

ΜΑΡΙΟΛΑΚΟΣ, Η., ΦΟΥΝΤΟΥΛΗΣ, Ι., ΑΝΔΡΕΑΔΑΚΗΣ, Ε., ΚΑΠΟΥΡΑΝΗ, Ε. (2005). - Σύστημα αυτογραφικής παρακολούθησης και τηλεϊεδοποίησης για παραμέτρους ποιότητας των υδάτων του ποταμού Ευρώτα στο Νομό Λακωνίας – Πρώτα αποτελέσματα και προβληματισμοί. *Πρακτικά 7^{ου} Υδρογεωλογικού Συνεδρίου της Επιτροπής Υδρογεωλογίας της ΕΓΕ, Αθήνα, Οκτώβριος 2005, v. I, σ. 271-280.*

**ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ ΚΑΙ ΠΡΟΕΙΔΟΠΟΙΗΣΗΣ ΓΙΑ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΥΣ
ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΥΔΑΤΩΝ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΕΥΡΩΤΑ ΣΤΟ ΝΟΜΟ ΛΑΚΩΝΙΑΣ –
ΠΡΩΤΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΙΣΜΟΙ**

ΜΑΡΙΟΛΑΚΟΣ, Η., ΦΟΥΝΤΟΥΛΗΣ, Ι., ΑΝΔΡΕΑΔΑΚΗΣ, Ε., ΚΑΠΟΥΡΑΝΗ, Ε.

Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Γεωλογίας και Γεωπεριβάλλοντος,
Τομέας Δυναμικής, Τεκτονικής, Εφαρμοσμένης Γεωλογίας

Λέξεις – κλειδιά: αυτογραφική παρακολούθηση, ποιότητα επιφανειακών υδάτων, Ευρώτας
Key – words: real-time monitoring, surface water quality, Evrotas river

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το αυτογραφικό σύστημα παρακολούθησης και προειδοποίησης του Ευρώτα ξεκίνησε τη λειτουργία του κατά τη θερινή περίοδο του 2004. Κατά την πρώτη περίοδο της λειτουργίας του, αποτυπώθηκε στις χρονοσειρές των μετρήσεων η διαφορετική κατάσταση του ποταμού τόσο από σημείο σε σημείο, όσο σε διάφορες χρονικές περιόδους. Επίσης, αποκτήθηκε χρήσιμη εμπειρία για τη συσχέτιση των μετρούμενων παραμέτρων με τις εστίες και τα χρονικά διαστήματα εισροής λυμάτων στο ποτάμι, αλλά και σχετικά με την ερμηνεία των ημερήσιων και εποχικών μεταβολών των μετρήσεων καθώς και με τον εντοπισμό σφαλμάτων που μπορεί να οφείλονται σε βλάβες ή άλλα συμβάντα. Η παρακολούθηση έχει μέχρι στιγμής δείξει ότι η επιβάρυνση είναι μικρή από την περιοχή του άνω ρου μέχρι την είσοδο του ποταμού στην αστική περιοχή της Σπάρτης, ενώ από τη Σπάρτη μέχρι τη Σκούρα ο Ευρώτας δέχεται μεγάλες πιέσεις. Ταυτόχρονα, μέσα από τις χρονοσειρές αυτές γίνεται έμμεση τεκμηρίωση φαινομένων όπως ο ευτροφισμός, που δείχνουν καθαρά τις συνέπειες από την επιβάρυνση του ποταμού π.χ. από τις επιστρεφόμενες αρδεύσεις και το οργανικό φορτίο, στις συνθήκες επιβίωσης του οικοσυστήματος, που απεικονίζεται στην οξυγόνωση του νερού. Επίσης δημιουργήθηκαν έντονοι προβληματισμοί σχετικά με την επιβάρυνση των υδροφόρων οριζώντων από τους ρύπους που μεταφέρει το επιφανειακό νερό.

**REAL TIME MONITORING AND WARNING SYSTEM FOR WATER QUALITY
PARAMETERS IN EVROTAS RIVER – FIRST RESULTS**

MARIOLAKOS, I., FOUNTOULIS, I., ANDREADAKIS, E., KAPOURANI, E.

