

## ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΛΕΚΑΝΟΠΕΔΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΩΝ ΥΔΑΤΩΝ ΤΟΥ

B. KAPAKITSIOS

*Τμήμα Γεωλογίας & Γεωπεριβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Αθηνών, Πανεπιστημιόπολη, 15784 Αθήνα.  
e-mail: vkarak@geol.uoa.gr*

Λέξεις-κλειδιά: Καρστικό (karstic), υδροφόρος (aquifer), λίμνη (lake), μόλυνση (pollution), διαχείριση (management)

### Περίληψη

Το λεκανοπέδιο Ιωαννίνων αποτελεί ευρεία καρστική λεκάνη. Δημιουργήθηκε από τη διάβρωση των ασβεστολίθων σε συνδυασμό με την τεκτονική της περιοχής. Τροφοδοτείται υπόγεια με νερό κυρίως από το καρστικό σύστημα του όρους Μιτσικέλι μέσω πηγών που εκτονώνονται στις υπώρειές του. Νέα στοιχεία προκύπτουν από την ερμηνεία των υδραυλικών παραμέτρων δυο βαθιών (κάτω από επίπεδο βάσης) αρτεσιανών οριζόντων που ανακάλυψε η γεώτρηση της Μονάδας Βιολογικού Καθαρισμού. Οι ορίζοντες αυτοί αναπτύσσονται εντός τεκτονικά βυθισμένου παλαιοκάρστ. Το σοβαρότερο κίνδυνο μόλυνσης των υδροφόρων του λεκανοπέδιου αποτελεί η χωματερή Δουρούτης. Νέοι ΧΥΤΑ πρέπει να επιλεγούν σε κατάλληλες θέσεις που καλύπτονται από φλύσχη. Στην περιβαλλοντική αναβάθμιση του λεκανοπέδιου συντελούν, ο καθορισμός ζωνών: α) χρήσης γης και β) περιμετρικής προστασίας των υδροληψιών πόσιμου νερού. Για την αποτροπή πλημμυρών το αποστραγγιστικό σύστημα του λεκανοπέδιου πρέπει να μελετηθεί σε συνδυασμό με την αποκατάσταση της λίμνης Λαψίστας (συλλέκτης νερού). Η εκβάθυνση του πυθμένα της λίμνης Παμβώτιδας συμβάλλει στην αποκατάστασή της, απαιτείται όμως πριν χαρτογράφηση του πυθμένα και του πάχους των ασύνδετων ιζημάτων. Στη διατήρηση της στάθμης της λίμνης και τον προσπορισμό νέων υδάτων συμβάλλουν, η επαναλειτουργία της λίμνης Λαψίστας και η αξιοποίηση των βαθύτερων υδροφόρων οριζόντων.

## THE IOANNINA KARSTIC PLATEAU AND ITS WATER MANAGEMENT

V. KARAKITSIOS

### Abstract

The Ioannina plateau constitutes a large karstic basin displaying extensive limestone erosion which is further facilitated by the tectonics of the region. Most of the groundwater is supplied by springs from the Mitsikeli karstic system. New hydrological data were provided by the biological wastewater unit well, which revealed the presence of two deep aquifers (below the base of karstification). These horizons are developed into tectonically sunken paleo-karst. The Dourouti landfill poses the most severe pollution danger to the plateau aquifers. It is suggested that new waste disposal sites must be selected on flysch covered terrain. The effect of the following zones will lead to the environmental upgrade of the plateau: a) land-use zones, with emphasis around the lake, b) peripheral zones for protection of the drinking water collection sites. In order to avoid flooding, the plateau drainage system must be further investigated in association with the reestablishment of the Lapsista Lake as an excess water collector. The deepening of the bottom of the Pamvotis Lake will facilitate its restoration, but requires the mapping of the lake unconsolidated sediments. The conservation of the present level of the Ioannina lake, as well as the supply of new water reserves require the reestablishment of Lapsista Lake as a water reservoir and the exploitation of the deeper aquifers.

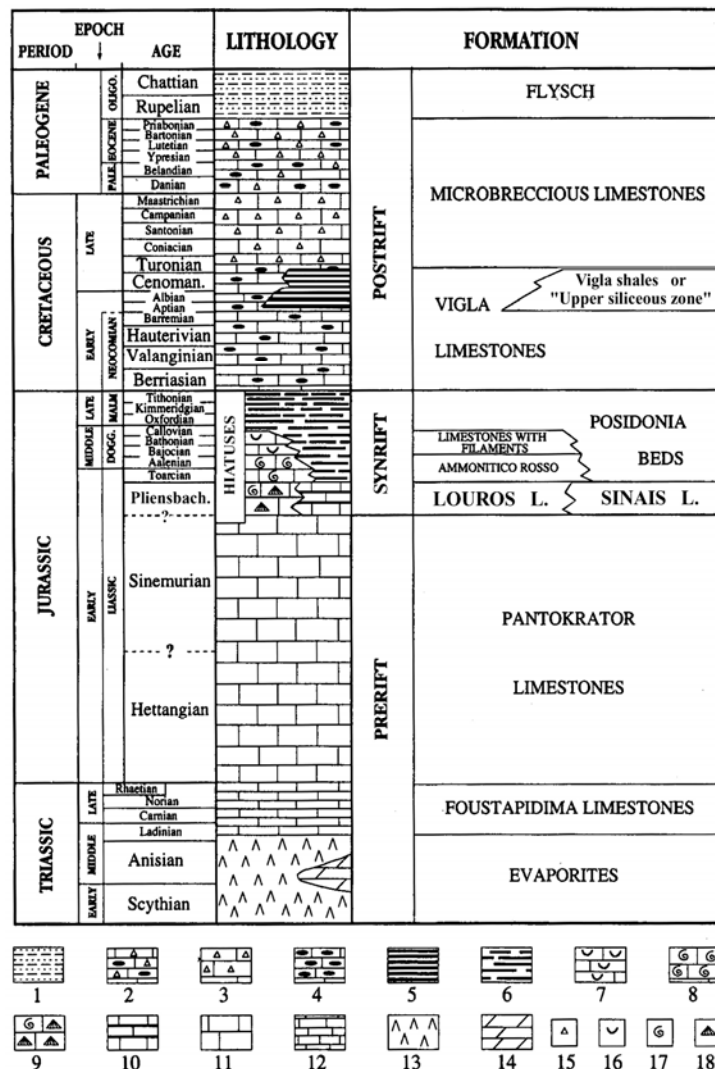
### 1. Εισαγωγή

Η ανθρώπινη δραστηριότητα στο λεκανοπέδιο Ιωαννίνων δημιουργεί σημαντικά περιβαλλοντικά προβλήματα στους επιφανειακούς αποδέκτες νερού (μέσω της απορροής) και ακόμη περισσότερο (λόγω του καρστικού του χαρακτήρα) στους υπόγειους υδροφορείς της ευρύτερης περιοχής. Φανερός αποδέκτης της υποβάθμισης είναι κυρίως η λίμνη, ενώ αφανείς αποδέκτες είναι οι υπόγειοι υδροφορείς. Επίσης, παρά το γεγονός ότι το λεκανοπέδιο χαρακτηρίζεται από υψηλό βροχομετρικό ύψος και τροφοδοτείται με μεγάλες ποσότητες νερού από τους ορεινούς όγκους, λόγω της μη ορθολογικής χρήσης των υδάτων του, προαγγέλλονται προβλήματα αφενός, λειψυδρίας και αφετέρου, κινδύνου τοπικών πλημμυρών. Θα αναφερθούν πρώτα τα κυριότερα γεωλογικά και υδρογεωλογικά χαρακτηριστικά της λεκάνης Ιωαννίνων και στη συνέχεια οι κυριότερες πτυχές διαχείρισης των επιφανειακών και υπόγειων υδάτων της.

## 2. Γεωλογικές, γεωμορφολογικές και υδρογεωλογικές συνθήκες του λεκανοπέδιου Ιωαννίνων – η καρστική φύση του λεκανοπέδιου

### 2.1. Το υπόβαθρο του λεκανοπέδιου Ιωαννίνων

Υπόβαθρο της λεκάνης Ιωαννίνων αποτελούν τα ιζήματα της Ιόνιας σειράς (σχ. 1), τα οποία, αρχίζουν με εβαπορίτες (Τριαδικό), συνεχίζονται κυρίως με ανθρακικούς και δευτερευόντως αργιλοπυριτικούς σχηματισμούς (από το Ιουρασικό ως το Ανώτερο Ηώκαινο) και τελειώνουν με τον φλύσχη της σειράς (Ολιγόκαινο).

