

ΜΑΡΙΟΛΑΚΟΣ Η., ΦΟΥΝΤΟΥΛΗΣ Ι., ΣΠΥΡΙΔΩΝΟΣ Ε., ΑΝΔΡΕΑΔΑΚΗΣ Ε., ΚΑΠΟΥΡΑΝΗ, Ε. (2003). – Το πρόβλημα του νερού στη Θεσσαλία και προτάσεις για την αντιμετώπισή του στα πλαίσια της αειφόρου ανάπτυξης. *Πρακτικά 3^{ου} Συνεδρίου Ανάπτυξης της Θεσσαλίας, Λάρισα 2003*, τομ. **A**, σ. 53-67.

ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΣΤΗ ΘΕΣΣΑΛΙΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΤΟΥ ΣΤΑ ΠΛΑΙΣΙΑ ΤΗΣ ΑΕΙΦΟΡΟΥ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

¹Μαριολάκος Η., Φουντούλης Ι., Σπυρίδωνος Ε., Ανδρεαδάκης Εμ., Καπουράνη Ε.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ο όρος «**λειτουργία**» αναφέρεται στην αδυναμία κάλυψης των ποσοτικών και ποιοτικών αναγκών σε νερό για μία συγκεκριμένη χρονική περίοδο, σε μία συγκεκριμένη περιοχή και δημιουργείται από ένα σημαντικό αριθμό παραγόντων. Το πρόβλημα δεν έχει μόνον ποσοτικές διαστάσεις, αλλά προφανώς συνδέεται άμεσα και με την ποιότητα των υπογείων υδάτων. Η παρουσία ρυπαντών στα υδατικά αποθέματα μπορεί να περιορίσει το πεδίο χρήσεων ή ακόμα και να καταστήσει ακατάλληλο, ολόκληρο κοίτασμα. Κατά τα τελευταία 50 χρόνια η πολιτεία έχει επανειλημμένα ασχοληθεί με το φαινόμενο της λειτουργίας, αλλά τα μέτρα που εφαρμόστηκαν είχαν αποσπασματικό και προσωρινό χαρακτήρα. Η Ευρωπαϊκή Ένωση, λαμβάνοντας υπόψη τα πρόσφατα επιστημονικά δεδομένα, θεωρεί ότι η διαχείριση των υδατικών πόρων πρέπει να γίνει με πολύ-παραμετρική προσέγγιση και στα πλαίσια της αειφόρου ανάπτυξης. Επομένως, για την αντιμετώπιση του προβλήματος στα πλαίσια της αειφόρου ανάπτυξης απαιτείται η γνώση των χαρακτηριστικών των βασικών υδρολογικών και υδρογεωλογικών ενοτήτων. Η κατάσταση στη Θεσσαλία δεν διαγράφεται αισιόδοξη ακόμα και με τη μεταφορά νερού μέσω της εκτροπής του Αχελώου, αν και το υδατικό της δυναμικό μπορεί να υπερκαλύψει τις ανάγκες σε ετήσια βάση. Θα πρέπει λοιπόν να αναζητηθούν μέθοδοι αποθήκευσης νερού κυρίως κατά τη χειμερινή περίοδο που θα αποδίδουν τις απαιτούμενες ποσότητες την περίοδο που χρειάζονται. Μία τέτοια μέθοδος που έχει μελετηθεί για να εφαρμοστεί στη Θεσσαλία είναι ο τεχνητός εμπλουτισμός των υπόγειων υδροφορέων με τα νερά που είτε πλημμυρίζουν τις πεδινές εκτάσεις, είτε διαφεύγουν γρήγορα προς τη θάλασσα κατά τη διάρκεια του χειμώνα.

ABSTRACT

The term “**water shortage**” is referring to the inability to cover quantitative and qualitative water needs for a specific time period, in a specific area and it is caused by a number of factors. During

¹Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Γεωλογίας, Τομέας Δυναμικής Τεκτονικής Εφαρμοσμένης Γεωλογίας, Πανεπιστημιούπολη Ζωγράφου, 157 84, Αθήνα, E-mail: fountoulis@geol.uoa.gr

the past 50 years, the Hellenic state has repeatedly dealt with the issue of water shortage, but it seems that the measures have been of temporary and fragmented character. The European Union, taking into account the present day scientific results, considers the management of water resources as a multi-parametric issue that must be confronted within the frame of sustainable development. Therefore, for the confrontation of the problem in this framework, the knowledge of the characteristics of the basic geographical units (**River Basin Districts**) is necessary. In Thessaly, the situation does not look optimistic, even with the transfer of water by the Achellos river diversion works, while the water needs could be covered, on a yearly basis, by the water reserves of the area. It is obvious that new methods of water storage should be considered, mainly during winter, in order to ensure the necessary water quantities at the time when they are mostly needed. One of these methods, that has already been tested for its applicability in Thessaly, is the artificial recharge of the aquifers using either flood waters from the plains, or runoff water that rapidly ends up in the sea during winter months.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο όρος «λειψυδρία» αναφέρεται στην αδυναμία κάλυψης των ποσοτικών και ποιοτικών αναγκών σε νερό για μία συγκεκριμένη χρονική περίοδο, σε μία συγκεκριμένη περιοχή. Το πρόβλημα δεν έχει μόνον ποσοτικές διαστάσεις, αλλά προφανώς συνδέεται άμεσα και με την ποιότητα των επιφανειακών και υπογείων υδάτων. Η παρουσία ρυπαντών στα υδατικά αποθέματα μπορεί να περιορίσει το πεδίο χρήσεων ή ακόμα και να καταστήσει ακατάλληλο, ολόκληρο κοίτασμα.

Η **λειψυδρία** μπορεί να οφείλεται σε πολλούς παράγοντες διαφορετικής προέλευσης. Η μακροχρόνια επιστημονική έρευνα όμως έχει καταδείξει ότι οι σημαντικότεροι είναι οι ακόλουθοι:

- Η αύξηση του πληθυσμού της Γης, ένα φαινόμενο που είναι γνωστό και ως δημογραφική έκρηξη,
- η άνοδος του βιοτικού επιπέδου
- οι κλιματικές μεταβολές και
- η κακή διαχείριση των υδάτινων πόρων

Είναι γεγονός ότι κατά τα τελευταία 50 χρόνια, η πολιτεία σε κεντρικό επίπεδο έχει επανειλημμένα ασχοληθεί με το θέμα του νερού, ειδικά σε περιόδους επικείμενων κρίσεων

ανεπάρκειας, τόσο στα μεγάλα αστικά κέντρα όπως η Αθήνα, όσο και στις μεγάλες αγροτικές φυσικογεωγραφικές μονάδες όπως ο Θεσσαλικός κάμπος. Ταυτόχρονα, έχουν γίνει πολυάριθμες προσπάθειες σε επίπεδο τοπικής αυτοδιοίκησης, ή ακόμα και από την ιδιωτική πρωτοβουλία, σε όλη την επικράτεια.

