το επικρεμάμενο καρστικό σύστημα της ενότητας Τρίπολης χωρίστηκε (για την περιοχή του Δήμου Θεραπνών) σε περισσότερα υποσυστήματα[23].

Στις δύο υδρογεωλογικές τομές που ακολουθούν σημειώνονται οι θέσεις πηγών της ενότητας Τρίπολης και οι υδροφόροι ορίζοντες που αντλούνται με γεωτρήσεις, καθώς και οι αντίστοιχες στάθμες. Παρόλο που οι δύο τομές έχουν διαφορετική διεύθυνση (ΒΒΑ-ΝΝΔ και ΒΔ-ΝΑ αντίστοιχα), είναι διακριτές και στις δύο τουλάχιστον δύο μακροδομές: το σύγκλινο στα βόρεια και το αντίκλινο στο κέντρο της περιοχής με διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ.

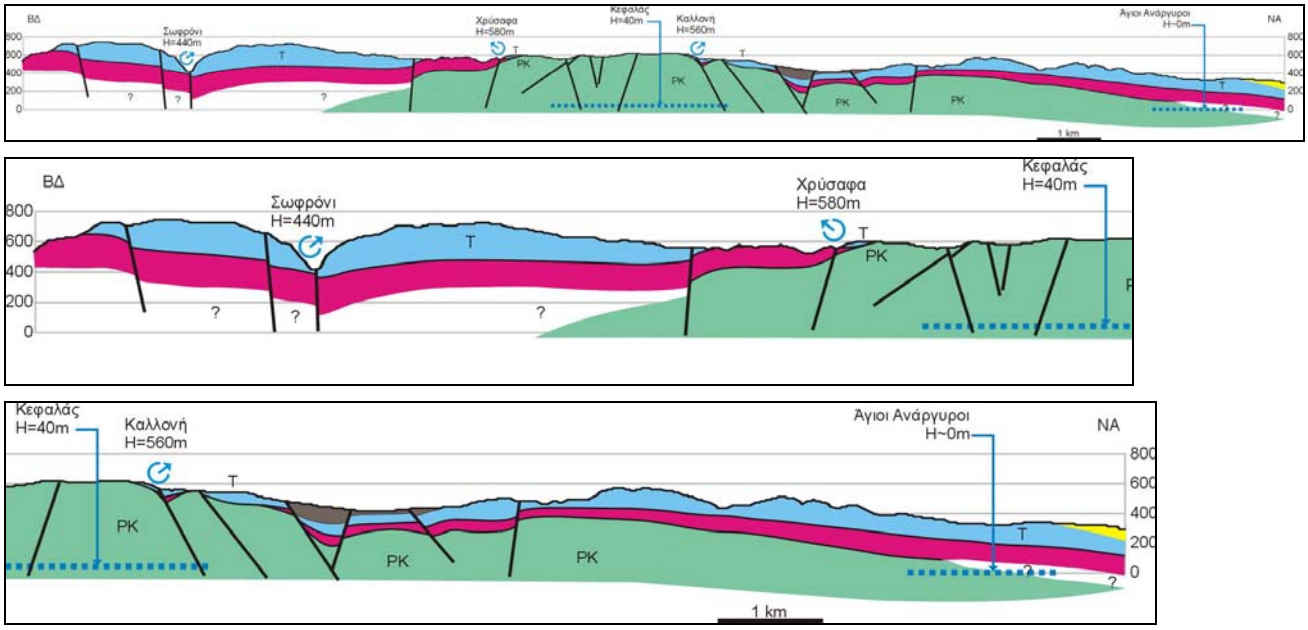


Εικ. 182 – Υδρογεωλογική τομή διεύθυνσης ΒΒΑ-ΝΝΔ (ολόκληρη, βόρειο τμήμα και νότιο τμήμα) στην περιοχή του Δήμου Θεραπνών, από την κορυφογραμμή του Πάρνωνα ως την κοίτη του Ευρώτα. Με πράσινο χρώμα η ενότητα Μάνης – Κρήτης, με γαλάζιο η ανθρακική σειρά της ενότητας Τρίπολης, με καστανό ο φλύσχης της ενότητας Τρίπολης και με μωβ η Σειρά Φυλλιτών – Χαλαζιτών (Άρνα). Σημειώνονται τα μέσα υψόμετρα της στάθμης (Η) των πηγών και των υδροφόρων που αντλούνται με γεωτρήσεις. Είναι χαρακτηριστικό ότι στο νότιο τμήμα παρουσιάζονται τέσσερις σημαντικές υδροφορίες. Η μια από αυτές (με κόκκινη διακεκομμένη γραμμή) δεν ερμηνεύεται εύκολα. Είναι πιθανό να ορείλεται σε κάποιο φακό μαρμάρων μέσα στους φυλλίτες – χαλαζίτες ή να πρόκειται για λέπος της ενότητας Μάνης με το υπόβαθρό της, ή για τεκτονική σφήνα των δολομιτικών μαρμάρων της ενότητας Κοσμά. Σε κάθε περίπτωση μπορεί να τροφοδοτείται μόνο από το καρστικό σύστημα της ενότητας Τρίπολης. Είναι πιθανό το ίδιο φαινόμενο να ισχύει και στην περιοχή νότια των Αγίων Αναργύρων.

[23] Αντί για τον όρο υποσύστημα θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί και ο όρος υδρογεωλογική λεκάνη, αλλά έχοντας υπόψη τις πιθανές συνθήκες επικοινωνίας μεταξύ των υδροφορέων, ίσως δεν είναι δόκιμο να θεωρηθούν πλήρως καθορισμένες οι υδρογεωλογικές λεκάνες με βάση μόνο τα επιφανειακά όρια των σχηματισμών και τους υπόγειους υδροκρίτες της Τρίπολης.

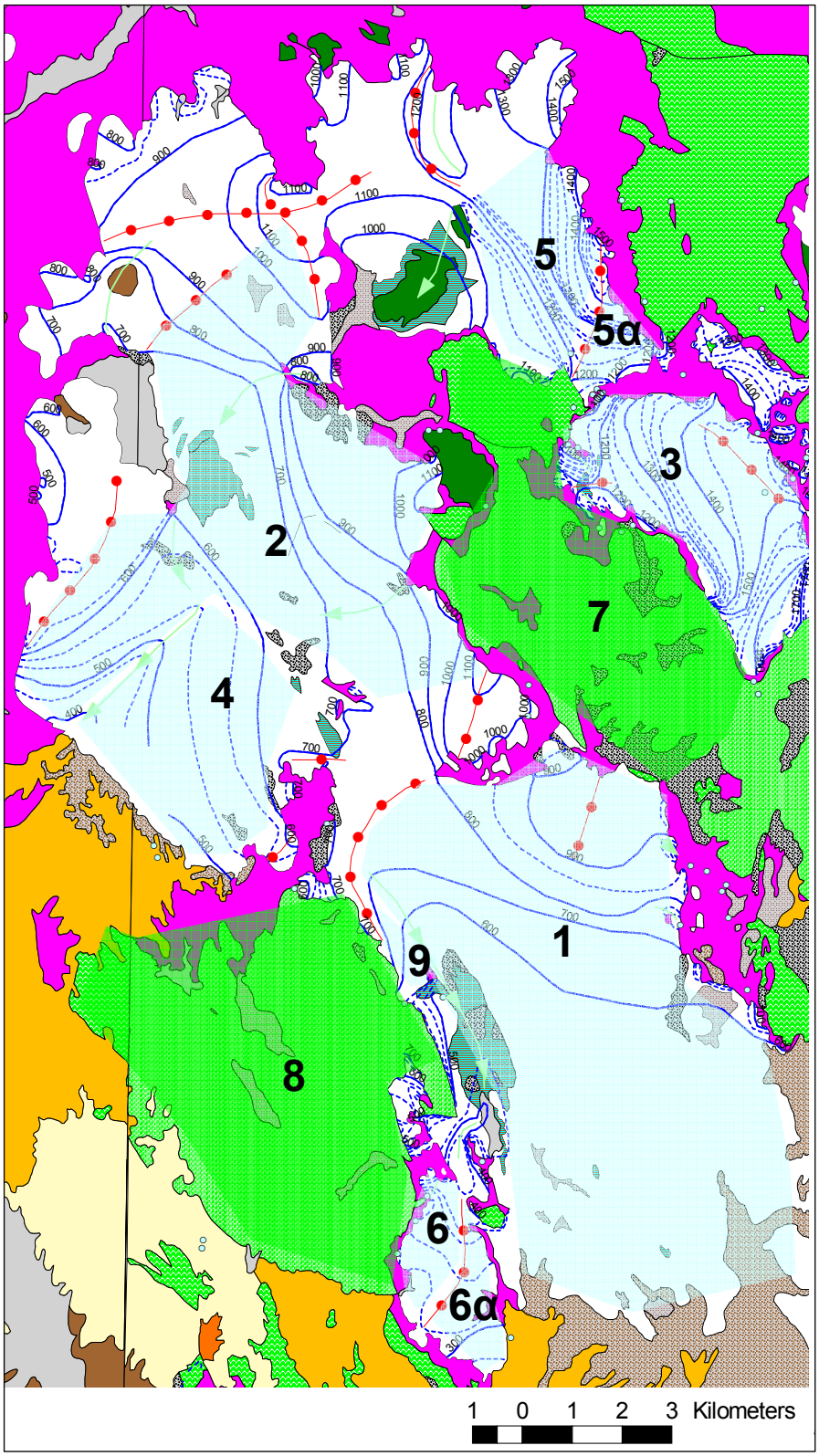
Στην πρώτη τομή είναι χαρακτηριστική η εκδήλωση των πηγών του Πολύδροσου στον άξονα του συγκλίνου που έχει διαβρωθεί στο Τζιτζινιώτικο ρέμα. Επίσης, έχει απεικονιστεί με κάθε επιφύλαξη και ο υδροφόρος ορίζοντας της Γαλατούς κάτω από το επίπεδο της πηγής στην περιοχή της Γκοριτσάς. Τέλος, σημειώνεται η θέση και το υψόμετρο του υδροφόρου των προσχώσεων του Ευρώτα, που βρίσκεται πολλά μέτρα ψηλότερα από το επίπεδο του καρστικού υδροφόρου της Μάνης στον Κεφαλά.

Στη δεύτερη τομή, λόγω της διεύθυνσής της, φαίνεται πιο χαρακτηριστικά η παραμόρφωση των καλυμμάτων, ενώ είναι ορατό και το σύγκλινο που δημιουργείται στο τεκτονικό βύθισμα της Καλλονής (το οποίο εκφράζεται και στις κλίσεις του φλύσχη της Τρίπολης). Είναι επίσης ενδιαφέρον το γεγονός ότι οι πηγές της Καλλονής και της Χρύσαφας βρίσκονται συμμετρικά στα σκέλη του αντικλίνου και σε αντίστοιχα υψόμετρα. Η τομή αυτή αναδεικνύει επίσης το υδρογεωλογικό πρόβλημα της απουσίας μεγάλων πηγών στο Σωφρόνι, καθώς δεν φαίνεται για ποιο λόγο δεν παρουσιάζονται εκφορτίσεις κατ' αναλογία με αυτές του Πολύδροσου.



Εικ. 183 - Υδρογεωλογική τομή διεύθυνσης Β⊥-ΝΑ (ολόκληρη, βόρειο τμήμα και νότιο τμήμα) στην περιοχή του ⊥λήμου Θεραπνών, περίπου παράλληλα προς την κοίτη του Ευρώτα, στην ημιορεινή περιοχή του δυτικού Πάρνωνα. Με πράσινο χρώμα η ενότητα Μάνης – Κρήτης, με γαλάζιο η ανθρακική σειρά της ενότητας Τρίπολης, με καστανό ο φλύσχης της ενότητας Τρίπολης και με μωβ η Σειρά Φυλλιτών – Χαλαζιτών (Άρνα). Σημειώνονται τα μέσα υψόμετρα της στάθμης (Η) των πηγών και των υδροφόρων που αντλούνται με γεωτρήσεις. Στην περιοχή των Αγίων Αναργύρων δεν υπάρχει ακριβής πληροφόρηση για το υπόβαθρο, όμως η στάθμη υδροφορίας είναι κοντά στο μηδέν, αν και παρατηρείται το φαινόμενο κάποιες γεωτρήσεις να αποτυγχάνουν. Είναι πιθανόν, ρήγματα θαμμένα κάτω από τις πλειστοκαινικές αποθέσεις να μετατοπίζουν το υψόμετρο του υπόβαθρου.

Επειδή δεν εκτελέστηκαν υδρομετρήσεις στις παροχές των πηγών κατά τις εργασίες, επιχειρήθηκε μια όσο το δυνατόν λεπτομερέστερη υδρολογική προσέγγιση του ισοζυγίου σε κάθε σύστημα, με στόχο τον προσδιορισμό των αναμενόμενων ετήσιων ποσοτήτων κατείσδυσης στο καθένα. Έτσι, οποτεδήποτε προκύψουν (απαραιτήτως σύμφωνα με τις αρχές τις διαχείρισης) στο μέλλον λεπτομερή στοιχεία παροχών και αντλήσεων, θα μπορεί να εκτιμηθεί τόσο το ορθό των υπολογισμών, όσο και οι πιθανές απώλειες μεταξύ των συστημάτων.



Εικ. 184 – Η διάκριση των υδρογεωλογικών υποσυστημάτων με βάση κυρίως τους υπόγειους υδροκρίτες.