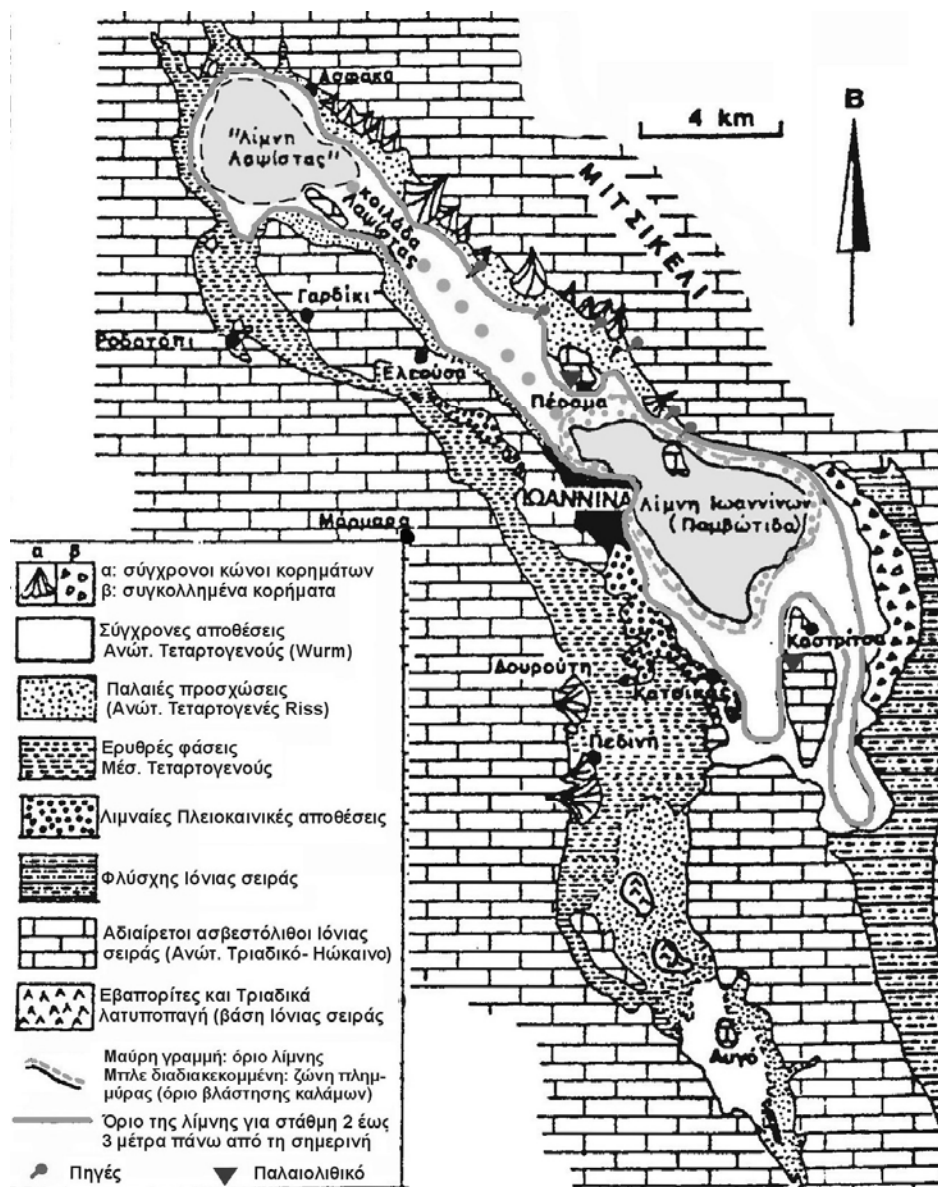


Σχ. 1: Συνθετική στρωματο-γραφική στήλη της Ιόνιας σειράς (Karakitsios 1995). 1: πηλίτες και ψαμμίτες, 2: κλαστικοί ασβεστόλιθοι με πυριτόλιθους, 3: πελαγικοί λατυποπαγείς ασβεστόλιθοι, 4: πελαγικοί ασβεστόλιθοι και πυριτόλιθοι, 5: μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι με αργιλοπυριτικές διαστρώσεις, 6: φυλλώδεις μάργες, και πυριτόλιθοι. 7: πελαγικοί ασβεστόλιθοι με ελασματοβράγχια, 8: κονδυλώδεις ασβεστόλιθοι με αμμωνίτες, 9: μικριτικοί ασβεστόλιθοι με αμμωνίτες και βραχιονόποδα, 10: πελαγικοί ασβεστόλιθοι, 11: ασβεστόλιθοι πλατφόρμας, 12: πλακώδεις μαύροι ασβεστόλιθοι, 13: γύψος και αλάτι, 14: δολομίτες, 15: λατυποπαγή, 16: πελαγικό ελασματοβράγχιο (filament), 17: αμμωνίτης, 18: βραχιονόποδο

Fig.1: Composite stratigraphic column of the Ionian series (Karakitsios 1995). 1: pelite and sandstone, 2: clastic cherty limestone, 3: pelagic limestone breccia, 4: pelagic limestone and chert, 5: marly limestone, 6: marl and chert, 7: pelagic limestone with lamellibranch, 8: nodular limestone with ammonite, 9: micritic limestone with ammonite and brachiopod, 10: pelagic limestone, 11: platform limestone, 12: platy black limestone, 13: gypsum and salt, 14: dolomite, 15: breccia, 16: pelagic lamellibranch (filament), 17: dolomite ammonite, 18: brachiopod

## 2.2. Μεταλπικά ιζήματα του λεκανοπέδιου

Τα μεταλπικά ιζήματα της λεκάνης περιλαμβάνουν (σχ. 2):



Σχ. 2: Γεωλογικός χάρτης του λεκανοπέδιου Ιωαννίνων με την στρωματογραφική εξέλιξη των μεταλπικών ιζημάτων (τα αλπικά ιζήματα του υποβάθρου είναι λιθολογικά ομαδοποιημένα) (Καρακίτσιος *et al.* 1994, τροποποιημένο)

Fig. 2: Geological map of Ioannina plateau with the stratigraphic exposure of the post-alpine sediments (substratum alpine sediments are lithological grouped) (Karakitsios *et al.* 1994, modified)

**Το Πλειόκαινο.** Αποτελείται από λιμναίες αργλικές άμμους (απαντά στο νότιο τμήμα). Οι Πλειοκαινικές θέσεις δεν βρίσκονται στο ίδιο υψόμετρο, συνεπώς, πιθανά κατά το Τεταρτογενές, έδρασε ένας ρηματογόνος τεκτονισμός που εξηγήει τη θέση της λίμνης στη μικρή τάφρο που βρίσκεται σήμερα (Καρακίτσιος 1984).

**Το Τεταρτογενές.** Περιλαμβάνει: *α) Το Πλειστόκαινο.* Στη βάση άργλιοι και ακολουθούν εναλλαγές ασβεστολιθικών άμμων, χονδρόκοκκων άμμων και ρουδιτών με μικρό ποσοστό αργίλου (σε 1 μέτρο παρατηρούνται 6 στρώματα). Η εναλλαγή αυτή αντιστοιχεί σε περιοδικές λιμναίες αποθέσεις του Ανώτερου Βούρμιου, η δε κατανομή τους δείχνει ότι η λίμνη εκείνης της εποχής είχε μεγαλύτερη έκταση (όση αν η σημερινή της στάθμη ήταν 2 περίπου μέτρα υψηλότερη, σχ. 2). *β) Το Ολόκαινο.* Αντιστοιχεί σε παλαιούς και πρόσφατους κώνους κορημάτων (από χείμαρρους του όρους Μιτσικέλι και των ανατολικών οροπεδίων της λεκάνης). Η κατανομή των

σχηματισμών δείχνει ότι το δυτικό τμήμα της λεκάνης είναι παλαιότερο (Πλειόκαινο), ενώ το ανατολικό τμήμα είναι βαθύτερο, εμφανίστηκε μεταγενέστερα και είναι τεκτονικής προέλευσης.