Παρ' όλα αυτά, το πρόβλημα επανέρχεται κάθε φορά και πιο πειστικό και φαίνεται ότι τα όποια μέτρα έχουν ληφθεί κατά καιρούς, έχουν προσωρινό χαρακτήρα και δεν αντιμετωπίζουν ριζικά το θέμα. Είναι χαρακτηριστικό ότι δεν είναι λίγες οι φορές που έχουν εκδηλωθεί ακόμη και φαινόμενα ανταγωνισμού μεταξύ όμορων δήμων ή και νομών, για τη διεκδίκηση του πολύτιμου φυσικού αγαθού, γεγονός που δείχνει ότι η μέχρι στιγμής προσέγγιση πιθανότατα δεν κινείται στη σωστή κατεύθυνση.

Τα κοινά χαρακτηριστικά του συνόλου σχεδόν των **προσπαθειών που έχουν γίνει** μέχρι σήμερα, είναι τα εξής:

1. **Εσπευσμένη αντιμετώπιση** του προβλήματος, συνήθως **υπό συνθήκες κοινωνικής και οικονομικής πίεσης**, που εναλλάσσεται με περιόδους αδράνειας και απώλεια πολύτιμου χρόνου.
2. **Μελέτες** που εκπονούνται **εντός στενών γεωγραφικών ορίων**, με βάση διοικητικά και όχι υδρογεωλογικά κριτήρια, και είναι **ανεπαρκείς** για την απόκτηση ικανοποιητικής γνώσης των συνθηκών.
3. **Βραχυπρόθεσμες λύσεις, τοπικού συνήθως χαρακτήρα**, που αποδεικνύονται σύντομα **μη βιώσιμες**.
4. **Δυσανάλογο** και συχνά **δυσβάστακτο**, κυρίως για τους αγρότες, **κόστος** σε σχέση με την λειτουργικότητα των λύσεων.
5. **Έλλειψη ενιαίου σχεδιασμού**, με αποτέλεσμα **μεγάλη διασπορά και διαφυγή κρατικών πόρων** χωρίς τα αναμενόμενα αποτελέσματα. Αντί αυτών, συχνά προκαλούνται **μη αντιστρεπτές αρνητικές συνέπειες** κυρίως με τη μορφή είτε της εξάντλησης των οποιωνδήποτε διαθέσιμων αποθεμάτων είτε της αλλοίωσης της ποιότητας και της ικανότητας των υδροφορέων (π.χ. υφαλμύριση, συμπύκνωση, εισχώρηση ρυπαντών κλπ).
6. Δεν έχει εφαρμοστεί επαρκώς η μέθοδος του **τεχνητού εμπλουτισμού** καρστικών και κοκκωδών υδροφορέων με **πλημμυρικά νερά** της χειμερινής περιόδου, δηλ. νερά τα

οποία αχρησιμοποίητα καταλήγουν στη θάλασσα, η οποία μπορεί να έχει εντυπωσιακά ποσοτικά και ποιοτικά αποτελέσματα στην Ελλάδα.

Προκειμένου να γίνει **ολοκληρωμένη αντιμετώπιση** του προβλήματος της **ορθολογικής διαχείρισης των υδατικών πόρων** θα πρέπει να είναι γνωστά τα ακόλουθα:

1. Ο διαχωρισμός της επικράτειας σε μεγάλες **Υδρογεωλογικές ενότητες**, όπως για παράδειγμα η Θεσσαλία, με κριτήρια όχι μόνο υδρολογικά (επιφανειακά νερά) αλλά και υδρογεωλογικά (υπόγεια νερά).
2. Οι **υδρευτικές και αρδευτικές** ανάγκες - με ποσοτικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά – ανά υδρογεωλογική ενότητα, σε ετήσια βάση και χωροχρονικά ταξινομημένες. Δηλαδή να υπάρχει επακριβής γνώση των περιοχών και των περιόδων όπου παρατηρείται ανεπάρκεια νερού, της τάσης (αύξηση-μείωση) και του ρυθμού μεταβολής των αναγκών μακροπρόθεσμα.
3. Το **υδατικό δυναμικό** κάθε μεγάλης υδρογεωλογικής ενότητας και η εξάρτησή του από τις κλιματικές μεταβολές. Το δυναμικό κάθε περιοχής είναι συνάρτηση των βροχοπτώσεων, της κατείσδυσης του νερού στους υπόγειους υδροφορείς, της εξάτμισης, και της επιφανειακής απορροής. Δεν μπορεί να γίνει εκμετάλλευση χωρίς δυσμενείς γεωπεριβαλλοντικές συνέπειες, παρά μόνο κάποιου ποσοστού των ποσοτήτων που απορρέουν επιφανειακά και αποθηκεύονται στους υπόγειους υδροφορείς, το οποίο και αναπληρώνεται από τις βροχοπτώσεις σε ετήσια βάση, και βέβαια το ποσοστό θα διαφέρει μεταξύ των διάφορων Υδρογεωλογικών ενοτήτων. Ο **καθοριστικός παράγοντας** που επηρεάζει τη **σχέση επιφανειακών και υπογείων νερών** είναι η **γεωλογική – υδρογεωλογική δομή**. Η γνώση της γεωμετρίας και των υδρογεωλογικών χαρακτηριστικών χαρακτηριστικών της δομής αυτής δίνει τη δυνατότητα κατανόησης της σχέσης αλληλεπίδρασης μεταξύ επιφανειακών και υπογείων υδάτων ποσοτικά και ποιοτικά και υπολογισμού των ποσοτήτων του υπόγειου νερού.

Γνωρίζοντας το Υδατικό δυναμικό μιας περιοχής σύμφωνα με τα προαναφερθέντα, και συνεκτιμώντας τις κοινωνικο-οικονομικές συνθήκες και την αναπτυξιακή προοπτική μεσο-μακροπρόθεσμα, θα μπορούν να προγραμματίζονται συγκεκριμένες ενέργειες (μελέτες, έργα υποδομής κλπ) λαμβάνοντας υπ' όψη το κόστος και την απόδοση των έργων σε συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Έτσι δεν θα παρατηρείται το φαινόμενο να σχεδιάζονται και

να υλοποιούνται έργα με τεράστιο κόστος χωρίς να έχει αξιοποιηθεί το διαθέσιμο υδατικό δυναμικό μιας περιοχής, το οποίο είναι αμφίβολο εάν είναι γνωστό (όπως η περίπτωση της εκτροπής του Αχελώου στη Θεσσαλία).

Πρέπει να τονιστεί ότι η γνώση του **υδάτινου δυναμικού**, η οποία συμπεριλαμβάνει τα **υπόγεια** και **επιφανειακά ύδατα**, δεν μπορεί κατά κανένα τρόπο να προκύψει μόνο από τη συλλογή και επεξεργασία στατιστικών στοιχείων, όπως δεν μπορεί να γίνει ορθολογική και βιώσιμη διαχείριση μόνο με τη χρήση οποιουδήποτε μοντέλου, όσο σύγχρονο και επεξεργασμένο να είναι αυτό.

