

## Γεωγραφίες

Αρ. 15 (2009)

Γεωγραφίες, Τεύχος 15, 2009



### ΤΟ ΝΕΡΟ ΤΗΣ ΑΘΗΝΑΣ: ΟΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΟΝ ΜΟΡΝΟ ΚΑΙ ΤΟΝ ΕΥΗΝΟ

*Ευθύμιος Καρύμπαλης*

# ΤΟ ΝΕΡΟ ΤΗΣ ΑΘΗΝΑΣ: ΟΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΟΝ ΜΟΡΝΟ ΚΑΙ ΤΟΝ ΕΥΗΝΟ

Ευθύμιος Καρύμπαλης\*

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην Ελλάδα η κατανομή της βροχόπτωσης είναι χωρικά και χρονικά ανομοιόμορφη. Η Αττική είναι ένα από τα ελλειμματικά σε νερό υδατικά διαμερίσματα, αφού χαρακτηρίζεται από πολύ μικρά ετήσια ύψη βροχής ενώ ταυτόχρονα συγκεντρώνει το 30%-40% του πληθυσμού της χώρας. Τα έργα για την ενίσχυση της ύδρευσης της οδήγησαν σε σταδιακές επεμβάσεις στο υδρολογικό ισοζύγιο των λεκανών απορροής και των υδάτινων αποθεμάτων σε πολύ μακρινές από την Αθήνα περιοχές, όπως οι ποταμοί Μόρνος και Εύηνος. Οι συνέπειες των επεμβάσεων αυτών εντοπίζονται ιδιαίτερα στα τμήματα των ποταμών από τις θέσεις συλλογής έως τις εκβολές, οι δε αρνητικές επιπτώσεις τους δεν είναι μόνο περιβαλλοντικές αλλά και κοινωνικοοικονομικές, αφού ο περιορισμός του νερού, που δικαιοματικά ανήκει στις περιοχές αυτές, τις καταδικάζει σε οικονομικό μαρασμό, τις απαξιώνει περιβαλλοντικά και ελαχιστοποιεί τις δυνατότητες για μελλοντική ανάπτυξη. Η μεταφορά νερού από ακόμη πιο απομακρυσμένες περιοχές δεν είναι η μόνη εφικτή λύση. Αντίθετα, η ορθή διαχείριση της ζήτησης και ο περιορισμός των απωλειών θα συμβάλουν ουσιαστικά στην κάλυψη των μελλοντικών αναγκών σε νερό.

## *Athens Water Supply: Implications for Mornos and Evinos Rivers*

Efthimios Karymbalis

## ABSTRACT

Greece is a country where the distribution of rainfall is geographically unequal. Attica is characterised by very low mean annual rainfall, while on the other hand it concentrates 30%-40% of the country's population. Thus the broader area of Athens is one of the driest regions of the country. Dam construction for the supply of Athens with water has affected water balance within the Mornos and Evinos rivers drainage basins, which are located far from the capital. Such interference has an ever increasing impact mostly on the parts of the drainage basins between the dams and the mouths of those rivers. One of the most important consequences is river discharge reduction resulting in limitation of the water amount available for irrigation and other uses for the lower reaches of the basins. Additionally, fluvial sediments are trapped and deposited in the artificial lakes, diminishing sediment deposition at the deltaic area of the mouth of the river. Thus the dominant process along the deltaic coastline is retreat due to marine processes. Apart from the environmental impact there are also socio-economic implications which minimise future development opportunities. Water transportation from areas far from Athens is not the only solution for Athens' water supply. Demand management and water resources conservation could cover increasing water needs in the future.

\* Τμήμα Γεωγραφίας, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο, e-mail: karymbalis@hua.gr.

## Εισαγωγή

Για τη χώρα μας η διαχείριση του νερού σε κρατικό επίπεδο εμφανίζει κυρίως προβλήματα ποσότητας παρά ποιότητας. Στην Ελλάδα κατά μέσο όρο είναι διαθέσιμα για κατανάλωση πάνω από 5000 μ<sup>3</sup> νερού ετησίως ανά άτομο (European Environment Agency 1995). Η ποσότητα αυτή είναι από τις μεγαλύτερες διαθέσιμες κατά κεφαλήν μεταξύ των χωρών της Μεσογείου. Συνεπώς, θεωρητικά η χώρα μας διαθέτει αρκετό νερό για την κάλυψη τόσο των αναγκών του πληθυσμού της όσο και των παραδοσιακών χρήσεων νερού (άρδευσης, βιομηχανίας, ενέργειας). Αν και το υδατικό δυναμικό επαρκεί για το σύνολο των κατοίκων της χώρας, η κατανομή της βροχόπτωσης και των υδατικών αποθεμάτων είναι τόσο χωρικά όσο και χρονικά ανομοιόμορφη και σε καμία περίπτωση δεν ακολουθεί την γεωγραφική κατανομή του πληθυσμού. Ο μεγαλύτερος όγκος των βροχοπτώσεων παρατηρείται στο Δ. τμήμα της χώρας, όπου τα διαθέσιμα υδατικά αποθέματα είναι επαρκή, ενώ, αντίθετα, σε ορισμένες περιοχές, κυρίως στα Α της χώρας, το ύψος βροχής είναι αρκετά χαμηλό και το διαθέσιμο νερό δεν καλύπτει τις ανάγκες (Χάρτης 1). Τα υδατικά διαμερίσματα της Αττικής και των Κυκλάδων χαρακτηρίζονται από πολύ χαμηλά ύψη βροχής και σχετικά υψηλές ετήσιες θερμοκρασίες, με αποτέλεσμα

**Χάρτης 1.**  
Χάρτης κατανομής της βροχόπτωσης στην Ελλάδα: η Δ. Ελλάδα δέχεται σημαντικά μεγαλύτερο ύψος βροχής απ' ό,τι τα Α διαμερίσματα της χώρας



να αποτελούν τις πιο άνυδρες περιοχές της χώρας. Συγκεκριμένα, στο υδατικό διαμέρισμα της Αττικής, που έχει συνολική έκταση 3.207 χμ<sup>2</sup>, εκτιμάται ότι η μέση ετήσια βροχόπτωση ανέρχεται σε 400 χιλ., ενώ η μέση ετήσια θερμοκρασία κυμαίνεται μεταξύ 16 και 18°C.

Η Αθήνα αποτελεί μια τυπική περίπτωση αστικής περιοχής όπου ιστορικά η διαχείριση των υδάτινων πόρων πέρασε από διάφορα στάδια που είχαν άμεση εξάρτηση από την αύξηση του πληθυσμού και την αντίστοιχη αύξηση της ζήτησης σε νερό. Η αστικοποίηση της Αττικής, με τραγικά υψηλούς ρυθμούς τον προηγούμενο αιώνα, είχε ως αποτέλεσμα να χαθεί η περίοδος που το νερό επαρκούσε έστω και οριακά για τους κατοίκους της. Εκτιμάται ότι οι απαιτήσεις σε νερό έχουν κατά μέσον όρο δεκαπλασιαστεί κατά τον 20ό αιώνα, γεγονός που σημαίνει ότι η αύξηση της ζήτησης σε νερό είναι κατά μέσον όρο 3 φορές πιο γρήγορη από την αύξηση του πληθυσμού. Η ετήσια κατανάλωση νερού στην Αττική το 1950 ήταν 25 εκατ. μ<sup>3</sup>, ενώ το 1990 έφτασε τα 400 εκατ. μ<sup>3</sup>. Άρχισε λοιπόν η απεγνωσμένη αναζήτηση πηγών παροχής νερού από πολύ μακρινές περιοχές και η κατασκευή μεγάλων έργων, με σκοπό την ενίσχυση της υδροδότησης, αγνοώντας τις επιπτώσεις που θα προκαλούσε η επέμβαση αυτή στον κύκλο του νερού και στο φυσικό περιβάλλον των περιοχών αυτών.

Ακολουθεί μια ιστορική αναδρομή της ύδρευσης στην Αθήνα και τα συνοδά έργα από την αρχαιότητα μέχρι την ανάπτυξη του σημερινού υδροδοτικού συστήματος. Επιπλέον, παρατίθενται λεπτομερή στοιχεία για τη διαχρονική κατανάλωση του νερού στην Αττική και, τέλος, γίνεται αναφορά στις επιπτώσεις της κατασκευής και λειτουργίας των φραγμάτων στους ποταμούς Μόρνο και Εύηνο, υπολογίζοντας το υδρολογικό ισοζύγιο της λεκάνης του Εύηνου και αποτυπώνοντας τις μεταβολές στη δελταϊκή ακτογραμμή του Μόρνου.

## Ιστορικό της ύδρευσης της πόλης των Αθηνών

Οι κάτοικοι της Αθήνας από την προϊστορική ήδη περίοδο ανέπτυξαν πρωτογενή συστήματα συλλογής νερού για την υδροδότηση της πόλης. Παράλληλα οργάνωσαν συστήματα διαχείρισης του νερού, που με την πάροδο του χρόνου εξελίχθηκαν και επηρεάστηκαν σε σημαντικό βαθμό από την ανάπτυξη της τεχνολογίας (Koutsoyiannis et al. 2003).

Τα κυριότερα υδρογραφικά δίκτυα που αποστραγγίζουν τις περιοχές περιμετρικά του Λεκανοπεδίου της Αθήνας είναι εκείνα του Ιλισού και του Κηφισού. Εντούτοις, λόγω του μικρού ύψους βροχής, ακόμα και οι κεντρικές κοίτες των ποταμών αυτών χαρακτηρίζονταν ανέκαθεν από πολύ μικρές παροχές, με σημαντικές διακυμάνσεις στη διάρκεια του έτους. Ο Ηριδανός, ο Κυκλοβόρος και ο Ποδονίφτης ήταν παραπόταμοι του Κηφισού με χειμαρρώδη χαρακτηριστικά και περιοδική ροή μόνο σε περιόδους έντονης βροχόπτωσης. Έτσι, η ύδρευση της Αθήνας δεν βασιζόταν τόσο στην επιφανειακή απορροή αλλά στην εκμετάλλευση του υπόγειου νερού μέσω πηγών και πηγαδιών. Αρκετές ήταν οι κρήνες στην αρχαία Αθήνα, με σημαντικότερες την Εννεάκρουνο, την κρήνη του Πανός, την κρήνη του Πάνοπος κ.ά. (Λάμπρου 1998). Για την κάλυψη των υδρευτικών αναγκών με οργανωμένο τρόπο ήδη από την προϊστορική εποχή κατασκευάζονταν υδραγωγεία μέσω των οποίων το νερό διοχετευόταν στις κρήνες. Το αρχαιότερο από αυτά ήταν το Πελασγικό, που ενίσχυε με τα νερά του Υμηττού τη λεκάνη απορροής του ποταμού Ιλισού. Μεταγενέστερο ήταν το υ-

δραγωγείο που κατασκευάστηκε από τον Θησέα και αξιοποιούσε τα νερά του Πεντελικού όρους. Πολύ αργότερα (μεταξύ 540 και 530 π.Χ.) ο Πεισίστρατος κατασκεύασε ένα υπόγειο υδραγωγείο αντλώντας νερό από τις πηγές του Υμηττού. Η ύδρευση γινόταν μέσω ενός δικτύου διανομής το οποίο τροφοδοτούσε τις κρήνες. Για την αντιμετώπιση προβλημάτων σε περιόδους ανομβρίας είχαν κατασκευαστεί δεξαμενές όπως η Χαμοστέρνα και η Πικροδάφνη, που χρησιμοποιούνταν ως χώροι αποθήκευσης του νερού.

