

ΧΡΗΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ G.I.S. ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΡΕΥΝΑ
ΤΗΣ ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΗΣ ΚΑΙ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ
ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΤΟΥ ΠΗΝΕΙΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΤΗΣ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

Μ. Μουστάκα¹, Α. Σωτηριάδης¹, Α. Ψιλοβίκος¹

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην εργασία αυτή έγινε προσπάθεια οργάνωσης τράπεζας γεωγραφικών πληροφοριών (G.I.S.), με βάση τις οποίες εκτιμήθηκαν ορισμένες κλιματικές, υδρογεωλογικές και υδρολογικές παράμετροι της λεκάνης του Πηνειού ποταμού της Θεσσαλίας.

Έγινε διαίρεση της λεκάνης απορροής του Πηνειού ποταμού, που ουσιαστικά συμπίπτει με το γεωγραφικό διαμέρισμα της Θεσσαλίας, σε τέσσερα επιμέρους βυθίσματα: Καλαμπάκας - Τρικάλων, Καρδίτσας - Φαρσάλων, Λάρισας - Κάρλας και Ελασσώνας - Τυρνάβου.

Ακολούθησε η ψηφιοποίηση των γεωμορφολογικών, υδρογραφικών, γεωλογικών, υδρογεωλογικών και κλιματικών στοιχείων των τεσσάρων βυθισμάτων της Θεσσαλίας, με βάση τα οποία έγιναν εκτιμήσεις για τις αναμενόμενες παραμέτρους των κατακρημνισμάτων, της εξατμισοδιαπνοής, της επιφανειακής και της υπόγειας απορροής (υδατικό δυναμικό).

Εκτιμήθηκαν επίσης οι ανάγκες του Θεσσαλικού κάμπου σε αρδευτικό νερό με βάση τις καλλιεργούμενες εκτάσεις.

Από ταυτόχρονη επεξεργασία στοιχείων για τη στάθμη και την παροχή του Πηνειού στην έξοδο της κοιλάδας των Τεμπών, έγιναν εκτιμήσεις για την πραγματική απορροή του ποταμού και συγκριτικές παρατηρήσεις για την αναμενόμενη απορροή βάσει των προηγούμενων εκτιμήσεων.

SUMMARY

This paper attempts to organise a data bank of G.I.S. for the Peinios river drainage basin of Thessaly, Greece, which was divided into four sub-basins: Kalambaka – Trikala and Karditsa – Farsala in the west, as well as Larisa - Karla and Elassona – Tirnavos in the east.

Information concerning geomorphology, hydrography, geology, climate, hydrogeology and hydrology were used to estimate the annual runoff of Peinios river ($2434,45 * 10^6 m^3$).

Based on hydrological measurements of Peinios river and important springs in Thessaly the real average annual runoff was calculated ($2520 * 10^6 m^3$).

The irrigation needs for the entire Thessaly were also taken into account.

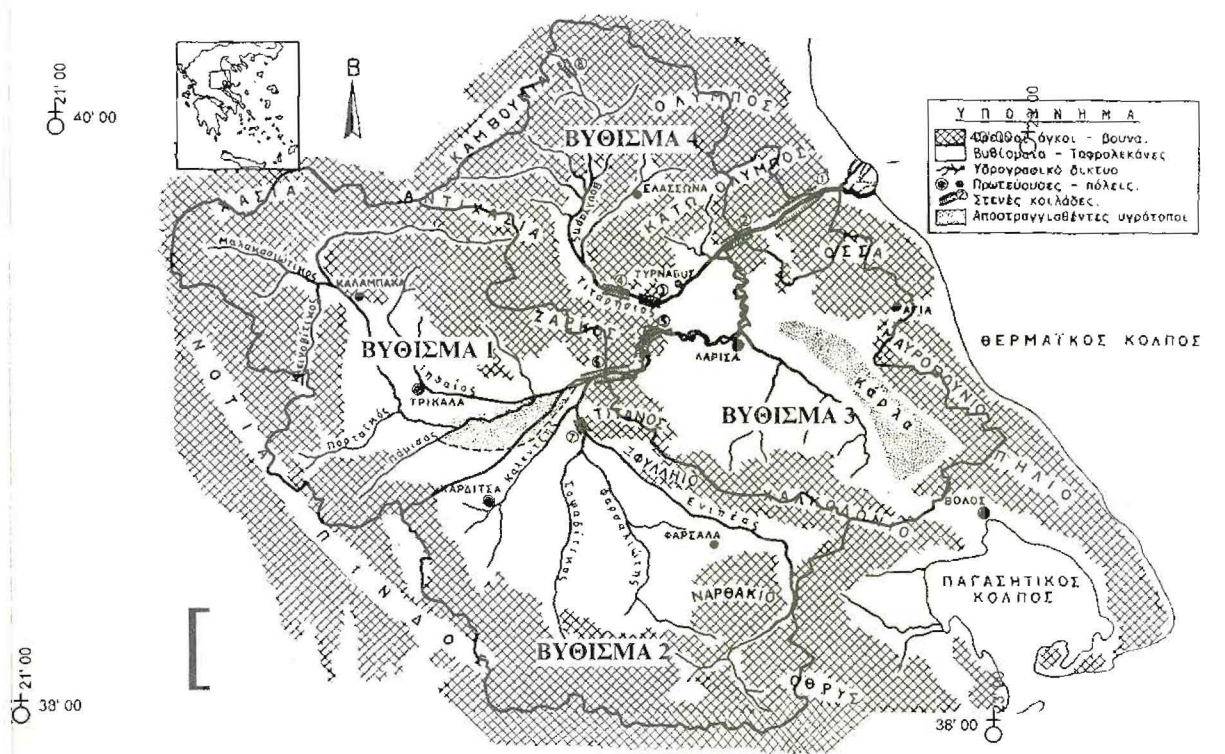
The very small difference ($70 * 10^6 m^3$) resulted from the comparison of the above two methods indicate that in case of lack of field measurement the application of G.I.S. methods yields reliable results.

¹ Εργαστήριο Φυσικής Γεωγραφίας Τομέας Γεωλογίας και Φυσικής Γεωγραφίας, Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ. Θεσσαλονίκη, 54006

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η εργασία αυτή έχει στόχο να συγκεντρώσει, να επεξεργαστεί και να παρουσιάσει γεωμορφολογικές, γεωλογικές, υδρογραφικές, κλιματικές, υδρολογικές και λοιπές επιστημονικές πληροφορίες για τη λεκάνη του Πηνειού ποταμού της Θεσσαλίας στη μορφή Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (G.I.S.).

Είναι γνωστό ότι η υδρολογική λεκάνη του Πηνειού ποταμού συμπίπτει σχεδόν με τα όρια του γεωγραφικού διαμερίσματος της Θεσσαλίας (σχ. 1). Αναπτύσσεται μάλιστα στο χώρο του μεγάλου ενδοορεινού βυθίσματος το οποίο οριοθετείται ανατολικά από τα όρη Πιέρια, Όλυμπος, Όσσα, Μαυροβούνιο και Πήλιο, δυτικά από την οροσειρά της νότιας Πίνδου, βόρεια από τους ορεινούς όγκους των Χασίων - Αντιχασίων - Καμβούνιων - Πιερίων και νότια από την οροσειρά της Όθρυος και μικρότερους ημιορεινούς όγκους (Χαλδόνιο κ.λ.π.)



Σχήμα 1. Η λεκάνη του Πηνειού με τα επιμέρους 4 βυθίσματα

Στο κέντρο περίπου του προαναφερόμενου βυθίσματος της Θεσσαλίας αναπτύσσεται μια επιμήκης ράχη στην οποία ξεχωρίζουν οι κορυφές Ζάρκος, Τίτανος, Φυλληίο και Χαλδόνιο. Η ράχη αυτή χωρίζει την πεδινή Θεσσαλία σε δύο επιμέρους βυθίσματα:

- Το βύθισμα της Δυτικής Θεσσαλίας (Καλαμπάκας - Τρικάλων - Καρδίτσας - Φαρσάλων), το οποίο θεωρείται ενιαίο
- Το βύθισμα της Ανατολικής Θεσσαλίας, το οποίο περιλαμβάνει τις μικρότερες ταφρολεκάνες Σαρανταπόρου - Ελασσόνας και Τυρνάβου - Λάρισας / Κάρλας.