Βασική προϋπόθεση για τη γνώση του **υδάτινου δυναμικού**, και συνεπώς και για την **εφαρμογή** του οποιουδήποτε **μοντέλου διαχείρισης**, είναι η **εξακρίβωση** των **γεωλογικών**, **στρωματογραφικών** και **τεκτονικών συνθηκών**, που ορίζουν την κίνηση του υπόγειου νερού και τη συγκέντρωσή του στους υδροφορείς. Επίσης, η εφαρμογή σύγχρονων μεθοδολογιών, όπως ο τεχνητός εμπλουτισμός των υδροφορέων, προϋποθέτει εξίσου την ακριβή γνώση των παραπάνω συνθηκών, έτσι ώστε να εξασφαλίζεται η επιτυχία του κάθε εγχειρήματος.

Η Ε.Ε., λαμβάνοντας υπόψη τα σύγχρονα επιστημονικά αποτελέσματα για το θέμα, θεωρεί ότι η διαχείριση των υδάτινων πόρων είναι ένα πολύ-παραμετρικό πρόβλημα και ότι θα πρέπει να αντιμετωπιστεί στα πλαίσια της αειφόρου ανάπτυξης.

Η ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΤΗ ΘΕΣΣΑΛΙΑ

Το «Σχέδιο Προγράμματος Διαχείρισης Υδατικών Πόρων της Χώρας (Master Plan)» (1996) και η πρόσφατη αναθεώρησή του (Ιανουάριος 2003), που εκπονήθηκε από το Υπ. Ανάπτυξης σε συνεργασία με το ΕΜΠ και το ΙΓΜΕ, αποτελεί μια πρώτη προσέγγιση των ισοζυγίων προσφοράς – ζήτησης νερού στη Χώρα, για τη διαμόρφωση της υδατικής πολιτικής. Πρόκειται όμως για την αποτύπωση μιας στατικής εικόνας για την περίοδο που εκπονήθηκε. Στο σχέδιο αυτό η κατάσταση στη Θεσσαλία **δεν διαγράφεται αισιόδοξη, ακόμα και με τα μεγάλα έργα που προγραμματίζονται για το διαμέρισμα αυτό.**

Στο διάγραμμα της **Εικόνας 1** και στον **ΠΙΝΑΚΑ I**, φαίνεται ότι σε ετήσια βάση η διαθέσιμη ποσότητα νερού είναι διπλάσια των αναγκών, ενώ εάν περιοριστούμε στον μήνα Ιούλιο οι ανάγκες σε νερό είναι διπλάσιες από τις διαθέσιμες, κάτι που περιγράφεται πολύ καλά ως λειψυδρία. Αυτό το γεγονός δείχνει ότι το πραγματικό πρόβλημα της λειψυδρίας τουλάχιστον στην περίπτωση της Θεσσαλίας, δεν είναι οι διαθέσιμες ποσότητες, αλλά το πότε (χρονικά) είναι

διαθέσιμες. Για παράδειγμα το μεσοπρόθεσμο σενάριο υποδεικνύει ότι, ακόμα και με την εισροή των νερών από την εκτροπή του Αχελώου, οι διαθέσιμες ποσότητες δεν θα μπορέσουν να καλύψουν τις ανάγκες, παρά μόνο στην περίπτωση που αυτές παραμείνουν στο επίπεδο του 1996.

ΠΙΝΑΚΑΣ Ι

	Ετήσια		Μηνιαία (Ιούλιος)	
	Προσφορά	Ζήτηση	Προσφορά	Ζήτηση
Σημερινές συνθήκες (1996)	3139.8	1634.2 (1350.9)	286.3	634.1 (520.8)
Μεσοπρόθεσμο σενάριο	3777.8	1634.2 (1350.9)	612.5	634.1 (520.8)
Μακροπρόθεσμο σενάριο	3777.8	1634.2 (1350.9)	765.9	634.1 (520.8)
(Τα ποσά σε εκατομμύρια m ³ ανά έτος) Σε παρένθεση δίνονται οι εκτιμήσεις με βάση τις αρδευθείσες εκτάσεις το 1991.		Πηγή: Υπ.Αν., Ε.Μ.Π., Ι.Γ.Μ.Ε., «Σχέδιο Προγράμματος Διαχείρισης Υδατικών Πόρων της Χώρας», 1996		

Συμπερασματικά λοιπόν θα μπορούσε να πει κανείς ότι:

- Η ζήτηση νερού δεν καλύπτεται στις συνθήκες του 1996 και το **έλλειμμα είναι μεγάλο**.
- Με την εισροή 600 εκ. m³ από τον Αχελώο καλύπτονται οι ιστορικά βεβαιωμένες κατά το 1991 απαιτήσεις σε αρδευτικό νερό, αλλά **όχι και οι απαιτήσεις του συνόλου των αρδευόμενων περιοχών (ΠΙΝΑΚΑΣ Ι, Εικόνα 1)**.
- Με την κατασκευή των φραγμάτων στους παραποτάμους του Πηνειού, επιπλέον της εισροής από τον Αχελώο, η ζήτηση νερού θα μπορούσε να καλυφθεί πλήρως, χωρίς όμως να υπάρχει σημαντικό πλεόνασμα νερού για περαιτέρω αξιοποίηση των διαθέσιμων υδατικών πόρων.

Σύμφωνα με το διάγραμμα της **Εικόνας 2** στην περιοχή Δαμασίου – Τιρνάβου, η Μέση Πτώση Στάθμης για το χρονικό διάστημα 1980-1998 είναι περίπου 3-4 μέτρα, ενώ η Μέγιστη ξεπερνά τα 11 μέτρα. Στην περιοχή του Τιρνάβου δηλαδή η Μέση Πτώση Στάθμης είναι σαφώς μικρότερη της Μέγιστης. Στις περιοχές Πηνειάδας, Πλατύκαμπου και Ριζόμυλου η Μέση Πτώση Στάθμης για το χρονικό διάστημα 1980-1998 είναι ίδια με την Μέγιστη. Στην Πηνειάδα είναι της τάξης των 12 μέτρων, στον Πλατύκαμπο ξεπερνά τα 36 μέτρα και στο Ριζόμυλο είναι της τάξης των 20 μέτρων. Τούτο συμβαίνει γιατί η περιοχές Δαμασίου και Τιρνάβου βρίσκονται στο δυτικό τμήμα της λεκάνης και η υδροφορία τους επηρεάζεται άμεσα από τον Τιταρρήσιο (παραπόταμο του