	Είδος υδροφορέα	Τύπος υδροφόρου	Υψόμετρο στάθμης	Παροχή γεωτρήσεων (κ.μ./ώ)	Σύστημα υδάτων	Πηγές
Κουτσογιάννενας	Καρστικός	Επικρεμάμενος	1100-1380	-	Επικρεμάμενο καρστικό σύστημα ενότητας Τρίπολης	Πολύδροσο
Ψάρι Πρεζέση	Καρστικός	Επικρεμάμενος	1060-1500	-	Επικρεμάμενο καρστικό σύστημα ενότητας Τρίπολης	Πολύδροσο
Αγριάνοι	Καρστικός	Επικρεμάμενος	980	-	Επικρεμάμενο καρστικό σύστημα ενότητας Τρίπολης	Αγριάνοι
Ράχη Σκάλα	Καρστικός	Επικρεμάμενος	580	-	Επικρεμάμενο καρστικό σύστημα ενότητας Τρίπολης	Χρύσαφα
Πηγαδάκια	Καρστικός	Επικρεμάμενος με διαρροές	560	-	Επικρεμάμενο καρστικό σύστημα ενότητας Τρίπολης	Καλλονή
Άγιος Γεώργιος	Κοκκώδης	Επικρεμάμενος	440	-	Τοπικό (Τεταρτογενείς αποθέσεις)	Άγιος Γεώργιος
Προβατόμαντρα	Μέσο ασυνεχειών (;)	Με διαρροές	320	5	Μέσο ασυνεχειών Σειράς Φυλλιτών - Χαλαζιτών (;)	-
Γκοριτσά	Καρστικός	Επικρεμάμενος με διαρροές	280	25	Επικρεμάμενο καρστικό σύστημα ενότητας Τρίπολης	Άγιος Στέφανος
Γαλατού	Καρστικός	Με διαρροές	190	40	Άγνωστο	-
Πλατάνα - Σκούρα	Κοκκώδης	Φρεάτιος/με διαρροές	135	30	Ποταμός Ευρώτας και προσχώσεις	-
Πυρί - Βασιλοπέραμα	Κοκκώδης	Φρεάτιος/με διαρροές	105	55	Ποταμός Ευρώτας και προσχώσεις	-
Κεφαλάς	Καρστικός	Φρεάτιος	40	85	Βαθύ καρστικό σύστημα ενότητας Μάνης	-
Άγιοι Ανάργυροι	Καρστικός (;)	Με διαρροές	0	-	;	-
Πλατάνα - Σκούρα	Καρστικός (;)	Με διαρροές	0	25	Άγνωστο	-

Πίνακας 21 – Υδροφόροι ορίζοντες στα διάφορα συστήματα υδάτων της περιοχής του Δήμου Θεραπνών.

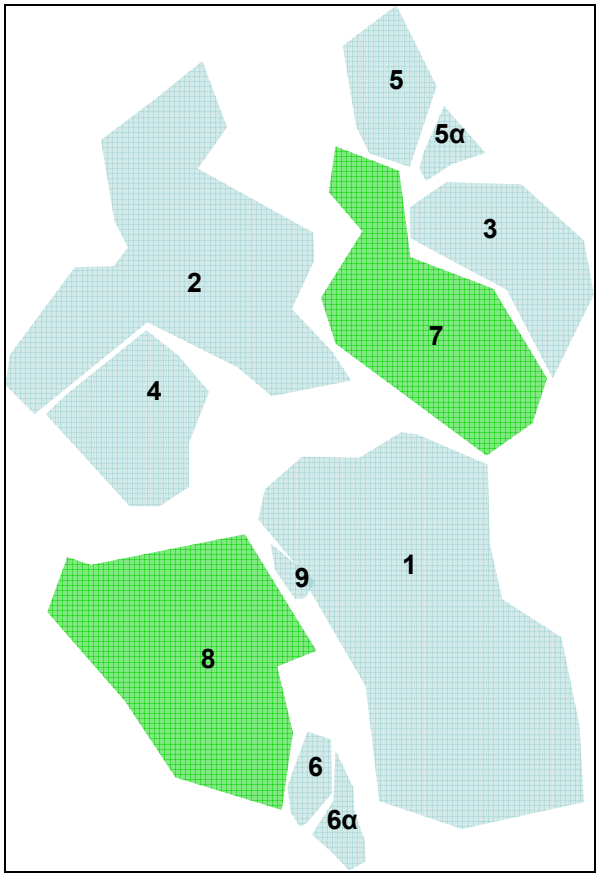
Με το παραπάνω σκεπτικό, για καθένα από τα υδρογεωλογικά σώματα όπως αυτά διακρίθηκαν, έγινε ένας υδρολογικός υπολογισμός ως εξής:

- Υπολογίστηκε το μέσο υψόμετρο της ελεύθερης επιφάνειας κάθε σώματος από το ψηφιακό μοντέλο αναγλύφου της περιοχής που μετατράπηκε σε μορφή καννάβου (grid), με βάση το οποίο εκτιμήθηκαν:
    - η μέση ετήσια βροχόπτωση, σύμφωνα με την εξίσωση βροχοβαθμίδας για το δυτικό Πάρνωνα, εκπεφρασμένη σε όγκο ανάλογα με την επιφάνεια του σώματος
    - η μέση ετήσια εξατμισοδιαπνοή, με βάση την εξίσωση που περιγράφει την καμπύλη μεταβολής του ποσοστού του Ε με το υψόμετρο (βλ. και κεφάλαιο Γ1), εκπεφρασμένη σε όγκο, ανάλογα με τον παραπάνω όγκο βροχόπτωσης[24].
- Υπολογίστηκε ένα μέτρο της κλίσης της υπεδαφικής επιφάνειας του υπόβαθρου των ασβεστόλιθων της Τρίπολης με βάση την αξονική απόσταση (κατά τη φορά υπόγειας αποστράγγισης) του υψηλότερου από το χαμηλότερο σημείο του αντίστοιχου τμήματος του υπεδαφικού χάρτη και τη μεταξύ τους υψομετρική διαφορά, ως δείκτης της ταχύτητας κίνησης του νερού.
- Το ποσό του αθροίσματος «απορροή συν κατείσδυση», υπολογίστηκε ως υπόλοιπο της διαφοράς «βροχόπτωση μείον εξάτμιση», εκπεφρασμένο σε όγκο.
- Ο όγκος της κατείσδυσης εκτιμήθηκε (με **αυθαίρετη** παραδοχή) ως ποσοστό 50% του αθροίσματος «απορροή συν κατείσδυση», κι αυτό γιατί τα συνήθη ποσοστά κατείσδυσης στους καρστικούς ασβεστόλιθους της Τρίπολης, που μπορεί να ξεπερνούν και το 50% του συνόλου των βροχοπτώσεων δεν μπορούσαν να εφαρμοστούν στην περιοχή, με δεδομένα τα υψηλά ποσοστά εξατμισοδιαπνοής που υπολογίστηκαν στην περιοχή και με την πεποίθηση ότι τουλάχιστον στα μέσα και στα χαμηλά υψόμετρα η εξατμισοδιαπνοή έχει τον πρώτο λόγο στον επιμερισμό του υδρολογικού ισοζυγίου.

Επαναλαμβάνεται ότι η έλλειψη υδρομετρήσεων καθιστά επισφαλείς τους υπολογισμούς αυτούς, όμως δεν παύουν να αποτελούν μια λογική προσέγγιση. Είναι πάντως ενθαρρυντικό το γεγονός ότι, τουλάχιστον σε μια περίπτωση ο υπολογισμός φαίνεται ότι επιβεβαιώνεται, τουλάχιστον ως τάξη μεγέθους. Ανάμεσα στις πληροφορίες που συλλέχθηκαν στην περιοχή κυρίως από το δήμαρχο και τους

[24] Πρόκειται για μια προσέγγιση «Καθολικού Ισοζυγίου (Global balance)» (Καλλέργης, 2001), με τη διαφορά ότι επειδή η περιοχή αναφοράς καλύπτεται από καρστικούς σχηματισμούς, για την εξατμισιδιαπνοή δεν εφαρμόστηκε ο τύπος του Turc, αλλά η μέθοδος του Coutagne (βλ. κεφάλαιο Γ1).

αντιδημάρχους, ήταν η παροχή άντλησης στην πηγή του Αγίου Στεφάνου στη Γκοριτσά. Σύμφωνα με τον αντιδήμαρχο η παροχή είναι «5 λεπτά το κυβικό». Αυτό το ποσό σε ετήσια βάση αντιστοιχεί σε έναν όγκο περίπου 105000 κυβικών μέτρων. Οι υπολογισμοί για το υποσύστημα 6α που τροφοδοτεί την πηγή αυτή, έδωσαν έναν όγκο ετήσιου εμπλουτισμού περίπου 150000 κυβικών μέτρων το χρόνο.



Εικ. 185 – Η τελική «αφαιρετική εικόνα με τα κύρια καρστικά σώματα, πάνω στα οποία έγιναν οι υπολογισμοί της αναμενόμενης δυναμικότητας των επιμέρους υδροφόρων.

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται συνοπτικά τα στοιχεία των υπολογισμών για τα υποσυστήματα υδάτων της περιοχής, η έκτασή τους, το μέσο υψόμετρο της ελεύθερης επιφάνειας, και οι σχετικοί υπολογισμοί για τον όγκο του ετήσιου εμπλουτισμού καθενός. Επίσης σημειώνεται αν και με ποιο τρόπο γίνεται σήμερα εκμετάλλευση αυτών των υδάτων, αλλά και μια εκτίμηση για την εκμεταλλευσιμότητά τους. Όπως φαίνεται από τον πίνακα, τα πιο σημαντικά από άποψη ποσότητας εκμεταλλεύσιμα αποθέματα υπογείων υδάτων της περιοχής συγκεντρώνονται στους υδροφόρους της Τρίπολης στην ορεινή περιοχή του Πάρνωνα και στο καρστικό σύστημα ανάντη των Αγίων Αναργύρων.

Για το σύστημα του προσχωματικού υδροφόρου στην περιοχή του ποταμού Ευρώτα, παρά το σημαντικό ρόλο του για τους παρόχθιους οικισμούς και τις αντίστοιχες καλλιέργειες δεν έγιναν υπολογισμοί. Ο λόγος είναι ότι πρόκειται για ένα σύστημα υδάτων πολύ ευρύτερο από την περιοχή έρευνας, το οποίο αλληλεπιδρά με τους καρστικούς υδροφορείς του Ταϋγέτου και τη δίαιτα του ποταμού Ευρώτα, και η διαχείρισή του πρέπει να γίνει σε συνδυασμό με τις δραστηριότητες όλης αυτής της περιοχής που ανήκει διοικητικά σε περισσότερους δήμους.

Α/Α	ΣΥΣΤΗΜΑ	ΥΠΟΣΥΣΤΗΜΑ	ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΙΜΟ	ΥΠΟ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗ
3	Καρστικό ενότητας Τρίπολης	Ψάρι - Πρεζέση	ΜΕ ΠΗΓΕΣ	ΝΑΙ
5	Καρστικό ενότητας Τρίπολης	Κουτσογιάννενας-υπόλοιπο	ΟΧΙ	ΟΧΙ
5α	Καρστικό ενότητας Τρίπολης	Κουτσογιάννενας-Πολύδροσο	ΜΕ ΠΗΓΕΣ	ΝΑΙ
7	Καρστικό ενότητας Μάνης	Ράχη Παρασκευά	ΟΧΙ	ΟΧΙ
	Καρστικό ενότητας Τρίπολης	Αγριάνοι	ΜΕ ΠΗΓΕΣ	ΝΑΙ
2	Καρστικό ενότητας Τρίπολης	Σωφρόνι - Χελιδοβούνι	ΟΧΙ	ΟΧΙ
	Καρστικό ενότητας Τρίπολης	Χρύσαφα	ΜΕ ΠΗΓΕΣ	ΝΑΙ
4	Καρστικό ενότητας Τρίπολης	Μονοδένδρι - Άγ. Τεσσαράκοντα	ΜΕ ΠΗΓΕΣ ΚΑΙ ΓΕΩΤΡΗΣΕΙΣ	ΝΑΙ
1	Καρστικό ενότητας Τρίπολης	Βράχος - Άγιοι Ανάργυροι-υπόλοιπο	ΜΕ ΓΕΩΤΡΗΣΕΙΣ	ΝΑΙ
9	Καρστικό ενότητας Τρίπολης	Καλλονή	ΜΕ ΠΗΓΕΣ ΚΑΙ ΓΕΩΤΡΗΣΕΙΣ	ΝΑΙ
8	Καρστικό ενότητας Μάνης	Κεφαλάς - Ράχη Λυκοπανάγου	ΜΕ ΓΕΩΤΡΗΣΕΙΣ	ΝΑΙ
6	Καρστικό ενότητας Τρίπολης	Γκοριτσά-υπόλοιπο	ΜΕ ΠΗΓΕΣ	ΝΑΙ
6α	Καρστικό ενότητας Τρίπολης	Γκοριτσά-Άγιος Στέφανος	ΜΕ ΠΗΓΕΣ	ΝΑΙ

Α/Α	ΣΥΣΤΗΜΑ	ΥΠΟΣΥΣΤΗΜΑ	ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ ΕΚΤΑΣΗ (m2)	Αξονική απόσταση (m)	Κλίση (%)
3	Καρστικό ενότητας Τρίπολης	Ψάρι - Πρεζέση	12.086.386	5800	11%
5	Καρστικό ενότητας Τρίπολης	Κουτσογιάννενας-υπόλοιπο	3.557.735	2900	14%
5α	Καρστικό ενότητας Τρίπολης	Κουτσογιάννενας-Πολύδροσο	3.557.735	2800	12%
7	Καρστικό ενότητας Μάνης	Ράχη Παρασκευά	22.565.147	-	-
	Καρστικό ενότητας Τρίπολης	Αγριάνοι	415.727	1073	19%
2	Καρστικό ενότητας Τρίπολης	Σωφρόνι - Χελιδοβούνι	28.913.468	8900	6%
	Καρστικό ενότητας Τρίπολης	Χρύσαφα	434.940	1136	19%
4	Καρστικό ενότητας Τρίπολης	Μονοδένδρι - Άγ. Τεσσαράκοντα	18.295.903	4000	11%
1	Καρστικό ενότητας Τρίπολης	Βράχος - Άγιοι Ανάργυροι-υπόλοιπο	59.132.959	11300	6%
9	Καρστικό ενότητας Τρίπολης	Καλλονή	910.208	-	-
8	Καρστικό ενότητας Μάνης	Κεφαλάς - Ράχη Λυκοπανάγου	33.232.736	-	-
6	Καρστικό ενότητας Τρίπολης	Γκοριτσά-υπόλοιπο	2.527.717	3150	2%
6α	Καρστικό ενότητας Τρίπολης	Γκοριτσά-Άγιος Στέφανος	2.491.719	1650	4%