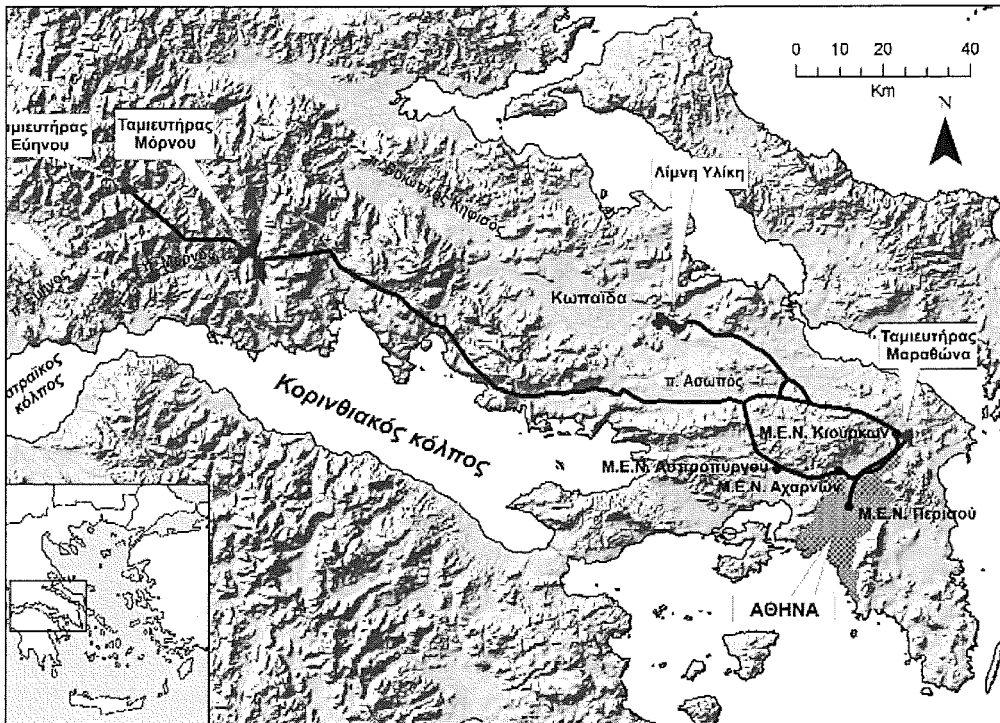
Ρυθμίσεις σχετικά με τη διαχείριση του νερού υιοθετούνται για πρώτη φορά στην ιστορία της πόλης στη νομοθεσία που θέσπισε ο Σόλων (περ. 594 π.Χ.). Οι ρυθμίσεις αυτές διατηρήθηκαν για πολλά χρόνια, με ελάχιστες τροποποιήσεις από τον Πεισίστρατο, και είχαν σκοπό την ορθολογική διαχείριση του νερού ώστε το πολύτιμο αυτό αγαθό να υπάρχει σε επάρκεια για όλους τους πολίτες. Ενδεικτικά μεταξύ των ρυθμίσεων, που σκοπό είχαν τη διαχείριση της ζήτησης και την κατά το δυνατόν ορθολογική χρήση, αναφέρεται ότι όλοι οι πολίτες είχαν το δικαίωμα να προμηθεύονται νερό από τις δημόσιες πηγές τροφοδοσίας μόνο αν διέμεναν σε μια συγκεκριμένη ακτίνα γύρω από αυτές. Επιπλέον, αν κάποιος δεν έβρισκε νερό στο χωράφι του μετά από τη διάνοιξη ενός πηγαδιού βάθους μέχρι 20 μ., είχε το δικαίωμα να προμηθεύεται νερό από γειτονικά πηγάδια δύο φορές την ημέρα (MacDowell 1978). Μάλιστα για την εφαρμογή των κανόνων αυτών είχε συσταθεί αρμόδια υπηρεσία ελέγχου.

Στην Ελληνιστική Εποχή (4ος-2ος αιώνας π.Χ.) δεν παρατηρήθηκαν ουσιαστικές αλλαγές στη διαχείριση των νερών της Αττικής. Κατά τη Ρωμαϊκή Εποχή (που ξεκίνησε το 86 π.Χ.) σημειώνεται η πρώτη δημιουργική παρέμβαση για τη συστηματικότερη υδροδότηση των Αθηνών. Τον 2ο αιώνα μ.Χ. ο Ρωμαίος αυτοκράτορας Αδριανός κατασκεύασε το Αδριάνειο υδραγωγείο, που ήταν το πρώτο μεγάλο υδροδοτικό έργο της πόλης. Μετέφερε νερό από το Τατόι σε μια δεξαμενή που βρισκόταν στους πρόποδες του Λυκαβηττού. Το έργο αυτό λειτούργησε μέχρι την εποχή της Τουρκοκρατίας, οπότε εγκαταλείφθηκε και περιήλθε σε αχρηστία.

Κατά τη Βυζαντινή Εποχή (324-1453) καθώς και την περίοδο της Φραγκοκρατίας (1205-1456) δεν κατασκευάστηκε κανένα σημαντικό έργο σχετικό με την υδροδότηση της πόλης. Μετά την απελευθέρωση από τους Τούρκους το Αδριάνειο υδραγωγείο καθαρίστηκε, επισκευάστηκε και τέθηκε πάλι σε λειτουργία το 1840.

Το Αδριάνειο υδραγωγείο και η δεξαμενή έπαψαν να είναι η κύρια πηγή νερού για την πόλη μετά το 1929, οπότε ξεκίνησε η λειτουργία του φράγματος του Μαραθώνα, που κατασκευάστηκε στην κεντρική κοίτη του ποταμού Οινόη (Χάραδρου), και της σήραγγας του Μπογιατίου, η κατασκευή των οποίων είχε ήδη ξεκινήσει από το 1925 (Χάρτης 2). Το έργο στον Μαραθώνα σηματοδοτεί μια νέα εποχή για την ύδρευση της Αθήνας. Η κατασκευή της τεχνητής λίμνης του Μαραθώνα ήταν αναγκαία λόγω των διαρκώς αυξανόμενων αναγκών σε νερό που προκάλεσε η αύξηση του πληθυσμού της Αθήνας μετά τη Μικρασιατική καταστροφή. Σήμερα ο ταμιευτήρας του Μαραθώνα δεν συμμετέχει ενεργά στην ύδρευση της Αττικής, αλλά αποτελεί μια αποθήκη νερού για λόγους ασφαλείας.

Λόγω της συνεχιζόμενης αύξησης του πληθυσμού της Αθήνας μεταγενέστερα, κρίθηκε αναγκαία η χρησιμοποίηση των νερών της φυσικής λίμνης Υλίκης, που βρίσκεται στο Νομό Βοιωτίας. Το 1956 η Υλίκη εντάσσεται στο υδροδοτικό σύστημα για την κάλυψη των αναγκών του λεκανοπεδίου (Χάρτης 2). Η



**Χάρτης 2.**

Χάρτης με τα σημαντικότερα έργα που κατασκευάστηκαν για την υδροδότηση της Αθήνας από τις αρχές του προηγούμενου αιώνα (πηγή υποβάθρου: Χ. Χαλκιάς, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο)

άντληση του νερού από τη λίμνη γίνεται με το μεγαλύτερο αντλιοστάσιο της Ευρώπης. Αυτή ήταν η πρώτη απόπειρα μεταφοράς νερού στην πρωτεύουσα από πηγή εκτός του Νομού Αττικής. Η μεταφορά νερού από την Υλίκη κρίνεται οικονομικά ασύμφορη, λόγω των μεγάλων ποσοτήτων ηλεκτρικής ενέργειας που απαιτείται να καταναλωθεί για την άντληση του νερού εξαιτίας του χαμηλού υψομέτρου της λίμνης (Ξένος κ.ά. 2001). Όπως και ο ταμιευτήρας του Μόρνου, έτσι και η Υλίκη αποτελεί σήμερα αποθηκευτικό χώρο νερού έτοιμο να συνδράμει σε περιόδους μεγάλης λειψυδρίας.

Το νέο σημαντικό έργο που ενίσχυσε την υδροδότηση της Αθήνας ήταν το φράγμα που κατασκευάστηκε στην κεντρική κοίτη του ποταμού Μόρνου στο Νομό Φωκίδος (Χάρτης 2). Την ίδια περίοδο ιδρύεται η Εταιρεία Ύδρευσης και Αποχέτευσης Πρωτεύουσας (ΕΥΔΑΠ), μετά τη συγχώνευση της Ανωνύμου Ελληνικής Εταιρείας Υδάτων των Πόλεων Αθηνών-Πειραιώς (ΕΕΥ) και του Οργανισμού Αποχετεύσεως Πρωτεύουσας (ΟΑΠ), η οποία αναλαμβάνει την ύδρευση των δήμων και κοινοτήτων της ευρύτερης περιοχής του Νομού Αττικής (ΕΥΔΑΠ 2005). Η κατασκευή του φράγματος ολοκληρώθηκε το 1980. Η μέση βροχόπτωση στην περιοχή της υδρολογικής λεκάνης του Μόρνου υπολογίζεται σε  $910 \pm 210$  χιλ./έτος και η μέση απόληψη ανέρχεται σε 210 εκατ.  $\mu^3$ /έτος. Το πρόβλημα της επάρκειας σε νερό δεν λύθηκε όμως ούτε και με αυτό το έργο, με αποτέλεσμα την αναζήτηση τρόπων ενίσχυσης του τεχνητού ταμιευτήρα του Μόρνου.

Η αναζήτηση λύσεων οδήγησε μέχρι το Νομό Αιτωλοακαρνανίας. Έτσι, το πιο πρόσφατο μεγάλο έργο που ενίσχυσε σημαντικά την υδροδότηση της πρωτεύουσας είναι η κατασκευή του φράγματος Αγίου Δημητρίου στον άνω ρου του ποταμού Εύηνου και η εκτροπή των νερών του μέσω σήραγγας στην τεχνητή λίμνη του Μόρνου (Χάρτης 2). Η πλήρης ολοκλήρωση και λειτουργία του έργου έγινε το 2001, αλλά ήδη από το 1995 μεταφέρονταν σημαντικές ποσότητες

τες νερού (περίπου 100 εκατ.  $\mu^3$ /έτος) στην Αθήνα, με σκοπό την αντιμετώπιση του έντονου προβλήματος λειψυδρίας που παρατηρήθηκε εκείνη την περίοδο. Εκτιμάται ότι συνολικά 200 εκατ.  $\mu^3$  μεταφέρονται από τον Εύηνο στην Αθήνα ετησίως μετά την πλήρη λειτουργία του έργου.

Το ακατέργαστο νερό μεταφέρεται σε τέσσερις μονάδες επεξεργασίας που βρίσκονται στο Γαλάτσι, το Πολυδένδρι, το Μενίδι και τη Μάνδρα· μετά τον καθαρισμό και τη χλωρίωσή του διοχετεύεται σε 45 δεξαμενές και στη συνέχεια διανέμεται στους καταναλωτές μέσω ενός δικτύου σωληνώσεων της ΕΥΔΑΠ μήκους 8.102 χμ.