National and Kapodistrian University of Athens, Faculty of Geology and Geoenvironment,
Department of Dynamic, Tectonic, Applied Geology

ABSTRACT

The real time monitoring and warning system of Evrotas River started operating during the summer of 2004. The variation of the water quality status among the monitoring areas through time was recorded in the time series, during the first period of operation. Useful experience was obtained about the correlation of measured parameters and the time spans of pollutant inflow to the river system, and about the erroneous measurements that may be due to malfunction or other incidents. Monitoring so far has shown that Evrotas River suffers relatively little pressure from the Vivari station till uphill from Sparta city, while from Sparta till Skoura pressure is very serious. At the same time, indirect documentation of phenomena such as eutrofication is possible, showing clearly the consequences from the pollutant inflow to the river, e.g. organic load is depicted through dissolved oxygen. A question rising from the surface water quality status evaluation is the influence and pressure on groundwater, in areas where aquifers are hydraulically connected to the river.

1. Εισαγωγή

Το αυτογραφικό σύστημα παρακολούθησης και προειδοποίησης του Ευρώτα ξεκίνησε τη λειτουργία του κατά τη θερινή περίοδο του 2004 (Μαριολάκος και συν., 2005, υπό δημοσίευση). Με την ολοκλήρωση των μετρήσεων και του μηνός Ιανουαρίου 2005, και σε συνδυασμό με τις μετρήσεις των προηγούμενων μηνών και ιδιαίτερα του Νοεμβρίου και του Δεκεμβρίου 2004, υπάρχει πλέον μια εικόνα για τη διακύμανση της ποιότητας στον ποταμό Ευρώτα, η οποία, αν και δεν είναι ευχάριστη, είναι ιδιαίτερα χρήσιμη για την ανίχνευση των μηχανισμών ρύπανσης του νερού. Με την έναρξη της υγρής περιόδου, που συνδυάζεται αφενός με την αύξηση των βροχοπτώσεων και της παροχής του ποταμού και αφετέρου με την αύξηση της δραστηριότητας που σχετίζεται με την επεξεργασία των αγροτικών προϊόντων (ελιά, εσπεριδοειδή), πλήθυνε ο αριθμός και η σοβαρότητα των επεισοδίων ρύπανσης στο ποτάμι.

Ένα βασικό σημείο που πρέπει από την αρχή να ξεκαθαριστεί είναι ότι, αν και κατά την περίοδο αυτή αυξάνεται η ρίψη υγρών λυμάτων στο ποτάμι από τις σταθερές εστίες των οποίων η δραστηριότητα αυξάνεται, η ρύπανση του Ευρώτα δεν οφείλεται αποκλειστικά σε αυτές. Αυτό μπορεί να τεκμηριωθεί από το γεγονός ότι υπήρξαν σοβαρά επεισόδια ρύπανσης, των οποίων τα χαρακτηριστικά δεν είχαν καμία σχέση με τις συνηθισμένες εξάρσεις, και ανιχνεύονται πολύ εύκολα από το συνδυασμό των τιμών που καταγράφουν οι αισθητήρες. Είναι αρκετά πιθανό να γίνεται εκμετάλλευση της περιοχής που συνήθως επιβαρύνεται από σταθερές αιτίες ρύπανσης, για ανεξέλεγκτη ρίψη λυμάτων έτσι ώστε να θεωρηθεί ότι η ρύπανση οφείλεται στους «συνήθεις υπόπτους». Αυτό που είναι γενικά βέβαιο είναι ότι, ενώ η επιβάρυνση της ποιότητας από το Βιβάρι μέχρι τη γέφυρα της Σπάρτης δεν είναι θεαματική, όσον αφορά τους παρακολουθούμενους δείκτες, από τη Σπάρτη μέχρι τη Σκούρα η επιβάρυνση είναι μεγάλη.