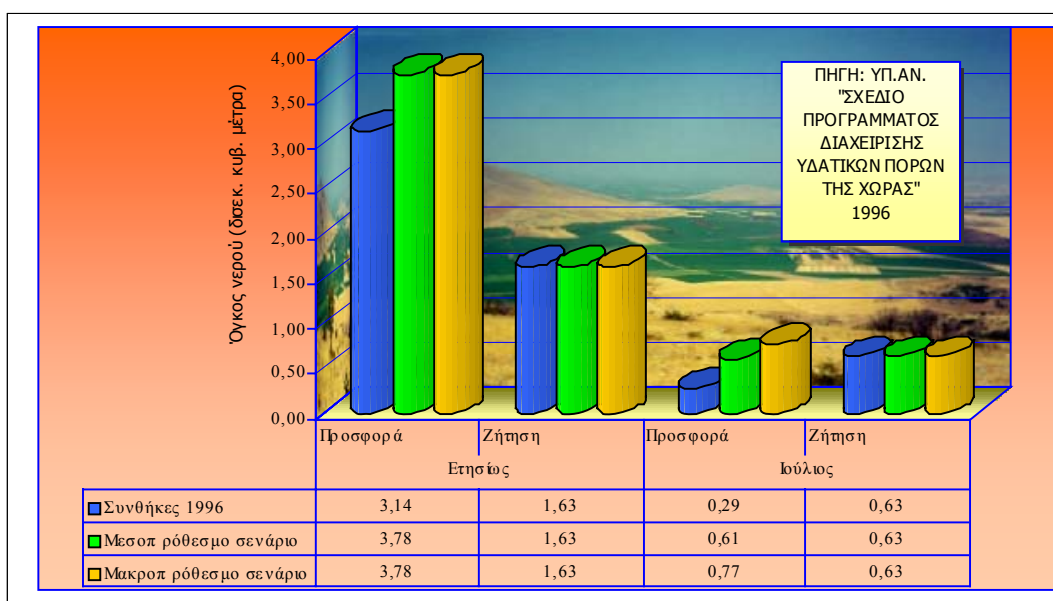
Πηνειού) που έρχεται από την περιοχή της Ελασσόνας, καθώς και από το ότι αναπτύσσεται καρστικός υδροφορέας στην περιοχή μεταξύ Δαμασίου και Τιρνάβου.

Στο διάγραμμα της **Εικόνας 3** φαίνεται η Μέγιστη Πτώση Στάθμης σε 12 αντιπροσωπευτικές γεωτρήσεις στους υπό εκμετάλλευση υδροφορείς για το χρονικό διάστημα 1980-1998 στην ευρύτερη περιοχή Φαρσάλων. Πιο συγκεκριμένα, οι 6 από αυτές παρουσιάζουν Μέγιστη πτώση Στάθμης της τάξης των 6-7 μέτρων, οι 3 από αυτές 12-13 μέτρα, μία μεγαλύτερη των 26 μέτρων και μία (καρστική υδροφορία) ελάχιστη (περίπου 1 μέτρο).

Στην ευρύτερη περιοχή της Κάρλας η Μέγιστη Πτώση Στάθμης σε γεωτρήσεις κυμαίνονται μεταξύ 14 και 29 μέτρων κατά την υγρή περίοδο (**Εικόνα 4**).

Από όλα όσα αναφέρθηκαν προηγουμένως γίνεται φανερό ότι:

- i. ούτε καν η εκτροπή του Αχελώου δεν αντιμετωπίζει ριζικά το πρόβλημα της έλλειψης αρδευτικού νερού στη Θεσσαλία
- ii. η έλλειψη πρακτικά εντοπίζεται στη χρονική κατανομή των διαθέσιμων ποσοτήτων νερού και όχι στην ανεπάρκεια των συνολικών ετήσιων ποσοτήτων που εισρέουν στη Θεσσαλία
- iii. ριζική λύση θα αποτελούσε μόνο η εξασφάλιση μιας πιο πρόσφορης κατανομής των διαθέσιμων ποσοτήτων στη διάρκεια του έτους

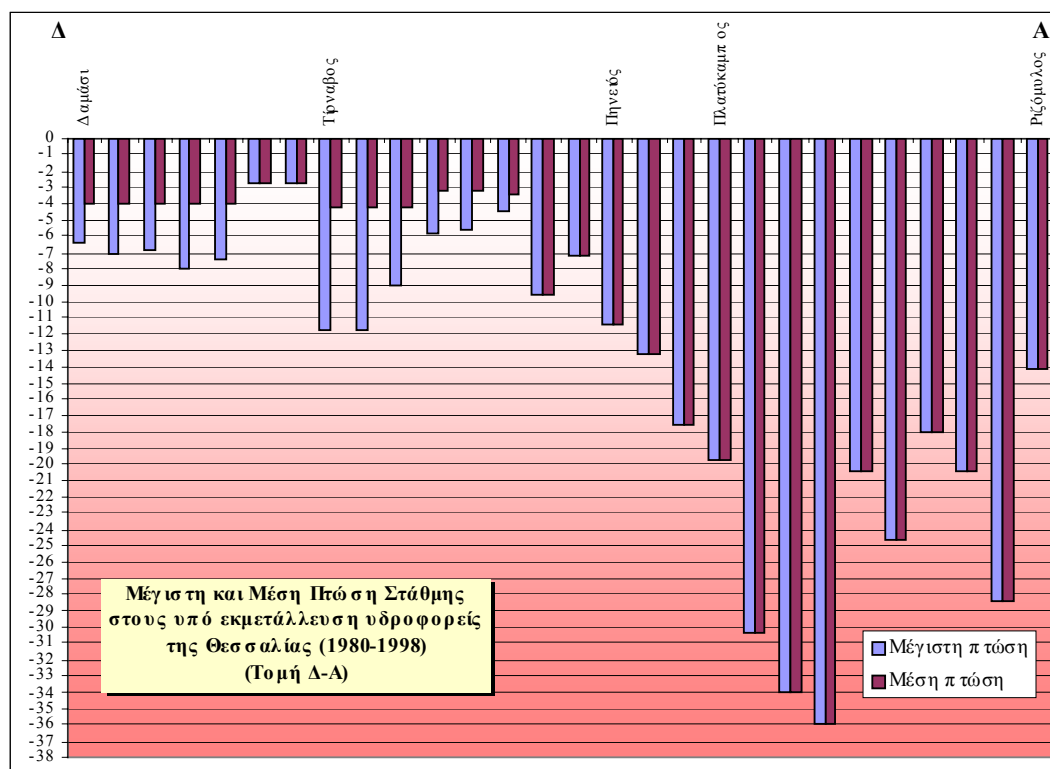


Εικόνα 1 Διάγραμμα στο οποίο φαίνεται ότι ακόμα και με την εκτροπή του Αχελώου δεν καλύπτονται οι ανάγκες σε νερό στη Θεσσαλία (Στοιχεία από: Υπ.Αν., Ε.Μ.Π., Ι.Γ.Μ.Ε., «Σχέδιο Προγράμματος Διαχείρισης Υδατικών Πόρων της Χώρας», 1996)