Α/Α	ΣΥΣΤΗΜΑ	ΥΠΟΣΥΣΤΗΜΑ	Μέσο υψόμετρο	P(m)	Vp (m3)	E%
3	Καρστικό ενότητας Τρίπολης	Ψάρι - Πρεζέση	1494	1,307	15.801.243	40%
5	Καρστικό ενότητας Τρίπολης	Κουτσογιάννενας-υπόλοιπο	1357	1,223	4.351.382	45%
5α	Καρστικό ενότητας Τρίπολης	Κουτσογιάννενας-Πολύδροσο	1343	1,214	4.320.740	46%
7	Καρστικό ενότητας Μάνης	Ράχη Παρασκευά	1191	1,121	25.294.474	52%
	Καρστικό ενότητας Τρίπολης	Αγριάνοι	1093	1,061	440.946	56%
2	Καρστικό ενότητας Τρίπολης	Σωφρόνι - Χελιδοβούνι	863	0,919	26.576.323	64%
	Καρστικό ενότητας Τρίπολης	Χρύσαφα	680	0,807	350.817	70%
4	Καρστικό ενότητας Τρίπολης	Μονοδένδρι - Άγ. Τεσσαράκοντα	677	0,805	14.723.452	70%
1	Καρστικό ενότητας Τρίπολης	Βράχος - Άγιοι Ανάργυροι-υπόλοιπο	675	0,804	47.513.924	70%
9	Καρστικό ενότητας Τρίπολης	Καλλονή	649	0,788	716.802	71%
8	Καρστικό ενότητας Μάνης	Κεφαλάς - Ράχη Λυκοπανάγου	455	0,668	22.204.984	77%
6	Καρστικό ενότητας Τρίπολης	Γκοριτσά-υπόλοιπο	372	0,617	1.559.865	79%
6α	Καρστικό ενότητας Τρίπολης	Γκοριτσά-Άγιος Στέφανος	349	0,603	1.502.394	79%

Α/Α	ΣΥΣΤΗΜΑ	ΥΠΟΣΥΣΤΗΜΑ	V(i+r)	Ve (m3)	ΕΤΗΣΙΑ ΚΑΤΕΙΣΔΥΣΗ I=50%*(I+R)
3	Καρστικό ενότητας Τρίπολης	Ψάρι - Πρεζέση	9.554.425	6.246.818	4.777.213
5	Καρστικό ενότητας Τρίπολης	Κουτσογιάννενας-υπόλοιπο	2.375.924	1.975.458	1.187.962
5α	Καρστικό ενότητας Τρίπολης	Κουτσογιάννενας-Πολύδροσο	2.334.029	1.986.711	1.167.014
7	Καρστικό ενότητας Μάνης	Ράχη Παρασκευά	12.115.509	13.178.965	6.057.754
	Καρστικό ενότητας Τρίπολης	Αγριάνοι	194.665	246.281	97.333
2	Καρστικό ενότητας Τρίπολης	Σωφρόνι - Χελιδοβούνι	9.553.697	17.022.626	4.776.848
	Καρστικό ενότητας Τρίπολης	Χρύσαφα	105.347	245.469	52.674
4	Καρστικό ενότητας Τρίπολης	Μονοδένδρι - Άγ. Τεσσαράκοντα	4.407.706	10.315.747	2.203.853
1	Καρστικό ενότητας Τρίπολης	Βράχος - Άγιοι Ανάργυροι-υπόλοιπο	14.194.785	33.319.139	7.097.392
9	Καρστικό ενότητας Τρίπολης	Καλλονή	208.443	508.359	104.222
8	Καρστικό ενότητας Μάνης	Κεφαλάς - Ράχη Λυκοπανάγου	5.215.107	16.989.877	2.607.554
6	Καρστικό ενότητας Τρίπολης	Γκοριτσά-υπόλοιπο	331.894	1.227.972	165.947
6α	Καρστικό ενότητας Τρίπολης	Γκοριτσά-Άγιος Στέφανος	310.761	1.191.633	155.381

Πίνακας 22 – Εκτίμηση της δυναμικότητας των καρστικών συστημάτων υδάτων στην περιοχή του Δήμου Θεραπνών.

ΜΕΡΟΣ Δ
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

1. Συμπεράσματα και προτάσεις για το Δήμο Θεραπνών 322
2. Γενικά συμπεράσματα 329

1. Συμπεράσματα και προτάσεις για το Δήμο Θεραπνών

Οι προτάσεις κινούνται σε διαφορετικούς άξονες, που όμως πρέπει να προοδεύουν παράλληλα, καθώς είναι αναγκαίο η κάλυψη των αναγκών του πληθυσμού να συμβαδίζει με τη βελτίωση και τον εξορθολογισμό της διαχείρισης του νερού. Οι ενέργειες που προτείνονται εντάσσονται στις ακόλουθες κατηγορίες:

- **Βελτίωση της γνώσης της κατάστασης**. Είναι απαραίτητο να συστηματοποιηθεί η συλλογή και επεξεργασία των στοιχείων που αφορούν τρεις τομείς:
    - **Υδρολογικά και υδρογεωλογικά δεδομένα.**
    - **Ποιότητα επιφανειακών και υπόγειων υδάτων.**
    - **Καταναλώσεις.**
- **Έλεγχος της κατανάλωσης**. Σε πρώτη φάση δεν πρόκειται για περιορισμό, αλλά για έλεγχο.
- **Μέτρα προστασίας των επιφανειακών και υπόγειων υδάτων**.
- **Εναλλακτικές μέθοδοι διαχείρισης**.
- **Νέα έργα για την ανάπτυξη των υδατικών πόρων, συνδυαστικά με άλλες δράσεις, αν είναι δυνατόν**.

Πρέπει εξάλλου να σημειωθεί, ότι κατά τη διάρκεια της εκπόνησης της εργασίας **τέθηκαν ζητήματα από τη δημοτική αρχή**, στα οποία έπρεπε να δοθεί μια σαφής απάντηση. Ενδεικτικά αναφέρονται οι ακόλουθες περιπτώσεις:

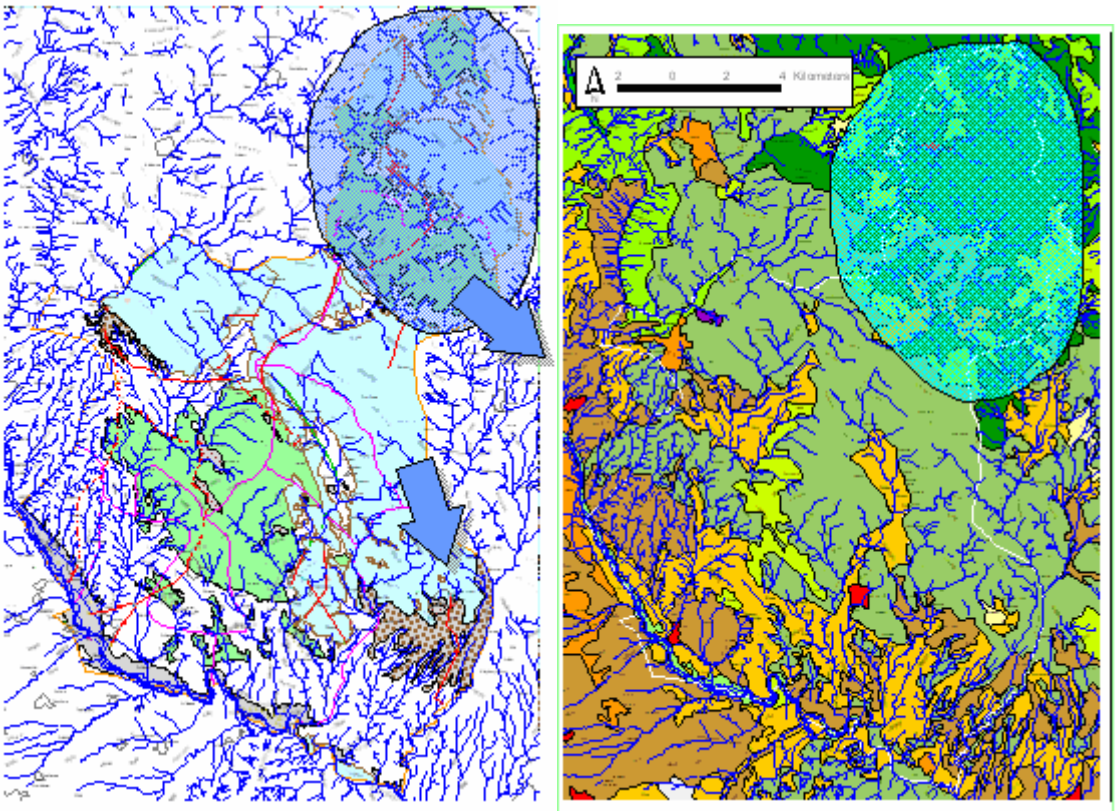
- Ερώτημα 1ο: Πώς μπορεί να λυθεί το πρόβλημα ανεπάρκειας νερού στην περιοχή;
- Ερώτημα 2ο: Πώς μπορεί ο Δήμος να ανασχέσει την επιβάρυνση των επιφανειακών και υπογείων υδάτων του μέσω της εισροής αποβλήτων στον Ευρώτα από τις ανάντη περιοχές;
- Ερώτημα 3ο:Μπορεί ο Δήμος να μεταφέρει ποσότητα νερού από το Πολύδροσο στους Αγριάνους, δεδομένης της αντίδρασης των κατοίκων;
- Ερώτημα 4ο: Είναι σκόπιμο να κατασκευαστεί φράγμα στην περιοχή μεταξύ Πολυδρόσου – Βασαρά (Τζιτζινιώτικο ρέμα), όπως προτείνει παλιά μελέτη που έχει στη διάθεσή του ο Δήμος;
- Ερώτημα 5ο: Είναι σκόπιμο να δοθεί άδεια γεώτρησης στη μονάδα επεξεργασίας και τυποποίησης ελιάς στη Γκοριτσά;
- Ερώτημα 6ο: Υπάρχει δυνατότητα εφαρμογής της μεθόδου του τεχνητού εμπλουτισμού στην περιοχή του Δήμου;

Η γεωγραφική και γεωλογική θέση του Δήμου περιλαμβάνει τμήματα της πλέον κρίσιμης υδρογεωλογικά περιοχής του Πάρνωνα και της λεκάνης του Ευρώτα.

Η πρώτη περιοχή είναι η περιοχή φυσικού εμπλουτισμού του καρστικού συστήματος της ενότητας Τρίπολης και του καρστικού συστήματος της ενότητας Μάνης. Υπάρχουν (υπο)συστήματα υδάτων που περιορίζονται στην έκταση του Δήμου και (υπο)συστήματα που εκτείνονται στις γύρω περιοχές, ανάντη και κατάντη, υδρολογικά και υδρογεωλογικά. Οι υδροφόροι ορίζοντες αυτών των συστημάτων, δεν είναι όλοι οικονομικά εκμεταλλεύσιμοι για την περιοχή του Δήμου. Παρά ταύτα, η ευθύνη της προστασίας τους δεν μειώνεται καθόλου, διότι αποτελούν στρατηγικά αποθέματα για την ευρύτερη περιοχή, ενώ σε όμορες περιοχές (π.χ. Δήμος Γερόνθρων, Δήμος Σκάλας) τα κοιτάσματα αυτά είναι εκμεταλλεύσιμα και χρησιμοποιούνται για ύδρευση.