Κατά το μήνα Ιανουάριο παρατηρήθηκαν τέτοια επεισόδια ρύπανσης που οδήγησαν στην κινητοποίηση της τοπικής κοινωνίας στη Σκούρα, αλλά και των αρμόδιων φορέων (ΤΕΔΚ, Δήμος Θεραπνών, Νομαρχία Λακωνίας και ΥΠΕΧΩΔΕ). Δυστυχώς, όπως έχει τονίσει η επιστημονική ομάδα και στην αλληλογραφία με την ΤΕΔΚ Λακωνίας, είναι απαραίτητη η διαρκής εγρήγορση της κοινωνίας και των φορέων ως προς τη ρύπανση του Ευρώτα, γιατί ενώ η διαπίστωση του προβλήματος από την πλευρά του Πανεπιστημίου μπορεί να είναι άμεση μέσω του συστήματος παρακολούθησης, η ταυτοποίηση του είδους και της προέλευσης της ρύπανσης απαιτεί την εκτέλεση μιας συγκεκριμένης διαδικασίας δειγματοληψίας, αυτοψίας και αναλύσεων από την πλευρά της Διεύθυνσης Υγιεινής της Νομαρχίας.

Κατά τις επισκέψεις μελών της επιστημονικής ομάδας στις θέσεις των σταθμών μετά τα έκτακτα επεισόδια ρύπανσης του Ιανουαρίου, διαπιστώθηκε ότι αφενός οι περιοχές που παρακολουθούνται συγκεκριμένα για τη ρύπανση όντως συνεισφέρουν σταθερά, αλλά και ότι τα έκτακτα περιστατικά δεν φαίνεται να οφείλονται σε αυτές τις εστίες. Για παράδειγμα, οι αισθητήρες στο σταθμό της Σκούρας έχουν πρόσφατα καλυφθεί από πολύ λεπτή μαύρη και δύσοσμη ιλύ, ενώ η ταυτόχρονη εικόνα από τους σταθμούς της Αγίας Κυριακής και της Ριβιότισσας είναι κιτρινοπράσινο χρώμα νερού και ιλύος.

2. Γενική συγκριτική εικόνα των σταθμών

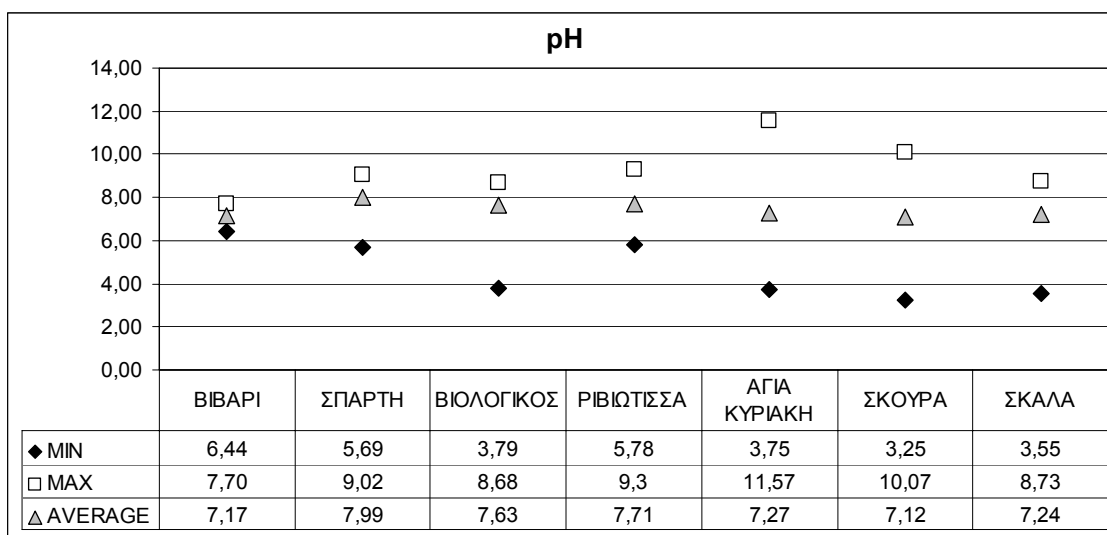
Η διαδικασία της επιλογής των κρίσιμων ορίων για την ενεργοποίηση της προειδοποίησης του συστήματος του Ευρώτα απαιτεί μια διαδικασία ξεχωριστής προσέγγισης των αναμενόμενων ακραίων καταστάσεων για κάθε παράμετρο, σταθμό προς σταθμό (Μαριολάκος και συν., 2005, υπό δημοσίευση). Στα πλαίσια αυτά έγινε μια σειρά υπολογισμών από τη χρονοσειρά των μετρήσεων, και προέκυψαν οι ακραίες (μέγιστη και ελάχιστη) και η μέση τιμή για κάθε παράμετρο σε κάθε θέση.