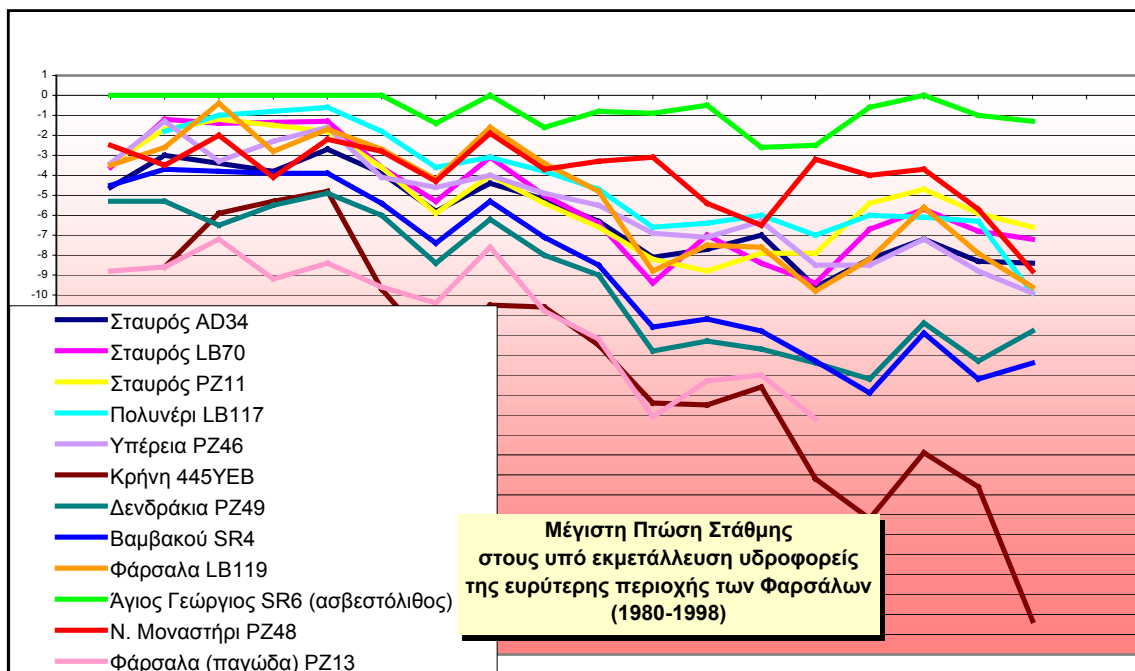
Με άλλα λόγια, το πρόβλημα είναι η εξασφάλιση του χειμερινού πλεονάσματος νερού που διαφεύγει μέσω των απορροών, για τις θερινές αυξημένες ανάγκες.

Πρέπει δηλαδή να επιτευχθεί η αποθήκευση ή η καθυστέρηση της διαφυγής αυτών των ποσοτήτων την υγρή περίοδο, ώστε να είναι διαθέσιμες κατά το θέρους.

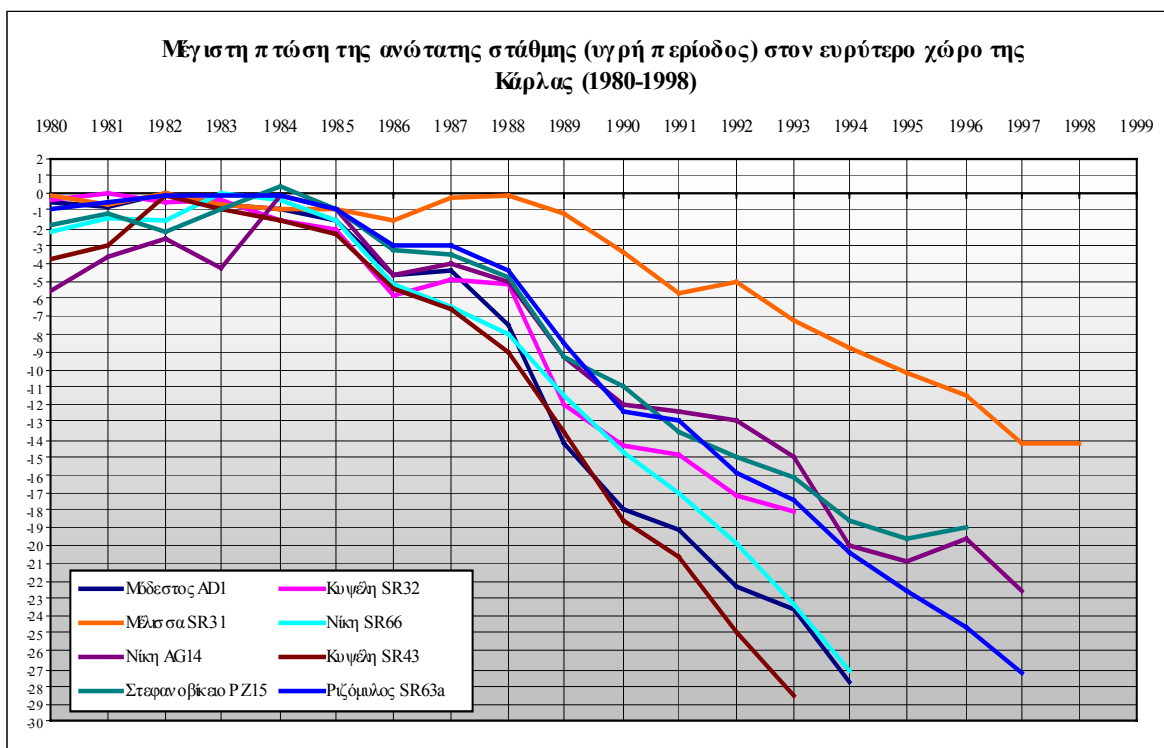
Το ερώτημα είναι: που οφείλεται η παρατηρούμενη πτώση στάθμης, στη μείωση των βροχοπτώσεων, στην υπερεκμετάλλευση των υπόγειων υδροφορέων ή στο συνδυασμό και των δύο και σε τι ποσοστό; Η απάντηση δίδεται στο διάγραμμα της **Εικόνας 5** από το οποίο γίνεται φανερό ότι η μέση ετήσια πτώση στάθμης κατά την ξηρά περίοδο οφείλεται κατά 20% στη μείωση των βροχοπτώσεων (υγρή περίοδος) και κατά 80% στην υπερεκμετάλλευση των υδροφορέων.



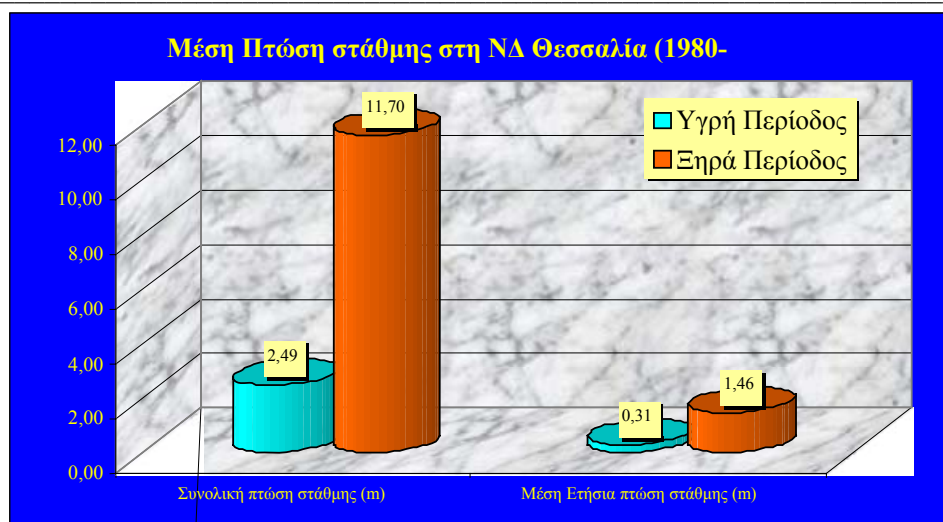
Εικόνα 2 Διάγραμμα στο οποίο φαίνεται η Μέγιστη και η Μέση Πτώση Στάθμης στους υπό εκμετάλλευση υδροφορείς για χρονικό διάστημα 1980-1998, στο Βόρειο τμήμα της Ανατολικής λεκάνης (Λάρισα). Πηγή στοιχείων ΥΕΒ Λάρισα