Το βύθισμα της Θεσσαλίας είναι μορφολογικά κλειστό προς τη θάλασσα του Αιγαίου Πελάγους (Θερμαϊκός κόλπος). Η μοναδική οδός επικοινωνίας και αποστράγγισης του βυθίσματος είναι ο Πηνειός ποταμός, ο οποίος διέρχεται από την κοιλάδα των Τεμπών και εκβάλλει στο Θερμαϊκό κόλπο. Η ευρύτερη περιοχή της Θεσσαλίας κυριαρχείται από την παρουσία τριών μεγάλων γεωτεκτονικών ζωνών (Μουντράκης 1985):

- Της Πελαγονικής ζώνης, η οποία κατέχει το ανατολικό και κεντρικό τμήμα της Θεσσαλίας. Στην ζώνη αυτή επικρατούν μεταμορφωμένα πετρώματα γνευσίων, σχιστολίθων και μαρμάρων, ενώ σημαντική είναι επίσης η παρουσία ασβεστολίθων και οφειολίθων.
- Της ζώνης της Πίνδου, η οποία κατέχει το δυτικό τμήμα της Θεσσαλίας και ταυτίζεται με τον ορεινό όγκο της οροσειράς της Ν. Πίνδου. Στην ζώνη αυτή επικρατούν οι σχηματισμοί του φλύσχη και των ασβεστολίθων.
- Της Υποπελαγονικής ζώνης ή ζώνης Οφιολίθων, η οποία κατέχει τον ενδιάμεσο χώρο μεταξύ των ζωνών Πελαγονικής και Πίνδου. Εντοπίζεται στο χώρο της Δ. Θεσσαλίας, βαίνει παράλληλα και σε επαφή με τη ζώνη της Πίνδου και αποτελείται από προαλπικά μεταμορφωμένα πετρώματα και οφειολίθους.

ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

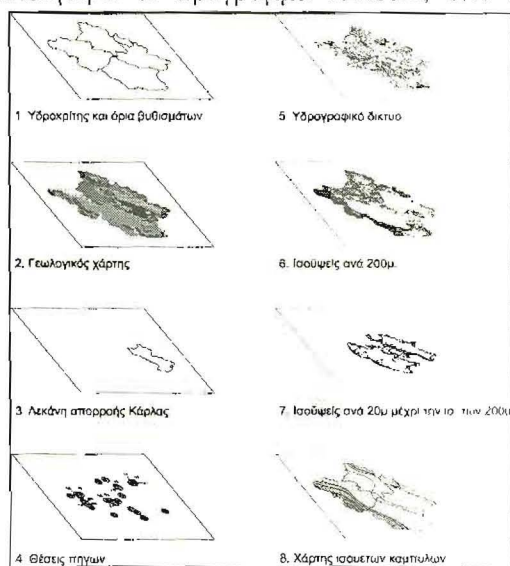
Για τη διεξαγωγή της έρευνας αυτής χρησιμοποιήθηκαν

- Τοπογραφικοί χάρτες κλίμακας 1:250.000, για την αποτύπωση των ισοϋψών και των υδρογραφικών στοιχείων
- Γεωλογικοί χάρτες 1:500.000, για την αποτύπωση της λιθολογίας
- Κλιματικά στοιχεία από δίκτυο μετεωρολογικών σταθμών (Νικολάκης 1985, Μπαλαφούτης 1988)
- Υδρογεωλογικά στοιχεία από απογραφή καρστικών πηγών παροχής μεγαλύτερης από 10 lt/sec (ΙΓΜΕ 1980)
- Υδρολογικά στοιχεία μετρήσεων της παροχής και της απορροής του Πηνειού (Υ.Ε.Β. Λάρισας, Δ.Ε.Κ.Ε.)
- Στοιχεία για τις καλλιέργειες και τις ανάγκες της περιοχής σε αρδευτικό νερό (Γκούμας 1996).

Για την επεξεργασία των πληροφοριών αυτών χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα «Excel», ενώ η ψηφιοποίησή τους έγινε με το πρόγραμμα «Map-Info» (Ευγενική προσφορά της χρήσης του πακέτου από το νόμιμο αντιπρόσωπο της Map-Info στη Θεσσαλονίκη κ. Οδυσσέα Χρίστου και τη «GEOINFO»). Η ψηφιοποίηση έγινε μέσω της οθόνης ηλεκτρονικού υπολογιστή (PC).

Δημιουργήθηκε έτσι μια τράπεζα πληροφοριών για την περιοχή, από ψηφιοποιήσεις των επιμέρους χαρτών, που περιλαμβάνει τα παρακάτω επίπεδα (σχ. 2):

1. Υδροκριτική γραμμή της λεκάνης απορροής του Πηνειού ποταμού και όρια επιμέρους υπολεκάνων
2. Συνοπτικό Γεωλογικό χάρτη
3. Όρια λεκάνης απορροής της τέως λίμνης Κάρλας
4. Θέσεις πηγών με παροχή μεγαλύτερη από 10lt/h.
5. Υδρογραφικό δίκτυο
6. Χάρτη ισοϋψών ανά 200m
7. Χάρτη ισοϋψών ανά 20m μέχρι την ισοϋψή των 200m



Σχήμα 2. Επίπεδα πληροφοριών για τη λεκάνη του Πηνειού

Ισοϋετείς καμπύλες ετήσιες και μηνιαίες τόσο για όλη

τη λεκάνη απορροής του Πηνειού ποταμού όσο και για τη λεκάνη απορροής της

Στόχος της προσπάθειας αυτής ήταν η διερεύνηση των δυνατοτήτων επιστημονικής προσέγγισης ζητημάτων που αφορούν στη λειτουργία της λεκάνης της Θεσσαλίας και του Πηνειού ποταμού σε σχέση βέβαια με τις ανθρώπινες δραστηριότητες. Για το λόγο αυτό η έρευνα έγινε σε τρία στάδια:

- Στάδιο 1. Συγκέντρωση και επεξεργασία στοιχείων που οδηγούν στην εκτίμηση της απορροής της λεκάνης του Πηνειού
- Στάδιο 2. Συγκέντρωση και επεξεργασία στοιχείων υδρολογίας του Πηνειού για τον υπολογισμό της συνολικής απορροής του
- Στάδιο 3. Συγκέντρωση και επεξεργασία στοιχείων για τις ανάγκες της Θεσσαλίας σε νερό (κυρίως αρδευτικές) και τρόπος που αυτές επηρεάζουν τα υδρολογικά στοιχεία της λεκάνης

Λόγω της έκτασης του υδρογραφικού δικτύου της Θεσσαλίας κρίθηκε σκόπιμος ο χωρισμός της λεκάνης σε 4 επιμέρους βυθίσματα (σχ. 1) με βάση τη γεωμορφολογία και το υδρογραφικό δίκτυο, ώστε να γίνει ποσοτική επεξεργασία σε κάθε βύθισμα ξεχωριστά και να συγκριθούν έπειτα τα αποτελέσματα. Κεντρικός άξονας στο χωρισμό αυτό θεωρήθηκε περίπου η κοίτη του Πηνειού ποταμού.

- **Βύθισμα 1:** Καλαμπάκας - Τρικάλων (Με κυριότερους κλάδους τους Μαλακασιώτικο - Κλεινοβίτικο - Ληθαίο - Πορταϊκό - Πάμισο), με έκταση 2918 km².
- **Βύθισμα 2:** Καρδίτσας - Φαρσάλων (με κυριότερους κλάδους τους Καλέντζη - Σοφαδίτικο - Φαρσαλιώτη - Ενιπέα), με έκταση 3244 km².
- **Βύθισμα 3:** Λάρισας - παλιάς λίμνης Κάρλας, με έκταση 2098 km².
- **Βύθισμα 4:** Ελασσώνας - Τυρνάβου (με κύρια μονάδα αποστράγγισης τον Τιταρήσιο), με έκταση 2158 km².