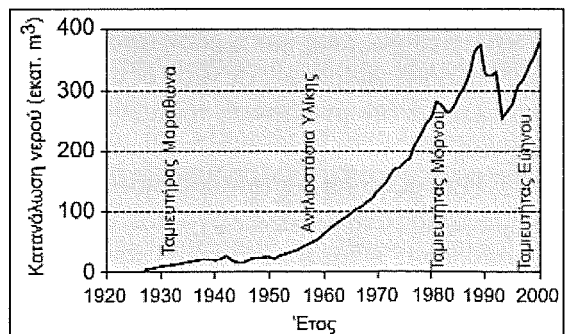
## Η κατανάλωση του νερού στην Αθήνα

Στο Διάγρ. 1 απεικονίζεται η διαχρονική πορεία της κατανάλωσης του νερού από το 1926 έως το 2000 και η χρονολογία ολοκλήρωσης και έναρξης της λειτουργίας των μεγάλων έργων υδροδότησης που αναφέρθηκαν ήδη. Η κατανάλωση νερού στην Αττική, από 25 εκατ.  $\mu^3$  που ήταν το 1950, προσέγγισε τα 400 εκατ.  $\mu^3$  μετά το 1990, ενώ η ζήτηση σε νερό αυξάνεται κατά μέσο όρο 3 φορές ταχύτερα από την αντίστοιχη αύξηση του πληθυσμού. Οι ανάγκες του σύγχρονου πολίτη δεν ήταν πάντα ζωτικές, αλλά συχνά συνδέονταν με την υποτιθέμενη αύξηση της ποιότητας της ζωής του. Έτσι, παρατηρήθηκε μια τραγική αύξηση κατοικιών με πισίνες και διαμορφωμένους περιβάλλοντες χώρους, γηπέδων γκολφ και παρόμοιων ενεργειών και δραστηριοτήτων που απαιτούν την κατανάλωση σημαντικών ποσοτήτων νερού. Εκτιμάται ότι σε περιοχές με μεγάλη κατανάλωση η ποσότητα του νερού που χρησιμοποιείται για χρήσεις όπως το πότισμα και γενικά η διαμόρφωση κήπων και πρασίνου, το πλύσιμο των αυτοκινήτων και οι πισίνες είναι αρκετό και μπορεί να φτάνει το 50% της συνολικής χρήσης (Hanemann 2000).

Μετά την ολοκλήρωση του έργου στον Μόρνο και την ενσωμάτωσή του στο υδροδοτικό σύστημα της Αθήνας, οι κάτοικοι της πρωτεύουσας ένιωσαν μια σιγουριά σε ό,τι αφορά στα διαθέσιμα αποθέματα νερού και η κατανάλωση αυξήθηκε σημαντικά (Διάγρ. 2). Κάτι ανάλογο συνέβη και μετά την κατασκευή και λειτουργία του έργου στον Εύηνο. Φαίνεται καθαρά ότι στη σύγχρονη Αθήνα οι πολίτες δεν έχουν αντιληφθεί ότι το νερό δεν είναι ανεξάντλητο, με αποτέλεσμα να μην υπάρχει η αίσθηση του μέτρου στην κατανάλωση.

Στο Διάγρ. 2 απεικονίζεται λεπτομερώς η διαχρονική μεταβολή της κατανάλωσης του νερού για την περιοχή ελέγχου της ΕΥΔΑΠ από το 1975 έως το

**Διάγραμμα 1.**  
Διάγραμμα της πορείας της κατανάλωσης του νερού στην Αθήνα από το 1926 έως το 2000 και τα έτη κατασκευής των αντίστοιχων έργων που πραγματοποιήθηκαν για την ενίσχυση της ύδρευσης της πρωτεύουσας



Πηγή: Xenos et al. 2002 (με τροποποιήσεις).

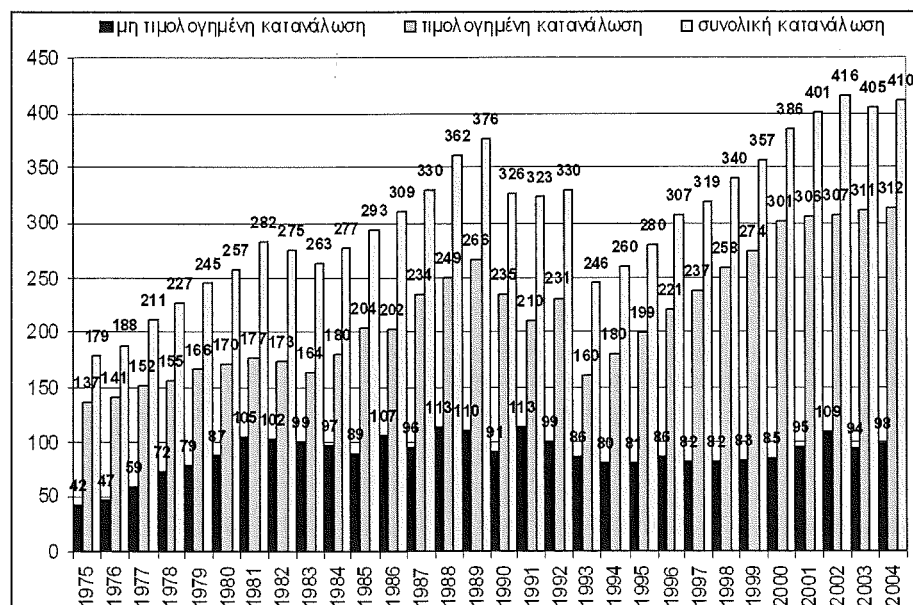
2004. Παρατηρείται μια σημαντική αύξηση της κατανάλωσης από έτος σε έτος, που αγγίζει κατά μέσο όρο τα περ. 15 εκατ.  $\mu^3$  από το 1975 έως το 1989, με μια μικρή σταθεροποίηση μεταξύ των ετών 1981 και 1984. Ακολουθεί μια μεγάλη μείωση στη συνολική κατανάλωση νερού μέχρι το 1993: από 376 εκατ.  $\mu^3$  το 1989 πέφτει στα 246 εκατ.  $\mu^3$  το 1993. Πρόκειται για την περίοδο της μεγαλύτερης λειψυδρίας για την Αττική. Από το 1993 και μετά αρχίζει πάλι μια αύξηση της κατανάλωσης κατά περίπου 20 εκατ.  $\mu^3$  από χρονιά σε χρονιά. Η συγκριτική παρατήρηση του Διάγρ. 2 με το Διάγρ. 3, στο οποίο απεικονίζεται η τιμολογιακή πολιτική της ΕΥΔΑΠ, σύμφωνα με την οποία η τιμή του νερού προσαρμόζοταν στα εκάστοτε αποθέματα, οδηγεί στη διαπίστωση ότι η μείωση της κατανάλωσης οφειλόταν κυρίως στην τραγικά μεγάλη αύξηση της τιμής του νερού, που έφτασε το 180% το 1981 και το 1990 και το 100% το 1992. Οι αυξήσεις στην τιμή συνοδεύτηκαν από μια τεράστια καμπάνια ενημέρωσης των πολιτών για την εξοικονόμηση του νερού. Όλοι θυμόμαστε τις καθημερινές ραδιοτηλεοπτικές ανακοινώσεις για το πόσες ημέρες επαρκούν τα εκάστοτε αποθέματα νερού και τον καταγισμό από ενημερωτικά φυλλάδια της ΕΥΔΑΠ που παρότρυναν τους καταναλωτές να μειώσουν τη σπατάλη περιορίζοντας τις άσκοπες χρήσεις.

Στο Διάγρ. 2 απεικονίζεται η συνολική κατανάλωση, που είναι το άθροισμα της τιμολογημένης και της μη τιμολογημένης ποσότητας νερού που καταναλώνεται. Μια πολύ σημαντική ποσότητα, που φτάνει περίπου το 1/3 της συνολικής κατανάλωσης και αγγίζει κατά μέσο όρο τα 75 εκατ.  $\mu^3$  ετησίως, δεν τιμολογείται. Μεγάλο μέρος της ατιμολόγητης αυτής ποσότητας νερού περιλαμβάνει τις απώλειες από το απαρχαιωμένο δίκτυο διανομής της ΕΥΔΑΠ λόγω κακής συντήρησης καθώς και τη σπατάλη χρηστών, κυρίως του Δημοσίου, που δεν τιμολογούνται.

Ενδεικτικό της εποχικής κύμανσης της κατανάλωσης είναι το Διάγρ. 4, ό-

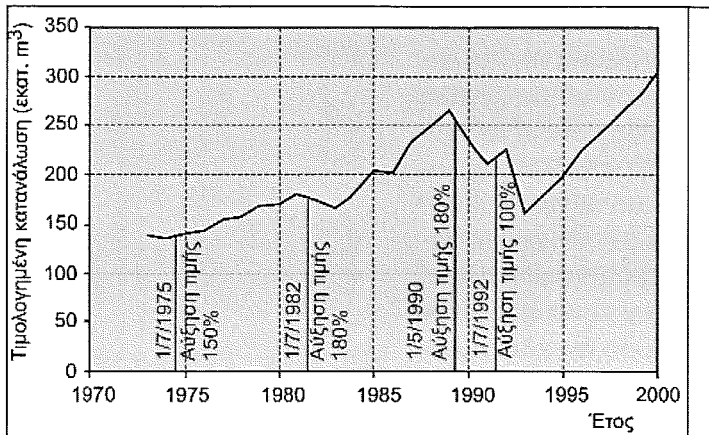
### Διάγραμμα 2.

Διάγραμμα κατανάλωσης νερού για την Αθήνα από το 1975 έως σήμερα, όπου απεικονίζεται η συνολική κατανάλωση, τιμολογημένη καθώς και ατιμολόγητη (μεγάλο μέρος της οποίας αντιστοιχεί στις απώλειες από το απαρχαιωμένο δίκτυο της ΕΥΔΑΠ)



Πηγή: ΕΥΔΑΠ.





Διάγραμμα 3.

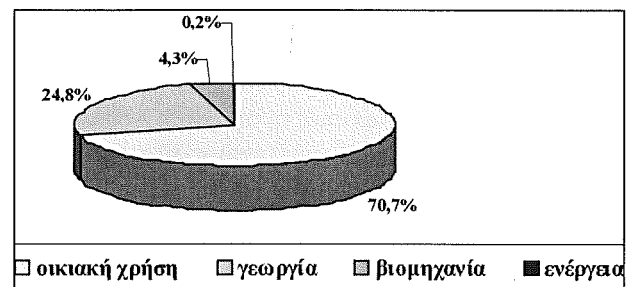
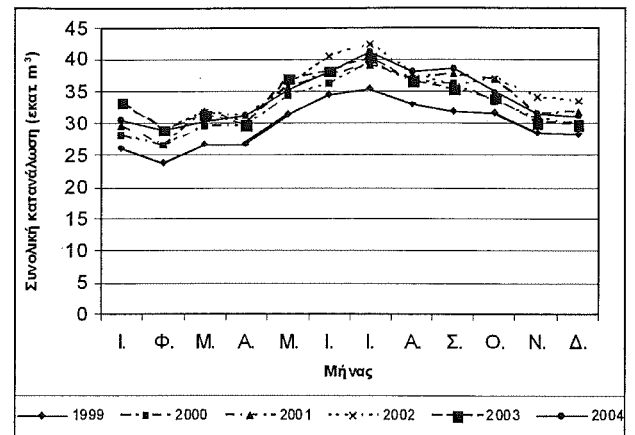
Η διαχρονική πορεία της κατανάλωσης νερού στην Αθήνα από το 1973 έως το 2000 (έχουν τοποθετηθεί χρονικά οι περιόδου αύξησης της τιμής για το νερό, και φαίνεται καθαρά ο τρόπος με τον οποίο επηρεάζει την κατανάλωση η τιμολογιακή πολιτική της ΕΥΔΑΠ)

Διάγραμμα 4.