Πρέπει να τονιστεί ότι οι μετρήσεις της θολότητας κρίθηκε σκόπιμο να αποκλειστούν από την ομάδα των παραμέτρων στις οποίες τίθενται όρια συναγερμού. Παρόλο που η θολότητα είναι μια πολύ χρήσιμη παράμετρος, η λειτουργία των αισθητήρων μέχρι σήμερα έχει δείξει ότι η λειτουργία των αισθητήρων είναι αξιόπιστη μόνο στους σταθμούς που υπάρχει συνεχής ροή και η κατάσταση του νερού είναι γενικά καλή. Στους σταθμούς που εντοπίζονται προβλήματα, η

ομαλή λειτουργία παύει γρήγορα μετά από κάθε συντήρηση, και οι μετρήσεις δεν είναι συνεχώς αξιόπιστες, οπότε αναμένονται πολλές περιπτώσεις ψευδών συναγερωμών.

Κατά την επεξεργασία των δεδομένων για τον προσδιορισμό των ακραίων και μέσων τιμών των παραμέτρων, έγινε προσπάθεια να εξαιρεθούν από τη χρονοσειρά όλες εκείνες οι μετρήσεις που είτε είναι λανθασμένες λόγω κάποιας βλάβης συσκευής και λογισμικού, είτε δεν αναφέρονται στο νερό επειδή κάποιοι αισθητήρες βρίσκονται κατά διαστήματα στον αέρα, λόγω απουσίας ροής. Αποκλείστηκαν για παράδειγμα όλες οι αρνητικές τιμές, αλλά και σειρές μετρήσεων που εμφανώς αποκλείεται να αναφέρονται στο νερό που ρέει στη συγκεκριμένη θέση. Για παράδειγμα, σε κάποιους σταθμούς όταν η αγωγιμότητα είναι μικρότερη από 200μS, σ τις συγκεκριμένες περιοχές συνήθως δεν ρέει νερό. Η μέτρηση έχει γίνει σε υγρή ιλύ που έχει μείνει πάνω στον αισθητήρα μεταξύ των περιόδων χαμηλής ροής. Η μέτρηση λοιπόν αυτή της αγωγιμότητας, και κατά συνέπεια και οι υπόλοιπες ταυτόχρονες μετρήσεις για τη θέση αυτή, αποκλείστηκαν από τους υπολογισμούς. Παρά ταύτα, πρέπει να γίνει σαφές ότι εφόσον δεν υπάρχει μέτρηση της ροής σε κάθε θέση, είναι αναμενόμενο να υπάρχουν και λανθασμένες μετρήσεις μέσα στις χρονοσειρές, αν και ελάχιστες σε σχέση με το πλήθος των μετρήσεων.

Σημειώνεται ότι το σύστημα λαμβάνει μετρήσεις κάθε δέκα λεπτά, οπότε ο μέσος όρος μιας τιμής π.χ. για ένα εικοσιτετράωρο, λαμβάνεται από 144 μετρήσεις.



Εικόνα 1 – Μεταβολή των ακραίων και μέσων τιμών του pH από σταθμό σε σταθμό, από ανάντη προς κατόντη (οι σταθμοί Βιολογικός, Ριβιώτισσα και Αγία Κυριακή βρίσκονται εκτός της κύριας κοίτης). Οι τιμές προκύπτουν από τη χρονοσειρά των μετρήσεων από τον Ιούλιο 2004 ως και τον Ιανουάριο 2005.

Figure 1 – Variation of extreme and mean values of pH from station to station, from uphill to downhill (stations Viologikos, Riviotissa and Agia Kyriaki are not on the main riverbed). The values derive from the time series of measurements from July 2004 to January 2005).

Τα διαγράμματα των Εικόνων 1, 2, 3 και 4 δείχνουν τη σχέση μεταξύ των σταθμών για τις υπολογισθείσες τιμές κάθε παραμέτρου, εκτός φυσικά από τη θολότητα, για τους λόγους που προαναφέρθηκαν.