Ενότητα άξια προσοχής και έρευνας αποτελεί η περίπτωση του 3^{ου} βυθίσματος. Το βύθισμα αυτό αν και θεωρείται τμήμα της λεκάνης απορροής του Πηνειού ποταμού, συμπεριλαμβάνει και τη λεκάνη απορροής της παλιάς λίμνης Κάρλας, η οποία βρίσκεται σε χαμηλότερο υψόμετρο από την κυρία κοίτη του Πηνειού ποταμού και σήμερα αποστραγγίζεται τεχνητά προς τον Παγασητικό κόλπο μέσω σήραγγας.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΓΙΑ ΤΑ ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Για το ανάγλυφο

Όπως προαναφέραμε μετρήθηκαν οι εκτάσεις τόσο των τεσσάρων βυθισμάτων όσο και της συνολικής λεκάνης απορροής. Έπειτα μετρήθηκαν οι μέσες κλίσεις με ισοδιάσταση ανά 200μ. Επειδή μεγάλο τμήμα της συνολικής έκτασης βρίσκεται σε υψόμετρο μικρότερο των 200μ. και υπάρχει σαφής διάκριση ορεινής και πεδινής Θεσσαλίας πάνω και κάτω από την ισοϋψή των 200μ, μετρήθηκαν επίσης οι μέσες κλίσεις για την ορεινή Θεσσαλία με ισοδιάσταση 200μ και οι μέσες κλίσεις για την πεδινή Θεσσαλία με ισοδιάσταση 20μ., για τα τέσσερα βυθίσματα και για το σύνολο της λεκάνης απορροής.

Το βύθισμα 1 παρουσιάζει τη μεγαλύτερη κλίση, λόγω του ορεινού όγκου της Πίνδου και έπεται το βύθισμα 4, λόγω του Ολύμπου. Το βύθισμα 3 παρουσιάζει τη μικρότερη κλίση, αλλά έχει τη μεγαλύτερη κλίση για υψόμετρο μικρότερο από 200μ. Αυτό οφείλεται στο ότι σε αυτό το βύθισμα υπάρχει μεγάλη πυκνότητα των υσοΰψων από τα 100 - 200μ και ουσιαστικά το πεδινό τμήμα βρίσκεται κάτω από τα 100μ. Τη μεγαλύτερη έκταση καταλαμβάνει το βύθισμα 2, ενώ η συνολική λεκάνη απορροής μέχρι την είσοδο των Τεμπών είναι 10'418'000 km².

Στα διαγράμματα (σχ. 3) δίνονται οι υψογραφικές καμπύλες και η κατανομή των εκτάσεων ανά υψόμετρο για όλο το υψομετρικό εύρος των βυθισμάτων και για υψόμετρα μικρότερα από 200μ καθώς και οι υψομετρικές καμπύλες για τα επιμέρους βυθίσματα και για το σύνολο της λεκάνης απορροής. Οι τιμές των υψομετρικών ολοκληρωμάτων είναι:

Βύθισμα 1: 26%, Βύθισμα 2: 22%, Βύθισμα 3: 12%, Βύθισμα 4: 22%, Συνολική λεκάνη: 17%

Από τις υψογραφικές καμπύλες φαίνεται καθαρά η μεγάλη έκταση που καταλαμβάνει το πεδινό τμήμα στο σύνολο της λεκάνης απορροής (περίπου 40% της ολικής έκτασης). Το ίδιο συμβαίνει και στα τρία πρώτα βυθίσματα. Έτσι τη μεγαλύτερη συμμετοχή σε πεδινό τμήμα έχουμε στο 3^ο βύθισμα (περίπου 70%), μετά στο 2^ο (περίπου 45%) και έπειτα στο 1^ο βύθισμα (περίπου 30%). Στο 4^ο βύθισμα η συμμετοχή του πεδινού τμήματος είναι μικρότερη, ενώ έχουμε τη μεγαλύτερη έκταση μεταξύ των ισοϋψών 400-600. Σχετικά αυξημένη τιμή της έκτασης ανάμεσα στις ισοϋψείς 400-600, έχουμε και στο 2^ο βύθισμα, χωρίς όμως να μπορούμε σε αυτή τη φάση και με την έλλειψη περισσότερων στοιχείων να συσχετίσουμε τις δύο αυτές επιφάνειες. Εξετάζοντας τώρα τις υψογραφικές καμπύλες για τα πεδινά τμήματα βλέπουμε ότι στο 1^ο βύθισμα έχει ομαλή μορφή. Στο 2^ο αν παραλείψουμε την έκταση 80-100, η οποία δεν αποτελεί περιεργο φαινόμενο αφού ίσως το χαμηλότερο υψόμετρο να μην είναι 80 αλλά 90μ επίσης η μορφή της υψογραφικής καμπύλης είναι ομαλή. Στο 3^ο βύθισμα η μορφή της υψογραφικής καμπύλης πρέπει να μελετηθεί σε συνάρτηση με την παρουσία μέχρι πρότινος της λίμνης Κάρλας. Οι μεγάλες εκτάσεις ανάμεσα στις ισοϋψείς 40-60 και 60-80 συμπίπτουν με περιοχές που καλύπτονταν από το νερό της λίμνης. Πιθανόν και οι εκτάσεις 80-100 και 100-120 να υποδηλώνουν θέσεις αναβαθμιδών της λίμνης.

Οι τιμές των υψομετρικών ολοκληρωμάτων στην παρούσα εργασία δεν μπορούν να αποτελέσουν έκφραση του όγκου που έχει διαβρωθεί και μεταφερθεί σε κάθε βύθισμα (δηλαδή έκφραση της εξέλιξης του κύκλου απογύμνωσης) για δύο κυρίως λόγους:

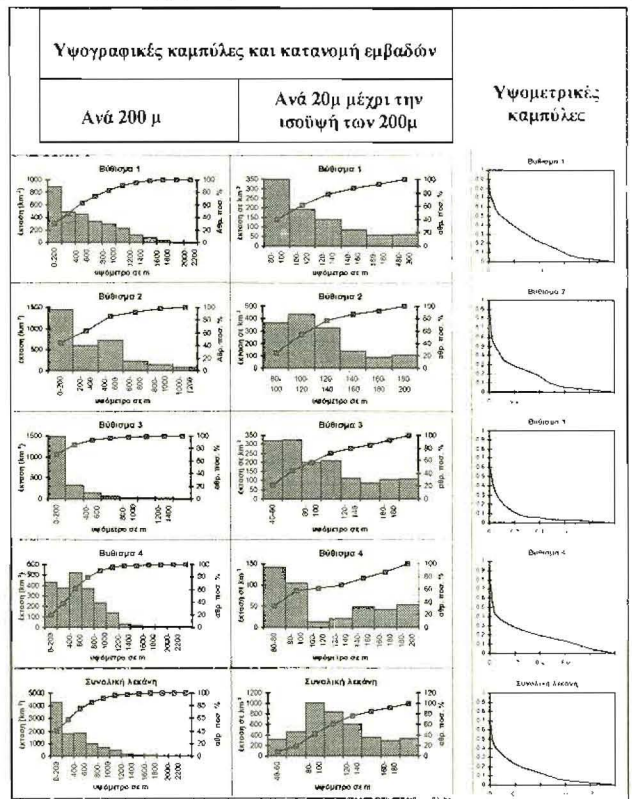
1. Η έκταση των βυθισμάτων είναι πολύ μεγάλη για να εφαρμοσθούν με αξιοπιστία υψομετρικά ολοκληρώματα
2. Δεν πρόκειται για περιοχές με ομαλή εξέλιξη, αλλά για τεκτονικά βυθίσματα.