Εικόνα 3 Διάγραμμα στο οποίο φαίνεται η Μέγιστη Πτώση Στάθμης στους υπερεκμετάλλευση υδροφορείς για χρονικό διάστημα 1980-1998, στην ευρύτερη περιοχή Φαρσάλων. Πηγή στοιχείων YEB Λάρισας



Εικόνα 4 Διάγραμμα στο οποίο φαίνεται η Μέγιστη Πτώση της Ανώτατης Στάθμης (Υγρή περίοδος) στους υπό εκμετάλλευση υδροφορείς για χρονικό διάστημα 1980-1998, στον ευρύτερο χώρο της Κάρλας. Πηγή στοιχείων YEB Λάρισας



Εικόνα 5 Διάγραμμα στο οποίο φαίνεται η Συνολική και η Μέση Πτώση Στάθμης στους υπό εκμετάλλευση υδροφορείς για χρονικό διάστημα 1980-1998, στη ΝΔ Θεσσαλία. Στο ίδιο διάγραμμα φαίνεται και η μείωση των βροχοπτώσεων το ίδιο χρονικό διάστημα που έχει συμβάλει μόνο κατά 20% στη πτώση της στάθμης. Πηγή στοιχείων ΥΕΒ Λάρισας

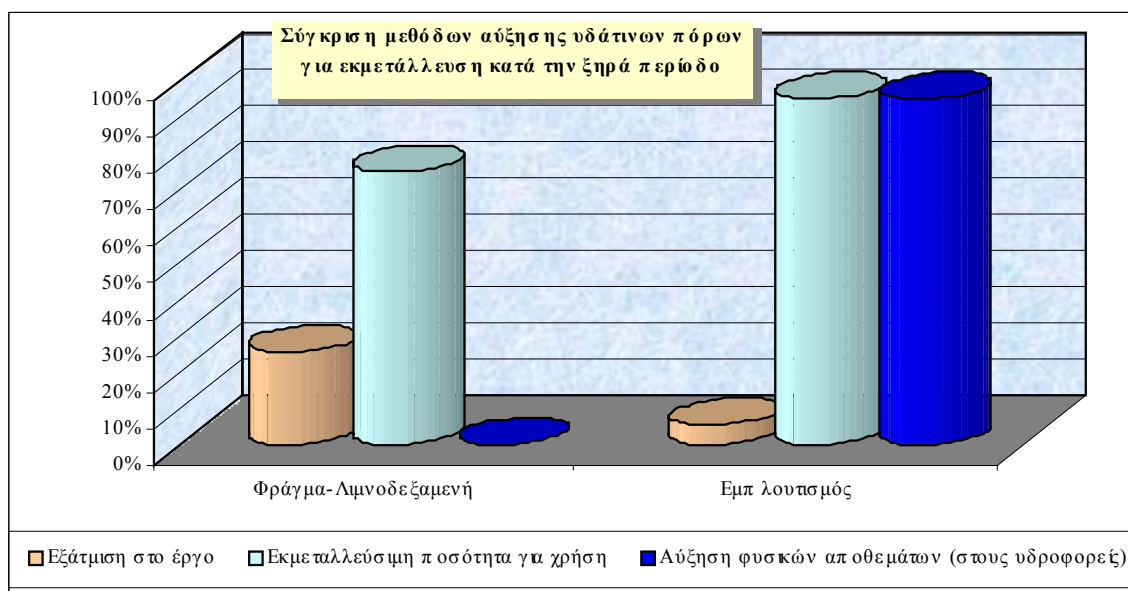
Η ΛΥΣΗ ΤΟΥ ΤΕΧΝΗΤΟΥ ΕΜΠΛΟΥΤΙΣΜΟΥ

Γι' αυτόν το λόγο, για την αντιμετώπιση του προβλήματος στα παραπάνω πλαίσια, είναι αναγκαία η γνώση των χαρακτηριστικών των βασικών γεωγραφικών μονάδων (Περιοχές Λεκάνης Απορροής Ποταμού Οδηγία 2000/60/Ε.Ε., που αντιστοιχούν στα θεσμοθετημένα Υδατικά Διαμερίσματα). Η διαχείριση και η λειτουργία των κατάλληλων αρχών θα γίνει μέσα σ' αυτές τις ενότητες με σκοπό να συγκεντρωθούν και να επεξεργαστούν όλες οι υπάρχουσες γνώσεις και έτσι να καθοριστούν τα κατάλληλα μοντέλα διαχείρισης.

Αν αυτές οι περιοχές περιλαμβάνουν ζώνες ανθρώπινης δραστηριότητας οποιουδήποτε είδους, είναι αναγκαίο να εξεταστεί η περιβαλλοντική και κοινωνικο-οικονομική τους αλληλεπίδραση με τους υδάτινους πόρους, π.χ. η κατασκευή αντιπλημμυρικών έργων σε συνδυασμό με τεχνητό εμπλουτισμό των υδροφορέων. Επιπλέον, οι πληροφορίες που αφορούν στα χαρακτηριστικά των Υδατικών Διαμερισμάτων που θα αξιολογηθούν από τις Αρχές Διαχείρισης δεν θα πρέπει να ληφθούν εφάπαξ, αλλά να ενημερώνονται περιοδικά, ώστε να είναι αντιπροσωπευτικές των πραγματικών συνθηκών και των εκάστοτε φυσικών τάσεων.

Ειδικά για τη Θεσσαλία, σύμφωνα με τα παραπάνω, η μέθοδος που συγκεντρώνει τα περισσότερα συγκριτικά πλεονεκτήματα, είναι ο Τεχνητός Εμπλουτισμός των υπόγειων υδροφορέων, διότι (**Εικόνα 6**):

- μπορεί να αποθηκεύσει **μεγάλες ποσότητες νερού σε φυσικές δεξαμενές**
- **ελαχιστοποιεί τις απώλειες από εξατμισοδιαπνοή**
- πραγματοποιεί **ταυτόχρονα αντιπλημμυρική προστασία**
- μετατρέπει τις διαφεύγουσες ποσότητες σε **πραγματικά υδατικά αποθέματα** και όχι σε απλά «διαθέσιμες ποσότητες» (όπως συμβαίνει στους ταμιευτήρες των φραγμάτων)



- **δεν είναι ανταγωνιστική** με την εφαρμογή άλλων μεθόδων. **δεν έχει απώλειες** λόγω εξάτμισης και αντίθετα από την επιφανειακή αποθήκευση, αυξάνει τα **φυσικά**

αποθέματα (υπόγειοι υδροφορείς) (**Εικόνα 6**). **Εικόνα 6** Διάγραμμα στο οποίο φαίνεται ότι η μέθοδος του τεχνητού εμπλουτισμού, όταν μπορεί να εφαρμοστεί, υπερέχει των άλλων μεθόδων επιφανειακής αποθήκευσης (λιμνοδεξαμενές, ταμιευτήρες).