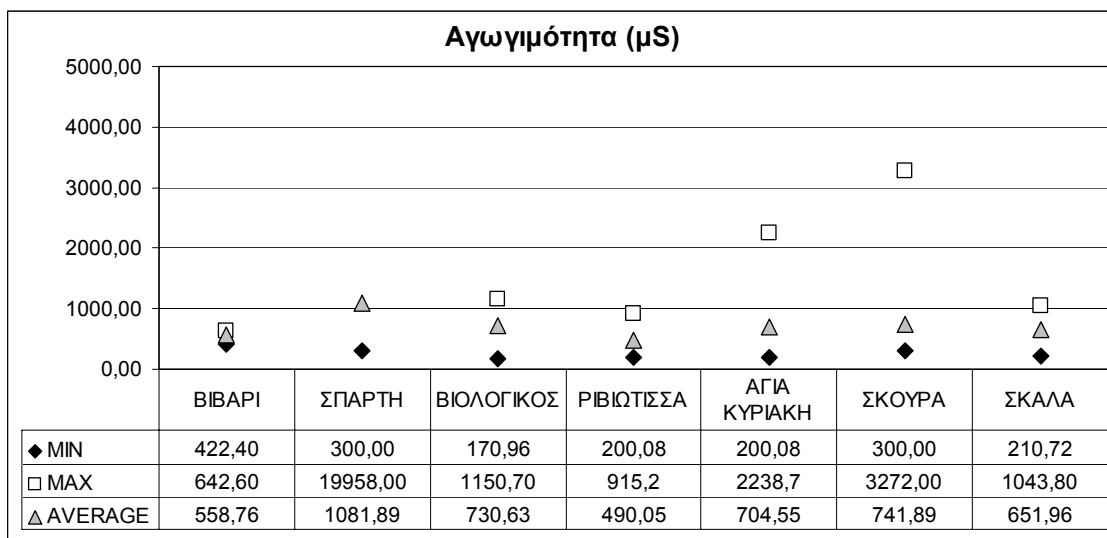
Αυτό που είναι φανερό με την πρώτη ματιά και στα τέσσερα διαγράμματα είναι ότι, ενώ οι μέσες τιμές τουλάχιστον του pH, της αγωγιμότητας και της θερμοκρασίας είναι αρκετά κοντά μεταξύ τους, οι ακραίες τιμές παρουσιάζουν πολύ μεγάλες διαφορές, γεγονός βέβαια πολύ φυσικό, αν ληφθεί υπόψη ότι συγκρίνονται σταθμοί της κύριας κοίτης μαζί με παραποτάμους και την έξοδο του βιολογικού καθαρισμού.

Πιο συγκεκριμένα, τέσσερις από τους σταθμούς (Βιβάρι, Γέφυρα Σπάρτης, Σκούρα, Σκάλα) βρίσκονται πάνω στην κύρια κοίτη του Ευρώτα, και γενικά παρουσιάζουν συνεχή ροή. Οι

σταθμοί Βιολογικός, Ριβιώτισσα και Αγία Κυριακή παρεμβάλλονται μεταξύ της Γέφυρας της Σπάρτης και της Σκούρας, αλλά δεν βρίσκονται στην κύρια κοίτη του ποταμού. Ο σταθμός του βιολογικού καθαρισμού βρίσκεται στην έξοδο της μονάδας και μετράει σε συνθήκες ελεγχόμενης ροής επεξεργασμένων λυμάτων. Οι άλλοι δύο σταθμοί (Ριβιώτισσα και Αγία Κυριακή) βρίσκονται σε χειμάρρους που συμβάλλουν στον Ευρώτα ανάντη της Σκούρας και μετράνε σε συνθήκες περιοδικής ροής, με εισροή λυμάτων από σταθερές εστίες (μονάδες χυμοποίησης).