### 2.3. Μορφολογία και δομή – Υδρογραφικό δίκτυο

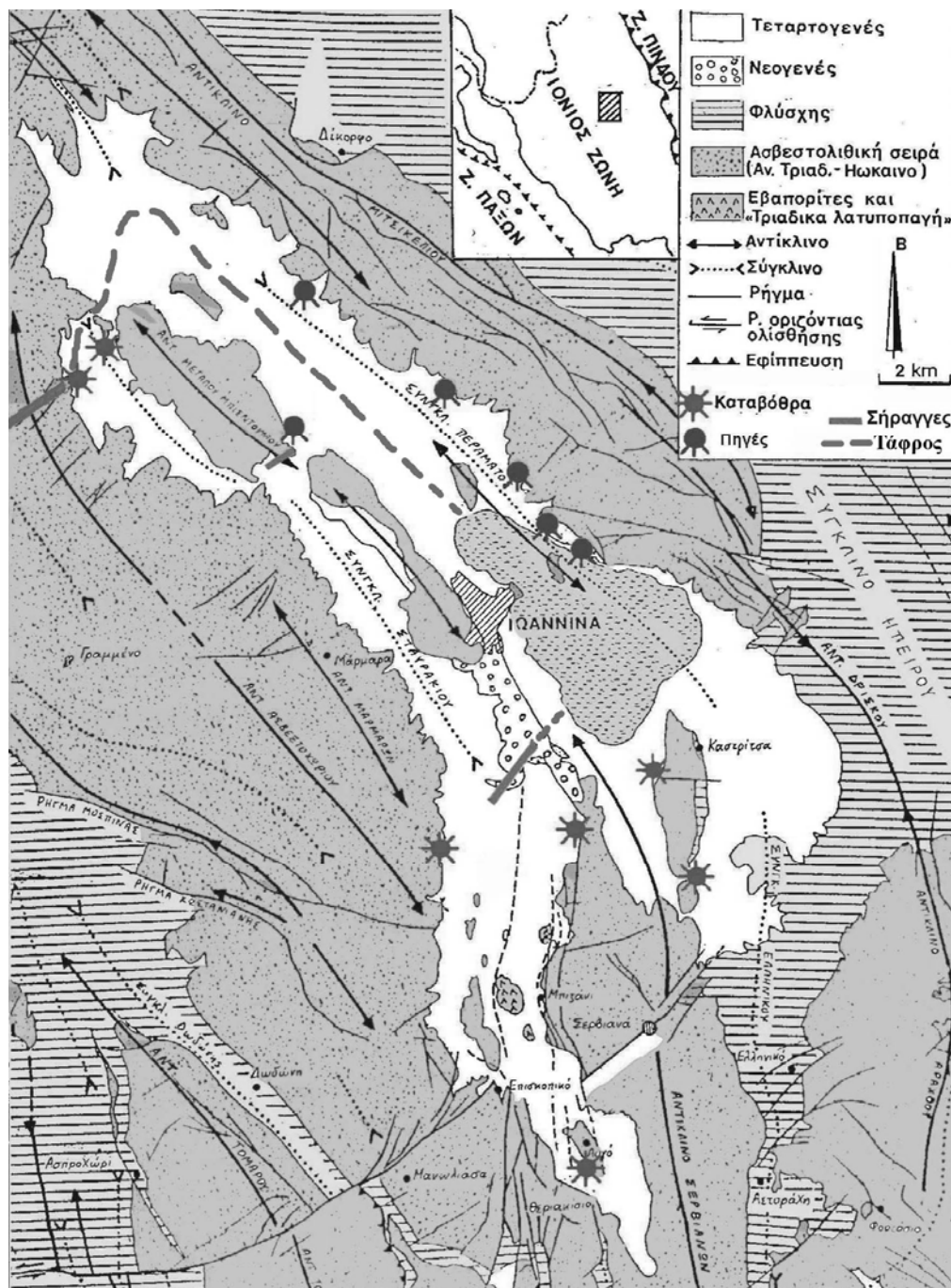
Το λεκανοπέδιο Ιωαννίνων αποτελεί μια ευρεία καρστική πεδιάδα που δημιουργήθηκε από τη δράση δυο κυρίως πεδίων ρηγματών (διεύθυνση ΒΒΔ-ΝΝΑ και Α-Δ αντίστοιχα) σε συνδυασμό με τη διαφορική διάβρωση του ανάγλυφου (Καρακίτσιος et al. 1984, Καρακίτσιος 1994, Karakitsios 1992, 1995). Η μελέτη επιτρέπει να διαχωρίσουμε την ευρύτερη περιοχή του λεκανοπέδιου σε τέσσερις γεωμορφολογικές ενότητες (σχ. 3): **1) Τον ορεινό όγκο Μιτισκέλι.** Περιβάλλει ΒΑ το λεκανοπέδιο και παρουσιάζει το εντονότερο ανάγλυφο. Αποτελεί μια πτυχή μεγάλης κλίμακας, ανατολικής κατάκλισης, της οποίας το δυτικό σκέλος ακολουθεί περίπου την τοπογραφική κλίση του όρους και είναι κατακερματισμένη από ρήγματα. Χαρακτηρίζεται από έντονα καρστικά φαινόμενα. **2) Τον ορεινό όγκο του οροπεδίου Μαρμάρων.** Περιβάλλει από ΒΒΔ ως ΝΝΑ το λεκανοπέδιο. Παρουσιάζει ηπιότερο ανάγλυφο από το Μιτισκέλι και χαρακτηρίζεται επίσης από έντονα καρστικά φαινόμενα. **3) Τα υψώματα κατά μήκος του άξονα της λεκάνης:** Μ. Γαρδίκι, Αγ. Τριάδα, Μπάφρα, Καστρίτσα, Μπιζάνι που διαχωρίζουν τη λεκάνη σε δυο επιμήκεις υπολεκάνες. **4) Την πεδινή έκταση της λεκάνης,** με ομαλό ανάγλυφο, η οποία διαχωρίζεται στις προαναφερθείσες δυο υπολεκάνες.

Το **υδρογραφικό δίκτυο** των ορεινών τμημάτων που περιβάλλουν την λεκάνη (σχ. 3) αποτελείται από πλήθος χείμαρρους που ρέουν προς τα περιθώρια του λεκανοπέδιου αποθέτοντας αλλουβιακούς κώνους και κορήματα. Το **πεδινό τμήμα** στερείται αναπτυγμένου φυσικού υδρογραφικού δικτύου (σχ. 3). Κύρια υδρολογικά χαρακτηριστικά αποτελούν η λίμνη Παμβώτιδα και οι καρστικές πηγές των υπαρειών του Μιτισκέλι. Η φυσική και ανθρωπογενής παρέμβαση έχει διαμορφώσει μια υδρογεωλογική κατάσταση, όπου κύριοι αποδέκτες της λεκάνης απορροής (έκτασης περίπου 350 km<sup>2</sup>) είναι (σχ. 3): **η λίμνη Παμβώτιδα** (συγκεντρώνει τις απορροές του όρους Μιτισκέλι, των Λογγάδων, της σήραγγας Λαγκάτσας και της τάφρου Καστρίτσας), **οι καταβόθρες Μπάφρας, Πεδινής και Αυγού** (αποστραγγίζουν τις ΝΔ περιοχές), **η καταβόθρα Λαγίστας και κυρίως σήμερα η ομόνυμη τάφρος και σήραγγα** (συγκεντρώνει την υπερχείλιση της λίμνης, τις πηγές Σαντινίκου, Κρύας και Τούμπας και γενικά την επιφανειακή απορροή του βόρειου τμήματος) με τελικό αποδέκτη τον ποταμό Κалаμά.