Έτσι εξηγείται η μορφή των υψομετρικών καμπυλών καθώς και οι μικρές τιμές των υψομετρικών ολοκληρωμάτων, που σε διαφορετική περίπτωση θα έδειχναν μια περιοχή που βρίσκεται σε σταδίο γήρατος. Τους συντελεστές αυτούς δεν μπορούμε επομένως να τους δούμε σαν απόλυτες τιμές, αλλά μόνο σαν συγκριτικές τιμές μεταξύ των τεσσάρων βυθισμάτων. Έτσι μπορούμε να πούμε ότι το 1^ο, 2^ο και 4^ο βύθισμα παρουσιάζουν παρόμοιες πορείες και οι τιμές των υψομετρικών ολοκληρωμάτων τους είναι πολύ κοντά, ενώ το 3^ο βύθισμα στο οποίο συμπεριλαμβάνεται η περιοχή της τέως λίμνης Κάρλας διαφοροποιείται λίγο. Σημεία άξια προσοχής αποτελούν οι απότομες κάμψεις στις καμπύλες του 2^{ου} κυρίως και 4^{ου} βυθίσματος που πιθανόν να είναι ενδεικτικές τεκτονικών επιδράσεων.

Για το υδρογραφικό δίκτυο

Μετρήθηκαν οι συχνότητες και πυκνότητες των δικτύων και των τεσσάρων βυθισμάτων. Για το βύθισμα 3 αφαιρέθηκε το τμήμα της λεκάνης απορροής της τέως λίμνης Κάρλας, αφού το υδρογραφικό της δίκτυο αποστραγγίζεται στον Παγασητικό κόλπο και δεν συμμετέχει ουσιαστικά στη λεκάνη απορροής του Πηνειού ποταμού. Το υδρογραφικό δίκτυο αναλύθηκε από χάρτες 1:250.000, με αποτέλεσμα να μην έχουν υπολογιστεί κλάδοι μικρής τάξης που δεν περιέχονταν στο χάρτη. Έτσι οι παράμετροι του δικτύου δεν θεωρήθηκε σκόπιμο να παρουσιαστούν, παρόλα αυτά μπορούν να μας δώσουν μια γενική εικόνα για την υδρογραφία της περιοχής (που είναι όμως συγκρίσιμη για τα επιμέρους βυθίσματα).

Τα τέσσερα βυθίσματα παρουσιάζουν παρόμοιες τιμές υδρογραφικής πυκνότητας και συχνότητας, με κάπως μεγαλύτερες τιμές στο βύθισμα 2. Η πυκνότητα και η συχνότητα είναι συνάρτηση της ανάπτυξης ενός δικτύου. Οπότε το δίκτυο του 2^{ου} βυθίσματος παρουσιάζει την καλύτερη ανάπτυξη. Ο συντελεστής διακλάδωσης είναι μεγαλύτερος στο 1^ο βύθισμα, έπειτα στο 4^ο, μετά στο 3^ο και τέλος στο 2^ο βύθισμα. Μεγάλη τιμή του συντελεστή διακλάδωσης μπορεί να συνδέεται σύμφωνα με τη βιβλιογραφία (Καλλέργης 1970) με μεγάλη κλίση των στρωμάτων, γεγονός που ευνοεί την κατείδυση αντί της επιφανειακής απορροής. Μπορεί όμως να σημαίνει και σημαντική επιφανειακή απορροή, ανάλογα με τη lithολογική σύσταση και όταν η κλίση των κλιτύων είναι σχετικά μικρή. Έτσι οι παραπάνω συντελεστές πρέπει να εξεταστούν σε συνδυασμό με τη lithολογία της περιοχής και με τις κλίσεις των κλιτύων, οπότε να μπορεί να εξαχθεί συμπέρασμα για το που έχουμε περισσότερη ενίσχυση της απορροής έναντι της κατείδυσης. Στο 1^ο βύθισμα υπερτερούν οι ιζηματογενείς αποθέσεις, έχουμε επίσης σημαντικές παρουσίες μολάσσας, κρυσταλλικών σχιστολίθων - γενεσίων, λιγότερη συμμετοχή φλύσχη και μικρές εμφανίσεις βασικών και υπερβασικών πετρωμάτων και μαρμάρων. Στο 2^ο βύθισμα έχουμε κυρίως ιζηματογενείς αποθέσεις, λιγότερο φλύσχη και μικρές εμφανίσεις βασικών και υπερβασικών πετρωμάτων και ασβεστολίθων. Στο 3^ο βύθισμα έχουμε επίσης κυρίως ιζηματογενείς αποθέσεις και μικρές εμφανίσεις μαρμάρων. Στο 4^ο βύθισμα έχουμε κυρίως ιζηματογενείς αποθέσεις, γενεσίους -



Σχήμα 3. Υδρογραφικές καμπύλες και διαγράμματα κατανομής εκτάσεων στα 4 βυθίσματα της λεκάνης του Πηνειού

κρυσταλλικούς σχιστολίθους και σημαντικές εμφανίσεις μαρμάρων.

Συνοψίζοντας όλα τα προηγούμενα μπορούμε να πούμε ότι στο 1^ο βύθισμα περιμένουμε τη μεγαλύτερη απορροή αφού έχει μεγάλο συντελεστή διακλάδωσης, και αρκετά μεγάλη κλίση σε σχέση με τα υπόλοιπα βυθίσματα. Μικρότερες απορροές περιμένουμε στο 4^ο βύθισμα, όπου έχουμε μεγαλύτερη κλίση και μεγάλο συντελεστή διακλάδωσης αλλά η σημαντική παρουσία μαρμάρων ευνοεί αρκετά και την κατέισδυση. Στο 2^ο βύθισμα όπου έχουμε βέβαια μικρή κλίση αλλά καλά αναπτυγμένο υδρογραφικό δίκτυο, στο οποίο η συχνότητα και η πυκνότητα έχουν μεγάλες τιμές, ενώ μέτρια είναι η τιμή του συντελεστή διακλάδωσης και η μεγαλύτερη έκταση καλύπτεται από ιζήματα. Στο 3^ο βύθισμα περιμένουμε, ίσως, τη λιγότερη συγκριτικά απορροή αφού έχουμε τη μικρότερη κλίση και μικρό συντελεστή διακλάδωσης. Φυσικά η τελική συμμετοχή στη απορροή του κάθε βυθίσματος εξαρτάται κυρίως από τα κατακρημνίσματα που δέχεται η κάθε περιοχή.

ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ

Κατακρημνίσματα

Οι απορροές που αναμένουμε σε μια λεκάνη εξαρτώνται κατά κύριο λόγο από τον όγκο των κατακρημνισμάτων που δέχεται η λεκάνη αυτή. Έτσι με προσεκτική μελέτη και επεξεργασία της ετήσιας πορείας των κατακρημνισμάτων μπορούμε να έχουμε μια πολύ καλή προσέγγιση της ετήσιας πορείας της απορροής. Το κλιματικό υλικό που χρησιμοποιήθηκε για την παρούσα μελέτη πάρθηκε από τη διδακτορική διατριβή του Δ. Νικολάκη (1985) και αφορά στο ευρύτερο διαμέρισμα της Θεσσαλίας. Σε αυτή την περίοδο ο αριθμός των σταθμών που λειτούργησαν ήταν μεγάλος (~60) και η χρονική περίοδος (20ετία 1961-1980) είχε ικανοποιητική διάρκεια για την εξαγωγή κλιματικών συμπερασμάτων.

Μεγάλη σημασία στη μελέτη του νετού έχει η γνώση του τρόπου με τον οποίο κατανέμεται στους μήνες του έτους. Σύμφωνα με την ετήσια πορεία του ύψους του νετού οι σταθμοί κατατάχθηκαν σε 3 ομάδες Α, Β και Γ, με απλή, διπλή και πολλαπλή ετήσια κύμανση αντίστοιχα (σχ. 4).