Παρατηρώντας τις μεταβολές στους τέσσερις σταθμούς που βρίσκονται πάνω στην κύρια κοίτη, μπορούν συνοπτικά να αναφερθούν τα ακόλουθα για το χρονικό διάστημα Ιούλιος 2004 – Ιανουάριος 2005:

- Στο διάγραμμα του pH φαίνεται ότι η μέση τιμή της παραμέτρου αυξάνεται από το Βιβάρι προς τη Σπάρτη, και στη συνέχεια μειώνεται προς τη Σκούρα, και αυξάνεται ελαφρά και πάλι προς τη Σκάλα.
- Στο διάγραμμα της αγωγιμότητας, φαίνεται ότι η μέση τιμή της παραμέτρου αυξάνεται από το Βιβάρι προς τη Σπάρτη, και στη συνέχεια μειώνεται σταδιακά μέχρι τη Σκάλα.
- Στο διάγραμμα του διαλυμένου οξυγόνου, φαίνεται ότι η μέση τιμή μειώνεται σταθερά από το Βιβάρι μέχρι τη Σκάλα. Σημειώνεται πάντως ότι αυτή η μεταβολή δεν ταυτίζεται με τη μεταβολή του βαθμού κορεσμού, στον οποίο πρέπει να υπολογιστεί και η θερμοκρασία. Οι αντίστοιχοι υπολογισμοί που έχουν γίνει για το βαθμό κορεσμού με βάση την τιμή αναφοράς για τις αντίστοιχες θερμοκρασίες, έδειξαν ότι ο βαθμός κορεσμού αυξάνεται ελαφρά από το Βιβάρι προς τη Σπάρτη, και στη συνέχεια μειώνεται μέχρι τη Σκάλα (Mariolakos *et al.*, 2005).
- Στο διάγραμμα της θερμοκρασίας φαίνεται μια ελαφρά αύξηση από το Βιβάρι προς τη Σπάρτη, και μια ελαφρά μείωση από τη Σκούρα προς τη Σκάλα.



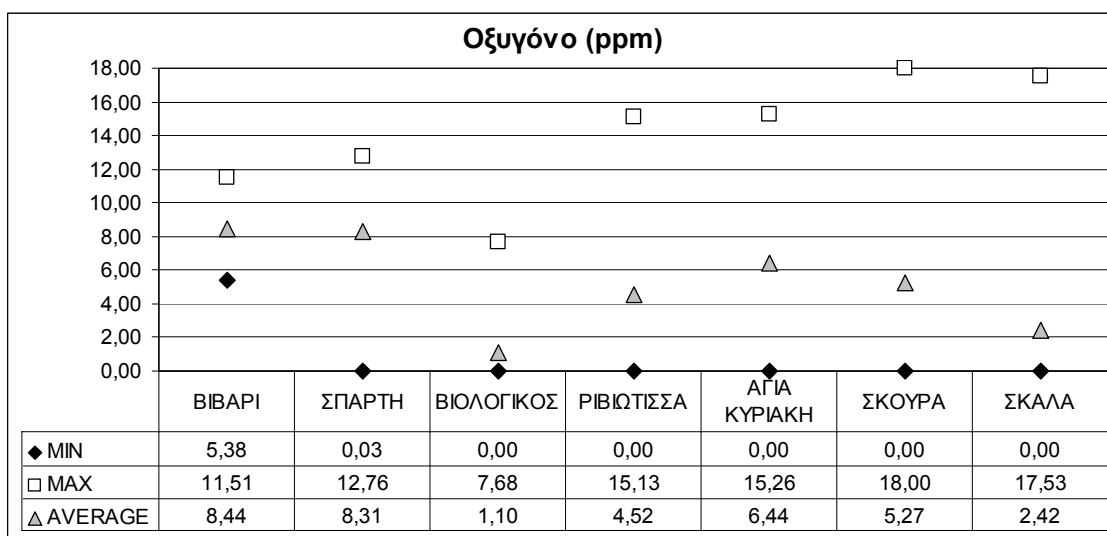
Εικόνα 2 – Μεταβολή των ακραίων και μέσων τιμών της αγωγιμότητας.

Figure 2 - Variation of extreme and mean values of conductivity.