### 2.5. Υδρογεωλογικά χαρακτηριστικά σχηματισμών λεκάνης Ιωαννίνων – Υδρογεωλογικό καθεστώς

Από άποψη υδραυλικής συμπεριφοράς, οι σχηματισμοί του λεκανοπέδιου (σχ. 3) διακρίνονται σε:

- α) Σχηματισμούς πρωτογενούς πορώδους.** Χωρίζονται σε: **Υδροπερατούς**, Τεταρτογενείς παραλίμνιες αποθέσεις και πρόσφατοι κώνοι κορημάτων στα πρανή των ορεινών όγκων. Έχουν υψηλό συντελεστή διαπερατότητας και κατείσδυσης (ευνοούν την ανάπτυξη υδροφόρων) με μικρή επιφανειακή απορροή (0-25%, Λάγκαρης & Νικολάου 1989). **Ημιπερατούς**, αργιλομιγείς άμμοι του λιμναίου Πλειόκαινου, παλαιές προσχώσεις του λόφου Αγίας Τριάδας και τα ανώτερα αποσθρωμένα στρώματα του φλύσχη. **Αδιαπέρατους**, άργιλοι (Περάμα) και κυρίως ο φλύσχος της Ιόνιας σειράς. Παρουσιάζουν μικρό συντελεστή υδροπερατότητας, μικρή ενεργή κατείσδυση και μεγάλη επιφανειακή απορροή.
- β) Σχηματισμούς δευτερογενούς πορώδους.** Ασβεστόλιθοι και τα παλαιά συγκολλημένα κορήματα. Παρουσιάζουν πορώδες ρωγμών. Ιδιαίτερα οι ασβεστόλιθοι (όρος Μιτισκέλι, ανατολικά οροπέδια και υψώματα του λεκανοπέδιου) είναι έντονα καρστικοποιημένοι (καταβόθρες, δολίνες, ουβάλες, σπήλαια, κλπ.). Ο συνδυασμός έντονου τεκτονισμού και καρστικοποίησης **δημιούργησε ένα πολύ καλά αναπτυγμένο υπεδαφικό δίκτυο αγωγών που ευνοεί την μεγάλη κατείσδυση.** Έχουν μεγάλους συντελεστές υδροπερατότητας και ενεργού κατείσδυσης (30-55%, Μαρίνος 1974) και μικρή επιφανειακή απορροή (0-12%) (απουσία ενός πυκνού και συνεχούς ροής υδρογραφικού δικτύου).



Σχ. 3: Μορφοτεκτονικός χάρτης της ευρύτερης περιοχής του λεκανοπέδιου Ιωαννίνων.

Διακρίνονται:

- οι μορφολογικές ενότητες,
- οι βασικές λιθολογίες από άποψη υδρογεωλογικής συμπεριφοράς,
- οι κυριότερες πηγές και καταβόθρες που συνδέονται με τον καρστικό του χαρακτήρα,
- οι σήραγγες και οι τάφροι αποστράγγισης. (Καρακίτσιος 1994, τροποποιημένο)

Fig. 3: Morphotectonic map of the Ioannina plateau region, showing:

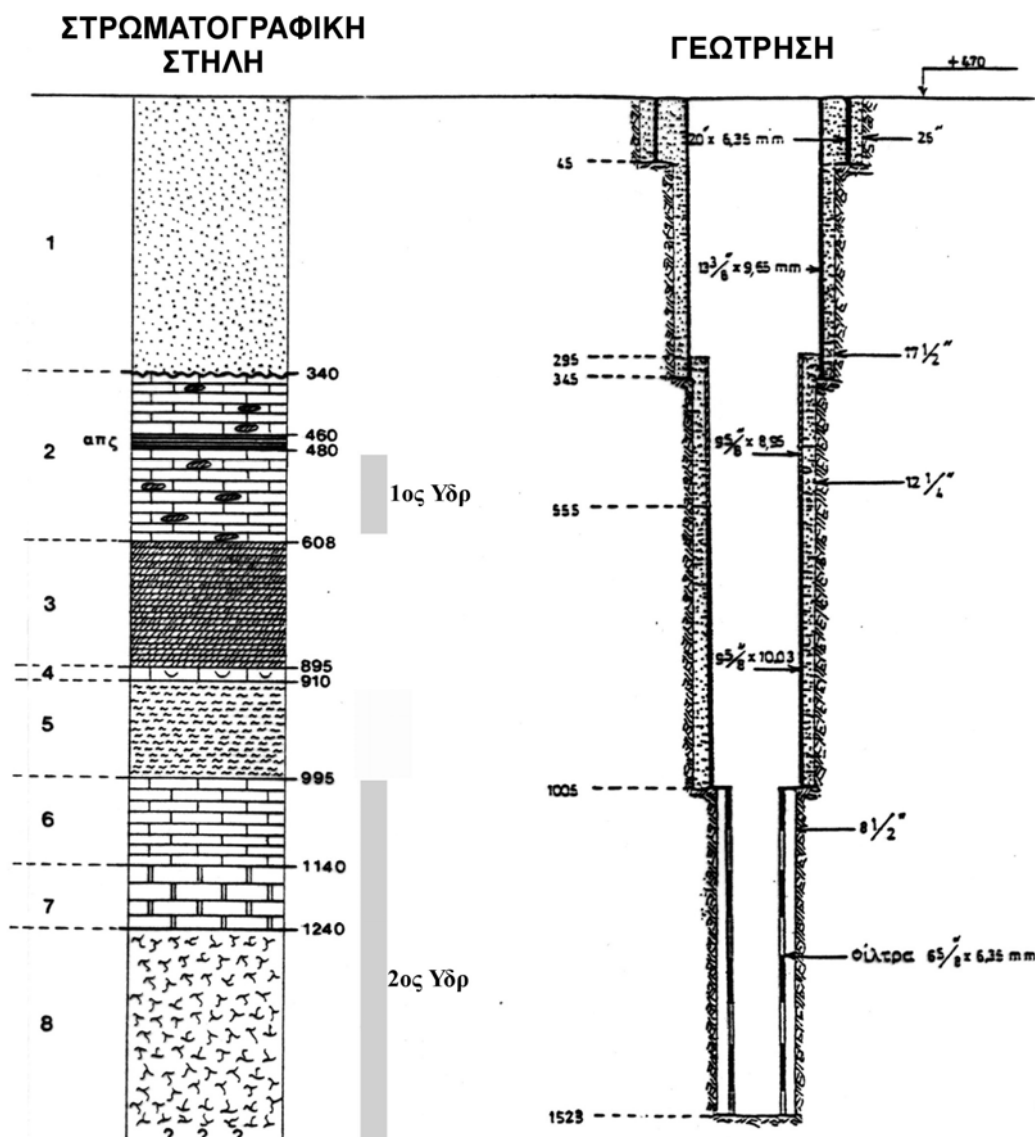
- the morphologic units,
- the basic lithologies of hydrogeological behavior aspect,
- the main springs and avens associated with its karstic character,
- drainage galleries and channels.

(Karakitsios 1994, modified)

Το υδρογεωλογικό καθεστώς συνοψίζεται ως ακολούθως:

Οι ασβεστολιθικοί σχηματισμοί μαζί με τα πλευρικά κορήματα στα πρανή των ορεινών όγκων, αποτελούν ενιαίο υδρογεωλογικό σύστημα. Τα αδιαπέρατα ιζήματα του φλύσχη, λόγω της στρωματογραφικής και τεκτονικής τους θέσης στα ανατολικά και ΝΑ της υδρογεωλογικής ενότητας του όρους Μιτσικέλι δεν επιτρέπουν την καρστική κυκλοφορία παρά μόνο προς τα δυτικά (λεκανοπέδιο Ιωαννίνων), διαμορφώνοντας καθοριστικά τους υπόγειους υδροφορείς του όρους Μιτσικέλι. Οι αργιλο-ιλυολιθικές υδατοστεγανές αποθέσεις του λεκανοπέδιου βοηθούν την αποθήκευση νερού στο υδρογεωλογικό αυτό σύστημα, το οποίο εκτονώνεται μέσω των πηγών των υπωρειών του όρους Μιτσικέλι στο λεκανοπέδιο και τη λίμνη Ιωαννίνων. Επίσης υπάρχει ο φρεάτιος ορίζοντας του λεκανοπέδιου που αναπτύσσεται σε αμμώδεις ανδιαστρώσεις των Νεογενών και Τεταρτογενών αργιλο-ιλυολιθικών οριζόντων.