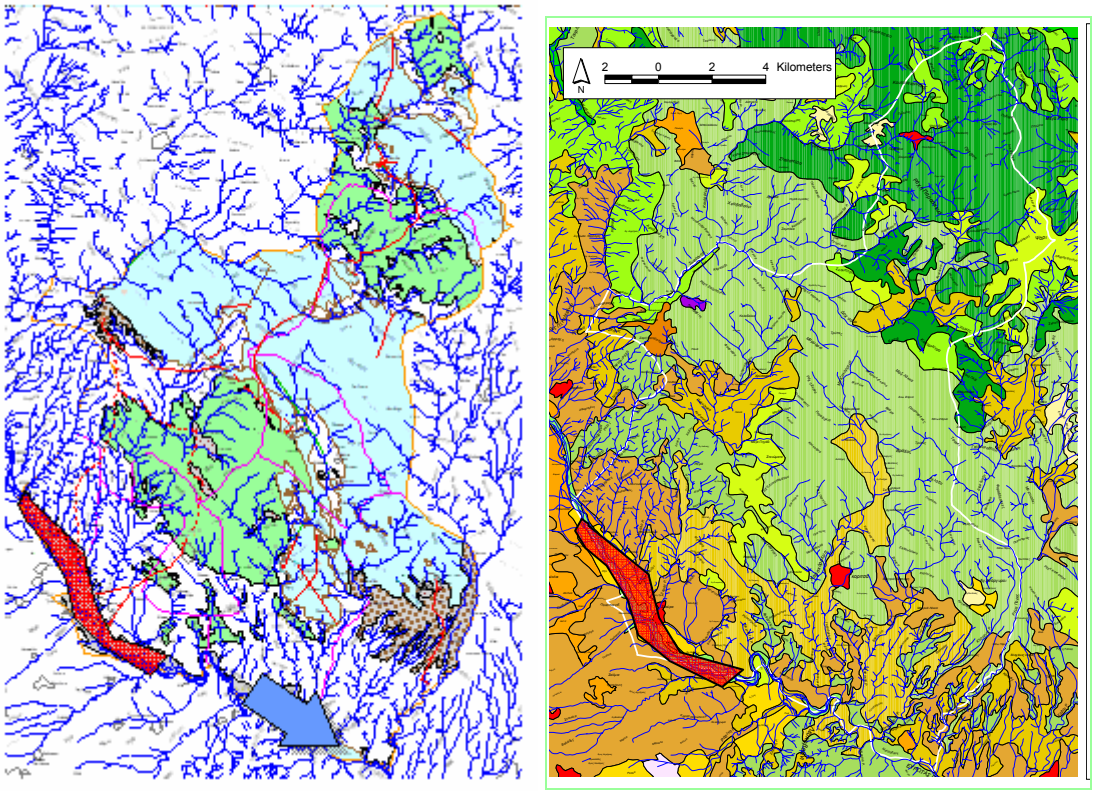
Η ορεινή ζώνη (περίπου από τα 800 μέτρα και πάνω) καλύπτεται κυρίως από καρστικά πετρώματα (μεγάλο ποσοστό κατείσδυσης). Στα μεγάλα υψόμετρα, καλύπτεται κατά μεγάλο ποσοστό από χιόνι συνήθως κάποιους μήνες το χρόνο. Επίσης περιλαμβάνει εκτεταμένες δασικές εκτάσεις (ενίσχυση της κατείσδυσης κ.λπ.). Από την άλλη πλευρά, η περιοχή χαρακτηρίζεται από μικρή αλλά όχι χωρίς

επιπτώσεις ανθρώπινη δραστηριότητα αλλά και μεγάλες δυνατότητες ανάπτυξης στον τομέα του ορεινού τουρισμού και του δασικού πλούτου, εκτός από την κτηνοτροφία. Η ανάπτυξη πρέπει να γίνει με τη μέγιστη δυνατή ασφάλεια, όσον αφορά τον απόλυτο έλεγχο της ρύπανσης από την ανθρώπινη δραστηριότητα και την προστασία του δάσους, όχι μόνο λόγω της υψηλής οικολογικής ποιότητας, αλλά και λόγω της μεγάλης υδρογεωλογικής του σημασίας..



Εικ. 1 – Η ορεινή ζώνη υψηλής προστασίας όπως αποτυπώνεται στο χάρτη με τα συστήματα υδάτων του Δήμου Θεραπνών (αριστερά) και στο χάρτη κάλυψης γης του CORINE (δεξιά). Τα βέλη δείχνουν τις κατευθύνσεις υπόγειας ροής, που τροφοδοτούν υδροφόρους προς τον όμορο Δήμο Γερόνθρων.

Η δεύτερη πολύ σημαντική περιοχή είναι η παρόχθια ζώνη κατά μήκος του Ευρώτα. Βρίσκεται σε υδραυλική επικοινωνία με τον προσχωματικό υδροφόρο που χρησιμοποιείται ευρέως κυρίως για άρδευση αλλά και για ύδρευση. Ο ίδιος ο ποταμός στα κατάντη βρίσκεται σε υδραυλική επικοινωνία με το καρστικό σύστημα ανάντη της Σκάλας και τις πηγές του Βασιλοπόταμου. Περιλαμβάνει ένα μεγάλο οικολογικό και ιστορικό κεφάλαιο για την ευρύτερη περιοχή, το παρόχθιο δάσος του Ευρώτα. Από την άλλη πλευρά, η ζώνη αυτή βρίσκεται υπό ισχυρή περιβαλλοντική πίεση, καθώς δέχεται εισροή βιομηχανικών, αστικών και αγροτικών λυμάτων και απορριμμάτων εκτός αλλά και εντός του Δήμου και συστηματική αποψίλωση προς επέκταση των καλλιεργειών.



Εικ. 2 – Με κόκκινο χρώμα σημειώνεται η παρόχθια ζώνη υψηλής προστασίας που βρίσκεται εντός των ορίων ευθύνης του Δήμου Θεραπνών. Το βέλος δείχνει την κατεύθυνση επιφανειακής και υπόγειας ροής.

	Συνολική ζήτηση ύδρευσης	Δυναμικό πηγών	Φυσικό Ισοζύγιο Ύδρευσης
Δ.Δ. Άγίων Αναργύρων	52.583	0	-52.583
Δ.Δ. Αγριάνων	19.974	97333	77.359
Δ.Δ. Γκοριτσάς	80.811	6.099.608	6.018.797
Δ.Δ. Καλλονής	11.082	104222	93.140
Δ.Δ. Κεφαλά	38.676	0	-38.676
Δ.Δ. Πλατάνας	32.544	0	-32.544
Δ.Δ. Σκούρας	56.087	0	-56.087
Δ.Δ. Χρύσαφας	52.058	52674	617
	343.814	6353837	6.010.023

Πίνακας 1 – Ισοζύγιο ζήτησης ύδρευσης – προσφοράς όμορων καρστικών πηγών στα δημοτικά διαμερίσματα του Δήμου.

Τα εκτιμώμενα αποθέματα που εντοπίζονται στους υδροφόρους ορίζοντες που περιορίζονται στην έκταση του Δήμου:

- Επαρκούν ποσοτικά και ποιοτικά για να καλύψουν τις ανάγκες νερού ανθρώπινης κατανάλωσης (ύδρευση και επεξεργασία τροφίμων) όλου του Δήμου και όχι μόνο, με μεγάλη περίσσεια.
- Δεν επαρκούν για να καλύψουν τις μέγιστες εκτιμώμενες ανάγκες άρδευσης του Δήμου.
- Για την κάλυψη των αναγκών άρδευσης, ο Δήμος χρησιμοποιεί υδροφόρους ορίζοντες που εκτείνονται στην ευρύτερη περιοχή, όπως ο προσχωματικός ορίζοντας του Ευρώτα.

- Πρέπει να γίνει συνεκτίμηση των αναγκών των όμορων Δήμων και συνδιαχείριση των υπόγειων αποθεμάτων.

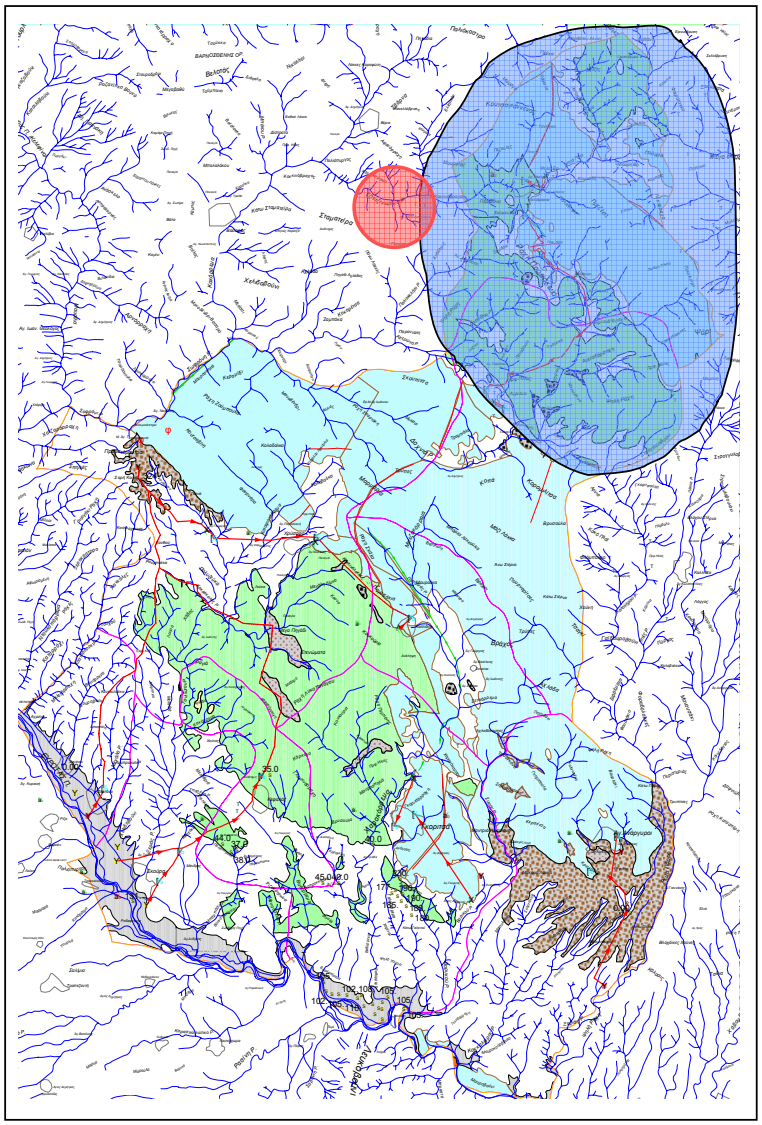
	Καλλιεργούμενες Εκτάσεις (χιλ.στρ.)	Νερό άρδευσης ελαιόδενδρων	Ετήσιος εμπλουτισμός υδροφορέων	Ισοζύγιο Άρδευσης
Άγιοι Ανάργυροι	8,7	5350500	7097392	1.746.892
Αγριάνοι	0,7	430500	97332	-333.168
Γκοριτσά	14,4	8856000	6813411	-2.042.589
Καλλονή	2,5	1537500	104221	-1.433.279
Κεφαλάς	6,5	3997500	869185	-3.128.315
Πλατάνα	4,7	2890500	-	-
Σκούρα	9,1	5596500	869185	-4.727.315
Χρύσαφα	13,3	8179500	3073038	-5.106.462
Σύνολο	59,9	36838500	18923763	-17.914.737

Πίνακας 2 - Ισοζύγιο ζήτησης άρδευσης – ετήσιου εμπλουτισμού των όμορων καρστικών συστημάτων στα δημοτικά διαμερίσματα του Δήμου.

Ειδικότερα, στη φάση αυτή μπορούν να απαντηθούν σαφώς ή μερικώς τα ερωτήματα που προαναφέρθηκαν.

- Ερώτημα 1ο: (Πρόβλημα έλλειψης νερού)
  - Ύδρευση: Πλήρης επάρκεια.
    - Δίκτυο ασφάλειας της ύδρευσης και πυρασφάλειας από τα ανάντη προς τα κατάντη (πιθανή εκμετάλλευση της υψομετρικής διαφοράς για ΑΠΕ).
    - Υδρομετρήσεις
  - Άρδευση: Επάρκεια μόνο με συνεκμετάλλευση υπερτοπικών αποθεμάτων.
    - Χρήση (στη χαμηλή υψομετρικά περιοχή) των γεωτρήσεων και των φρεάτων και όχι των πηγών.
    - Αντικατάσταση των ατομικών γεωτρήσεων από συλλογικά έργα.
    - Εφαρμογή οικονομικών μεθόδων άρδευσης
    - Υδρομετρήσεις
- Ερώτημα 2ο: (Ρύπανση στον Ευρώτα)
  - Η ρύπανση προέρχεται και από τον ίδιο το Δήμο (ελαιουργεία και απορρίμματα).
  - Ο Βιολογικός Καθαρισμός πράγματι την περίοδο που τέθηκε το ερώτημα διοχέτευε υψηλό οργανικό φορτίο στο ποτάμι. Μετά το χειμώνα του 2005 η κατάσταση βελτιώθηκε πολύ σημαντικά.
  - Η ρύπανση από τις χυμοποιίες τεκμηριώθηκε από το τηλεμετρικό σύστημα και διασταυρώθηκε με αναλύσεις της Δ/νσης Υγείας της Νομαρχίας.
    - Το συνεταιριστικό εργοστάσιο κατασκεύασε μονάδα βιολογικού καθαρισμού και εξελίσσει συνεχώς την τεχνολογία του.
    - Για το άλλο εργοστάσιο, είναι πλέον θέμα επιβολής κυρώσεων από τις αρμόδιες αρχές («ο ρυπαίνων πληρώνει»).
- Ερώτημα 3ο: (Καταγγελίες για την «απαγωγή» του νερού)

- Δεν υπάρχει τυπικό ζήτημα. Ο Δήμος έχει υποχρέωση να καλύψει αδιάλειπτα την ύδρευση όλης της περιοχής ευθύνης του. Η Δ/ση Υδάτων της Περιφέρειας γνωμοδότησε θετικά.
- Οι ποσότητες προέρχονται από μεγάλη περίσσεια.
- Παρά ταύτα, υπήρξε λάθος στην πραγματοποίηση του συγκεκριμένου (σωστού) μέτρου.
- Η φιλοσοφία της διαχείρισης στηρίζεται σε μεγάλο βαθμό στην καλλιέργεια κοινωνικής συναίνεσης πριν την εφαρμογή οποιωνδήποτε μέτρων και αυτό δεν επιχειρήθηκε.
- Λέγεται ότι ο δήμαρχος έχασε τις εκλογές εξ' αφορμής της κοινωνικής αναταραχής για το νερό.