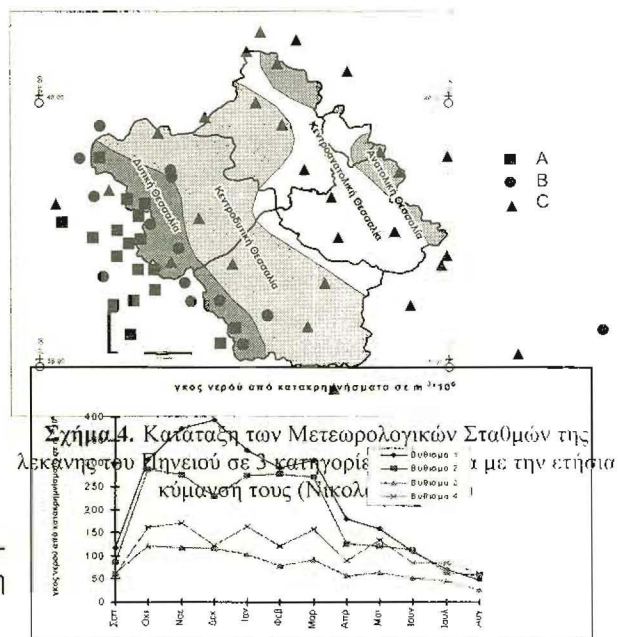
Σε ότι αφορά τα μέσα ετήσια ύψη νετού Θεσσαλία μπορεί να χωριστεί σε ζώνες με διεύθυνση ΒΒΔ-ΝΝΑ (σχ. 4) Έτσι έχουμε:

- Δυτική Θεσσαλία: 1000 - 2200 mm
- Κεντροδυτική Θεσσαλία: 600 - 1000 mm
- Κεντροανατολική Θεσσαλία: 420 - 600 mm
- Ανατολική Θεσσαλία: 600 - 1800 mm

Για να γίνουν κατανοητά τα αποτελέσματα της γεωγραφικής κατανομής των μέσων μηνιαίων και ετήσιων υψών νετού στη Θεσσαλία κατασκευάστηκαν χάρτες ισοϋετών καμπυλών (Νικολάκης 1985).

Αυτοί οι χάρτες στην παρούσα εργασία ψηφιοποιήθηκαν και ενσωματώθηκαν σαν πληροφορία στην τράπεζα δεδομένων και έπειτα με κατάλληλη επεξεργασία προέκυψε ο όγκος του νερού που δέχεται κάθε βύθισμα και για κάθε μήνα, καθώς επίσης και ο όγκος του νερού που δέχεται η λεκάνη απορροής της πρώην λίμνης Κάρλας. Έπειτα με τη βοήθεια του προγράμματος «Excel» κατασκευάστηκαν διαγράμματα που αφορούν την ετήσια διακύμανση των βυθισμάτων σε κατακρημνίσματα.

Από το διάγραμμα (σχ. 5) παρατηρούμε ότι υπάρχει διαφορετική συμβολή των βυθισμάτων σε όγκο νερού από κατακρημνίσματα κατά τους διάφορους μήνες τους έτους. Στην πράξη τα δύο βυθίσματα της Δυτικής Θεσσαλίας δέχονται το μεγαλύτερο όγκο των κατακρημνισμάτων και αποτελούν τους κύριους τροφοδότες της ροής του Πηνειού ποταμού. Αντίθετα τα δύο βυθίσματα της Ανατολικής Θεσσαλίας δέχονται τον μικρότερο όγκο των κατακρημνισμάτων και έχουν μικρότερη συμβολή στην τροφοδοσία της ροής του Πηνειού.



Σχήμα 5. Εκτίμηση του όγκου νερού που δέχονται τα 4 βυθίσματα της λεκάνης του Πηνειού κατά τη διάρκεια του υδρολογικού έτους

Εξατμισδιαπνοή

Για την εξατμισδιαπνοή στην περιοχή χρησιμοποιήθηκαν τα στοιχεία από την εργασία: Το ισοζύγιο του ύδατος στον ελληνικό χώρο (Μπαλαφούτης 1988). Εκεί παρουσιάζονται τα στοιχεία της δυναμικής και πραγματικής εξατμισδιαπνοής από τέσσερις μετεωρολογικούς σταθμούς που βρίσκονται στην περιοχή έρευνάς μας (πίνακας 1).

Επειδή ο αριθμός των σταθμών που έχουμε στη διάθεσή μας είναι μικρός για την εξαγωγή συμπερασμάτων ακριβείας, θεωρήθηκε ενιαία η εξατμισδιαπνοή για το σύνολο της λεκάνης. Έτσι θεωρήθηκε ότι ο συντελεστής εξατμισδιαπνοής είναι ίδιος για τα τέσσερα βυθίσματα και η

Πίνακας 1. Μηνιαία πορεία της πραγματικής εξατμισδιαπνοής (σε mm) σε 4 Μετεωρολογικούς Σταθμούς της λεκάνης του Πηνειού (Μπαλαφούτης 1988)													
	Σ	Ο	Ν	Δ	Ι	Φ	Μ	Α	Μ	Ι	Ι	Α	Ε
Καλαμπάκα	55	58	30	15	8	13	25	53	97	86	39	22	501
Λάρισα	40	60	26	11	8	13	25	59	77	56	26	15	416
Τρίκαλα	40	60	29	10	8	13	25	57	92	72	36	13	455
Φάρσαλα	40	55	30	12	8	13	25	56	83	64	36	20	442
Μ.Ο.	44	58	29	12	8	13	25	56	87	70	34	18	454

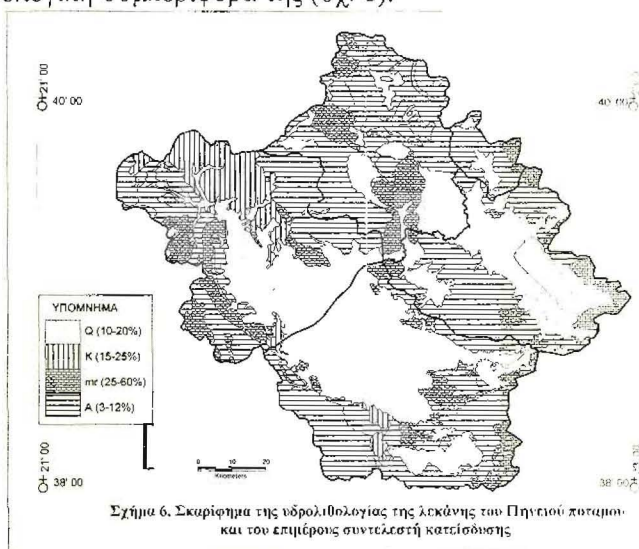
εξατμισδιαπνοή για κάθε μήνα βρίσκεται από το συντελεστή εξατμισδιαπνοής επί του ποσού των κατακρημνισμάτων.

Βέβαια πρέπει να σχολιάσουμε ότι η τιμή του συντελεστή εξατμισδιαπνοής που προκύπτει από τους τέσσερις σταθμούς που έχουμε στη διάθεσή μας είναι υπερεκτιμημένη αφού ο αριθμός των σταθμών που χρησιμοποιήθηκε είναι πολύ μικρός και μάλιστα τα υψόμετρα στα οποία βρίσκονται οι σταθμοί αυτοί επίσης πολύ χαμηλά (Καλαμπάκα 217, Λάρισα 73, Τρίκαλα 112 και Φάρσαλα 148). Είναι λογικό πως η ύπαρξη δεδομένων από σταθμούς σε μεγαλύτερα υψόμετρα θα τροποποιούσε το μέσο όρο της τιμής της εξατμισδιαπνοής. Εξάλλου οι τιμές που έχουν υπολογιστεί για την υπολεκάνη της Καλαμπάκας (Καλλέργης 1970), είναι για το ορεινό τμήμα 45% και για το πεδινό τμήμα 55%. Από τις εδώ εκτιμήσεις έχουμε τιμή του συντελεστή εξατμισδιαπνοής 66%. Θα ήταν λοιπόν ορθότερο να χρησιμοποιήσουμε σαν **συντελεστή εξατμισδιαπνοής την τιμή του 55%**, η οποία φαίνεται να βρίσκεται πλησιέστερα προς την πραγματικότητα για το σύνολο της λεκάνης.