Σημαντικά νέα υδρογεωλογικά στοιχεία για το λεκανοπέδιο Ιωαννίνων προέκυψαν από τη γεώτρηση στη Μονάδα Βιολογικού Καθαρισμού (Καρακίτσιος et al. 1984, **σχ. 4**). Η εν λόγω γεώτρηση ανακάλυψε δυο βαθιούς υδροφόρους ορίζοντες: Ο 1<sup>ος</sup> στους ασβεστόλιθους Βίγλας σε βάθη 480 ως 610 m από την επιφάνεια. Παρουσίαζε αρτεσιανή ροή με πίεση στην επιφάνεια 5 bar (η παροχή του δεν έγινε γνωστή). Ο 2<sup>ος</sup> στους ασβεστόλιθους Παντοκράτορα και κυρίως σε Τριαδικά λατυποπαγή στα 1000 ως 1520 m. Παρουσίαζε αρτεσιανή ροή (στα 1515 m μετρήθηκε στην επιφάνεια αρτεσιανή πίεση 5 bar και παροχή 27 m<sup>3</sup>/h). Η ερμηνεία των παραπάνω δεδομένων οδηγεί στα εξής **νέα συμπεράσματα** για το υδρογεωλογικό καθεστώς του λεκανοπέδιου: 1) Δεδομένου ότι η γεώτρηση εγκαταστάθηκε σε απόλυτο υψόμετρο περίπου +470 m, προκύπτει ότι η βάση και των δυο υδροφόρων βρίσκεται πολύ κάτω από το επίπεδο βάσης της καρστικοποίησης. Πράγματι, το γενικό επίπεδο βάσης της καρστικοποίησης στην ευρύτερη περιοχή του υδατικού διαμερίσματος Ηπείρου βρίσκεται σε υψόμετρο 250-360 m και καθορίζεται από τις καρστικές πηγές βάσης στις κοίτες των ποταμών Καλαμά, Λούρου και Αράχθου οι οποίες εκφορτίζουν την χαμηλή καρστική ζώνη και την προσχωσιγενή ενότητα του καρστικού συστήματος Ιωαννίνων (Νικολάου et al. 2002). Γενικότερα, στον καθορισμό του επιπέδου βάσης της καρστικοποίησης στην Ήπειρο συμβάλλει η γεωμετρία των αδιαπέρατων ή χαμηλής περατότητας λιθολογικών φραγμάτων της Ιόνιας σειράς που αντιστοιχούν στους σχιστόλιθους με Ποσειδώνιες, τους εβαπορίτες, τους σχιστόλιθους Βίγλας και το φλύσχη (Marinos et al. 1990). Επομένως, οι εν λόγω υδροφόροι ορίζοντες βρίσκονται κάτωθεν του επιπέδου βάσης ο μὲν 1<sup>ος</sup> τουλάχιστον 450 m και ο 2<sup>ος</sup> πλέον των 1300 m. Αυτό σημαίνει ότι ο χώρος ανάπτυξης τους αντιστοιχεί αναμφίβολα σε **τεκτονικά βυθισμένο παλαιοκάρστ**. Υπέρ αυτού συνηγορεί και η μεγάλη διάβρωση που προηγείται της βύθισής του, δεδομένου ότι κάτω από τα μεταλικά ιζήματα του λεκανοπέδιου συναντάμε απευθείας τους ασβεστόλιθους Βίγλας (**σχ.4**), δηλαδή διαβρώθηκαν ο φλύσχος και οι ασβεστόλιθοι Παλαιόκαινου-Ηώκαινου και Σενώνιου. 2) Παρουσιάζουν την ίδια αρτεσιανή πίεση και άρα πιθανότατα έχουν την ίδια πηγή τροφοδοσίας. Αυτή θα πρέπει να έχει υδροστατική στάθμη υδροφόρου 50 μέτρα, πάνω από τη στάθμη του λεκανοπέδιου (+470 m), για να δικαιολογείται η πίεση των 5 bar. Τέτοια πηγή τροφοδοσίας αποτελεί μόνο το καρστικό σύστημα του όρους Μιτσικέλι. 3) Η μικρή θερμοκρασία (16-20 °C) που μετρήθηκε στους δυο υδροφόρους, σε συνδυασμό με τον υπάρχοντα αρτεσιανισμό, δείχνει ότι υπάρχει γρήγορη φόρτισή τους. Τα παραπάνω τροποποιούν προς τα πάνω τα υπόγεια αποθέματα νερού του λεκανοπέδιου και δίνουν έμμεσα νέα στοιχεία για την καρστική κυκλοφορία στο ασβεστολιθικό υπόβαθρο.



Σχ. 4: Γεώτρηση βάθους στη μονάδα βιολογικού καθαρισμού: 1: Νεογενές-Τεταρογενές, 2: ασβεστόλιθοι Βίγλας (απς: σχιστόλιθοι Βίγλας), 3: ανώτεροι σχιστόλιθοι με Ποσειδώνιες, 4: ασβεστόλιθοι με Filaments, 5: κατώτεροι σχιστόλιθοι με Ποσειδώνιες, 6: ασβεστόλιθοι Σινιών, 7: ασβεστόλιθοι Παντοκράτορα, 8: Τριαδικά λατυποπαγή.

Οι δυο υπό πίεση υδροφόροι ορίζοντες βρίσκονται: ο 1ος Υδρ. μεταξύ 480 και 608 μέτρα και ο 2ος Υδρ. κάτω από τα 995 μέτρα. (Καρακίτσιος *et al.* 1994)

Fig. 4: The deep borehole at the biological wastewater unite: 1: Neogene and Quaternary, 2: Vigla limestone (απς: Vigla shale), 3: upper Posidonia beds, 4: limestone with filaments, 5: lower Posidonia beds, 6: Siniaia limestone, 7: Pantokrator limestone, 8: Triassic breccia.

The two artesian aquifers are found: the 1<sup>st</sup> Aquifer between 480 and 608 and the 2<sup>nd</sup> Aquifer below 995 meter.

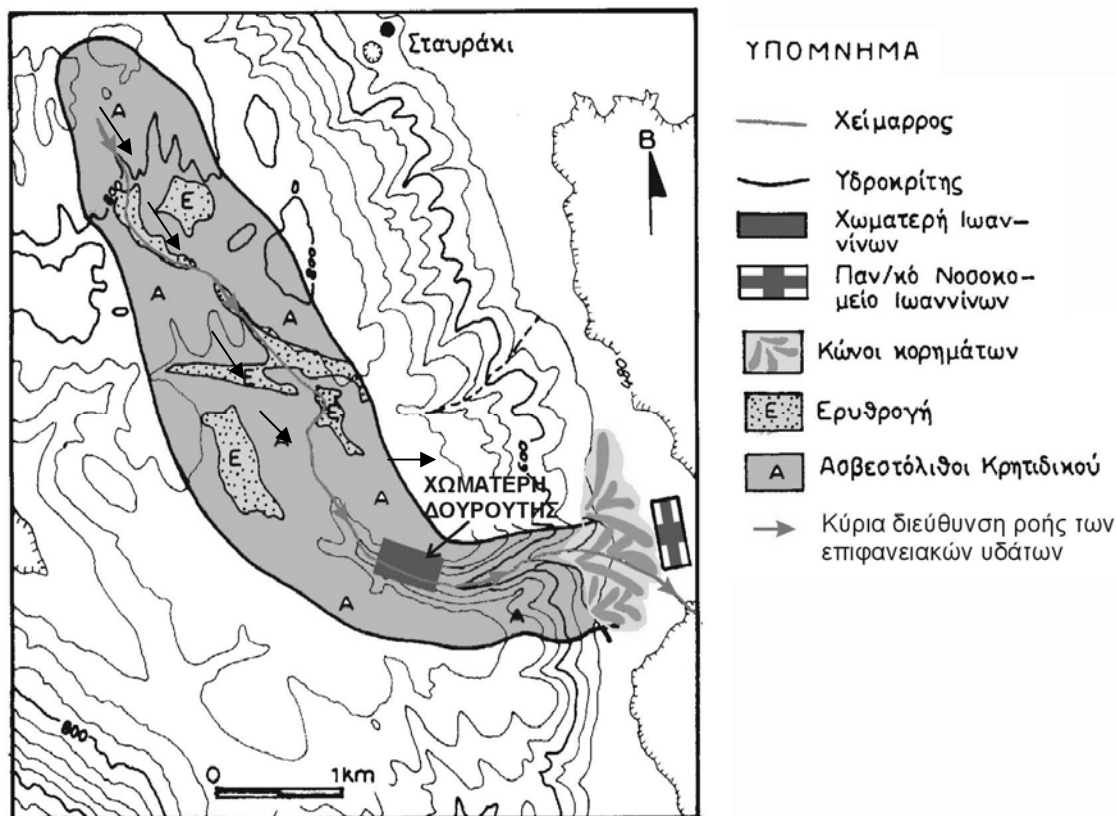
(Karakitsios *et al.* 1994)