Από το διάγραμμα της **Εικόνας 6** είναι φανερό ότι η μέθοδος του τεχνητού εμπλουτισμού, όταν μπορεί να εφαρμοστεί, υπερέχει των μεθόδων επιφανειακής αποθήκευσης (λιμνοδεξαμενές, ταμιευτήρες), διότι η ανάπτυξη σημαντικών καρστικών υδροφορέων με μεγάλη αποθηκευτική ικανότητα στη Θεσσαλία, αποτελεί μια ευνοϊκή παράμετρο για την εφαρμογή της μεθόδου του τεχνητού εμπλουτισμού.

Το Υπουργείο Γεωργίας έχει από καιρό εντάξει στην πολιτική του τη διερεύνηση της εφαρμοσιμότητας της μεθόδου στο υδατικό διαμέρισμα της Θεσσαλίας.

Στα πλαίσια αυτά, χρηματοδότησε την ερευνητική προσπάθεια του Πανεπιστημίου Αθηνών για την εφαρμογή της μεθόδου στην περιοχή Ορφανών -Υπέρειας, η οποία έχει ήδη ολοκληρωθεί,

και μάλιστα με πολύ ενθαρρυντικά αποτελέσματα. Τα αποτελέσματα του Εφαρμοσμένου Ερευνητικού Προγράμματος έδειξαν ότι:

- οι απορροές του ποταμού Ενιπέα **επαρκούν** για να εξασφαλίσουν σημαντικές ποσότητες νερού για τεχνητό εμπλουτισμό
- οι ποσότητες που θα ληφθούν είναι τέτοιες ώστε **να μην διαταράσσεται η δίαιτα** του ποταμού
- οι **υδρογεωλογικές συνθήκες είναι ευνοϊκές** για την εφαρμογή τεχνητού εμπλουτισμού στον καρστικό υδροφορέα του Φυλλήιου όρους
- **το νερό που μεταφέρει ο Ενιπέας πληροί τις προδιαγραφές για αρδευτική χρήση και είναι κατάλληλο για εμπλουτισμό**

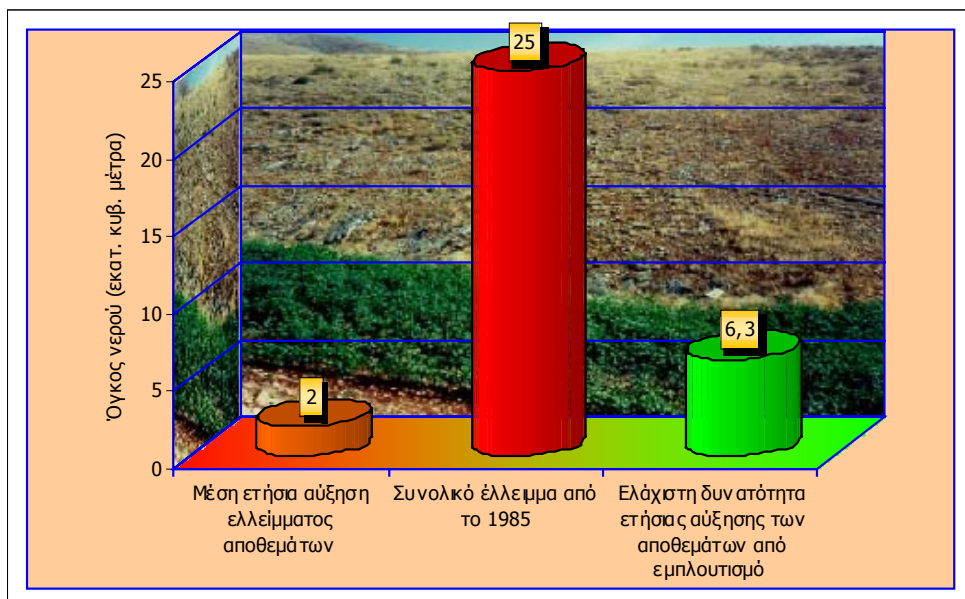
Πιο συγκεκριμένα:

αναφερόμαστε σε μια περιοχή όπου η στάθμη κατά το χρονικό διάστημα 1985-1998 πέφτει με μέσο ρυθμό **2.07 μέτρα το χρόνο**, δηλαδή

- το έλλειμμα του καρστικού υδροφορέα αυξάνεται τουλάχιστον κατά **2 εκατομμύρια m³ το χρόνο**
- το συνολικό **έλλειμμα** του καρστικού υδροφορέα (με επίπεδο αναφοράς τη στάθμη στην οποία λειτουργούν οι πηγές του Μικρού Βουνού) υπολογίζεται στα **25 εκατομμύρια m³ τουλάχιστον**.

Η εφαρμογή του τεχνητού εμπλουτισμού στον καρστικό υδροφορέα του Φυλλήιου όρους με τις απορροές του Ενιπέα ποταμού έχει τα εξής χαρακτηριστικά:

- μπορεί να γίνεται **μόνο κατά τη χειμερινή (υγρή) περίοδο**
- η απόληψη από τον ποταμό θα γίνεται μόνο όταν η παροχή του είναι **πάνω από 1 m³/sec**
- η **ελάχιστη** διαθέσιμη για εμπλουτισμό **ποσότητα** από τον Ενιπέα υπολογίστηκε ότι είναι τουλάχιστον **6.3 εκατομμύρια m³ το χρόνο**



Εικόνα 7: Διάγραμμα στο οποίο φαίνονται (i) η μέση ετήσια αύξηση του ελλείμματος των αποθεμάτων, (ii) το συνολικό έλλειμμα από το 1985 μέχρι το 2000 και (iii) την ελάχιστη δυνατότητα ετήσιας αύξησης των αποθεμάτων με την εφαρμογή του τεχνητού εμπλουτισμού στον καρστικό υδροφόρο του Φυλλήιου. (από MARIOLAKOS *et al.*, 2001)

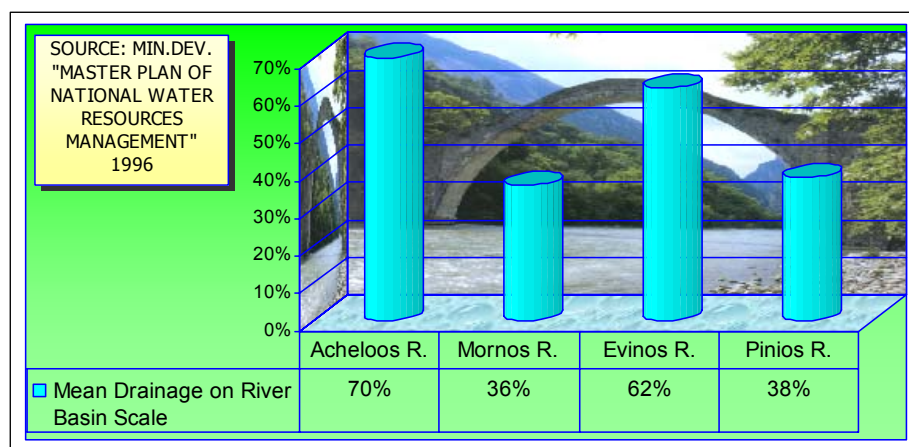
Από τα προηγούμενα στοιχεία γίνεται φανερό ότι η σταδιακή εφαρμογή του τεχνητού εμπλουτισμού στην περιοχή:

- i. σε πρώτη φάση μπορεί να αναχαιτίσει ικανοποιητικά την τάση ταχείας ταπεινώσεως της πτώσης στάθμης στον καρστικό υδροφόρο
- ii. και σε δεύτερη φάση, με την πλήρη ανάπτυξη της μεθόδου, θα ξεκινήσει η μεσοπρόθεσμη αναπλήρωση των χαμένων αποθεμάτων και η αποκατάσταση της ισορροπίας στο σύστημα του καρστικού υδροφόρου

Είναι σημαντικό να τονιστεί ότι βασική προϋπόθεση για την εφαρμογή του εμπλουτισμού είναι η **συνεχής ενόργανη παρακολούθηση** της ποιότητας του νερού που θα χρησιμοποιηθεί, αλλά και η επίδραση της ανάμιξης με το υπόγειο νερό.