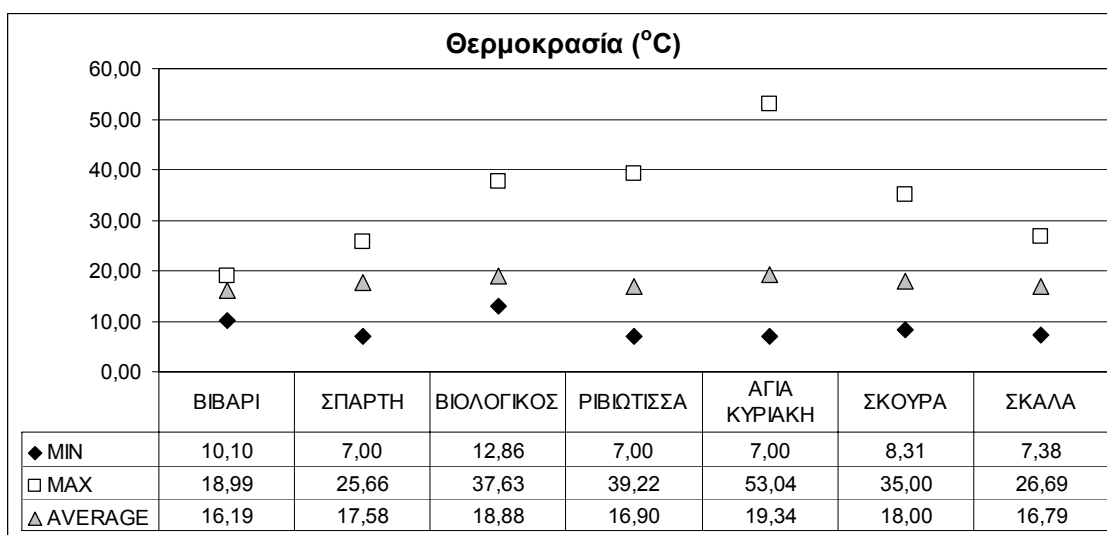
Εξάλλου ειδικότερα για το οξυγόνο, το οποίο αποτελεί ίσως την ενδεικτικότερη και πλέον ευαίσθητη παράμετρο αξιολόγησης σχετικά με την περιβαλλοντική κατάσταση των επιφανειακών υδάτων, έγινε αξιοποίηση και όλων των διαθέσιμων πηγών μετρήσεων από το πρόγραμμα μετρήσεων του Υπουργείου Γεωργίας και το πρόγραμμα MEDSPA, με κατάλληλη επεξεργασία των στοιχείων ώστε να είναι συγκρίσιμα.

Το Υπουργείο Γεωργίας έχει πραγματοποιήσει μηνιαίες μετρήσεις στις θέσεις Στενό Βορδονίας (που σε αδρές γραμμές είναι θέση συγκρίσιμη με το Βιβάρι, δηλαδή ελέγχει περιοχή του άνω ρου του Ευρώτα) και Γέφυρα Βρονταμά, νότια από τη Σκούρα, στην είσοδο του καρστικού

πεδίου βόρεια της Σκάλας (Εικόνα 5). Όπως φαίνεται από την καμπύλη του βαθμού κορεσμού του οξυγόνου στο νερό για το σταθμό του Στενού Βορδόνιας, κατά τη περίοδο 1990-2001, οι τιμές είναι πολύ υψηλές (με όρους σταθερότυπων σχεδόν πάντα στα όρια του πολύ καλού), και οι διακυμάνσεις πολύ μικρές από μήνα σε μήνα. Οι τιμές των μετρήσεων είναι αρκετά κοντά στην τιμή του μέσου όρου για κάθε μήνα. Αντίστοιχα, κατά τους μήνες Μάιο – Σεπτέμβριο ο βαθμός κορεσμού είναι ακόμα υψηλότερος στη Γέφυρα Βρονταμά, ενώ αντίθετα, κατά τους μήνες Δεκέμβριο – Απρίλιο, παρατηρείται σημαντική μείωση. Επίσης πρέπει να σημειωθεί ότι η καμπύλη του μέσου όρου έχει εξομαλύνει τις μεγάλες διαφορές που παρατηρούνται από έτος σε έτος στον ίδιο μήνα, πράγμα που σημαίνει ότι η εικόνα κατά περιόδους μπορεί να είναι πολύ καλύτερη ή πολύ χειρότερη. Παρά ταύτα, είναι φανερή η επίδραση της αστικο-βιομηχανικής ρύπανσης της πεδιάδας της Σπάρτης στο βαθμό κορεσμού του οξυγόνου, δηλαδή στο οργανικό φορτίο που φέρει το νερό του ποταμού εισερχόμενο στο καρστικό πεδίο της Σκάλας.