### 3. Διαχείριση επιφανειακών και υπογείων υδάτων του λεκανοπέδιου

#### 3.1. Μόλυνση επιφανειακών και υπογείων υδάτων

Από τις αιτίες μόλυνσης του λεκανοπέδιου (χωματερή Δουρούτης, λύματα μη συνδεδεμένων οικισμών του λεκανοπέδιου με το δίκτυο αποχέτευσης, μη βιολογικά επεξεργασμένα βιομηχανικά απόβλητα, χρήση λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων στις αγροτικές καλλιέργειες, κ.α.) σημαντικότερη είναι η χωματερή Δουρούτης, γιατί είναι η μεγαλύτερη σε ρυπογόνο φορτίο, η πλέον μακροχρόνια και η πλέον γεωγραφικά εντοπιζόμενη. Η χωματερή Δουρούτης λειτουργεί πάνω από 50 χρόνια. Η υδρογραφική λεκάνη της περιοχής Δουρούτης έχει συνολικό εμβαδόν περίπου 7 km<sup>2</sup>. Η χωματερή αναπτύσσεται σε κορήματα που εδράζονται σε καρστικοποιημένους κρητιδικούς ασβεστόλιθους που κλίνουν προς τη λεκάνη Ιωαννίνων (σχ. 4). Η μόνη

επεξεργασία που γίνεται είναι η ταφή των απορριμμάτων με περιβάλλοντα κορήματα. Η χωματερή, όπως και το λεκανοπέδιο, βρίσκεται στη ζώνη υψηλής βροχοπτώσης και η υδρογραφική της λεκάνη δέχεται μεγάλες εισροές υδάτων (ο μέσος ετήσιος όγκος κατακρημνισμάτων στη λεκάνη υπολογίζεται σε 7.6 εκατ. m<sup>3</sup>). Αυτό έχει ως συνέπεια την έκπλυση των απορριμμάτων, την εν συνεχεία επιφανειακή μεταφορά ενός μέρους των μολυσμένων υδάτων εντός της λεκάνης Ιωαννίνων και παράλληλα την κατείσδυση του μεγαλύτερου μέρους τους μέσω των κορημάτων και καρστικών ασβεστόλιθων στους υπόγειους υδροφόρους του υποβάθρου με τελικούς αποδέκτες τις καρστικές πηγές που περιβάλλουν το οροπέδιο. Η χωματερή Δουρούτης δεν ικανοποιεί τις συνθήκες υγειονομικής ταφής. Ο χρόνος λειτουργίας της είναι υπερδιπλάσιος των 25 χρόνων, που αποτελούν τη μέγιστη αποδεκτή διάρκεια λειτουργίας ενός ΧΥΤΑ. Η χωματερή θα συνεχίσει να μολύνει για πολλές δεκαετίες μέχρι την αδρανοποίησή της (100 ως 150 χρόνια). Στο λεκανοπέδιο Ιωαννίνων και στην ευρύτερη περιοχή του, υπάρχουν μεγάλες εκτάσεις καλυπτόμενες από φλύσχη, που σε πρώτη προσέγγιση, διασφαλίζουν τη στεγανοποίηση του υποβάθρου. Οι θέσεις εγκατάστασης νέων ΧΥΤΑ πρέπει να αναζητηθούν σε περιοχές φλύσχη με πάχος μεγαλύτερο από 150 μέτρα (για να διασφαλίζεται η στεγανότητα) και με μικρή υδρολογική λεκάνη (ελάχιστη έκπλυση και μεταφορά των ρύπων).



Σχ. 4: Υδρογραφική λεκάνη χωματερής Δουρούτης (Καρακίτσιος & Γκουρνέλλος 1999)

Fig. 4: Hydrographic basin of Dourouti landfill (Karakitsios & Gournellos 1999)

Είναι φανερό ότι οι προαναφερθείσες αιτίες μόλυνσης του λεκανοπέδιου, οι οποίες ενισχύονται λόγω της γρήγορης οικιστικής και βιομηχανικής ανάπτυξης του λεκανοπέδιου Ιωαννίνων, μπορούν να αντιμετωπισθούν ριζικότερα με τον καθορισμό χρήσεων γης για όλο το λεκανοπέδιο.

### 3.2. Αποστραγγιστικό σύστημα λεκανοπέδιου, προβλήματα πλημμυρών, έλεγχος της στάθμης της λίμνης Παμβώτιδας, ελάττωση του ευτροφισμού της

Το αποστραγγιστικό σύστημα του λεκανοπέδιου (σχ. 3) αν και λειτούργησε ικανοποιητικά μέχρι σήμερα δεν έχει δοκιμασθεί ως προς την ικανότητα αποστράγγισης για την περίπτωση ακραίων περιπτώσεων βροχοπτώσης. Αυτό επιβάλλεται να γίνει χωρίς καθυστέρηση σήμερα, γιατί η μεγάλη οικιστική ανάπτυξη που συντελέστηκε στο λεκανοπέδιο έχει ως συνέπεια να ελαττωθεί τουλάχιστον κατά 20% η ελεύθερη επιφάνεια κατείσδυσης των μετεωρικών υδάτων και να αυξηθεί η ποσότητα των νερών που ρέουν επιφανειακά με τελικό αποδέκτη τις τάφρους και τη λίμνη. Πράγματι, τα νερά του νότιου τμήματος του λεκανοπέδιου αποστραγγίζονται στη λίμνη και στη συνέχεια μέσω του υδατοφράκτη Περάματος περνούν στη βόρεια κύρια τάφρο και από τη σήραγγα Λαμίστας καταλήγουν στην λεκάνη του Καλαμά. Το γεγονός αυτό ενέχει μεγάλους κινδύνους



για τοπικές ή γενικότερες πλημμύρες στο λεκανοπέδιο, γιατί σε ακραία ισχυρές βροχοπτώσεις είναι δυνατόν οι εισροές υδάτων στο νότιο τμήμα της λίμνης να είναι πολύ μεγαλύτερες από τη δυνατότητα εκροής μέσω του υδατοφράκτη του βόρειου τμήματος (Πέραμα) και της βόρειας κύριας τάφρου αποστράγγισης προς τη σήραγγα Λαγίστας. Απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή αν λάβει κανείς υπόψη τα ιστορικά στοιχεία για πλημμύρες της πόλης και του λεκανοπέδιου εξαιτίας της ανόδου της στάθμης της λίμνης (Nicod 1972, Schlafli 1981). Η μελέτη προς αυτή την κατεύθυνση πρέπει να γίνει σε συνδυασμό με την επαναλειτουργία της λίμνης Λαγίστας, η οποία αφενός θα αποκαταστήσει την ισορροπία του οικολογικού και υδρολογικού συστήματος του λεκανοπέδιου, και αφετέρου θα αποτελέσει αποδέκτη ενδεχόμενων πλημμυρών του λεκανοπέδιου σε ακραία ισχυρές βροχοπτώσεις και δεξαμενή νερού κατά τις άνομβρες/ζηρές περιόδους. Επίσης, η μελέτη θα δοκιμάσει θεωρητικά τις εισροές υδάτων από ακραία ισχυρές βροχοπτώσεις με την υπάρχουσα διατομή των τάφρων και διάμετρο της σήραγγας και αν προκύπτουν κίνδυνοι πλημμύρας, θα εκτιμήσει το εύρος του υδατοφράκτη Περάματος, τη διατομή των τάφρων αποστράγγισης και (ενδεχομένως) τη διάμετρο εκροής της σήραγγας Λαγίστας, ώστε να αποτρέπονται οι πλημμύρες.