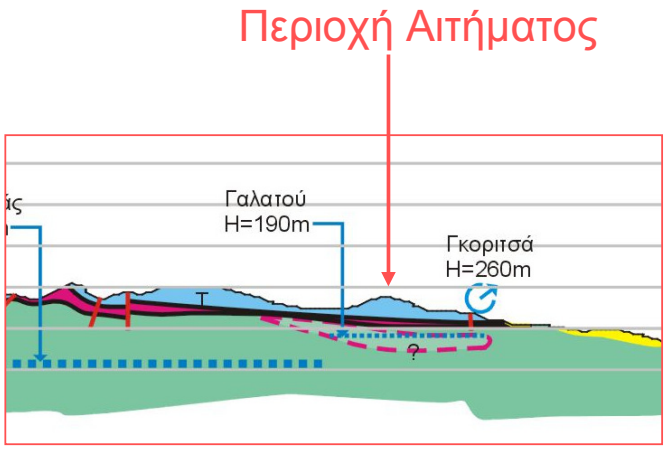


Εικ. 3 – Η περιοχή μελέτης (κόκκινος κύκλος) για την κατασκευή ταμιευτήρα. Σημειωτέον ότι βρίσκεται εκτός του Δήμου!

- Ερώτημα 4ο: («Φράγμα» στο Τζιτζινιώτικο ρέμα)

- Αξίζει να διερευνηθεί η δυνατότητα τεχνητού ταμιευτήρα.
  - Η θέση είναι **εκτός του Δήμου** (είναι στο Δήμο Οινούντος)!
  - Η απορροή του Τζιτζινιώτικου ρέματος μειώνεται μέχρι τον Οινούντα.
  - Το γεωλογικό υπόβαθρο είναι καταρχήν κατάλληλο (σχιστόλιθοι και προσχώσεις μικρού πάχους.
  - Το ποσοστό εξάτμισης είναι σχετικά χαμηλό.
- Είναι αναγκαίο, εφόσον εξυπηρετείται κάποια σκοπιμότητα (π.χ. πυρασφάλεια, οικοτουρισμός, ασφάλεια αρδεύσεων κ.λπ.) να γίνει συστηματική έρευνα:
  - Υδρομετεωρολογική και υδρογεωλογική μελέτη
    - Να μελετηθεί λεπτομερώς η δίαιτα του ρέματος
    - Να μελετηθεί λεπτομερώς η πιθανότητα υπόγειας τροφοδοσίας προς γειτονικές περιοχές (π.χ. Βασαράς).

- Ερώτημα 5ο: (Άδεια γεώτρησης στη μονάδα τυποποίησης)
  - Η απάντηση είναι αρνητική.
    - Πρόκειται για νερό ανθρώπινης κατανάλωσης και το δίκτυο ύδρευσης μπορεί να καλύψει τις ανάγκες της μονάδας.
    - Η γεώτρηση βρίσκεται στην υδρογεωλογική λεκάνη της πηγής του Αγίου Στεφάνου και σε μικρή απόσταση.
    - Υπάρχει η υποψία χρήσης της γεώτρησης όχι για άντληση, αλλά για διάθεση της σαλαμούρας.



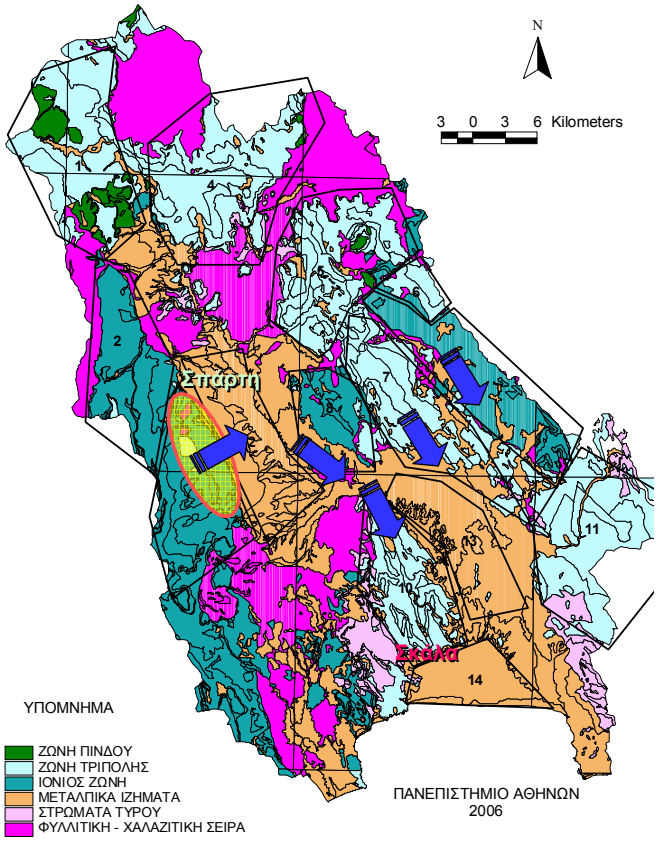
Εικ. 4 – Η περιοχή αίτησης άδειας γεώτρησης από τη μονάδα τυποποίησης ελιάς.

- Ερώτημα 6ο: (Τεχνητός Εμπλουτισμός)
  - Η απάντηση είναι μάλλον αρνητική.
  - Η περιοχή δεν φαίνεται να προσφέρεται (εκτός ίσως από τον κοκκώδη κατά μήκος του ποταμού, αλλά υπάρχει πρόβλημα με τη διακύμανση της ποιότητας).
    - Οι βροχοπτώσεις είναι σχετικά μικρές.
    - Οι απορροές είναι μικρές.
    - Οι βαθείς καρστικοί υδροφόροι δεν απομονώνονται επαρκώς.

- Το καρστικό σύστημα της Τρίπολης έχει μικρό συνήθως πάχος και ταχύτατη υπόγεια ροή.

o Παρά ταύτα, οι προϋποθέσεις είναι φαίνεται ότι είναι καλύτερες στο περιθώριο του Ταϋγέτου.

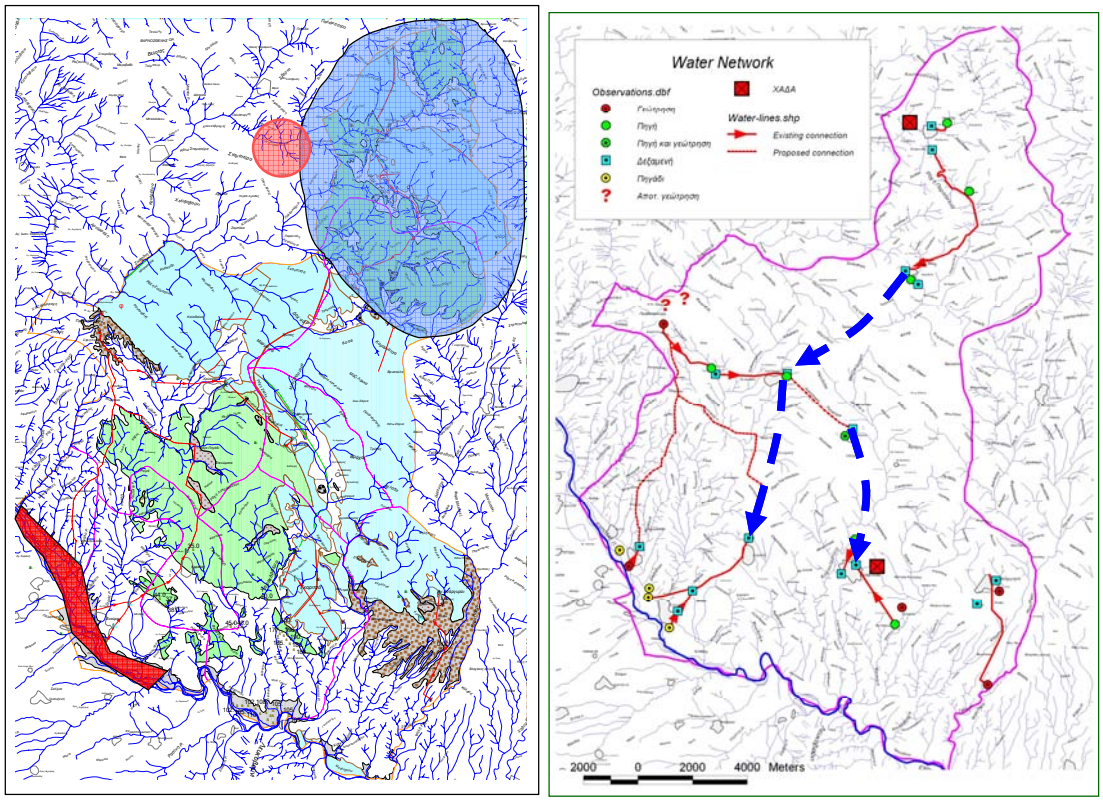
- Οι βροχοπτώσεις είναι μεγαλύτερες.
- Οι απορροές είναι μεγαλύτερες.
- Οι καρστικοί υδροφόροι ορίζοντες του Ταϋγέτου τροφοδοτούν τον κοκκώδη της λεκάνης, οπότε μπορεί μέσω του τεχνητού εμπλουτισμού να αναπληρώνονται οι αντλήσεις από τον κοκκώδη.
- Μπορεί να γίνει ένα σχέδιο με βάση τη συνεκτίμηση των αναγκών στην περιοχή, και να μελετηθεί η δυνατότητα εμπλουτισμού για λογαριασμό όλων των όμορων δήμων (Σπάρτης, Φάριδος, Μυστρά).



Εικ. 5 – Χάρτης της ευρύτερης περιοχής με τους κύριους άξονες υπόγειας κυκλοφορίας του νερού. Το κόκκινο πλαίσιο με την πράσινη περιοχή δείχνει την περιοχή πιθανού τεχνητού εμπλουτισμού στο δυτικό περιθώριο της λεκάνης.

Τέλος, προτείνονται :

- Η ύδρευση από τα ανάντη προς τα κατάντη και όχι το αντίστροφο.
- Η σύνδεση των επιμέρους δικτύων από τα ανάντη προς τα κατάντη για λόγους συνέχειας της ύδρευσης, έτσι ώστε να μην διακόπτεται η ύδρευση σε ξηρές περιόδους ή σε περιόδους ανομβρίας.
- Η άμεση αποκατάσταση των ΧΑΔΑ του Δήμου που βρίσκονται σε καρστικά πετρώματα και στην παρόχθια περιοχή.



Εικ. 6 – Συνοπτική παρουσίαση των προτάσεων για το Δήμο Θεραπνών. Δεξιά χάρτης των υφιστάμενων εκμεταλλεύσεων των υπόγειων υδάτων του Δήμου. Οι μπλε γραμμές δείχνουν την προτεινόμενη σύνδεση των επιμέρους δικτύων ύδρευσης.

2. Γενικά συμπεράσματα

Στο επίπεδο ενός Καποδιστριακού Δήμου μπορεί να γίνει μόνο ΜΕΡΙΚΗ και όχι ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΗ διαχείριση υδατικών πόρων. Η ολοκληρωμένη διαχείριση μπορεί να γίνει μόνο με βάση τα υδρογεωλογικά και υδρολογικά όρια, διότι αυτά συνδέουν αναγκαστικά τις διοικητικές μονάδες που περιλαμβάνουν.

Οι Καποδιστριακοί Δήμοι για να ανταπεξέλθουν στις υποχρεώσεις τους για τη χρήση του νερού έχουν ανάγκη από στελεχιακή, υλικοτεχνική και επιστημονική υποστήριξη. Με την κατάλληλη υποστήριξη και την καθοδήγηση από τις Περιφερειακές Υπηρεσίες Υδάτων, ένας Δήμος μπορεί:

- να συμβάλλει στην κατάρτιση ρεαλιστικού Περιφερειακού Σχεδίου Διαχείρισης
- να το εφαρμόσει αποτελεσματικά
- να το ανατροφοδοτεί με δεδομένα για την επόμενη αναθεώρησή του.

Ο καθορισμός αποστάσεων ασφαλείας δεν μπορεί να βοηθήσει στην προστασία των αποθεμάτων υπόγειου νερού και δεν είναι δυνατόν να αποτελεί στην ουσία το μοναδικό κριτήριο για την αδειοδότηση υδροληπτικού έργου.

- Αντίθετα, αυτή η τακτική πιθανότατα ευθύνεται σε μεγάλο βαθμό για τη χαοτική κατάσταση στην εκμετάλλευση των υπόγειων υδάτων της χώρας, αλλά και την «ιδιοκτησιακή» νοοτροπία των ιδιωτών με άδεια χρήσης νερού.
- Δεν πρέπει να παραλαμβάνεται και να τίθεται σε παραγωγική λειτουργία καμιά υδρογεώτρηση χωρίς πιεζόμετρο που να λειτουργεί αποδεδειγμένα.

- Όλες οι απολήψεις (δημόσιες και ιδιωτικές) θα πρέπει να παρακολουθούνται με υδρομετρήσεις.
- Για τις δημόσιες υδροληψίες αυτό είναι και άμεσα εφικτό αλλά και επιτακτικό.

Ένας τρόπος να επιτευχθεί η παρακολούθηση στις ιδιωτικές υδροληψίες είναι η σταδιακή αντικατάσταση των ατομικών ιδιωτικών υδροληψιών με συλλογικά (ιδιωτικά έργα), δεξαμενές και δίκτυα (ίσως με κινητροδότηση ή κατά το παλιό πρότυπο των «αναγκαστικών συνεταιρισμών»).

- Αυτή η λύση έχει επιπλέον πλεονεκτήματα:
- εξοικονόμηση χρημάτων για τους χρήστες από το κόστος λειτουργίας και συντήρησης,
- αυξημένη ασφάλεια,
- δυνατότητα ρεαλιστικής «ανάκτησης κόστους» του νερού.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Antonakos, A. & Lambrakis, N. (2000) Hydrodynamic Characteristics And Nitrate Propagation In Sparta Aquifer. *Water Research,* 134, 16, 3977-3986.

Aubouin, J. (1959) Contribution a l' etude geologique de la Grece septentionale, les confins de l' Epire et de la Thessalie. *Ann. Geol. Pays Hell.* 10, 526.

Bassias, I. (1984) Etude géologique du domaine parnonien (feuille d' Astros au 1:50.000) Peloponnese oriental. Unpublished These de 3eme cycle, Univ. P. et M. Curie.