Βεβαίως είναι γεγονός ότι δεν μπορεί να εφαρμοστεί επιτυχώς η ίδια λύση παντού, σε όλα τα υδρολογικά-υδρογεωλογικά συστήματα, ακόμα και σε γειτονικές περιοχές, όπως είναι οι λεκάνες στον ελληνικό χώρο. Στην **Εικόνα 8**, όπου παρουσιάζεται η μέση επιφανειακή απορροή σε 4 διαφορετικές χαρακτηριστικές λεκάνες (Αχελώου, Μόρνου, Εύηνου και Πηνειού), φαίνεται

πεντακάθαρα ότι στις λεκάνες με υψηλή επιφανειακή απορροή (και συνεπώς με μεγάλη κάλυψη αδιαπέρατων γεωλογικών σχηματισμών), η καλύτερη λύση είναι τα φράγματα και οι λιμνοδεξαμενές, ενώ στις περιπτώσεις λεκανών που παρουσιάζουν μικρή επιφανειακή απορροή (καλύπτονται από μικροπερατούς ή καρστικούς γεωλογικούς σχηματισμούς) η μέθοδοι τεχνητού εμπλουτισμού είναι οι πιο αποδοτικοί για να αυξηθούν τα αποθέματα νερού.



Εικόνα 8: Η Μέση επιφανειακή απορροή σε μία υδρολογική λεκάνη δείχνει το ποσοστό των βροχοπτώσεων που καταλήγει στη θάλασσα. Η μεγάλη διαφορά στην επιφανειακή απορροή μεταξύ των λεκανών είναι αποτέλεσμα της εμφάνισης γεωλογικών σχηματισμών με διαφορετικά χαρακτηριστικά ως προς την περατότητά τους σε κάθε λεκάνη (από MARIOLAKOS et al., 2002).

Ο συνδυασμός του τεχνητού εμπλουτισμού των υδροφόρων οριζόντων και της αντιπλημμυρικής προστασίας βρίσκεται σε πλήρη αρμονία με την νέα πολιτική περιβάλλοντος, που είναι γνωστή ως «**αιεφόρος ανάπτυξη**». Επιπλέον, ο Τεχνητός Εμπλουτισμός είναι σε θέση να χρησιμοποιήσει το υπάρχον αρδευτικό σύστημα και δεν απαιτούνται επιπλέον έργα – δίκτυα. Επομένως, για την Θεσσαλία, όπου είναι δυνατή η εφαρμογή του Τεχνητού Εμπλουτισμού, θα πρέπει να προτιμάται. Μόνον όπου δεν είναι δυνατή η εφαρμογή θα πρέπει να αναζητούνται εναλλακτικές μέθοδοι.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY (1999). Sustainable Water Use in Europe – Part 1: Sectoral Use of Water. *Environmental assessment report No 1*. European Environment Agency. Copenhagen.

FRYCKLUND, CR. (1998). Long-term sustainability in artificial groundwater recharge, Artificial Recharge of Groundwater, Peters et al. (eds), *Balkema*, 113-117, Rotterdam.

HELLENIC MINISTRY OF DEVELOPMENT, INSTITUTE OF GEOLOGICAL AND MINERAL EXPLORATION, NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS (1996). Master Plan Of National Water Resources Management, Athens.

MARIOLAKOS, I., FOUNTOULIS, I., SPYRIDONOS, E., DRITSA, C., ΚΑΠΟΥΡΑΝΙ, Ε., ANDREADAKIS, EMM. (2001). Holistic Methodology for Water Resources Management in Semi-Arid Regions. Case Study in Mani (S Peloponnesus, Greece). In proc. *Of 10th Biennial Symposium on Artificial Recharge of Groundwater "Artificial Recharge and Integrated water management"* Arizona USA, p.31-40.

MARIOLAKOS, I., FOUNTOULIS, I., SPYRIDONOS, E., ANDREADAKIS, EMM. (2001). Artificial Recharge of the Underground Karstic Aquifer of Farsala Area, Thessaly, Central Greece. In proc. *Of 10th Biennial Symposium on Artificial Recharge of Groundwater "Artificial Recharge and Integrated water management"* Arizona USA, p.71-80.

ΜΑΡΙΟΛΑΚΟΣ Η., ΛΕΚΚΑΣ Σ., ΑΛΕΞΟΠΟΥΛΟΣ Α., ΦΟΥΝΤΟΥΛΗΣ Ι., ΣΠΥΡΙΔΩΝΟΣ Ε., ΜΠΑΝΤΕΚΑΣ Ι., ΑΝΔΡΕΑΔΑΚΗΣ Ε. (2001). Τεχνητός Εμπλουτισμός των υπόγειων Καρστικών Υδροφορέων στην περιοχή των Φαρσάλων (Θεσσαλία). *Πρακτικά 9^ο Συνεδρίου Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρείας, Δελτίο Ελλην Γεωλ. Ετ., τ. XXXIV/5* σελ. 1843-1850.

MARIOLAKOS I., FOUNTOULIS I., SPYRIDONOS E., ANDREADAKIS EM., ΚΑΠΟΥΡΑΝΙ Ε. (2002), A Multi-Parametric Approach Of Water Management In The Frame Of Sustainable Development. In *Proc. Volume 3rd International Forum "Integrated Water Management"* p. 390-401, Athens, Greece.

PAPAKIS, N. (1962). Problèmes hydrogeologiques de la Grèce, *Mem. Ass. Intern. Hydrogeol., Athens Meeting*, 5, 288-309.

THE EUROPEAN PARLIAMENT - THE COUNCIL (2000). Directive Of The European Parliament And Of The Council 2000/60/EC Establishing A Framework For Community Action In The Field Of Water Policy.

SPYRIDONOS, E., FOUNTOULIS, I., ANDREADAKIS, EMM., MARIOLAKOS, D., MANUTSOGLU, E. (2002). Using integrated 3D geological modeling for planning artificial recharge of karstic aquifer groundwater. Case study in the Enipefs River basin, Thessaly, Greece. In proc. *8th Annual Conference of the International Association for Mathematical Geology, Berlin Sept.2002, Terra Nostra 4/2002* p.493-498.