### 3.3. Αποκατάσταση της λίμνης.

Η λίμνη Παμβώτιδα είναι σήμερα οικολογικά υποβαθμισμένη (*ευτροφική*). Οι *παρεμβάσεις* που έγιναν (παραλιακοί δρόμοι, τοιχία, μπαζώματα, οικοπεδοποίηση του πεδίου πλημμύρας της λίμνης) είχαν αρνητικές επιπτώσεις στο οικοσύστημά της και συνέβαλαν βαθμιαία στην αλλαγή της φυσικής παραλίας, στη μείωση της έκτασης της λίμνης (*ιδιαίτερα του πεδίου πλημμύρας της*), του συνολικού όγκου νερού της και την δυνατότητα αυτοκαθαρισμού της. Επίσης, στη λίμνη συσσωρεύτηκαν πολλές *χρήσεις* (άρδευση, αλιεία, ναυταθλητισμός, γεωργία στο πεδίο πλημμύρας της, αποδέκτης επιφανειακών υδάτων) συμβάλλοντας στην περαιτέρω υποβάθμισή της. Πιο επιβαρυντική είναι η άρδευση γιατί προκαλεί ταπείνωση της στάθμης. *Ας σημειωθεί, ότι αν δεν είχε γίνει ο βιολογικός καθαρισμός τριτοβάθμιας επεξεργασίας των λυμάτων Ιωαννίνων η υποβάθμισή της θα ήταν πολύ μεγαλύτερη.*

Οι δυνατότητες παρέμβασης για την βελτίωση της τροφικής κατάστασης της λίμνης, είναι:

1) η ελάττωση των εισροών των θρεπτικών αλάτων (οργανικό φορτίο), 2) η αύξηση του όγκου της λίμνης και 3) η μείωση του μέσου υδραυλικού χρόνου παραμονής των νερών. Η **1η** είναι κυρίως θέμα νομοθετικής ρύθμισης και ελέγχου της χρησιμοποιούμενης ποσότητας λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων στις αγροτικές καλλιέργειες του λεκανοπέδιου. Η **2<sup>η</sup>** μπορεί να γίνει με *αύξηση της επιφανειακής έκτασης και του βάθους της*. Για την αύξηση της έκτασης δεν έχουμε πολλά περιθώρια δράσης επειδή σκοντάφτουμε στην κατάσταση που διαμορφώθηκε. Για την αύξηση του βάθους, έχει κατά καιρούς προταθεί ως λύση η *εκβάθυνση της λίμνης με αναρρόφηση της λάσπης*. Η ενέργεια αυτή είναι εφικτή, αλλά χωρίς λεπτομερή μελέτη ενέχει εκτός από πολλές άλλες περιβαλλοντικές επιπτώσεις, κυρίως τον κίνδυνο να αποκαλυφθούν καταβόθρες του βυθού της με συνέπεια τη διαφυγή του νερού προς τους καρστικούς αγωγούς του υποβάθρου. Γι' αυτό το λόγο, η ανάληψη μιας τέτοιας ενέργειας προϋποθέτει: **α) χαρτογράφηση του πυθμένα** της λιμνολεκάνης Παμβώτιδας (χάρτης ισοβαθών) και προσδιορισμός της ακτογραμμής της. Η χαρτογράφηση θα αποτελεί βάση αναφοράς για οποιαδήποτε μελλοντική μεταβολή, **β) εκτίμηση του πάχους των ασύνδετων ιζημάτων** του πυθμένα της λίμνης (δηλαδή χάρτη ισοπαχών), **γ) χαρτογράφηση των περιοχών του πυθμένα της λίμνης που επιδέχονται** εκβάθυνση καθώς και το βάθος ασφαλούς εκβάθυνσης του πυθμένα για κάθε επιμέρους περιοχή, δεδομένου ότι χρειάζεται ένα ορισμένο πάχος ασύνδετων ιζημάτων για να διασφαλίζεται η στεγανότητα του καρστικού υποβάθρου της λιμνολεκάνης. Η **3<sup>η</sup>**: στο παρελθόν προτάθηκε ο *εμπλουτισμός της λίμνης με νερά της υδρολογικής λεκάνης Αράχθου*. Η ενέργεια αυτή έχει ανεξέλεγκτες περιβαλλοντικές επιπτώσεις για την λεκάνη του Αράχθου. Πιθανότατα είναι και νομικά αδύνατη, δεδομένου ότι τα φράγματα που εκμεταλλεύεται η ΔΕΗ (πχ. Πουρναρίου κ.α.), έχουν γίνει με προϋπόθεση το υφιστάμενο καθεστώς της λεκάνης Αράχθου. Η ενέργεια αυτή δεν είναι σκόπιμη για μια περιοχή που χαρακτηρίζεται από υψηλό βροχομετρικό ύψος και μεγάλη εισροή υδάτων (επιφανειακά και υπόγεια) από τους ορεινούς όγκους που την περιβάλλουν. Αντίστοιχη με την προηγούμενη ενέργεια είναι και εκείνη στην οποία προέβη η Νομαρχία Ιωαννίνων, δηλαδή τον **εμπλουτισμό των νερών της λίμνης με γεωτρήσεις από τον υδροφόρο των υπωρειών του όρους Μιτσικέλι**. Συγκεκριμένα, οι **πέντε γεωτρήσεις μεγάλης** διαμέτρου (13 ίντσες) που εγκατέστησε η Νομαρχία στον παραλίμνιο δρόμο (αρχίζουν από τις πηγές Μπλιτς και φθάνουν μέχρι 1 χιλιόμετρο περίπου νοτιότερα) είναι όλες τοπογραφικά εγκατεστημένες ενάμισι έως τέσσερα μέτρα υψηλότερα από τη στάθμη της λίμνης, και σε απόσταση μικρότερη από δέκα μέτρα από τις ανατολικές όχθες της λίμνης. Ο κίνδυνος από αυτές τις γεωτρήσεις είναι τεράστιος για την μόλυνση του υδροφόρου των υπωρειών του όρους Μιτσικέλι, γιατί λόγω της ταπείνωσης της στάθμης του κάτω από τη στάθμη

της λίμνης εξαιτίας της άντλησης και δεδομένης της εγγύτητάς τους με την λίμνη είναι βέβαιη η εισροή νερού από τη λίμνη στον υδροφόρο και επομένως η αναπόφευκτη μόλυνσή του. Επομένως, επιβάλλεται η άμεση κατάργηση της λειτουργίας των γεωτρήσεων.

Μείωση του μέσου υδραυλικού χρόνου παραμονής των υδάτων της λίμνης *μπορεί να επιτευχθεί με την ορθολογική διαχείριση των υδάτων του λεκανοπέδιου*, κυρίως με την αναδιάρθρωση των χρήσεων των υδάτων της λίμνης και του λεκανοπέδιου γενικότερα. Σε αυτή συμπεριλαμβάνεται: α) η ελεύθερη ροή όλων των πηγών (που τροφοδοτούσαν τη λίμνη) και αποκόπηκε με την επιχωμάτωση της λίμνης, β) η αποδέσμευση της λίμνης από την άρδευση, γ) η επαναλειτουργία της λίμνης Λαγίστας (που αποξηράθηκε) ως δεξαμενής νερού.

Τέλος, ο καθορισμός χρήσεων γης σε όλο το λεκανοπέδιο επιβάλλεται να δώσει ιδιαίτερη έμφαση περίξ της λίμνης, με τη δημιουργία μιας ζώνης ασύλυτης προστασίας που θα συμβάλλει στην αναβάθμιση της λίμνης και της παραλίμνιας περιοχής.

### **3.4. Επάρκεια υδάτων - Ποιότητα υδάτων - Προσπορισμός νέων υδάτων**

Οι σημερινές ανάγκες του λεκανοπέδιου Ιωαννίνων σε νερό ικανοποιούνται επαρκώς κυρίως από τα υπόγεια ύδατα του καρστικού συστήματος του όρους Μίτσικέλι. Τα εμφανιζόμενα ορισμένες φορές προβλήματα ανεπάρκειας, περιορίζονται στην άρδευση του λεκανοπέδιου. Αυτά θα εκλείψουν με την εφαρμογή ενός *Συστήματος Ορθολογικής Διαχείρισης* όλων των υδάτων της ευρύτερης περιοχής. Ένα τέτοιο σύστημα θα ενισχύσει και θα διαφυλάξει τα αποθέματα υπογείου νερού. Ακόμη και όταν χρειασθούν επιπλέον ποσότητες νερού, οι οποίες θα προσπορισθούν, είτε με εντατικότερη εκμετάλλευση των ήδη γνωστών υδροφόρων οριζόντων, είτε με την ανεύρεση και εκμετάλλευση νέων, *η εκμετάλλευση θα πρέπει να γίνει κατά τρόπο ώστε να αναστηλώνονται οι υδάτινοι πόροι, δηλαδή η ανάπτυξη της περιοχής να διασφαλίζει την αειφορία του αγαθού που ονομάζεται «νερό».*