Κατείσδυση

Για τον υπολογισμό της κατείσδυσης δημιουργήθηκε ένας χάρτης υδρολιθολογικός, στον οποίο έγινε κατάταξη της λιθολογίας ανάλογα με την υδρολογική συμπεριφορά της (σχ. 6).

Μελετώντας λοιπόν το χάρτη 2., παρατηρούμε ότι για το σύνολο της λεκάνης το ποσοστό των ασβεστολίθων, στους οποίους έχουμε υψηλό συντελεστή κατείσδυσης (26-60%), δεν υπερβαίνει το 15%, με λίγο αυξημένη εξάπλωση στη λεκάνη 4. Οι μολασσικές - ψαμμιτικές και παρεμφερείς εμφανίσεις (με συντελεστή 15-25%) βρίσκονται κυρίως στη λεκάνη 1, όπου οι κλίσεις είναι γενικά μεγάλες με αποτέλεσμα η κατείσδυση τελικά να είναι περιορισμένη. Μεγάλες εκτάσεις καταλαμβάνουν οι προσχλωσιγενείς περιοχές (με συντελεστή κατείσδυσης 10-20%) και οι λοιπές λιθολογικές εμφανίσεις (με συντελεστή κατείσδυσης 3-12%). Από τις εμφανίσεις αυτές οι προσχλωσιγενείς



βρίσκονται βέβαια εκεί που έχουμε τις μικρότερες κλίσεις αλλά ταυτόχρονα στις περιοχές αυτές έχουμε και το μικρότερο ύψος κατακρημνισμάτων. Περιμένουμε λοιπόν ο μέσος συντελεστής κατείσδυσης να κυμαίνεται περί το 10%. Αυτή εξάλλου η τιμή συμφωνεί και με την αντίστοιχη τιμή του συντελεστή κατείσδυσης για την υπολεκάνη της Καλαμπάκας (Καλλέργης) που είναι της τάξης του 5% για την ορεινή περιοχή και 15% για την πεδινή περιοχή.

Εκτίμηση της αναμενόμενης απορροής

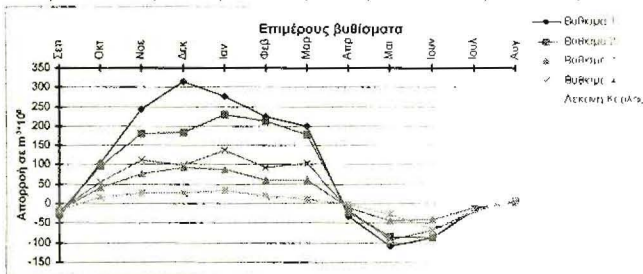
Για την εκτίμηση της αναμενόμενης επιφανειακής απορροής στη λεκάνη του Πηνειού ποταμού και εφόσον έχουμε τα εκτιμηθέντα στοιχεία ύψους κατακρημνισμάτων, εξατμισοδιαπνοής και συντελεστή κατείσδυσης μπορούμε να εφαρμόσουμε την εξίσωση του υδρολογικού ισοζυγίου.

Έτσι όπως είναι γνωστό $P=E+I+R$, όπου P τα κατακρημνίσματα, I η κατείσδυση, E η εξατμισοδιαπνοή και R η επιφανειακή απορροή.

Κατά τη διάρκεια του έτους θεωρούμε ότι ο συντελεστής κατείσδυσης παραμένει σταθερός αφού εξαρτάται κυρίως από τη λιθολογία και τις κλίσεις, που αποτελούν σχετικά αμετάβλητες παραμέτρους. Αντίθετα ο συντελεστής εξατμισοδιαπνοής διαφοροποιείται για κάθε μήνα. Έτσι αναμένουμε και μεταβολή του συντελεστή απορροής, ώστε να επαληθευτεί το υδρολογικό ισοζύγιο.

Στον πίνακα 2 δίνονται οι ετήσιες τιμές απορροών για κάθε βύθισμα και για τη συνολική λεκάνη

Πίνακας 2. Εκτιμηθείσες τιμές των ετησίων απορροών (σε $m^3 \cdot 10^6$) των επιμέρους βυθισμάτων και της ίδιας λεκάνης του Πηνειού ποταμού	
Βύθισμα 1	981,02
Βύθισμα 2	797,49
Βύθισμα 3	342,44
Βύθισμα 4	517,50
Συνολική λεκάνη	2632,51
Υπολεκάνη Κάρλας	198,06
Λεκάνη - Υπολεκάνη Κάρλας	2434,45



Σχήμα 7. Μηνιαία πορεία της εκτιμηθείσας απορροής στα 4 βυθίσματα της λεκάνης του Πηνειού

απορροής, ενώ στο διάγραμμα του σχήματος 7 παρουσιάζονται οι διακυμάνσεις της απορροής για τα τέσσερα βυθίσματα στη διάρκεια του έτους. Οι αρνητικές τιμές της απορροής που παρουσιάζονται από τον Απρίλιο μέχρι τον Σεπτέμβριο οφείλονται στη μεγάλη τιμή της εξατμισοδιαπνοής η οποία καταναλώνει όλο το ποσό των βροχοπτώσεων και ένα μέρος από το ποσό της εδαφικής υγρασίας. Προφανώς η εξίσωση του υδρολογικού ισοζυγίου δεν είναι ορθό να χρησιμοποιείται για κάθε μήνα, ξεχωριστά αλλά για το σύνολο του έτους. Στους παραπάνω υπολογισμούς εμπεριέχεται το σφάλμα της ενιαίας εκτίμησης του συντελεστή κατείσδυσης και του συντελεστή εξατμισοδιαπνοής, για όλη τη λεκάνη απορροής.

ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ

Για τη μελέτη της υδρολογίας της περιοχής χρησιμοποιήθηκαν τα στοιχεία από τις υπηρεσίες Υ.Ε.Β. και Δ.Ε.Κ.Ε. από τις οποίες έχουν γίνει συστηματικές μετρήσεις στάθμης - παροχής τόσο στην είσοδο της κοιλάδας των Τεμπών (θέση Γόννοι στη γέφυρα του Ο.Σ.Ε.), όσο και στην έξοδο (θέση Πυργετός).

Θεωρητικά θα πρέπει η διαφορά των δύο μετρήσεων να δίνει με καλή προσέγγιση την παροχή των πηγών των Τεμπών, ανάμεσα στους δύο αυτούς σταθμούς.

Οι μετρήσεις στους Γόννους καλύπτουν με πολλά κενά τις περιόδους 1951-1995. Οι μετρήσεις στον Πυργετό καλύπτουν επίσης με πολλά κενά τις περιόδους 1951-1969 και 1973-1978. Τον Αύγουστο του 1978 ο σταθμός Πυργετός καταργήθηκε για άγνωστο λόγο.

Από το 1981 άρχισαν να γίνονται από τη Δ.Ε.Κ.Ε. καθημερινές μετρήσεις στάθμης στα Τέμπη (στη θέση Γόννους) και στον Πυργετό στη γέφυρα της εθνικής οδού. Οι μετρήσεις στους Γόννους διακόπηκαν το 1989 ενώ στον Πυργετό συνεχίζονται μέχρι σήμερα. Δυστυχώς όμως και αυτές οι μετρήσεις παρουσιάζουν πολλά κενά, που καθιστούν προβληματική την επεξεργασία τους. Από την επεξεργασία των διαθέσιμων υδρολογικών στοιχείων προέκυψαν εξισώσεις (πίνακας 3) οι οποίες συνδέουν την στάθμη με την απορροή.