Η πορεία της μηνιαίας κατανάλωσης του νερού στην Αθήνα για τα έτη 1999-2004

Διάγραμμα 5.

Κατανομή των κυριότερων χρήσεων νερού στην Αθήνα



που απεικονίζεται η κατανάλωση από μήνα σε μήνα για κάθε έτος από το 1999 έως το 2004. Η κατανάλωση κατά τη διάρκεια των καλοκαιρινών μηνών, και κυρίως τον Ιούλιο, είναι αυξημένη έως και 10 εκατ.  $\mu^3$  νερού σε σχέση με τους χειμερινούς και τους ανοιξιότικους μήνες. Οι σχετικά χαμηλότερες τιμές που σημειώνονται τον Αύγουστο μπορούν να αποδοθούν στη μαζική καλοκαιρινή έξοδο των Αθηναίων για διακοπές.

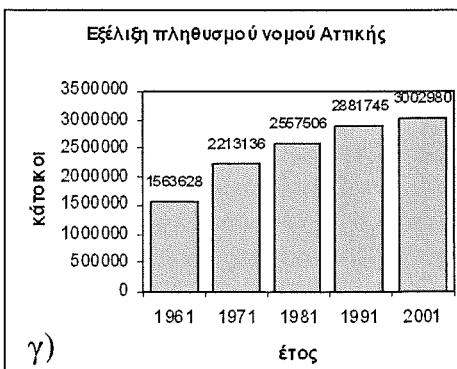
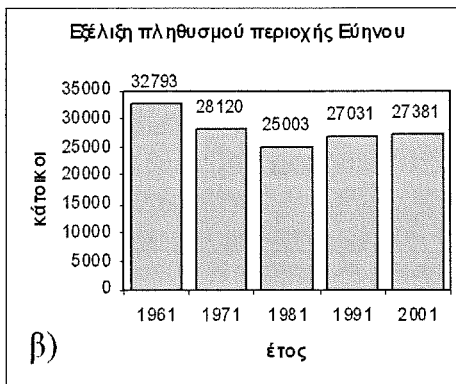
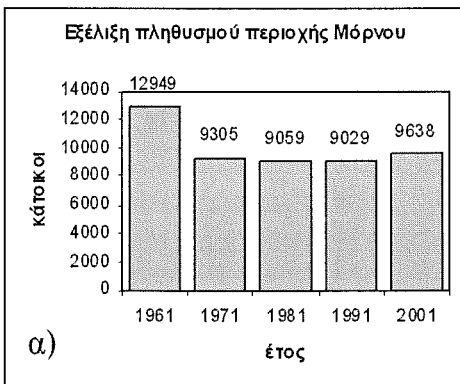
Σε ό,τι αφορά στις κυριότερες χρήσεις νερού για την Αττική, από τη μέση ετήσια ζήτηση σε νερό, που ανέρχεται σε 408 εκατ.  $\mu^3$ , μια ποσότητα που αγγίζει τα 289 εκατ.  $\mu^3$  και αντιστοιχεί στο 70,5% της συνολικής ετήσιας κατανάλωσης χρησιμοποιείται για οικιακή χρήση, ενώ ποσοστό 24,9% αυτής (ποσότητα 101,5 εκατ.  $\mu^3$ ) χρησιμοποιείται στη γεωργία, 4,4% (ποσότητα 17,5 εκατ.  $\mu^3$ ) προορίζεται για βιομηχανική χρήση και, τέλος, μόλις το 0,2% για ενέργεια (Διάγρ. 5).

### Επιπτώσεις στις υδρολογικές λεκάνες Μόρνου και Εύηνου από τη μεταφορά νερού στην Αθήνα

Όπως αναλύθηκε παραπάνω, οι αυξανόμενες ανάγκες οδήγησαν στην αναζήτηση και μεταφορά ποσοτήτων νερού από απομακρυσμένες από την Αθήνα περιοχές. Η επέμβαση στο υδρολογικό ισοζύγιο μιας λεκάνης απορροής προκαλεί η κατασκευή ενός φράγματος έχει τραγικές επιπτώσεις στο οικοσύστημα και τη λειτουργία των φυσικών διεργασιών, επιπτώσεις που δεν λήφθηκαν υπόψη από τους διαχειριστές του νερού της Αθήνας και θεωρήθηκαν δευτερεύουσες, αφού θα αφορούσαν σαφώς μικρότερο αριθμό ανθρώπων, ενώ από την άλλη θα καλύπτονταν οι ανάγκες μεγάλου αριθμού κατοίκων της πρωτεύουσας.

Στο Διάγρ. 6α/β/γ απεικονίζονται τα πληθυσμιακά στοιχεία της Αττικής καθώς και των περιοχών των υδρολογικών λεκανών των ποταμών Μόρνου και Εύηνου, από όπου μεταφέρεται το νερό. Τα στοιχεία για τις τρεις περιοχές προέρχονται από τις απογραφές πληθυσμού της ΕΣΥΕ από το 1961 έως το 2001. Τα πληθυσμιακά δεδομένα των λεκανών απορροής του Μόρνου και του Εύηνου αφορούν στις κοινότητες των οποίων οι εκτάσεις που καταλαμβάνουν βρίσκονται από τη θέση των φραγμάτων έως τις εκβολές των ποταμών. Πρόκειται για συνολικά 39 κοινότητες στην υδρολογική λεκάνη του Εύηνου και 35 στη λεκάνη του Μόρνου. Οι κοινότητες αυτές θεωρείται ότι υφίστανται άμεσα τις επιπτώσεις από τη μείωση της επιφανειακής απορροής των ποταμών μετά τη λειτουργία των φραγμάτων. Γίνεται σαφές ότι οι κάτοικοι των περιοχών που θα πληγούν άμεσα αριθμητικά αντιστοιχούν μόλις στο 1,2% του συνόλου των ευεργετηθέντων Αθηναίων πολιτών. Η σύγκριση μεταξύ των πληθυσμών των κοινοτήτων αυτών και της Αττικής ερμηνεύει την ευκολία με την οποία λήφθηκε η απόφαση τα υδατικά αποθέματα των ποταμών αυτών της Δ. Ελλάδας να μεταφερθούν στην Αττική. Οι κοινότητες είναι σταθερές πληθυσμιακά, γεγονός που δείχνει ότι η μείωση της επιφανειακής απορροής δεν έχει σημαντικές επιπτώσεις στον αριθμό των κατοίκων.

Οι επιπτώσεις της λειτουργίας των φραγμάτων είναι άμεσες και αφορούν τόσο στη φυσική ροή του νερού όσο και στη μεταφορά των φερτών υλών των ποταμών. Στην περίπτωση φραγμάτων η κατασκευή των οποίων έχει σκοπό την παραγωγή ενέργειας, η υδάτινη παροχή θα φτάσει στις εκβολές του ποταμού έστω και ετεροχρονισμένα. Όταν όμως σκοπός της λειτουργίας τους είναι η υδροδότηση, το νερό συλλέγεται και απομακρύνεται, οπότε παρατηρείται μείωση της παροχής από το φράγμα μέχρι τις εκβολές. Αρκετές από τις επιπτώσεις στις παραποτάμιες περιοχές λόγω της τραγικής μείωσης της επιφανειακής α-



#### Διάγραμμα 6.

Διαχρονική εξέλιξη του πληθυσμού των κοινοτήτων που βρίσκονται στις λεκάνες απορροής (α) του Μόρνου και (β) του Εύηνου και καταλαμβάνουν εκτάσεις που βρίσκονται από τη θέση των φραγμάτων μέχρι τις εκβολές των ποταμών· το (γ) απεικονίζει τη διαχρονική εξέλιξη του πληθυσμού στην Αττική

**Πίνακας 1.**

Αποτελέσματα του υπολογισμού των παραμέτρων του υδρολογικού ισοζυγίου για τη λεκάνη απορροής του ποταμού Εύηνου και μεθοδολογίες που ακολουθήθηκαν.

Παράμετρος	Μεθοδολογία	Όγκος νερού (μ <sup>3</sup> )
Κατακρημνίσματα (P)	Μέθοδος χάραξης ισοϋετιών καμπυλών	1.414.250.000
Εξατμισοδιαπνοή (E)	Μέθοδος-τύπος του Turc	659.324.000
Κατείδυση (I)	Ομαδοποίηση λιθολογικών σχηματισμών	324.878.480
Επιφανειακή απορροή (R)	Εξίσωση του υδρολογικού ισοζυγίου	430.047.520

**Πίνακας 2.**

Οι μετεωρολογικοί σταθμοί που βρίσκονται εντός της λεκάνης του ποταμού Εύηνου, τα χαρακτηριστικά τους και οι μέσες ετήσιες τιμές βροχόπτωσης και θερμοκρασίας

Σταθμός	Γεωγρ. μήκος	Γεωγρ. πλάτος	Υψόμετρο (μ.)	Φορέας	Περίοδος λειτουργίας	Μέση ετήσια βροχόπτωση (χιλ.)	Μέση ετήσια θερμοκρασία αέρα
Ανάληψη	21° 42'	38° 30'	620	ΥΔΕ	1970-1995	1.245	
Αράχωβα	21° 52'	38° 41'	960	ΔΕΗ	1970-1995	1.276	12,9°C
Γραμμένη Οξιά	22° 00'	38° 44'	1160	ΥΔΕ	1970-1995	1.196	10,9°C
Γρηγόριο	21° 59'	38° 38'	1000	ΥΔΕ	1970-1995	1.749	
Δρυμόνας	21° 40'	38° 38'	900	ΔΕΗ	1970-1995	1.335	11,9°C
Πλάτανος	21° 47'	38° 36'	900	ΥΔΕ	1970-1995	1.521	
Πόρος Ρηγ.	21° 45'	38° 30'	150	ΥΔΕ	1970-1995	1.267	16,4°C

**Πίνακας 3.**

Επιφανειακή έκταση των λιθολογικών σχηματισμών στην περιοχή που περικλείεται μεταξύ των ισοϋετιών καμπυλών

Λιθολογία	<800 χιλ.	800-1000 χιλ.	1000-1200 χιλ.	1200-1400 χιλ.	1400-1600 χιλ.	>1600 χιλ.
Φλύσχης	41,94 χμ <sup>2</sup>	84,31 χμ <sup>2</sup>	108,06 χμ <sup>2</sup>	134,88 χμ <sup>2</sup>	176,94 χμ <sup>2</sup>	53,81 χμ <sup>2</sup>
Ασβεστόλιθοι	10,00 χμ <sup>2</sup>	2,63 χμ <sup>2</sup>	26,81 χμ <sup>2</sup>	183,94 χμ <sup>2</sup>	209,30 χμ <sup>2</sup>	14,75 χμ <sup>2</sup>
Αλλούβια	17,75 χμ <sup>2</sup>	3,25 χμ <sup>2</sup>	3,31 χμ <sup>2</sup>	13,25 χμ <sup>2</sup>	3,13 χμ <sup>2</sup>	–
Σύνολο	69,69 χμ <sup>2</sup>	90,19 χμ <sup>2</sup>	138,18 χμ <sup>2</sup>	332,07 χμ <sup>2</sup>	389,37 χμ <sup>2</sup>	68,56 χμ <sup>2</sup>

πορροής των ποταμών κατάντη των φραγμάτων θα φανούν μακροπρόθεσμα και ίσως δεν είναι άμεσα και εύκολα αντιληπτές.