Bizon, G. & Thiebault, F. (1974) Données nouvelles sur l'age des marbres et quartzites du Taygete (Péloponnèse méridional, Grèce). *C. R. Acad. Sci. Paris* **278**(Serie D), 9-12.

Blumor, T., Dollinger, J., Knobel, M., Mutter, A., Zarda, S. & Kowalczyk, G. (1994) Plattenkalk series and Kastania phyllites of the Taygetos Mts.: New results on structure and succesion. *Bull. Soc. Geol. Greece* **30**(2), 83-92.

Boblaye, P. & Virlet, T. (1833) *Expediction scientifique de Morée*, Paris.

Bonneau, M. (1973) Les differentes "series ophiolitiferes" de la Crete: une mise au point. *C. R. Acad.Sci. Paris* **276**(Serie D), 1249-1252.

Bornovas, I., and T. Rontogianni-Tsiabaou (1983) Geological map of Greece, Inst. of Geol. And Mineral Explor., Athens.

Brundtland, G., Khalid, M., Agnelli, S., Saleh, A., Chidzero, B., Fadika, L., Hauff, V., Lang, I., Shijun Ma, de Botero, M., Singh, N., Nogueira-Neto, P., Okita, S., Ramphal, S., Ruckelhaus, W., Sahnoun, M., Salim, E., Shaib, B., Sokolov, V., Stanovnik, J., Strong, M. (1987) Report of the World Commission on Environment and Development "Our Common Future", Annex to UN General Assembly, A/42/427, 318p.

Burdon, D., Papakis, N. (1963) Handbook of karst hydrogeology with special reference to the carbonate aquifers of the Mediterranean region, Inst. Geology and Subsfc, Research, United Nations Spec. Fund, Karst Groundwater Inv., 276 p., Athens.

Carter, B. (1974) Large Number Coincidences and the Anthropic Principle in Cosmology, in M. S. Longair, ed., Confrontation of Cosmological Theory with Astronomical Data (Dordrecht: Reidel, 1974), pp. 291-298, Reprinted in Leslie, John, ed., Physical Cosmology and Philosophy (New York: Macmillan, 1990).

Cosgrove, W. (2003) Water Security And Peace - A synthesis of studies prepared under the PCCP – Water for Peace process (An UNESCO–Green Cross International Initiative). IHP-VI, Technical Documents in Hydrology, PCCP Series No 29, UNESCO, Paris, France.

Coutagne, A. (1954) Quelques considérations sur le pouvoir évaporant de l'atmosphère, le déficit d'écoulement effectif et le déficit d'écoulement maximal. *La Houille Blanche* 6, 360–369.

da Vinci, L. ca. 1478–1518. Arundel Manuscript 263, British Museum, in Notebooks of Leondardo da Vinci, trans. E. MacCurdy, 1939. New York: Reynal & Hitchcock.

da Vinci, L. ca. 1490–1492. Manuscript A, Library of the Institut de France, in Notebooks of Leondardo da Vinci, trans. E. MacCurdy, 1939. New York: Reynal & Hitchcock.

Darcy, H. (1876) Les fontaines publiques de la ville de Dijon, v. Dalmont, 647p., Paris.

Darwin, Ch. (1859) On the Origin of Species by Means of Natural Selection, or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life, London: John Murray 1st edition.

Dercourt, J. (1964) Contribution a l'étude géologique d'un secteur du Péloponnèse septentrional. *Ann.Geol. Pays Hell.* **15**, 418.

Dercourt, J., De Wever, p. & Fleury, J. (1976) Données sur le style tectonique de la nappe de Tripolitza en Péloponnèse septentrional (Grèce). *Bull. Soc. geol. France* **(7), 28**(2), 317-326.

Dermitzakis, M., Papanikolaou, D., (1979) Paleogeography and geodynamics of the Aegean area during the Neogene. Proc. VII Int. Congr. Medit. Neogene,Athens 1979, *Ann. Geol. Pays Hellen*., tome hors serie IV.

Dinter, D. A. (1998) Late Cenozoic extension of the Alpine collisional orogen, Northeastern Greece: Origin of the north Aegean basin, *Geology*, 21, 45 – 48.

Dittmar, U. & Kowalczyk, G. (1991) Die metaklastite im Liegenden der Plattenkalk-Karbonate des sudlichen Peloponnes. *Z. dt. geol. Ges.* **142**, 209-227.

Dornsiepen U., Manutsoglu, Emm., Mertmann, D. (2001) Permian – Triassic paleiogeography of the external Hellenides. *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology,* 172, (2001)p.327-338, Elsevier.

Doutsos, T., Koukouvelas, I., Poulimenos, G., Kokkalas, S., Xypolias, P. & Skourlis, K. (2000) An exhumation model of the south Peloponnesus, Greece. *International Journal of Earth Science* **89**, 350-365.

Epting, M., Kudrass, H. R., Leppig, U. & Schafer, A. (1972) Geologie der Talea Ori/Kreta. *N. Jb. Geol.Palaont. Abh.* **141**(3), 259-285.

Fekri Al Hassan (2003) Water management and early civilizations: from cooperation to conflict, in PCCP Documents 2001-2003 Summary Document. IHP-VI, Technical Documents in Hydrology, PCCP Series No 30, UNESCO, Paris, France.

Fekri Al Hassan, Reuss, M., Trottier, J., Bernhardt, C., Wolf, A., Mohammed-Katerere, J., Van der Zaag, P. (2003) History and Future of Shared Water Resources, UNESCO-IHP, 150p.

Fetter, C.W. Jr (2001) Hydrogeology: A Short History, Ground Water, Vol. 42, No. 5, September–October 2004 (pages 790–792).

Fleury, J. 1980. Les zones de Gavrovo-Tripolitza et du Pinde-Olonos (Grece continentale et Peloponnese du Nord). Evolution d'une plateforme et d'un bassin dans leur cadre alpin. In: *Memoire de la Soc. Geol. Nord*, 651.

Fraticelli, C.M., Bohacs, K.M., West, B.P. (2006) Vegetation-Climate Interactions Drive Sedimentologic Evolution through the Phanerozoic. Plate Tectonics and Paleoclimates: Implications for Basin Evolution and Hydrocarbon Exploration (SEPM), AAPG Annual Convention, April 9-12, 2006 Technical Program.

Freyberg, B. (1947) Unterpliocane Fauna von Elaea (Lakonien, Peloponnes). *Ann. Geol. Pays Hell.* **1**, 120-125.

Fytrolakis, N. (1972) Die Einwirkung gewisser orogener Bewgungen und die Gipsbildung in Ostkreta (Prov. Sitia). *Bull. Geol. Soc. Greece* **9**, 81-100.

Gerolymatos, I., Dornsiepen, U. & Trifonova, E. (1982) Vorkommen von hoheren entralhellenischen Deckeneinheiten in Lakonien (Peloponnes, Griechenland). ***Prakt. Akad. Athinon* 57**, 247-261.

Gleick, P. H. (1996) Water resources. In Encyclopedia of Climate and Weather, ed. by S. H. Schneider, Oxford University Press, New York, vol. 2, pp.817-823.

Grewe, K. (1998) Licht im Ende des Tunnels. Planung und Trassierung im antiken Tunnalbau, Mainz am Rhein.

Hallam, A. (1992) Phanerozoic sea-level changes. Columbia University Press, New York.

Hallam, A., Wignall, P.B. (1999) Mass extinctions abd sea-level changes. *Earth-Science Reviews,* **48***,* 217-250.

Hawking, S. (1988) A brief history of time.

Hays, J. P., Imbrie, J. & Shackleton, N.J. (1976) Variations in the Earth's orbit: Pacemaker of the Ice Ages. Science, 194, pp. 1121, 1131.

Hoelzmann, P. (2001) A palaeolimnological N-S transect through the Eastern Sahara. PAGES - PEPIII: Past Climate Variability Through Europe and Africa. August 2001, Aix-en-Provence, France.

Hooker , R., Brians, P., Hines, R., Law, R., Sellen, J. (1996) World Civilizations. A Learning Module. Washington State University. http://www.wsu.edu:8080/~dee/WORLD.HTM.

http://www.therapnai.gr

Hutton, J. (1795) Theory of the Earth, Royal Society of Edinburgh.

International School of Well Drilling (2007) History of Well Drilling and Related Material, http://welldrillingschool.com.

Jacobshagen, V. (1979) Structure and geotectonic evolution of the Hellenides. In: *VI Colloq. Geol.Aegean Region* **3**, Athens, 1355-1367.

Jolivet, L., V. Famin, C. Mehl, T. Parra, C. Aubourg, R. Hebert, and P. Philippot (2004a) Progressive strain localization, boudinage and extensional metamorphic complexes: The Aegean Sea case, in *Gneiss Domes in Orogeny*, edited by D. L. Whitney, C. Teyssier, and C. S. Siddoway, Spec. Pap. Geol. Soc. Am., 380, 185 – 210.

Karaji (Aboubakr Mohammed ibn al-Hasan al-Hasib al-Karaji) (10th century AD): The extraction of Hidden Waters.

Keynes, J.M. (1935) The General Theory of Employment, Interest and Money, Harcourt, Brace and Company, Polygraphic Company of America, New York.

Knauss, J. (1984) Die Wasserbauten der Minyer in der Kopais - Die aelteste Flussregulierung Europas (Kopais1).- Wasserbau und Wasserwirtschaft, Nr. 50. Technische Universitaet Muenchen.

Knauss, J. (1990) Wasserbau und Gesichte: Minyscher Epoche – Bayerische Zeit (vier Jahrhunderte – ein Jahrzehnt) Kopais 3, München.

Kowalczyk, G. & Dittmar, U. 1991. The metamorphic underlying the plattenkalk carbonates in theTaygetos mts (Southern Peloponnesus). *Bull. Soc. Geol. Greece* **25**(1), 455-468.

Kröpelin, S. (2001) Lake evolution and human occupation in the Eastern Sahara during the Holocene. PAGES - PEPIII: Past Climate Variability Through Europe and Africa. August 2001, Aix-en-Provence, France.

Krstic N. & Velitzelos E. (2002) Lacustrine Pliocene of Skoura near Sparti (Peloponnesus) and its Ostracodes. *Bull. Acad. Serbe des sciences et des arts, Sciences Naturelles,* 41, 169-197.

Ktenas, K. (1924) Formations primaires semimetamorphiques du Peloponnese central. *C. R. somm. Soc. geol. Fr.*, 61-63.

Kuhn, O. (2004) Ancient Chinese Drilling, CSEG Recorder, Canadian Society of Exploration Geophysicists, pp. 39-43, June 2004, Calgary, Alberta, http://www.cseg.ca/recorder/.

Labat, D. (2006) Oscillations in land surface hydrological cycle. *Earth and Planetary Science Letters,* 242, pp.143-154, Elsevier.

Lambrakis, N., Antonakos, A., Panagopoulos, G. (2004) The use of multicomponent statistical analysis in hydrogeological environmental research. *Water Research,* 38, (2004) 1862–1872.

Lekkas, S. & Papanikolaou, D. (1979) On the phyllite problem in Peloponnesus. *Ann. Geol. Pays Hell.***29**(1), 395-409.

Lekkas, S. & Zambetakis-Lekkas, A. (1980) Sur l'existence de la serie de Magassa en Peloponnese central (Grece). *Ann. Geol. Pays Hell.* **30**(1), 332-341.

Lekkas, S. (1978) Données nouvelles sur la stratigraphie et la structure de la région au se de Tripolis (Péloponnèse central). *Ann. Geol. Pays Hell.* **29**(1), 226-264.

Lettenmaier, D. (2004) The evolution of hydrology in an interdisciplinary earth science setting. AMS Walter Orr Roberts Lecture, January 19, San Diego.

Logan, J. (1961) Estimation of electrical conductivity from chemical analysis of natural waters, *Jour. Geophysical Research*, v.66, pp. 2479-2483.

Machiavelli, N. (1513) Il Principe, Florence.

Magnusson, R. (2001) Water Technology in the Middle Ages: Cities, Monasteries, and Waterworks After the Roman Empire (Johns Hopkins Studies in the History of Technology), 240p., Johns Hopkins University Press, Baltimore.

Manutsoglu, E. (1990) Tektonik und metamorphose der Plattenkalk-Serie im Taygetos (Peloponnes,Griechenland), Berlin.

Mariolakos, I., Fountoulis, I., Kranis, C. (1997) Minyan Ancient Flood Prevention Works (c. 1600 BC.) in: Mariolakos, I., Fountoulis, I. & Kranis, H., (1997). - Introduction to the Geology of Sterea Hellas, Hellenic Territory: Current geodynamic regime, Neotectonics of Corinthiakos, gulf, Delphi, Minyan Ancient Flood Prevention works. In boat and field trip guide of the 7th International Symposium Engineering Geology and the Environment IAEG (Editors I. Mariolakos and I. Fountoulis, Geology and Tectonics, P. Marinos, G.Tsiambaos and M. Kavvadas Engineering geology and Geotechnical Engineering, Hydrogeology), 60p.

Mariolakos, I., Fountoulis, I., Spyridonos, E., Andreadakis, Emm., Kapourani, E. (2002) A multi parametric approach of water management in the frame of sustainable development. In proc. *3rd International Forum "Integrated Water Management"HYDRORAMA 2002*. p.390-401

Mariolakos, I., Fountoulis, I., Spyridonos, E., Andreadakis, Emm. (2001) Artificial Recharge of the Underground Karstic Aquifer of Farsala Area, Thessaly, Central Greece. In proc. of *10th Biennial Symposium on Artificial Recharge of Groundwater "Artificial Recharge and Integrated water management*" Arizona USA, p.71-80.