Σταθμός	Έτη	Εξίσωση H-Q	R
Πυργετός	1951-1962	$Q = 15,43476 \cdot (H - 0,58)^{2,5444}$	0,97
Τέμπη	1951-1981	$Q = 19,27081 \cdot (H + 0,57)^{2,0951}$	0,93
	1986-1995	$Q = 15,37446 \cdot (H + 0,13)^{2,431}$	0,94
	1981	$Q = 43,62144 \cdot (H + 0,35625)^{1,3585}$	0,97

Στη συνέχεια εκτιμήθηκε η μηνιαία απορροή με δύο τρόπους:

- Χρησιμοποιώντας τις διαθέσιμες μετρήσεις παροχής και εξάγοντας τη μέση μηνιαία παροχή και τη μέση μηνιαία απορροή (ετήσιος όγκος περίπου $2,57 \cdot 10^9 \text{ m}^3$).
- Χρησιμοποιώντας την πλήρη σειρά μετρήσεων ημερήσιων σταθμών για το έτος 1981 και με τη βοήθεια της εξίσωσης στάθμης - παροχής υπολογίστηκαν οι ημερήσιες παροχές και απορροές (ετήσιος όγκος περίπου $2,49 \cdot 10^9 \text{ m}^3$).



Σχήμα 8. Διάγραμμα της μηνιαίας πορείας της απορροής του Πηγειού

Από τους δύο παραπάνω τρόπους περισσότερο σωστός φαίνεται ο δεύτερος, με τη σοβαρή επιφύλαξη όμως, ότι δεν αντιπροσωπεύει κατ' ανάγκη τις μέσες μηνιαίες απορροές, παρά μόνο τις μηνιαίες απορροές για το έτος 1981, με μεγάλη βέβαια ακρίβεια (σχήμα 7).

Πηγές

Στο σημείο αυτό θα ήταν σκόπιμο να εξεταστεί και η παρουσία πηγών στη λεκάνη απορροής του Πηγειού, οι οποίες με την παροχή τους ενισχύουν επίσης τελικά την επιφανειακή απορροή. Έχει γίνει από το ΙΓΜΕ απογραφή των καρστικών πηγών παροχής μεγαλύτερης των 10 lit/sec του διαμερίσματος της Θεσσαλίας. Από το σύνολο των πηγών αυτών επιλέχθηκαν 26, αυτές που βρίσκονται στη λεκάνη απορροής του Πηγειού ποταμού.

Προκύπτει λοιπόν από τον ότι ο συνολικός όγκος νερού που παρέχουν οι πηγές και που ουσιαστικά προστίθεται στην επιφανειακή απορροή που υπολογίζεται στην έξοδο της λεκάνης είναι $156 \cdot 10^6 \text{ m}^3$.

ΑΝΘΡΩΠΟΓΕΝΗ ΣΤΟΙΧΕΙΑ - ΑΝΑΓΚΕΣ ΤΗΣ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ ΣΕ ΝΕΡΟ

Είναι γεγονός ότι μέσα στο χώρο της λεκάνης του Πηγειού, στις πεδινές εκτάσεις της Θεσσαλίας καλλιεργούνται περί τα **5.000.000** στρέμματα αγροτικής γης, από τα οποία αρδεύονται περί τα **2.000.000** στρέμματα. Σύμφωνα με τις ανάγκες των καλλιεργειών αυτών σε αρδευτικό νερό απαιτούνται περί τα **1600·10⁶ m³** νερού ετησίως για την ικανοποίηση των αρδεύσεων.

Έχει διαπιστωθεί ότι με τη σημερινή διαχείριση των υδάτινων πόρων (Γκούμας 1996) οι χορηγούμενες ποσότητες νερού στις αρδευόμενες γεωργικές εκτάσεις καλύπτουν μόνο το 40-70% των πραγματικών αναγκών των καλλιεργειών. Οι καλλιεργείες κατά το πλείστον αρδεύονται ανεπαρκώς (300-350 m³/στρέμμα) και συχνά με διακοπές σε περιόδους μεγάλης λειψυδρίας. Έτσι τελικά ο συνολικός όγκος του νερού που χρησιμοποιείται για τις αρδεύσεις είναι περίπου **750·10⁶ m³**. Στον πίνακα 4 φαίνονται οι πηγές προέλευσης του νερού τόσο κατά νομούς όσο και για το σύνολο της Θεσσαλικής έκτασης. Από τον πίνακα αυτόν παρατηρούμε ότι το μεγαλύτερο ποσοστό που χρησιμοποιείται για άρδευση (περίπου το 75%) αντλείται από γεωτρήσεις, ενώ από επιφανειακά νερά χρησιμοποιείται το ποσό των **185·10⁶ m³** νερού.

Περιοχή	Αρδευόμενη έκταση	Όγκος νερού κατά πηγή προέλευσης (m ³ *10 ⁶)			
		Επιφανειακά νερά	Γεωτρήσεις ΠΑΥΘ	Ιδιωτικές	Σύνολο
N. Λάρισας	1.108.000	48,24	63,62	170,45	282,31
N. Καρδίτσας	788.000	115,47	43,36	99,53	258,36
N. Τρικάλων	270.000	16,16	44,08	42,51	102,75
N Μαγνησίας	178.000	4,68		68,57	73,25
N Φθιώτιδος	80.000			32,00	32,00
Σύνολο	2.424.000	185,0	151,0	413,0	749,0

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Στην εργασία αυτή έγινε προσπάθεια οργάνωσης τράπεζας γεωγραφικών πληροφοριών (G.I.S.) με βάση τις οποίες εκτιμήθηκαν ορισμένες κλιματικές, υδρογεωλογικές και υδρολογικές παράμετροι της λεκάνης του Πηνειού ποταμού της Θεσσαλίας. Η λεκάνη αυτή μπορεί να χωριστεί σε τέσσερα επιμέρους βυθίσματα τα οποία έχουν ιδιαίτερα χαρακτηριστικά.

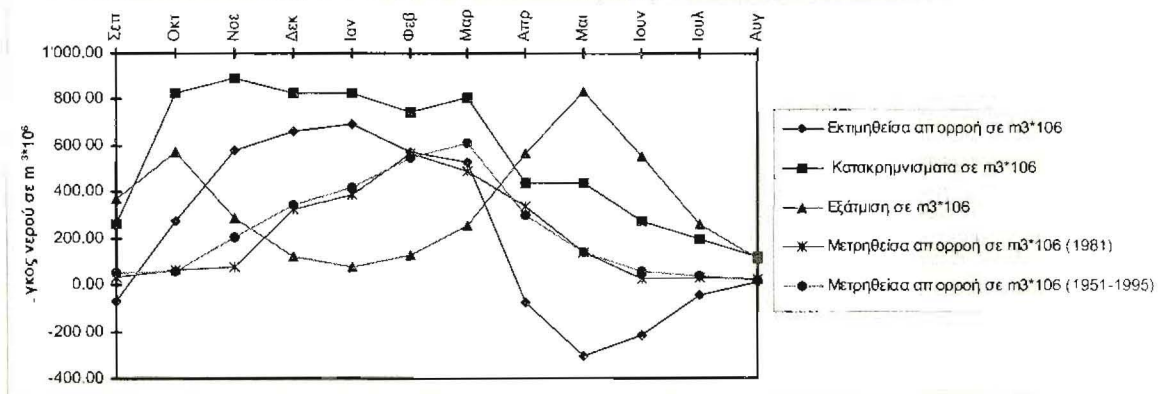
Στο πρώτο στάδιο της εργασίας εκτιμήθηκαν οι συντελεστές του υδρολογικού ισοζυγίου, η συμβολή του κάθε βυθίσματος στην ετήσια απορροή της λεκάνης, καθώς επίσης και η συνολική μέση ετήσια απορροή του Πηνειού, με βάση τα γεωγραφικά στοιχεία της περιοχής, η οποία ανέρχεται σε **2'788*10⁶m³** νερού και σε **2'591*10⁶m³** χωρίς τη συμβολή της λεκάνης της Κάρλας.

Στο δεύτερο στάδιο έγινε συγκέντρωση και επεξεργασία υδρολογικών μετρήσεων στον Πηνειό ποταμό και στη συνέχεια υπολογίστηκε η μέση ετήσια απορροή του Πηνειού στα Τέμπη, η οποία ανέρχεται σε **2'520*10⁶m³** νερού.