Σε μια προσπάθεια ποσοτικής εκτίμησης της μείωσης του νερού στις περιοχές των λεκανών λόγω της μεταφοράς του στην Αθήνα, υπολογίστηκαν οι παράμετροι του υδρολογικού ισοζυγίου για την υδρολογική λεκάνη του Εύηνου. Η εξίσωση του υδρολογικού ισοζυγίου, που αποτελεί τη μαθηματική έκφραση του κύκλου του νερού, είναι η εξής:

$$P = E + I + R,$$

όπου  $P$  το νερό που δέχεται η λεκάνη με τη μορφή των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων,  $E$  το νερό που μεταφέρεται στην ατμόσφαιρα με το φαινόμενο της εξατμησης και της διαπνοής,  $I$  το νερό που κατεισχύει μέσω των διαπερατών

σχηματισμών της λεκάνης και, τέλος,  $R$  η επιφανειακή απορροή, το νερό δηλαδή που απομένει και ρέει στις κοίτες των ποταμών.

Η εκτίμηση των παραμέτρων του υδρολογικού ισοζυγίου για τη λεκάνη απορροής του ποταμού Εύηνου έδειξε ότι η συνολική μέση ποσότητα νερού που δέχεται η περιοχή με τη μορφή ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων είναι  $1.414.250.000 \text{ m}^3$  ετησίως (Πίν. 1). Για την εκτίμηση του  $P$  εφαρμόστηκε η μέθοδος χάραξης των ισοϋετιών καμπυλών που θεωρείται ως η πλέον αξιόπιστη (Χάρτης 3). Η χάραξη των ισοϋετιών καμπυλών έγινε ανά 200 χιλ., χρησιμοποιώντας τα βροχομετρικά δεδομένα 25ετίας επτά μετεωρολογικών σταθμών που βρίσκονται εντός της υδρολογικής λεκάνης (Πίν. 2) και λαμβάνοντας σοβαρά υπόψη τη μορφολογία του αναγλύφου. Ο όγκος νερού των κατακρημνισμάτων υπολογίστηκε αθροίζοντας τα γινόμενα που προέκυψαν από τον πολλαπλασιασμό της έκτασης μεταξύ των διαδοχικών ισοϋετιών καμπυλών (Πίν. 3) με το ημίαθροισμα των τιμών τους.

Από το νερό αυτό μια αρκετά μεγάλη ποσότητα, που ανέρχεται σε  $659.324.000 \text{ m}^3$  χάνεται λόγω του φαινομένου της εξατμισοδιαπνοής, ενώ μια ποσότητα  $324.878.480 \text{ m}^3$  κατείδυει μέσω των διαπερατών γεωλογικών σχηματισμών που καταλαμβάνουν τη λεκάνη και ενισχύουν τους υπόγειους υδροφόρους ορίζοντες. Για τον υπολογισμό της εξατμισοδιαπνοής ( $E$ ) εφαρμόστηκε ο τύπος του L. Turc (1951), που θεωρήθηκε ότι είναι κατάλληλος για τα λιθολογικά χαρακτηριστικά και τις θερμοκρασιακές συνθήκες που επικρατούν εντός της λεκάνης (Σούλιος 1986):

$$E = \frac{P}{\sqrt{0,9 + \frac{P^2}{L^2}}}$$

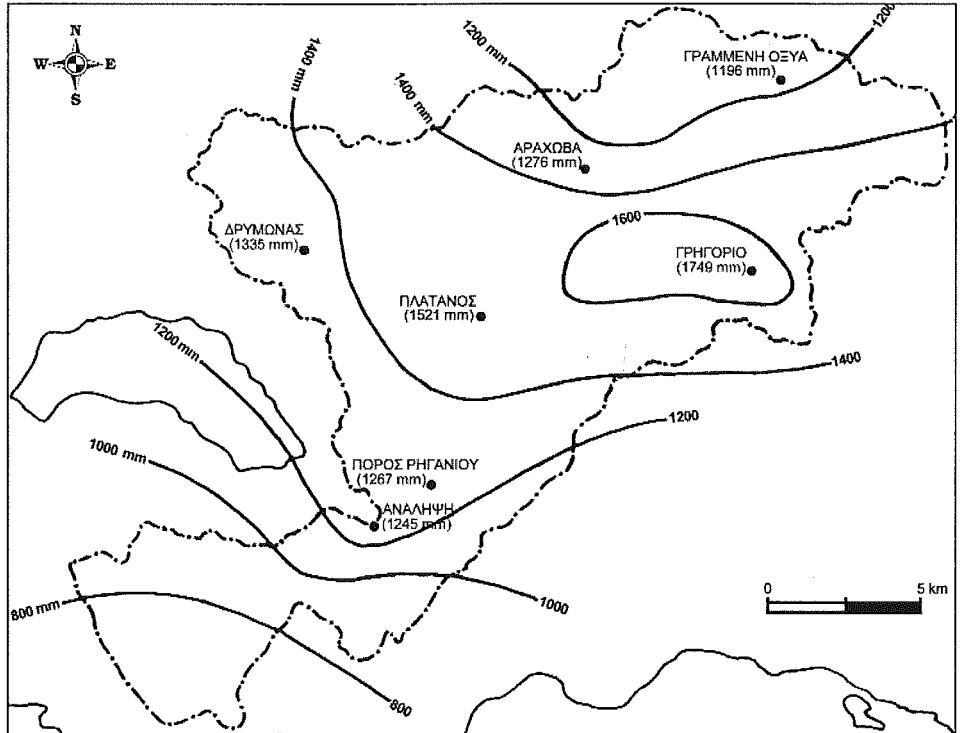
όπου  $E$  η ετήσια εξατμισοδιαπνοή,  $P$  το μέσο ετήσιο ύψος βροχής σε χιλ.,  $L = 300 + 25 T + 0,05 T^2$ , και  $T$  η μέση ετήσια θερμοκρασία σε βαθμούς Κελσίου ( $^{\circ}\text{C}$ ).

Για την ποσοτικοποίηση της κατείδυσης οι λιθολογικοί σχηματισμοί της λεκάνης ομαδοποιήθηκαν σε τρεις κατηγορίες με διαφορετική διαπερατότητα (Χάρτης 4). Οι ασβεστολιθικοί σχηματισμοί θεωρήθηκε ότι έχουν συντελεστή κατείδυσης 45%, οι κλαστικοί σχηματισμοί 5% και οι χαλαρές αλλουβιακές αποθέσεις 23% (Καρύμπαλης 1999β). Εκτιμήθηκε η ποσότητα του νερού που δέχεται κάθε λιθολογία μεταξύ των δύο διαδοχικών ισοϋετιών καμπυλών, και πολλαπλασιάζοντας με το συντελεστή κατείδυσης κάθε λιθολογίας υπολογίστηκε η κατείδυση ανά σχηματισμό. Αθροίζοντας τα επιμέρους αποτελέσματα της κατείδυσης ανά λιθολογία προέκυψε η κατείδυση για το σύνολο της λεκάνης.

Το μεγαλύτερο μέρος της επιφανειακής απορροής προέρχεται από το ΒΑ τμήμα της λεκάνης, δεδομένου ότι λόγω υψομέτρου δέχεται το μεγαλύτερο ύψος βροχής, που φτάνει ετησίως τα 1600 χιλ., ενώ παράλληλα καταλαμβάνεται κυρίως από κλαστικούς σχηματισμούς φλύσχη, που έχουν πολύ μικρό συντελεστή κατείδυσης. Η τελική ποσότητα νερού που απομένει να ρέει στις κοίτες είναι  $430.047.520 \text{ m}^3$  και υπολογίστηκε αφαιρώντας από τον όγκο των κατακρημνισμάτων τον όγκο νερού που χάνεται λόγω της εξατμισοδιαπνοής και της κατείδυσης. Όπως έχει ήδη αναφερθεί, από αυτά, τα 100 εκατ.  $\text{m}^3$  μεταφέρονται ετησίως από το 1995 έως το 2001 για να καλυφθούν οι ανάγκες της Αθήνας, ενώ μετά το 2001 η ποσότητα αυτή αυξήθηκε σε 200 εκατ.  $\text{m}^3$ . Συνεπώς, μετά την κατασκευή του φράγματος η επιφανειακή απορροή μειώθηκε στο ήμισυ. Κανείς ό-

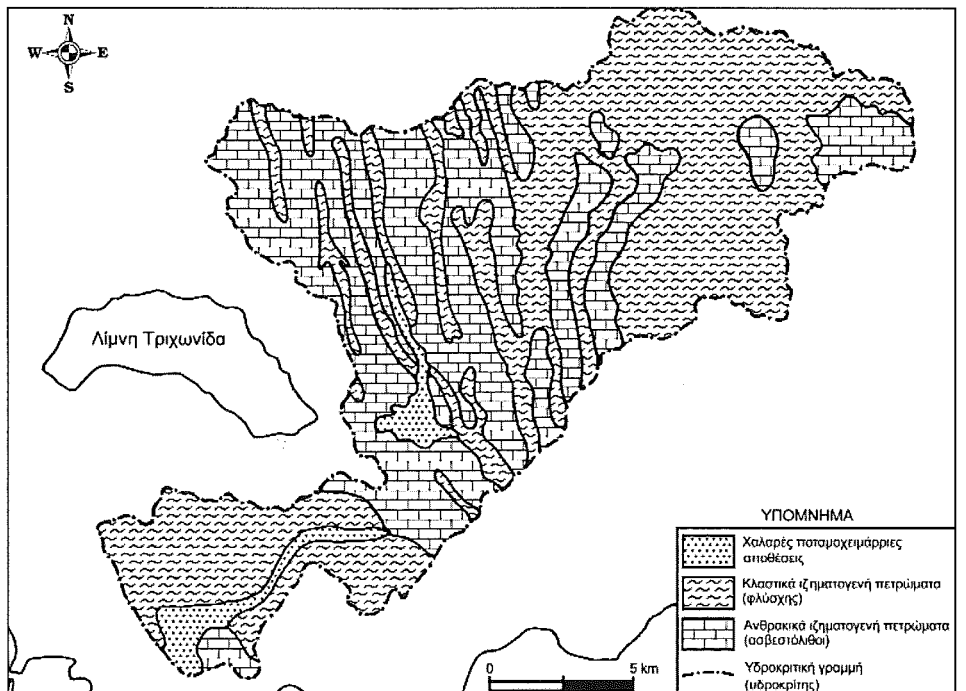
**Χάρτης 3.**

Χάρτης ισοϋετίων καμπυλών της λεκάνης απορροής του ποταμού Εύηνου (η χάραξη των καμπυλών ανά 200 χιλ. έγινε λαμβάνοντας υπόψη τα μέσα ετήσια ύψη βροχής των επτά μετεωρολογικών σταθμών που βρίσκονται εντός της λεκάνης και απεικονίζονται στο χάρτη)



**Χάρτης 4.**

Λιθολογικός χάρτης της λεκάνης απορροής του Εύηνου ποταμού



μως δεν αναλογίστηκε ότι στο δέλτα που έχει διαμορφωθεί στις εκβολές του ποταμού Εύηνου υπάρχουν σημαντικοί υδροβιότοποι, οι οποίοι, μαζί με τους αντίστοιχους που φιλοξενούνται στο γειτονικό δέλτα του Αχελώου, έχουν χαρακτηριστεί προστατευόμενες περιοχές βάσει της σύμβασης RAMSAR (ΥΠΕΧΩ-ΔΕ 1986). Η διατήρηση των υδροβιότοπων αυτών εξαρτάται από τη λεπτή ισορροπία αλμυρού και γλυκού νερού. Η κατασκευή του φράγματος, πέρα από τη σημαντική μείωση του γλυκού νερού που φτάνει στις εκβολές, επηρεάζει τους ρυθμούς άφιξης του νερού διαταράσσοντας το ισοζύγιο (Καρύμπαλης 1999α). Αναφέρθηκε ήδη ότι κατά τη θερινή περίοδο οι ανάγκες σε νερό αυξάνονται στην Αθήνα, οπότε μεγαλύτερες ποσότητες νερού δεσμεύονται και μεταφέρονται από τον Εύηνο και άρα λιγότερο νερό καταλήγει στις εκβολές. Τη θερινή όμως περίοδο οι ανάγκες των υδροβιότοπων σε γλυκό νερό είναι εξίσου αυξημένες και ζωτικής σημασίας για τη διατήρησή τους.