Mariolakos, I., Fountoulis, I., Spyridonos, E., Andreadakis, Emm., Kapourani, E. & Vouloumanos, N. (2003) Application of a multi-parametric research methodology in water resources management on a municipal scale – The case of the Municipality of Therapnes (Laconia Prefecture, Greece). In: *Roehling & Steinbach (Eds.): MAEGS 13, Geoscience and the European Water Framework Directory*, 10-13 September in Hannover, 13th Meeting of the Assotiation of European Geological Societies and Raw Material Symposium of the Hannover Geocenter, Schriftenreihe Deutsche Geologische Gesellschaft, Heft 28; 68-74.

Mariolakos, I., Fountoulis, I., Spyridonos, E., Andreadakis, Emm., Kapourani, E. (2003) Present conditions and problems of the legistlative and administrative framework of water resources management in Greece at the beginning of 21st century. *In: Roehling & Steinbach (Eds.): MAEGS 13, Geoscience and the European Water Framework Directory, 10-13 September in Hannover, 13th Meeting of the Assotiation of European Geological Societies and Raw Material Symposium of the Hannover Geocenter, Schriftenreihe Deutsche Geologische Gesellschaft*, Heft **28**; 75-82.

Mariolakos, I., Fountoulis, I., Spyridonos, E., Dritsa, C., Kapourani, E., Andreadakis, Emm. (2001) Holistic Methodology for Water Resources Management in Semi-Arid Regions. Case Study in Mani (S Peloponnesus, Greece). In proc. of *10th Biennial Symposium on Artificial Recharge of Groundwater "Artificial Recharge and Intgrated water management"* Arizona USA, p.31-40.

Mariolakos, I., Fountoulis, I., Spyridonos, E., Kapourani, E., & Andreadakis, Emm., (2003) Sustainable water resources management in neotectonic basin systems. In Proceedings of the *8th International Conference on Environmental Science and Technology*, Lemnos Island, Greece, 8-10 September 2003. Full paper vol. B, pp. 527-534.

Mariolakos, I., Fountoulis, I., Andreadakis, E., Kapourani, E. (2007) Real-time monitoring on Evrotas river (Laconia, Greece): Dissolved oxygen as a critical parameter for environmental status classification and warning. *Desalination*, 213, p. 72-80.

Mariolakos, I., Fountoulis, I., Andreadakis, E., Kapourani, E. (2005) Real-Time Monitoring On Evrotas River (Laconia, Greece): Dissolved Oxygen As A Critical Parameter For Environmental Status Classification And Warning. *International Conference On New Water Culture of South East European Countries AQUA 2005*, October 21-23, Athens (*Desalination* 213 (2007) 72–80)

Mariolakos, I., Papanikolaou, D. (1981) The neogene basins of the Aegean Arc from the paleogeographic and the geodynamic point of view. *Intern. Symp. Hellen. Arc and Trench*, Athens 1981, p.383-399 1981.

Marx, K. (1867) Das Kapital: Kritik der politisches Oekonomie, Verlag von Otto Meissner, Hamburg.

Meco, S., and S. Aliaj (2000) Geology of Albania, 246 pp., Gebrueder Borntraeger, Berlin.

Milankovic, M., (1941) Kanon der Erdberstrahlung und seine Anwendung auf dem Eiszeiten problem. – Royal Serbian Sciences Spec. Publ., 132, Section of Mathematical and Natural Sciences, V. 33, Belgrade, pp.633. Program for Scientific Translations, 1969, 1-484.

Moore, T., Scotese, C., Illich, H., Zumberge, J., Perlmutter, M. (2006) Climate Simulations of Hot House (Cenomanian/Turonian) and Ice House (Early Permian) Worlds: Comparisons and Contrasts. Plate Tectonics and Paleoclimates: Implications for Basin Evolution and Hydrocarbon Exploration (SEPM), AAPG Annual Convention, April 9-12, 2006 Technical Program.

Μπαμπινιώτης, Γ. (1998) Λεξικό της Νέας Ελληνικής Γλώσσας. Εκδ. Κέντρο Λεξικογραφίας. Αθήνα.

Nadji, Mehdi and Rudolf Voight (1972) Exploration for Hidden Water by M. Karaji-Oldest Textbook on Hydrology, Groundwater, September-October, pp. 43-46.

Nicholas, D, (1992) Η Εξέλιξη της Μεσαιωνικής Σκέψης. Κοινωνία, Διακυβέρνηση και Σκέψη στην Ευρώπη 312-1500. 763σελ. Μορφωτικό Ίδρυμα Εθνικής Τραπέζης, Αθήνα.

Pacioli, L. (1494) Particularis de Computis et Scripturis. In *Summa de arithmetica, geometria, proportioni et proportionalita.*

Paepe, R., Mariolakos, I., Van Overloop, E., Nassopoulou, S., Hus, J., Hatziotou, M., Markopoulos, T., Manutsoglu, E., Livaditis, G., Sabot, V. (2004) Quaternary Soil – Stratigraphy in Greece. *Bull. Geol. Soc. Greece, Proc. 10th Int. Cong.,* Thessaloniki, 36, 856-863.

Paepe, R., Van Overloop, E. (1990) River and Soil Cyclicities Interfering with Sea Level Changes. Greenhouse Effect, Sealevel and Drought, pp. 253-280. Kluwer Academic Publishers.

Palissy, B. (1580): Discourses admirables (The Admirable Discourse), trans. A. LaRocque, 1967. Urbana, Illinois: University of Illinois Press.

Papanikolaou, D. & Skarpelis, N. (1988) The blueschists in the external metamorphic belt of the Hellenides. *Ann. Geol. Pays Hell.* **33**(2), 47-68.

Papanikolaou, D. (1984) The three metamorphic belts of the Hellenides. In: *The geological evolution of the Mediterranean* (edited by Dixon, J. E. & Robertson, A. H. F.). *Geol. Soc. Spec. Publ.* **17**. Geological Society of London, Oxford, 551-561.

Papanikolaou, D., Metaxas, C. and Chronis, G. (2001) Neotectonic Structure of the Laconikos Gulf, *Bull. Geol. Soc. Greece,* 34, 297-302.

Papastamatiou, J. & Reichel, M. (1956) Sur l'age des phyllades de l' île de Crête. *Ecl. Geol. Helv.* **49**, 147.

Pazwash, Hormoz and Gus Mavrigian (1980) A Historical Jewelpiece-Discovery of the Millennium Hydrological Works of Karaji, Water Resources Bulletin, December, pp. 1094-1096.

Perlman, H. (2005) The Water Cycle. United States Geological Survey, http://ga.water.usgs.gov/edu/watercyclesummary.html

Petras, I. (2001) ArcView ArealRain Extension.

Philippson, A. (1892) Der Peloponnes. In: *Versuch einer Landeskunde auf geographischer Grundlage*, Berlin, 647.

Piper, A.M. (1944) A graphic procedure in the geochemical interpretation of water analyses, *Trans. Amer. Geophysical nion,* v.25, pp.914-928.

Pitt, R. (2007) Stormwater Management and the Historical Development of Urban Water Systems, Water Resources Engineering course, University of Alabama, Tuscaloosa, http://rpitt.eng.ua.edu/Class/Classes.shtml.

Pope, R. & Millington, A. (2000) Unravelling The Patterns of Alluvial Fan Development Using Mineral Magnetic Analysis: Examples From The Sparta Basin, Lakonia, Southern Greece. *Earth Surf. Process. Landforms* 25, 601-615.

Pope, R., Wilkinson, K. & Millington, A. (2003) Human and Climatic Impact on Late Quaternary Deposition in the Sparta Basin Piedmont: Evidence from Alluvial Fan Systems. *Geoarchaeology*: *An International Journal*, Vol. 18, No. 7, pp. 685–724.

Renz, C. (1932) Zur Geologie von Sitia, der Ostrhalbisel Kretas. *Prakt. Acad. Athenes* **7**, 105-109.

Renz, C. (1940) Die Tektonik der griechischten Gebirge. In: *Pragm, Akad. Ath.* **8**, 171.

Ricardo, D. (1817) On the Principles of Political Economy and Taxation, John Murray, London.

Richards, I.A. (ed.) (1954) Diagnosis and improvement of saline and alkali soils, *Agric Handbook 60, U.S. Dept. Agric.,* Washington DC, 160p.

Richter, D. & Μαριολάκος, Η. (1978) Επί του προβλήματος της ασυμφώνου αποθέσεως του φλύσχου της ζώνης Γαβρόβου-Τριπόλεως εις την Πελοπόννησον. Απάντησιν εις τους DERCOURT, J. & FLEURY, J. J. *Ann. Geol. Pays Hell.* **29**(2), 423-426.

Riedl, H. (1976) Beitrage zur regionalen Geographie des Beckens von Sparta und seiner Nachbarraume unter besonderer Berücksichtigung der geomorphologischen Verhältnisse. *Beitrage zur Landeskunde von Griechenland, (Arbeiten aus dem Geographischen Institut der Universität Salzburg, 6), Salzburg,* pp. 283-409.

Ring, U., P. W. Layer, and T. Reischmann (2001) Miocene high-pressure metamorphism in the Cyclades and Crete, Aegean Sea, Greece: Evidence for large magnitude displacement on the Cretan detachment, Geology, 29, 395 – 398.

Schnitter, N., J. (1994) A History of Dams, The Useful Pyramids. A.A. Balkema: Rotterdam, Netherlands.

Simonet, F. (2001) Le nouveau Système d' Evaluation de la Qualité de l' Eau des rivières: Le SEQ-Eau. Adour Garonne Revue de l'Agence de l'Eau. Hiver 2001, 81, 7-9.

Smith, A., (1776) An Inquiry into the Nature and Causes of the Wealth of Nations, Edinburgh.

Suess, H. E. (1953) Natural Radiocarbon and the Rate of Exchange of Carbon Dioxide between the Atmosphere and the Sea. In *Nuclear Processes in Geologic Settings*, edited by National Research Council Committee on Nuclear Science, pp. 52-56. Washington, D. C.: National Academy of Sciences.

Thiebault, F. (1982) Evolution geodynamique des Hellenides externes en Peloponnese meridional (Grece) **6**. Societe Geologique du Nord, 393.

Thiessen, A.H. (1911) Precipitation averages for large areas. *Monthly Weather Review*, 39(7): 1082-1084.

Todd, D.K. (1980) Ground water hydrology. New York: John Wiley & Sons, p 535.

U.N.F.C.C.C. (1997) The Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change.

Vail, P.R., Mitchum, R.M. et al. (1977) Sesmic stratigraphy and global changes of sea level in seismic stratigraphy, applications to hydrocarbon exploration. Mem. A.A.P.G., 26, pp. 49-212.

Vakarelov, B., Bhattacharya, J., Nebrigic, D. (2006) The Importance of High-Frequency Tectonic Control during Greenhouse Times of Earth History. Plate Tectonics and Paleoclimates: Implications for Basin Evolution and Hydrocarbon Exploration (SEPM), AAPG Annual Convention, April 9-12, 2006 Technical Program.

Van Hinsbergen, D. J. J., W. J. Zachariasse, M. J. R. Wortel, and J. E. Meulenkamp (2005) Underthrusting and exhumation: A comparison between the External Hellenides and the "hot" Cycladic and "cold" South Aegean core complexes (Greece), *Tectonics*, 24, TC2011, doi:10.1029/2004TC001692.

Velitzelos E. & Knobloch (1986) Die pliozaene Flora von Skoura bei Sparta auf dem Peloponnes (Griechenland). *Documenta naturae,* 29, 21-28, München.

Ven Te Chow (1964) Handbook of Applied Hydrology: A Compendium of Water Resources Technology, 1428p., McGraw-Hill Companies.

Vitruvius, Περί Αρχιτεκτονικής. Εκδ. Πλέθρον, Αθήνα.

Voronoi, G. F. (1907) Nouvelles applications des paramètres continus à la théorie des formes quadratiques. *Journal für die Reine und Angewandte Mathematik*, **133**:97-178.

Wagner, R., Mattraw, H., Ritz, G. and Smith, B. (2000) Guidelines and Standard Procedures for Continuous Water-Quality Monitors: Site Selection, Field Operation, Calibration, Record Computation, and Reporting. U.S. Geological Survey, Water-Resources Investigations Report 00–4252. Reston, Virginia.

Wilson, J.T. (1963) Continental Drift. *Scientific American,* April 1963.

Wilson, J.T. (1966) Did the Atlantic close and then re-open? *Nature* 211, 676-681.

Wilson, J.T. (1976) Continents adrift and continents aground: Readings from Scientific American. W.H. Freeman and Company, 230 p.

Woodward, J.C. (2001) Holocene river dymanics in the Saharan Nile: Geochronology and Geoarchaeology on the PEP III transect in the Dongala Reach, Northern Sudan. PAGES - PEPIII: Past Climate Variability Through Europe and Africa. August 2001, Aix-en-Provence, France.

Wuttmann, M., Gonon, T., Thiers, C. (2000) The qanats of "Ayn-Manawir" – Kharga Oasis, Egypt, Journal of Archaeological studies and Researches, 1.1, www.achemenet.com.

Zelilidis, A. & Kontopoulos, N. (1999) Plio-Pleistocene alluvial architecture in marginal extensional narrow sub-basins: examples from southwest Greece. *Geol. Mag.* **136** (3), 1999, pp. 241–262. Printed in the United Kingdom © 1999 Cambridge University Press 241

Ανδρεαδάκης, Ε., Γουλιώτης, Λ., Καραλέμας, Ν., Φίλης, Χ. (2003) Qanats (Εργασία στα πλαίσια του Μαθήματος «Υδρογεωτρήσεις –Υδροληπτικά Έργα» του Μεταπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών της κατεύθυνσης «Δυναμική, Τεκτονική, Εφαρμοσμένη Γεωλογία, με έμφαση στην Υδρογεωλογία»), Υπεύθ. Καθηγητής Γ. Στουρνάρας, 44σ., Αθήνα.