Η διαφορά μεταξύ της εκτιμηθείσας και της υπολογισθείσας βάση μετρήσεων μέσης ετήσιας απορροής είναι περίπου **70*10⁶ m³** και αντιπροσωπεύει ποσοστό διαφοράς των δύο μεθόδων μικρότερο του 3%, το οποίο θεωρείται ασήμαντο για έρευνα υπαίθρου. Κατ' αυτό τον τρόπο η εργασία αυτή συμβάλλει στην προσπάθεια ανάπτυξης και εφαρμογής των G.I.S. για την εκτίμηση της απορροής μεγάλων ποτάμιων λεκανών στον ελλαδικό αλλά και στον ευρύτερο χώρο

Οι ανάγκες της Θεσσαλίας σε νερό για αρδύσεις ανέρχονται σε **1600*10⁶ m³**, ενώ τελικά, επειδή οι αρδύσεις γίνονται ανεπαρκώς, το νερό που χρησιμοποιείται τελικά είναι της τάξης των **750*10⁶ m³**. Από αυτό τα **185*10⁶ m³** λαμβάνονται από επιφανειακά νερά και **565*10⁶ m³** από γεωτρήσεις.

Στο σημείο αυτό θα πρέπει να τονιστεί η διαφορική εποχιακή επέμβαση του ανθρώπου στο υδρολογικό ισοζύγιο. Έτσι σχεδόν το σύνολο του όγκου που χρησιμοποιεί ο άνθρωπος για τις αρδύσεις, εντοπίζεται στους καλοκαιρινούς μήνες, όπου αφενός τα κατακρημνίσματα είναι περιορισμένα και αφετέρου οι κυριότερες καλλιέργειες στη Θεσσαλία, έχουν απαιτήσεις σε νερό κυρίως τη συγκεκριμένη περίοδο. Το προαναφερθέν όμως γεγονός αυξάνει το έλλειμμα της υγρασίας κατά τους θερινούς μήνες, όπως αυτό αναφέρθηκε στο κεφάλαιο της κατείδυσης, με αποτέλεσμα να



Σχήμα 9. Ετήσια πορεία κατακρημνισμάτων - εξατμισοδιαπονοής - απορροής για το σύνολο της λεκάνης απορροής του Πηνειού ποταμού αφού αφαιρεθεί η υπολεκάνη της Κάρλας

εξαντλεί τους υπόγειους υδροφόρους ορίζοντες σε ανησυχητικό σημείο. Από την άλλη πλευρά οι ανάγκες των καλλιεργειών της Θεσσαλίας σε νερό είναι επιτακτικές και καλύπτονται, όπως προαναφέρθηκε, μόνο μερικώς. Έτσι λοιπόν είναι απαραίτητη μία ελεγχόμενη και ορθολογικά σχεδιασμένη εκμετάλλευση των υδάτινων πόρων, καθώς και η εφαρμογή μέτρων ή λύσεων (π.χ. εκτροπή Αχελώου, όπως έχει ήδη προταθεί) που θα ελαχιστοποιήσουν το πρόβλημα αυτό.

Παρατηρώντας το διάγραμμα του σχήματος 9 μπορούμε να δούμε το υδατικό έλλειμμα κατά τους θερινούς μήνες. Το μικρότερο εύρος των τιμών της μετρηθείσας σε σχέση με την εκτιμηθείσα απορροή μπορεί να οφείλεται εν μέρει στη ρυθμιστική δράση των πηγών, που ενισχύεται και από το γεγονός της χρονικής υστέρησης στη μέγιστη τιμή της μετρηθείσας απορροής. Δηλαδή ενώ το μέγιστο της εκτιμηθείσας απορροής παρατηρείται κατά τον Ιανουάριο, το μέγιστο της μετρηθείσας τιμής παρατηρείται κατά τον Φεβρουάριο ή Μάρτιο.

Τα ζητήματα που εξετάστηκαν στην εργασία αυτή χρειάζονται περαιτέρω ερευνητική προσπάθεια, έτσι ώστε να δοθεί η δυνατότητα ακριβέστερης επιστημονικής προσέγγισης σε πολυσύνθετα θέματα που αφορούν στη διαχείριση των υδατικών πόρων. Στη διαχείριση αυτή ο ρόλος των γεωλόγων και των φυσικογεωγράφων είναι πολύ σημαντικός.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Αστάρας Θ., 1980. Ποσοτική γεωμορφολογική μελέτη τμήματος των δυτικών πλευρών του όρους Βέρτισκον (Κ. Μακεδονία), Διδακτορική διατριβή, Θεσσαλονίκη
- Γκούμας Κ., 1996. Η διαχείριση των υδατικών πόρων στη Θεσσαλία και η λειτουργία του θεσμικού πλαισίου, Λάρισα
- Ε.Κ.Β.Υ., 1995. Ο ιδεότυπος της τέως λίμνης Κάρλας
- Θεριανός Α. Δ., 1974. Η δίαίτα και η γεωγραφική κατανομή των απορροών του ελληνικού χώρου. Χρονικά Α' Πανελληνίου Σεμιναρίου Υδρολογίας, Αθήνα
- ΙΓΜΕ, 1980. Απογραφή καρστικών πηγών Ελλάδος, Αθήνα
- Καλλέργης Γ., 1970. Υδρογεωλογική έρευνα υπολεκάνης Καλαμπάκας (Δυτ. Θεσσαλία), Διδακτορική διατριβή
- Καλλέργης Γ. - Χριστοδούλου Θ., 1972. Σχέσις μεταξύ ενεργού κατεισδύσεως και βροχοπτώσεως εις τας αλλουβιακάς αποθέσεις περιοχής Καλαμπάκας (Δυτ. Θεσσαλία), Δελτίον Ελλ. Γεωλ. Εταιρίας, τόμος ΙΧ, τεύχος Ι, σελ. 119-128
- Μουντράκης Δ., 1985. Γεωλογία της Ελλάδος
- Μπαλαφούτης Χ., 1988. Το ισοζύγιο του ύδατος στον ελλαδικό χώρο, Θεσσαλονίκη
- Νικολάκης Δ., 1985. Ο νετός στη Θεσσαλία, Διδακτορική διατριβή, Αθήνα
- Σούλιος Γ., 1975. Υδρογεωλογική μελέτη της λεκάνης Ξυνιάδος (Φθιώτιδος), Διδακτορική διατριβή. Θεσσαλονίκη
- Σούλιος Γ., 1986. Γενική Υδρογεωλογία, Θεσσαλονίκη
- Τσακίρης Γ., Τεχνική Υδρολογία, Αθήνα
- Υ.Π.Ε.ΧΩ.ΔΕ., 1995. Εκτροπή Αχελώου. Συνολική μελέτη περιβαλλοντικών επιπτώσεων, Αθήνα
- Ψιλοβίκος Α., 1990. Η εξέλιξη του Πηνειού ποταμού της Θεσσαλίας, Ανάτυπο από τα «Τρικαλινά». τ.11^{ος}
- Caputo R., 1990. Geological and structural study of the recent and active brittle deformation of the neogene-quaternary basins of Thessaly (Central Greece), Διδακτορική Διατριβή, Thessaloniki
- Fetter C. W., 1994. Applied Hydrogeology
- Gregory K. and Walling D., 1973. Drainage basin form and process
- Strahler A., 1950. Hypsometric (area - altitude) analysis of erosional topography. Geol. Soc. Amer. Bull., 63, 1117-42
- Strahler A., 1954. Quantitative geomorphology of erosional landscapes. Ceptes Rentus. 19th Inter. Geol. Congr. Algiers, 1952 sect. 13, pt. 3, 341-354
- Strahler A., 1957. Quantitative analysis of watershed geomorphology. Amer. Geophys. Union. Trans., 38(6), 913-20
- Strahler A., 1964. Quantitative geomorphology of drainage basins and chanel networks. in Chow, V. T. (Ed.), Handbook of Applied Hydrology, section 14, 54 New York.
- Zavoianu .I., 1985. Morfometry of drainage basins