Η *ποιότητα των υδάτων* ύδρευσης του Λεκανοπέδιου είναι πολύ καλή. Τα εμφανιζόμενα ορισμένες φορές προβλήματα μικροβιακού φορτίου στις υδροληψίες Κρύας και Τούμπας, είναι απόρροια της *μη ύπαρξης ζωνών περιμετρικής προστασίας των υδροληψιών*. Ως εκ τούτου, επιβάλλεται η άμεση οριοθέτηση και εφαρμογή τους. Κυρίως, *πρέπει να κατανοηθεί ότι, η επάρκεια και καθαρότητα των υδάτων του λεκανοπέδιου Ιωαννίνων, καθώς και η διατήρηση της στάθμης της λίμνης δεν είναι παρά μόνο πρόβλημα ορθολογικής διαχείρισής τους*. Σημαντική ενέργεια προς τη κατεύθυνση αυτή θα αποτελέσει η μελλοντική κατάργηση των παράνομων γεωτρήσεων και η απαγόρευση της άρδευσης από τη λίμνη. *Γεωτρήσεις θα πρέπει να κάνει μόνο ένας ενιαίος φορέας (π.χ. Δ.Ε.Υ.Α.Ι.) και να τις αξιοποιεί κατά τρόπο που να διασφαλίζεται η αειφορία των αποθεμάτων.*

Ενέργειες για τον προσπορισμό νέων αποθεμάτων νερού, είναι: 1) *Η επαναλειτουργία της λίμνης Λαγίστας* (δεξαμενή νερού) η οποία θα διασφαλίσει, τόσο νέους πόρους ύδατος για άρδευση και έλεγχο της στάθμης της λίμνης, όσο και την αποφυγή πλημμυρών στο λεκανοπέδιο Ιωαννίνων. 2) *Η αξιοποίηση των υδροφόρων που αποκάλυψε η γεώτρηση Βιολογικού Καθαρισμού.*

**Βασική προϋπόθεση** για όλες τις ενέργειες που αναφέρθηκαν παραπάνω είναι η ενημέρωση και αποδοχή της αναγκαιότητάς τους αλλά και η υποστήριξή τους από μέρους των πολιτών του λεκανοπέδιου. *Είναι δηλαδή θέμα περιβαλλοντικής και πολιτιστικής συνείδησης των πολιτών του λεκανοπέδιου.*

Τέλος, τα θετικά αποτελέσματα θα γίνουν πολλαπλάσια με την εγκατάσταση ενός συστήματος ηλεκτρονικής διαχείρισης των υδάτων του λεκανοπέδιου, μέσω μεταφοράς πληροφοριών από κατάλληλα επιλεγμένα κομβικά σημεία του και επεξεργασίας τους σε μια κεντρική μονάδα (π.χ. Δ.Ε.Υ.Α.Ι.).

## **4. Συμπεράσματα**

1- Το λεκανοπέδιο Ιωαννίνων αποτελεί μια ευρεία καρστική λεκάνη που δημιουργήθηκε από τη διάβρωση των ασβεστολίθων σε συνδυασμό με την ιδιαίτερη τεκτονική της περιοχής. 2- Τροφοδοτείται υπόγεια με νερό από το καρστικό σύστημα του όρους Μίτσικέλι μέσω πηγών που εκτονώνονται στις υπώρειές του. 3- Σημαντικά νέα υδρογεωλογικά στοιχεία προκύπτουν από την ανακάλυψη δυο βαθιών (κάτω από επίπεδο βάσης της καρστικής διάβρωσης) αρτεσιανών οριζόντων που αναπτύσσονται εντός τεκτονικά βυθισμένου παλαιοκάρστ. 4- Το σοβαρότερο κίνδυνο εξαιτίας της ανθρώπινης δραστηριότητας αποτελεί η χωματερή Δουρούτης. Νέοι ΧΥΤΑ πρέπει να επιλεγούν σε θέσεις εντός κατάλληλων περιοχών φλύσχη. 5- Να καθοριστούν και εφαρμοστούν ζώνες χρήσης γης στο λεκανοπέδιο με ιδιαίτερη έμφαση περίξ της λίμνης. 6- Να καθοριστούν και εφαρμοστούν ζώνες περιμετρικής προστασίας στις υδροληψίες πόσιμου νερού. 7- Το αποστραγγιστικό σύστημα του λεκανοπέδιου για να αποτρέψει πλημμύρες οφείλει να μελετηθεί σε συνδυασμό με την επαναλειτουργία της λίμνης Λαγίστας (δεξαμενή περίσσειας υδάτων). 8- Η εκβάθυνση του πυθμένα της λίμνης Παμβώτιδας συμβάλλει στην αποκατάστασή της, επιβάλλεται όμως πριν η χαρτογράφηση της τοπογραφίας του πυθμένα και του πάχους των ασύνδετων ιζημάτων του. 9- Για τη διατήρηση της στάθμης της λίμνης και τον προσπορισμό νέων υδάτων στο λεκανοπέδιο, θα συμβάλλουν, η επαναλειτουργία της λίμνης Λαγίστας και η αξιοποίηση των βαθιών υδροφόρων οριζόντων που αποκάλυψε η γεώτρηση στο χώρο βιολογικού καθαρισμού.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- Karakitsios, V., 1992. Ouverture et inversion tectonique du bassin ionien (Epire, Grèce). *Ann. Geol. Pays Hell.*, **35**, 185-318.
- Καρακίτσιος, Β., 1994. *Η καρστική λεκάνη Ιωαννίνων (ΒΔ Ελλάδα), οι δυσμενείς ανθρωπογενείς δραστηριότητες σ' αυτή και οι τρόποι αντιμετώπισής τους*. 5<sup>ο</sup> Διεθνές Συνέδριο, Αθήνα-Κρήτη Νοέμβριος 1994, "Ανάπτυξη, εξέλιξη και περιβάλλον σπηλαίων", **XXI**, 515-531.
- Karakitsios, V., 1995. The influence of preexisting structure and halokinesis on organic matter preservation and thrust system evolution in the Ionian basin, Northwestern Greece. *AAPG Bulletin*, **79**, 960-980.
- Καρακίτσιος, Β., Σκουνάκης, Σ. & Γεωργιάδης Λ., 1994. *Ερευνα υπόγειας διάθεσης των επεξεργασμένων λυμάτων της πόλης των Ιωαννίνων. Υδρογεωλογικές και περιβαλλοντολογικές παρατηρήσεις*. Πρακτικά 7<sup>ου</sup> Επιστημονικού Συνεδρίου, Θεσσαλονίκη, Μάιος 1994, Δελτίο Ε.Γ.Ε., **XXXIV**, 97-113.
- Καρακίτσιος, Β. & Γκουρνέλλος, Θ., 1999. *Καρστικό λεκανοπέδιο Ιωαννίνων και περιβαλλοντικές επιπτώσεις της Χωματερής Δουρούτης*. Πρακτικά 5<sup>ου</sup> Πανελλήνιου Γεωγραφικού Συνεδρίου (Αθήνα 11-13 Νοεμβρίου 1999), 569-580.
- Λάγκαρης, Β. & Νικολάου, Ε., 1989. *Η εξέλιξη των υδρογεωλογικών συνθηκών της στενότερης περιοχής της λίμνης Ιωαννίνων και οι παράγοντες που επέδρασαν στις ποσοτικές και ποιοτικές της παραμέτρους*. Δημερίδα 23-24 Σεπτεμβρίου, Πρέβεζα: "προτάσεις για την εξυγίανση της λίμνης Παμβώτιδας", 1-27.
- Μαρίνος, Π., 1974. *Υδρογεωλογική Μελέτη και γεωτρήσεις πηγών Κρύας Ιωαννίνων*. ΥΔΡΟΕΡΕΥΝΑ Α.Ε., Νομαρχία Ιωαννίνων.
- Marinos, P.G, Stoumaras, G.C., & Karotsieris, Z.A., 1990. *Ensembles karstiques et dispersion des écoulements souterrains en Grèce du NW. Le cas des bassins des rivières Louros et Arakthos*. MEMOIRES of the 22nd Congress of IAH, Lausanne, XXII, 872-882.
- Nicod, J., 1972. Pays et paysages du calcaire. Presse Univ. de France, coll. "Le Géographe", Paris.
- Νικολάου, Ε., Αγγελόπουλος Χ. & Πάσχος, Π., 2002. *Καρστικό υδροφόρο σύστημα Ιωαννίνων: Μηχανισμός λειτουργίας και υδραυλική σχέση λίμνης Παμβώτιδας με το καρστ*. Πρακτικά 6<sup>ου</sup> Πανελλήνιου Υδρογεωλογικού Συνεδρίου, Ξάνθη, 13 σελ., 12<sup>η</sup> εργασία CD-ROM Συνεδρίου.
- Schlaefli, A., 1981. *Δοκίμιο Κλιματολογίας της κοιλάδας των Ιωαννίνων (1858-1860)*, Μετάφραση Γ. Πετσάλη. Ηπειρωτικό Ημερολόγιο, Ιωάννινα.