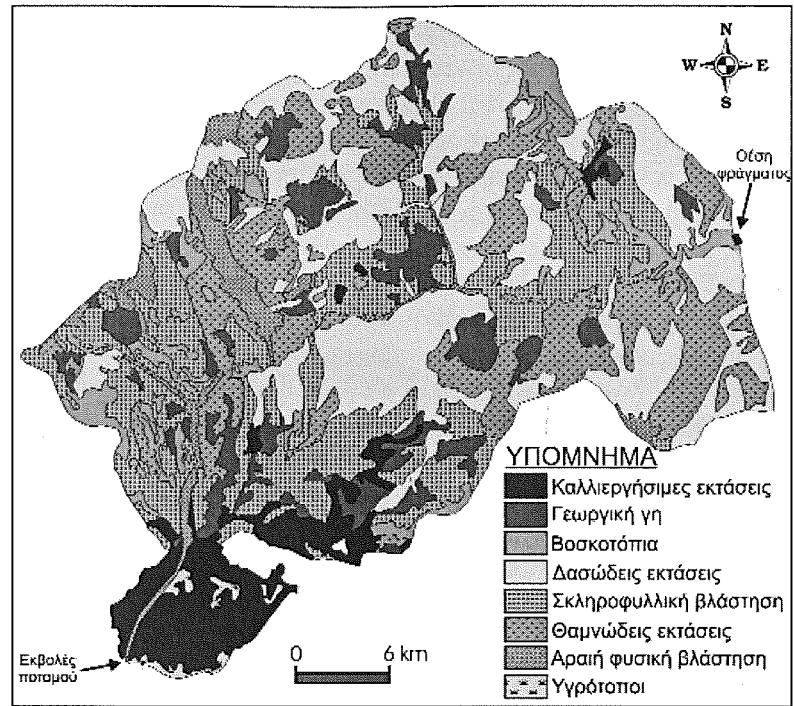
Μία επιπλέον αρνητική συνέπεια θα είναι η μειωμένη τροφοδοσία των υπόγειων νερών που φιλοξενούνται στις αλλουβιακές αποθέσεις των ποταμών, τόσο κατά μήκος της κοίτης τους όσο κυρίως στις δελταϊκές περιοχές, όπου τα υπόγεια νερά χρησιμοποιούνται για την άρδευση των καλλιεργήσιμων εκτάσεων. Επιπλέον, για τους υδροφόρους ορίζοντες των δέλτα, που η κύρια τροφοδοσία τους γίνεται από το ποτάμι, ελλοχεύει ο κίνδυνος της υφαλμύρινσης σε περίπτωση παύσης της τροφοδοσίας τους και χρήσης του υπόγειου νερού για άρδευση με τον ίδιο ρυθμό.

Σε μια προσπάθεια ποιοτικής εκτίμησης των επιπτώσεων από τη μείωση του νερού στις περιοχές αυτές των λεκανών απορροής και των δύο ποταμών, απεικονίστηκαν οι χρήσεις γης που φιλοξενούν, όπως έχουν χαρτογραφηθεί για το πρόγραμμα corine της Ευρωπαϊκής Επιτροπής για το Περιβάλλον (Χάρτες 5, 6). Οι χρήσεις γης ομαδοποιήθηκαν σε επτά κατηγορίες, που περιλαμβάνουν καλλιεργήσιμες εκτάσεις, γεωργική γη, βοσκοτόπια, εκτάσεις που καταλαμβάνονται από δάση, σκληροφυλλική βλάστηση και θάμνους, περιοχές με αραιή φυσική βλάστηση και υγρότοπους που εντοπίζονται στις περιοχές των ποτάμιων δέλτα. Από τους χάρτες αυτούς γίνεται σαφές ότι μία από τις κύριες δραστηριότητες των κατοίκων των κοινοτήτων που βρίσκονται κατάντη των φραγμάτων, και κυρίως των περιοχών του δέλτα, αφορούν στον πρωτογενή τομέα και είναι η καλλιέργεια της γης και η γεωργία, που απαιτεί σημαντικές ποσότητες νερού για άρδευση. Επιπλέον, σημαντική έκταση καταλαμβάνεται από οικοσυστήματα όπως δάση και περιοχές με φυσική βλάστηση, η διατήρηση των οποίων εξαρτάται άμεσα από την ύπαρξη νερού. Είναι προφανές ότι η μείωση της επιφανειακής απορροής εξαιτίας της μεταφοράς του νερού στην Αθήνα θα επηρεάσει ως ένα βαθμό τόσο την ανθρώπινη δραστηριότητα όσο και το φυσικό περιβάλλον στις περιοχές αυτές.

Πέραν της μείωσης του νερού που φτάνει στις εκβολές, η κατασκευή και μακροχρόνια λειτουργία των φραγμάτων έχει ως συνέπεια την παγίδευση των φερτών υλών των ποταμών στην τεχνητή λίμνη και την απόθεσή τους στον πυθμένα λόγω της μείωσης της ταχύτητας ροής του νερού και συνεπώς της μεταφορικής του ικανότητας. Στα ποτάμια ιζήματα που συσσωρεύονται στον ταμιευτήρα του φράγματος περιλαμβάνεται όλο το φορτίο που μεταφέρεται με κύλιση κατά μήκος των κοιτών και ένα πολύ μεγάλο μέρος του ποσοστού των υλικών που μεταφέρονται σε αιώρηση. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση των ποσοτήτων ιζήματος που καταλήγουν και αποτίθενται στις εκβολές. Η περιορισμένη τροφοδοσία των εκβολών με ιζήματα τροποποιεί τις φυσικές διεργασίες που

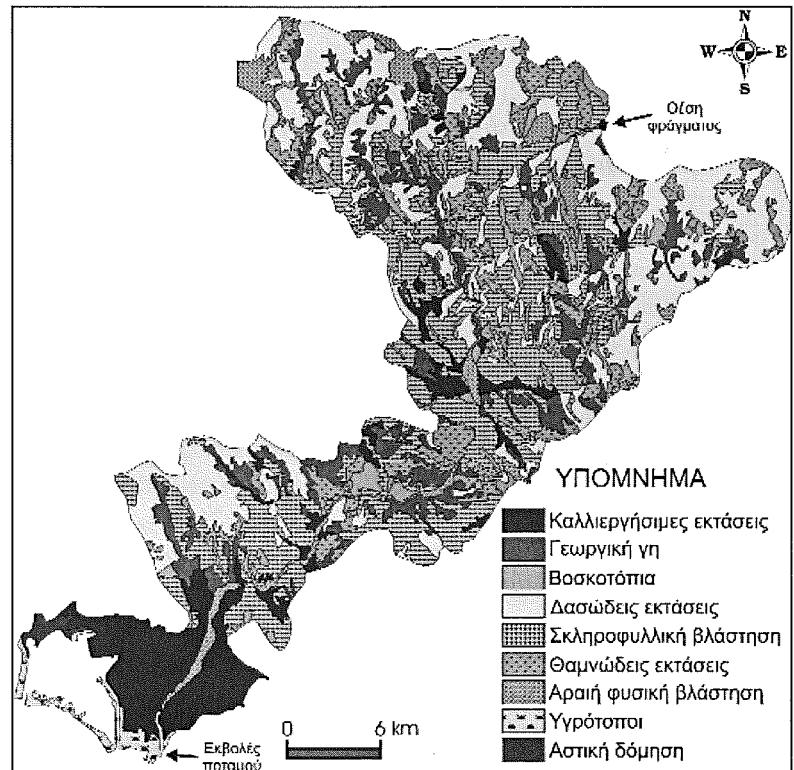
**Χάρτης 5.**

Χάρτης χρήσεων γης για το τμήμα της λεκάνης απορροής του Μόρονου από τη θέση του φράγματος έως τις εκβολές του ποταμού



**Χάρτης 6.**

Χάρτης χρήσεων γης για το τμήμα της λεκάνης απορροής του Εύηνου από τη θέση του φράγματος έως τις εκβολές του ποταμού



δρουν στο χώρο αυτόν και μεταβάλλει το ρυθμό δράσης τους. Στις περισσότερες περιπτώσεις η κυριότερη επίπτωση είναι η αλλαγή του καθεστώτος δράσης των διεργασιών που επικρατούν στην ακτογραμμή (Maroukian & Karymbalis 2004). Έτσι, ενώ πριν παρατηρούνταν προέλαση της ξηράς έναντι της θάλασσας, μετά την κατασκευή του φράγματος επικρατούν οι θαλάσσιες διεργασίες (κυματισμός, παράκτια ρεύματα), με αποτέλεσμα τη διάβρωση και την υποχώρηση της ακτογραμμής. Αυτό οδηγεί στον σταδιακό περιορισμό της έκτασης του δέλτα και στη μείωση των καλλιεργήσιμων εκτάσεων και των υγροβιότοπων.

Με βάση το ποσοστό του εμβαδού της λεκάνης απορροής που βρίσκεται ανάντη των φραγμάτων σε σχέση με τη συνολική έκταση της λεκάνης απορροής και χρησιμοποιώντας τιμές υδάτινου (σε  $\mu^3/\chi\mu^2$ ) και ιζηματολογικού (σε  $t/\chi\mu^2$ ) δυναμικού, έγινε ένας πρώτος υπολογισμός του ποσού των ιζημάτων που δεσμεύεται ανάντη των φραγμάτων για τον Εύηνο και τον Μόρνο (Πίν. 4) (Πούλος 1999).