Αντωνάκος, Α. (1998) Προσδιορισμός των χαρακτηριστικών ιδιοτήτων της ακόρεστης ζώνης των υδροφόρων για εφαρμογή στην μελέτη περιβαλλοντικών προβλημάτων: Η περίπτωση του

ελεύθερου προσχωματικού υδροφόρου της κοιλάδας του ποταμού Ευρώτα. *Δελτ. Ελλ. Γεωλ. Εταιρ.* **32**(4), 43-52.

Γεωργουλής, Ι. (1984) Γεωλογικές και Υδρογεωλογικές έρευνες στην επαρχία Μαντινείας (Κεντρική Πελοπόννησος). *ΙΓΜΕ, Υδρολογικές & Υδρογεωλογικές Έρευνες* **52**.

Δημητρίου, Η. (2007) Εκτίμηση Τρωτότητας Περιοχών του Νομού Λακωνίας σε Πλημμυρικά Φαινόμενα. Στρατηγικός Σχεδιασμός Αντιπλημμυρικής Προστασίας Νομού Λακωνίας (Παράρτημα 4). Ελληνικό Κέντρο Θαλασσίων Ερευνών.

Διόδωρος ο Σικελός (Diodorus Siculus) (1ος αι. π.χ.): Bibliotheca Historica.

ΕΣΥΕ Απογραφή 1941-2001

ΕΣΥΕ, Απογραφή 1991, 2001

Ηρόδοτος ο Αλικαρνασσεύς (5ος αι. π.χ.): Ιστορίαι.

Ήρων ο Αλεξανδρεύς (1ος αι. π.Χ.): Γεωμετρικά.

Καλλέργης, Γ. (2000) Εφαρμοσμένη - Περιβαλλοντική Υδρογεωλογία. ΤΕΕ, Αθήνα.

Καρακίτσιος, Β. (2001) Στρωματογραφία. 503σ., Εκδόσεις Αστάρτη.

Καράμπελας, Ν. (1994) Μελέτη Λιμνοδεξαμενών Νομού Λακωνίας. Αναγνωριστική Μελέτη. Αθήνα.

Καραλέμας, Ν. (2006) Μηχανισμοί λειτουργίας των πηγών του Ανατολικού Ταϋγέτου. Διατριβή Μεταπτυχιακής Ειδίκευσης, ΕΚΠΑ, Τμήμα Γεωλογίας, Τομέας Δυναμικής, Τεκτονικής και Εφαρμοσμένης Γεωλογίας, Αθήνα.

Καροτσιέρης, Ζ. (1981) Γεωλογικές έρευνες στην περιοχή Βυτίνας (Κεντρική Πελοπόννησος). Διδακτορική διατριβή, Εκδόσεις Εργαστηρίου Γεωλ. & Παλαιοντ. Παν/μιου Αθηνών, Σειρά Α, Νο 45, Αθήνα.

Κατσικάτσος, Γ. (1992) Γεωλογία της Ελλάδας.

Κισκύρας, Δ. (1963) Τεκτονικές έρευνες στην Πελοπόννησο και ιδιαίτερα στη ζώνη Ωλονού-Πίνδου. *Δελτ. Ελλ. Γεωλ. Εταιρ.* **5**(2), 1-21.

Κουιμτζής, Θ., Φυτιάνος, Κ., Σαμαρά-Κωνσταντίνου, Κ., (1998) Χημεία Περιβάλλοντος, 376σελ., University Studio Press.

Κουτσογιάννης, Δ. Υδρογλωσσικά. http://www.itia.ntua.gr/dk/hydroglossica/orologia.html.

Κριαράς, Εμμ. (1965) Λεξικό της Μεσαιωνικής Ελληνικής Δημώδους Γραμματείας. Τυπογ. Σφακιανάκη. Θεσ/νίκη.

Κριαράς, Ε. (1995) Νέο Ελληνικό Λεξικό της Σύγχρονης Δημοτικής Γλώσσας, Εκδοτική Αθηνών, Αθήνα.

Κτενάς, Κ. Α. (1926) Η ανάπτυξις του Πρωτογενούς εις την κεντρικήν Πελοπόννησον. *Πρακτικά Ακαδημίας Αθηνών* **1**, 53-59.

Κωφού, Α. (1996) Κρήτη – Όλα τα Μουσεία και οι Αρχαιολογικοί Χώροι, 288σ., Εκδοτική Αθηνών, Τ.Α.Π., Υπουργείο Πολιτισμού, Αθήνα.

Λάζος, Χ., (1993) Μηχανική και Τεχνολογία στην Αρχαία Ελλάδα, 126σ., εκδόσεις ΑΙΟΛΟΣ.

Λέκκας Σ., Αλεξόπουλος, Α. (1984) Μαθήματα Υδρογεωλογίας, 306 σ., Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα.

Λέκκας, Σ. (1978) Συμβολή στη γεωλογική δομή της περιοχής νοτιοανατολικώς της Τριπόλεως (κεντρική Πελοπόννησος). Διδακτορική Διατριβή, Εθνικό & Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο.

Λέκκας, Σ., Αλεξόπουλος, Α. & Δανάμος, Γ. (1991) Παρατηρήσεις επί της δομής των κατωτέρων οριζόντων της ενότητας της Τρίπολης στην νοτιοανατολική Πελοπόννησο. *Δελτ. Ελλ. Γεωλ. Εταιρ.* **25**(1), 387-398.

Μαλεφάκης, Ι. (1998) Ποιότητα Νερού Εδαφοκαλλιεργειών, Εδαφοπονίας, Εδαφοβελτίωσης, Τόμος Β, 252 σελ., Αθήνα

Μαριολάκος, Η. (2002) Η Σημασία της δημιουργίας «Πάρκου Αρχαιότερης Ευρωπαϊκής Αντιπλημμυρικής Τεχνολογίας» στην Κωπαΐδα. Πρακτικά Συμποσίου «Γεωτουριστικά – Γεωπολιτιστικά Μονοπάτια και Γεωμυθότοποι», Αθήνα 1-4 Ιουνίου 2000, σ. 15 – 24, Εκδ. ΓΕΩΤΕΕ, Θεσσαλονίκη.

Μαριολάκος, Η. (1975) Σκέψεις και απόψεις επί ορισμένων προβλημάτων της Γεωλογίας και Τεκτονικής της Πελοποννήσου. *Ann. Geol. Pays Hellen.*, 27, p. 215-313.

Μαριολάκος, Η., Παπανικολάου, Δ. (1987) Είδος παραμόρφωσης και σχέση παραμόρφωσης - σεισμικότητας στο ελληνικό τόξο. *Δελτ. Ε.Γ.Ε.* XIX, 59-76.

Μαριολάκος, Η., Φουντούλης, Ι., Ανδρεαδάκης, Ε., Καπουράνη, Ε. (2005) Σύστημα αυτογραφικής παρακολούθησης και τηλεειδοποίησης για παραμέτρους ποιότητας των υδάτων του ποταμού Ευρώτα στο νομό Λακωνίας - Πρώτα αποτελέσματα και προβληματισμοί. 7ο Πανελλήνιο Υδρογεωλογικό Συνέδριο, 5-6 Οκτωβρίου 2005, Αθήνα

Μαριολάκος, Η., Φουντούλης, Ι., Ανδρεαδάκης, Ε., Σαμπατζιώτης, Ε., Καραγκιόζη, Ε., Καπουράνη, Ε. (2007) Στρατηγικός Σχεδιασμός Αντιπλημμυρικής Προστασίας Νομού Λακωνίας, Τελική Έκθεση (Παράρτημα 5). Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα.

Μαριολάκος, Η., Φουντούλης, Ι., Σπυρίδωνος, Ε., Μπαντέκας, Ι., Μαριολάκος, Δ., Ανδρεαδάκης, Εμ. (2000) Η γεωμετρία του υπόγειου υδροφορέα στο Ναρθάκιο όρος (Θεσσαλία) ως αποτέλεσμα της νεοτεκτονικής παραμόρφωσης. Πρακτικά 8ου Πανελλήνιου Συνεδρίου Ελληνικής Υδροτεχνικής Ένωσης, Αθήνα, Απρίλιος 2000, 343-350.

Μαρκαντωνάτος, Γ. (1984) Στοιχεία Υγιεινής Περιβάλλοντος και Υγειονομικής Μηχανικής, 415 σελ., εκδ. Παπασωτηρίου.

Μάρκος Πολλίων Βιτρούβιος (1ος αι. π.Χ.): De Architectura Libri Decem (Περί Αρχιτεκτονικής Βιβλία Δέκα). (Εκδ. Παρατηρητής, Μτφ. Σ. Ζερεφός).

Μιχαηλίδου, Α. (1997) Κνωσός – Πλήρης Οδηγός του Ανακτόρου του Μίνωα, 128σ., Εκδοτική Αθηνών, Τ.Α.Π., Υπουργείο Πολιτισμού, Αθήνα.

Μοδινός, Μ. (1996) Η Αρχαιολογία της Ανάπτυξης, 222σ., Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης.

Οδηγία 1998/83 ΕΚ

Οδηγία 2000/60 ΕΚ

Πανάγος, Α., Πη, Γ., Κοντόπουλος, Ν. (1976) Ανάλυσις των ιζημάτων της περιοχής Αφισσού (Σπάρτη). *Δελτ. Ελλην. Γεωλ. Εταιρ.*, 28, p. 4-28.

Πανανικολάου, Δ., Καροτσιέρης, Ζ. (2006) Τεκτονική Γεωλογία. Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, 394σ., Αθήνα.

Παπαδήμος, Δ. (1974) Τα υδραυλικά έργα παρά τοις αρχαίοις. Εκδ. ΤΕΕ, Αθήνα.

Παπανικολάου, Δ. (1984) Γεωλογία της Ελλάδας. Εκδ. Επτάλοφος, Αθήνα.

Παπασταματίου, Ι., Περγιαλιώτης, Π. (2001) Διαχείριση υδατικών πόρων στον αγροτικό τομέα, Υπουργείο Γεωργίας, Γ.Δ/ση Εγγ. Έργων & Γ.Δ., Αθήνα.

Παυσανίας, Λακωνικά

Πλάτων, Κρατύλος.

Πλάτων, Συμπόσιο.

Πλουτάρχου Βίοι: «Σόλων».

Σκαρπέλης, Ν. (1982) Μεταλλογένεση συμπαγών θειούχων μεταλλευμάτων και πετρολογία της εξωτερικής μεταμορφικής τεκτονικής ζώνης των Ελληνίδων (ΝΑ Πελοπόννησος). Διδακτορική Διατριβή, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο.

Σκούλλος, Κωνσταντιανός, (2005) AQUA, Inegrated Water Resources Management.

Σκούρτσος, Ε., Αλεξόπουλος, Α., Ζαμπετάκη-Λέκκα, Α. & Λέκκας, Σ. (2001) Η παρουσία των Εσωτερικών Ελληνίδων στην οροσειρά του Πάρνωνα, κεντροανατολική Πελοπόννησος. *Δελτ. Ελλην. Γεωλ. Εταιρ.* **34**(1), 47-54.

Σκούρτσος, Εμμ. (2002) Μελέτη της τεκτονικής δομής των ανατολικών ορίων του τεκτονικού παράθυρου του Πάρνωνα. Διδακτορική Διατριβή, 392 σελ., ΕΚΠΑ, Τμήμα Γεωλογίας, Τομέας Δυναμικής, Τεκτονικής και Εφαρμοσμένης Γεωλογίας, Αθήνα.

Στουρνάρας, Γ. (2000) Ειδικά Μαθήματα Γεωλογικών Εφαρμογών. ΕΚΠΑ, Αθήνα.

Στράβων (1ος αι. π.Χ. – 1ος αι. μ.Χ.): Γεωγραφικά.

Συμεωνίδης, Ν. (1969) Στρωματογραφικαί και παλαιοντολογικαί έρευναι επί των νεογενών σχηματισμών της Λακωνίας (Επαρχία Επιδαύρου Λιμηράς) και της έναντι κειμένης νησίδος Ελαφονήσου. *Ann. Geol. Pays Hell.* **21**, 531-553.

Συμεωνίδης Ν. και Θεοδώρου Γ. (1986) Περί μιας νέας εμφάνισης προβοσκιδωτών του Κάτω Πλειστοκαίνου στη Νότια Πελοπόννησο. *Ann. Geol. Pays Hell.* **33**(1), 251-261

Σύρος, Α.: Ηλεκτρονικό Λεξικό Αρχαία – Νέα -Αρχαία Ελληνικά. MAGENTA ΕΠΕ.

Υπουργείο Ανάπτυξης, (1996) Σχέδιο Διαχείρισης Υδατικών Πόρων της Χώρας.

Υπουργείο Ανάπτυξης, (2003) Σχέδιο Διαχείρισης Υδατικών Πόρων της Χώρας.

Φουντούλης, Ι. (1994) Νεοτεκτονική εξέλιξη της Κεντροδυτικής Πελοποννήσου. Διδακτορική Διατριβή, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο, Αθήνα.

Φυτρολάκης, Ν. (1980) Η γεωλογική δομή της Κρήτης. Προβλήματα, παρατηρήσεις και συμπεράσματα. Διατριβή επί υφηγεσία, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.

Ψαριανός, Π. Σ. (1955) Συμβολή εις την γνώσιν του Νεογενούς της Πελοποννήσου (Λακωνία). *Ann.Geol. Pays Hell.* **6**, 151-183.

Ψώνης, Κ. Θ. (1981) Επί της παρουσίας Περμο (;) κάτω Τριαδικών στρωμάτων ως υποβάθρου της σειράς των πλακωδών ασβεστολίθων (Plattenkalk) εις τον Ταΰγετον. Περιγραφή μίας συνεχούς τομής. *Ann. Geol. Pays Hell.* **30**(2), 578-587.