**Πίνακας 4.**

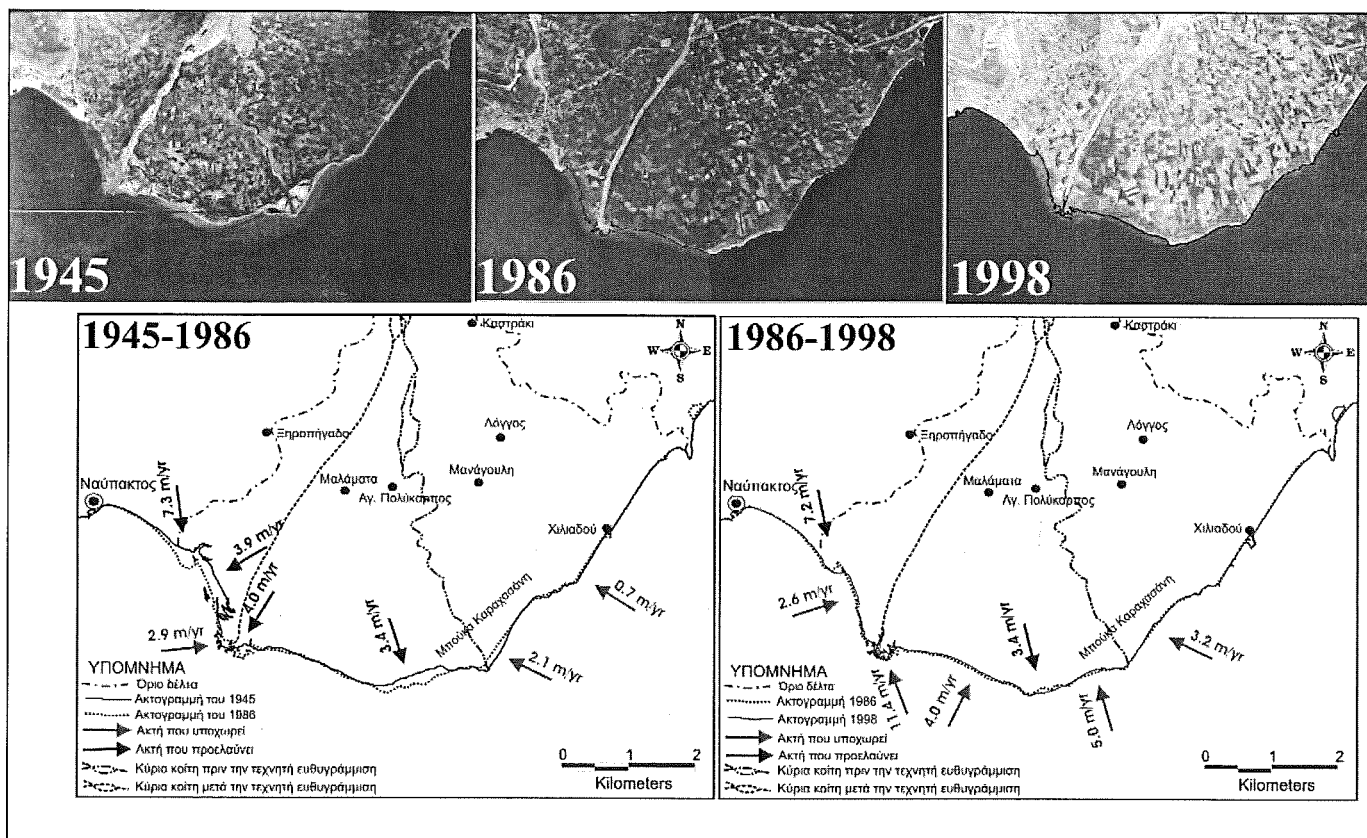
*Μέσες ετήσιες τιμές του δυναμικού σε νερό και ιζημα των ποταμών Μόρνο και Εύηνο: Ε το εμβαδόν της λεκάνης απορροής, Υ το μέσο ετήσιο υδάτινο δυναμικό από μετρήσεις παροχών του Θεριανού (1974), ΙΖ-Α το μέσο ετήσιο δυναμικό του αιωρούμενου υλικού, ΙΖ-Δ το μέσο ετήσιο δυναμικό του διαλελυμένου υλικού, ΙΖ-Κ το μέσο ετήσιο δυναμικό του κυλιόμενου στον πυθμένα υλικού, ΙΖ-Σ το συνολικό μέσο ετήσιο δυναμικό ιζήματος που μεταφέρεται από τον ποταμό, ΕΜ-α η έκταση της λεκάνης απορροής ανάντη του φράγματος, Α το ποσοστό της συνολικής έκτασης στο οποίο αντιστοιχεί, ΙΖ-α η ποσότητα του ιζήματος που δεσμεύεται πίσω από το φράγμα*

Ποταμός	Ε ( $\chi\mu^2$ )	Υ ( $10^3 \mu^3/\chi\mu^2$ )	ΙΖ-Α ( $t/\chi\mu^2$ )	ΙΖ-Δ ( $t/\chi\mu^2$ )	ΙΖ-Κ ( $t/\chi\mu^2$ )	ΙΖ-Σ ( $t/\chi\mu^2$ )	ΕΜ-α ( $\chi\mu^2$ )	Α (%)	ΙΖ-α ( $t \cdot 10^6$ )
Εύηνος	1.070	1.375	346,5	131,1	38,5	516,1	225	21	0,1
Μόρνος	1.010	1.118	12,7	379,6	1,4	393,7	485	48	0,2

Πηγή: Πούλος 1999.

Στην περίπτωση του Εύηνου τα αποτελέσματα αυτά στο δέλτα δεν μπορούν να εκτιμηθούν και να αξιολογηθούν παρά μόνο να προβλεφθούν, διότι το χρονικό διάστημα πλήρους λειτουργίας του φράγματος είναι σχετικά μικρό. Αντίθετα, για τον Μόρνο τα αποτελέσματα είναι εμφανή και μετρήσιμα, αφού έχουν περάσει 25 χρόνια από την κατασκευή του έργου. Η διαχρονική παρατήρηση αεροφωτογραφιών των ετών 1945, 1969 και 1998 της περιοχής του δέλτα του Μόρνο οδήγησε σε σημαντικές διαπιστώσεις (Χάρτης 7). Η μείωση της ποσότητας ιζήματος που καταλήγει στο δέλτα λόγω του φράγματος είχε ως αποτέλεσμα την αδρανοποίηση της μίας από τις δύο ενεργές κοίτες που διέσχιζαν τη δελταϊκή πεδιάδα πριν το έργο. Από τις παλαιές αεροφωτογραφίες είναι φανερό ότι πριν τη λειτουργία του φράγματος υπήρχαν δύο ενεργές κοίτες στη δελταϊκή πεδιάδα, που ξεκινούσαν από την κορυφή του δέλτα, με την κύρια κοίτη να βρίσκεται Α της σημερινής και τη σημερινή κοίτη να αποτελεί τη δευτερεύουσα (Karymbalis et al. 2005). Ο περιορισμός των φερτών υλών μετά την κατασκευή του φράγματος οδήγησε στην πλήρη εγκατάλειψη του Α κλάδου, ο ρόλος του οποίου είχε ήδη αρχίσει να περιορίζεται από το 1961, οπότε επιχειρήθηκε η τεχνητή διευθέτηση της ροής του ποταμού στο χώρο της δελταϊκής πεδιάδας.





Χάρτης 7.

Φωτομωσαϊκά αεροφωτογραφιών ετών λήψης 1945, 1986 και 1998 του δέλτα του Μόρνου. Οι αεροφωτογραφίες των ετών 1945 και 1986 είναι της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού, ενώ του 1998 είναι του Υπουργείου Γεωργίας. Στους χάρτες απεικονίζονται οι ακτογραμμές των δύο χρονικών περιόδων παρατήρησης και οι ρυθμοί προέλασης και υποχώρησης της ξηράς έναντι της θάλασσας για κάθε αντίστοιχη περίοδο παρατήρησης

Μετά τη γεωαναφορά των αεροφωτογραφιών σε κοινό σύστημα συντεταγμένων, τη γεωμετρική τους διόρθωση και την ψηφιοποίηση των ακτογραμμών των τριών χρονολογιών έγινε δυνατή η διαχρονική τους σύγκριση. Κατά τη διάρκεια της πρώτης χρονικής περιόδου, δηλαδή μεταξύ των ετών 1945 και 1986, παρατηρείται προέλαση του δέλτα λόγω της απόθεσης των ιζημάτων του ποταμού τόσο Δ της σημερινής εκβολής, με ρυθμό 3,92 μ./έτος, όσο και Δ των παλαιών εκβολών, όπου λόγω πρόσχωσης δημιουργήθηκε μια περιοχή έκτασης 0,14 χμ<sup>2</sup>. Εντούτοις στα ΒΑ αυτών η ακτογραμμή υποχώρησε με ρυθμό που έφτασε τα 2,14 μ./έτος. Κατά τη δεύτερη περίοδο (1986-1998), κατά την οποία κατασκευάστηκε το φράγμα (ολοκληρώθηκε το 1990) παρατηρείται διάβρωση της ακτογραμμής σε όλο σχεδόν το μήκος της, με ρυθμούς που κυμαίνονται από 2,6 έως 11,4 μ./έτος. Ειδικά ο χώρος των εκβολών, όπου παλαιότερα λάμβανε χώρα προέλαση της ξηράς, έχει υποχωρήσει κατά 137 μ., τιμή που αντιστοιχεί στον υψηλότερο ρυθμό υποχώρησης (11,4 μ./έτος). Οι ρυθμοί αυτοί θεωρούνται αρκετά υψηλοί και η διατήρησή τους στο μέλλον αναμένεται να προκαλέσει σημαντικά προβλήματα. Πέρα από τις παρατηρήσεις των αεροφωτογραφιών, κατά την επίσκεψη στην παράκτια ζώνη του δέλτα διαπιστώθηκαν απεγνωσμένες προσπάθειες των κατοίκων να κρατήσουν τη θάλασσα μακριά από τις περιουσίες τους.

Γίνεται λοιπόν φανερό ότι, πέρα από τις άμεσες επιπτώσεις της κατασκευής ενός φράγματος, που εντοπίζονται κυρίως στη μείωση του διαθέσιμου για άρδευση νερού, υπάρχουν μακροχρόνιες επεμβάσεις σε περιοχές αρκετά μακρινές από τον άμεσο χώρο του έργου και κυρίως στα εκβολικά συστήματα, που είναι σημαντικά τόσο οικολογικά όσο και παραγωγικά για την τοπική οικονομία των κατοίκων.

### Συζήτηση-συμπεράσματα

Οι διαρκώς αυξανόμενες ανάγκες σε νερό του λεκανοπεδίου της Αθήνας οδήγησαν στη σταδιακή αναζήτηση πηγών υδροδότησης που βρίσκονταν όλο και σε μεγαλύτερη απόσταση από αυτό. Η διαχρονική αύξηση της ζήτησης σε νερό οφείλεται στην πληθυσμιακή έξαρση της πρωτεύουσας, στην αλματώδη ανάπτυξη της βιομηχανίας, αλλά και στην υποτιθέμενη βελτίωση της ποιότητας ζωής, στην αλόγιστη σπατάλη και, κυρίως, στις σημαντικές απώλειες από το απαραιτούμενο δίκτυο ύδρευσης της ΕΥΔΑΠ. Το κύριο χαρακτηριστικό του υδροδοτικού συστήματος της Αθήνας είναι η μεταφορά νερού από πολύ μακρινές περιοχές, γεγονός που το κάνει να διαφοροποιείται σημαντικά από αυτό των υπολοίπων ευρωπαϊκών μεγαλουπόλεων, που συνήθως καλύπτουν τις ανάγκες τους με οικεία υδάτινα αποθέματα. Τα δυο πρόσφατα έργα για την ύδρευση της Αθήνας ήταν τα φράγματα στις κοίτες των ποταμών Μόρνου και Εύηνου, από τους οποίους κατά μέσον όρο μεταφέρονται στην Αθήνα ετησίως 210 και 200 εκατ. μ<sup>3</sup> νερού αντίστοιχα, προκαλώντας σημαντικές αρνητικές επιπτώσεις στις περιοχές των λεκανών απορροής τους.

Η ποσοτική εκτίμηση των παραμέτρων του κύκλου του νερού για τη λεκάνη του Εύηνου έδειξε ότι η μείωση της επιφανειακής απορροής λόγω της μεταφοράς του νερού στην Αθήνα αγγίζει σχεδόν το 50%. Η μείωση αυτή επιφέρει σταδιακά αρνητικές επιπτώσεις στις παραποτάμιες περιοχές, όπου οι χρήσεις γης σχετίζονται άμεσα με τον πρωτογενή τομέα, και κυρίως στην περιοχή των εκβολών, όπου πέραν των καλλιεργειών φιλοξενούνται οικοσυστήματα και υδροβιότοποι μεγάλης περιβαλλοντικής σπουδαιότητας.

Η δέσμευση των φερτών υλών των ποταμών στους ταμιευτήρες των φραγμάτων περιορίζει την τροφοδοσία της παράκτιας ζώνης με ιζημα, με αποτέλεσμα την αναστροφή της δράσης των φυσικών διεργασιών στις εκβολές και τη σταδιακή υποχώρηση των δέλτα λόγω διάβρωσης από τη δράση των θαλάσσιων διεργασιών. Η ακτογραμμή του δέλτα του Μόρνου, ενώ πριν την κατασκευή του φράγματος προήλανε, μετά το έργο άρχισε να υποχωρεί με σημαντικούς ρυθμούς, που φτάνουν τα 11,4 μ./έτος για τη χρονική περίοδο 1986-1998 στο χώρο των εκβολών. Κάτι ανάλογο αναμένεται να παρατηρηθεί μακροπρόθεσμα και στο δέλτα του Εύηνου, όπου τα αποτελέσματα δεν είναι ακόμα τόσο εμφανή λόγω του μικρού διαστήματος λειτουργίας του φράγματος.

Λαμβάνοντας υπόψη τους διαρκώς αυξανόμενους ρυθμούς ζήτησης νερού στο δίκτυο κατανάλωσης της ΕΥΔΑΠ, που αγγίζουν το 6%-7% ετησίως την τελευταία δεκαετία, γίνεται φανερό ότι επιβάλλεται μια ορθολογική διαχείριση των υδατικών πόρων για την υδροδότηση της Αθήνας ώστε να αποφευχθούν προβλήματα λόγω λειψυδρίας ανάλογα με αυτά των αρχών της δεκαετίας του 1990. Η αλλαγή του μοντέλου κατανάλωσης μπορεί να επιτευχθεί με τον περιορισμό της σπατάλης, κυρίως κλείνοντας τη βρύση όταν δεν χρειάζεται να είναι

ανοιχτή στην κουζίνα, την τουαλέτα, την αυλή. Επιπλέον, ο σχεδιασμός και η διαμόρφωση τοπίου και κήπων κατά τρόπο ώστε να συγκρατεί το νερό της βροχής, περιορίζοντας την απορροή, θα ελαττώσει σημαντικά τις ανάγκες για άρδευση. Εκτιμάται ότι η συλλογή του νερού της βροχής για χρήσεις όπως το πότισμα και το πλύσιμο αυτοκινήτων και χώρων έχει ιδιαίτερη σημασία στην ορθή διαχείριση της ζήτησης σε νερό. Πρακτικές που εφαρμόζονται σε άλλες χώρες έχουν δείξει ότι σε περιπτώσεις υιοθέτησης εκτεταμένων προγραμμάτων ανακύκλωσης του νερού και δημιουργίας διπλών δικτύων, από τα οποία το ένα να διαθέτει καθαρό πόσιμο νερό και το άλλο ανακυκλωμένο, θα μπορούσε να περιορίσει την κατανάλωση νερού πάνω από 30%-40%. Είναι απαραίτητος ο σχεδιασμός ανάλογων ενεργειών από τους αρμόδιους φορείς ώστε να υιοθετηθούν σταδιακά στο σύστημα υδροδότησης της Αττικής. Σημαντικό ρόλο στην προσπάθεια περιορισμού των αναγκών σε νερό παίζει η ενημέρωση και «εκπαίδευση» των πολιτών. Οι Αθηναίοι πέτυχαν μείωση της κατανάλωσης του νερού κατά 30% μόλις πριν από λίγα χρόνια, όταν τα αποθέματα είχαν μειωθεί δραματικά. Μετά την ένταξη του Εύηνου στο υδροδοτικό σύστημα και την παύση της καμπάνιας ενημέρωσης η κατανάλωση όχι μόνο επέστρεψε στα προηγούμενα επίπεδα, αλλά αυξήθηκε επιπλέον κατά 30%.

Στη σύγχρονη εποχή η ποιότητα ζωής είναι συνυφασμένη με την υπερκατανάλωση πάσης φύσεως αγαθών. Ενδεικτική του υπερκαταναλωτισμού των ημερών μας είναι η διαπίστωση ότι, αν όλοι οι άνθρωποι στον πλανήτη ακολουθούσαν την κατανάλωση σε αγαθά του μέσου Έλληνα, θα χρειαζόνταν τουλάχιστον τρεις πλανήτες σαν τη Γη για να καλυφθούν οι ανάγκες μας, ενώ αν όλοι ζούσαν σαν τους Βορειοαμερικανούς, θα χρειαζόνταν πάνω από δέκα πλανήτες σαν τη Γη. Η πρόκληση του 21ου αιώνα είναι η επίτευξη καλύτερης ποιότητας ζωής για όλους, με αποσύνδεση της ανάπτυξης από την κατανάλωση πόρων και ενέργειας και την ελαχιστοποίηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων.

Είναι λογικό η υπερσυγκέντρωση ανθρώπων στην Αττική να έχει αυξήσει τις ανάγκες, πρέπει όμως να τονιστεί ότι, για την κάλυψη πολυτελών αναγκών που έχουν συνδεθεί με τον τρόπο και την ποιότητα της ζωής αρκετών κατοίκων των οικονομικά προνομιακών περιοχών της Αττικής, παίρνονται αποφάσεις που περιορίζουν τη δυνατότητα ανάπτυξης και υποβαθμίζουν το φυσικό περιβάλλον οικολογικά σημαντικών περιοχών. Η μεταφορά νερού από ακόμα πιο απομακρυσμένες περιοχές δεν αποτελεί λύση. Αντίθετα, η ορθή διαχείριση της ζήτησης και ο περιορισμός των απωλειών θα συμβάλουν ουσιαστικά στην αντιμετώπιση των μελλοντικών αναγκών σε νερό.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- European Environment Agency (1995), *Europe's Environment – The Dobbris Assessment*, επιμ. D. Stanners & Ph. Bourdeau, Copenhagen.
- ΕΥΔΑΠ (2005), *Ετήσιο Ενημερωτικό Δελτίο*, Αθήνα.
- Hanemann, M. (2000), *Pricing as a Tool for Demand Management, Workshop Water for the City: Strategic Planning, Demand Management and Network Losses Control*, Athens: National Technical University of Athens / University of the Aegean / Water Supply and Sewerage Company of Athens.
- Θεριανός, Α. Δ. (1974), «Η γεωγραφική κατανομή της παροχής νερού των ελληνικών ποταμών», *Δελτίο Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρείας*, ΧΑ: 28-58.

- Καρύμπαλης, Ε. (1999α), «Ανθρωπογενείς επεμβάσεις στο δέλτα του Εύηνου ποταμού», *Πρακτικά 5ου Πανελληνίου Γεωγραφικού Συνεδρίου*, Αθήνα, 11-13 Νοεμβρίου, σ. 591-599.
- Καρύμπαλης, Ε. (1999β), «Γεωμορφολογική μελέτη του υδρογραφικού δικτύου του Εύηνου ποταμού», *Πρακτικά 5ου Πανελληνίου Γεωγραφικού Συνεδρίου*, Αθήνα, 11-13 Νοεμβρίου, σ. 59-71.
- Karymbalis, E., Maroukian, H., Gaki-Papanastassiou, K. (2005), «Recent Geomorphic Evolution of the Fan Delta of the Mornos River, Greece: Natural Processes and Human Impacts», *Proceedings*, 6th International Conference on Geomorphology, Zaragoza, 7-11 Σεπτεμβρίου.
- Κατσαφάδος, Π., Καλογήρου, Σ., Παπαδόπουλος, Α. (2008), «Αποτύπωση της χωρικής μεταβλητότητας του κλίματος στην Ελλάδα», *Γεωανάλεκτα*, 4: 24-25.
- Koutsoyiannis, D., Karavokiros, G., Efstratiadis, A., Mamassis, N., Koukouvinos, A., Christofides, A. (2003), «A Decision Support System for the Management of the Water Resource System of Athens», *Physics and Chemistry of the Earth*, 28: 599-609.
- Λάμπρος, Ι. (1998), *Ο υδάτινος πλούτος της Αττικής Γης*, Αθήνα: Αγροτική Τράπεζα της Ελλάδος.
- MacDowell, D. M. (1978), *The Law in the Classical Athens*, London: Thames & Hudson.
- Maroukian, H., Karymbalis, E. (2004), «Geomorphic Evolution of the Fan Delta of the Evinos River in Western Greece and Human Impacts in the Last 150 Years», *Zeitschrift für Geomorphologie N.F.*, 48(2): 201-217.
- Ξένος, Δ., Καρόπουλος, Χ., Παρλής, Ε. (2001), «Σύγχρονη αντιμετώπιση της διαχείρισης του υδροδοτικού συστήματος της Αθήνας», στο *ΕΥΔΑΠ: Επιστημονικές Παρεμβάσεις*, σ. 74-81.
- Πούλος, Σ. (1999), «Ο ρόλος των φραγμάτων στην υδάτινη και ιζηματολογική διαίτα της ελληνικής παράκτιας ζώνης», *Πρακτικά 5ου Πανελληνίου Γεωγραφικού Συνεδρίου*, Αθήνα, 11-13 Νοεμβρίου, σ. 600-609.
- Σούλιος, Γ. (1986), *Γενική υδρογεωλογία*, Θεσσαλονίκη: University Studio Press.
- Turc, L. (1951), «Nouvelle formule pour le calcul du bilan de l'eau en fonction des valeurs moyennes annuelles des précipitations et de la temperature», *C.R. As. Sc.*, τόμ. 233.
- ΥΠΕΧΩΔΕ (1986), *Πρόγραμμα οριοθέτησης υγροβιότοπων σύμβασης RAMSAR. Υγροβιότοπος Μεσολόγγι*, Αθήνα.
- Xenos, D., Passios, I., Georgiades, S., Parlís, E., Koutsoyiannis, D. (2002), «Water Demand Management and the Athens Water Supply», *Proceedings*, BNAWQ 6th Annual Conference & 4th Seminar with foreign Participation, Σόφια, 20-22 Φεβρουαρίου, σ. 44-50.