Εικόνα 3 - Μεταβολή των ακραίων και μέσων τιμών του διαλυμένου οξυγόνου.
Figure 3 - Variation of extreme and mean values of dissolved oxygen.



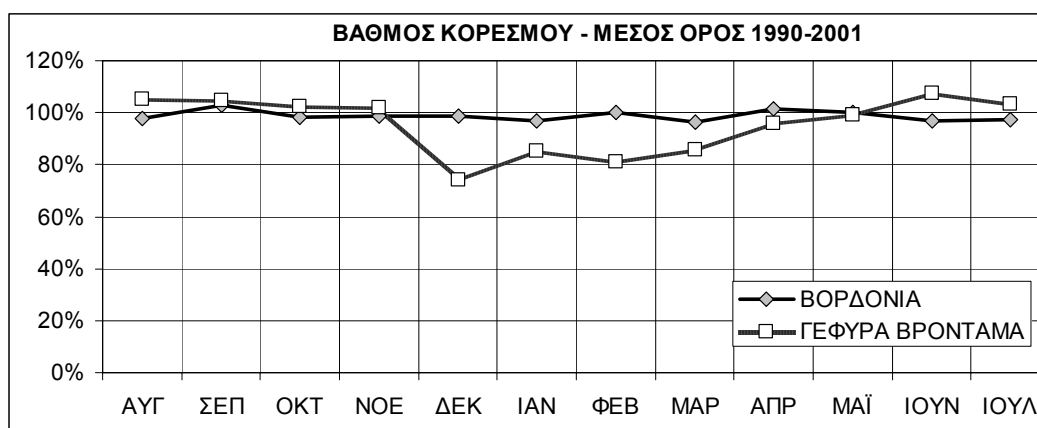
Εικόνα 4 - Μεταβολή των ακραίων και μέσων τιμών της θερμοκρασίας.
Figure 4 - Variation of extreme and mean values of temperature.

Το πρόγραμμα MEDSPA δεν είχε συμπεριλάβει τους ίδιους σταθμούς με το Υπουργείο Γεωργίας στην έρευνα, συμπεριέλαβε όμως τους σταθμούς Γέφυρα Σπάρτης, Σκούρα και Σκάλα, που αντιστοιχούν στο δίκτυο τηλεμετρικής παρακολούθησης που λειτουργεί σήμερα. Έτσι έγινε μια ποιοτική, λόγω της φύσης των δεδομένων, σύγκριση με τα δεδομένα του δικτύου. Μια πρώτη παρατήρηση που έγινε είναι ότι κατά το μήνα Αύγουστο 1991 το οξυγόνο μετρήθηκε χαμηλότερα στη Σπάρτη από τη Σκούρα, πράγμα που δεν ίσχυε κατά τον Αύγουστο του 2004. Κατά το μήνα Οκτώβριο του 2001, η Σκούρα είχε υψηλότερο οξυγόνο από τη Σπάρτη, όπως και τον Οκτώβριο του 2004. Επίσης, μπορεί να παρατηρηθεί ότι κατά τους μήνες Φεβρουάριο, Μάρτιο και Απρίλιο του 1992 η Σκούρα είχε περισσότερο οξυγόνο από τη Σκάλα, ενώ κατά τον Ιούλιο του 1992 αντιστράφηκαν οι όροι.

Αντίστοιχα, με τις σημερινές μετρήσεις στο ποτάμι φαίνεται ότι μέχρι στιγμής κατά το Σεπτέμβριο και τον Οκτώβριο η Σκούρα έχει περισσότερο οξυγόνο από τη Γέφυρα Σπάρτης, ενώ κατά τους υπόλοιπους μήνες έχει λιγότερο. Οι τιμές στη Σκάλα παρουσιάζουν την αντίθετη τάση, δηλαδή κατά τους μήνες Αύγουστο, Σεπτέμβριο, Οκτώβριο και Νοέμβριο του 2004 έχει πολύ λιγότερο οξυγόνο από τη Σκούρα, ενώ κατά το Δεκέμβριο του 2004 και τον Ιανουάριο του 2005 έχει περισσότερο.

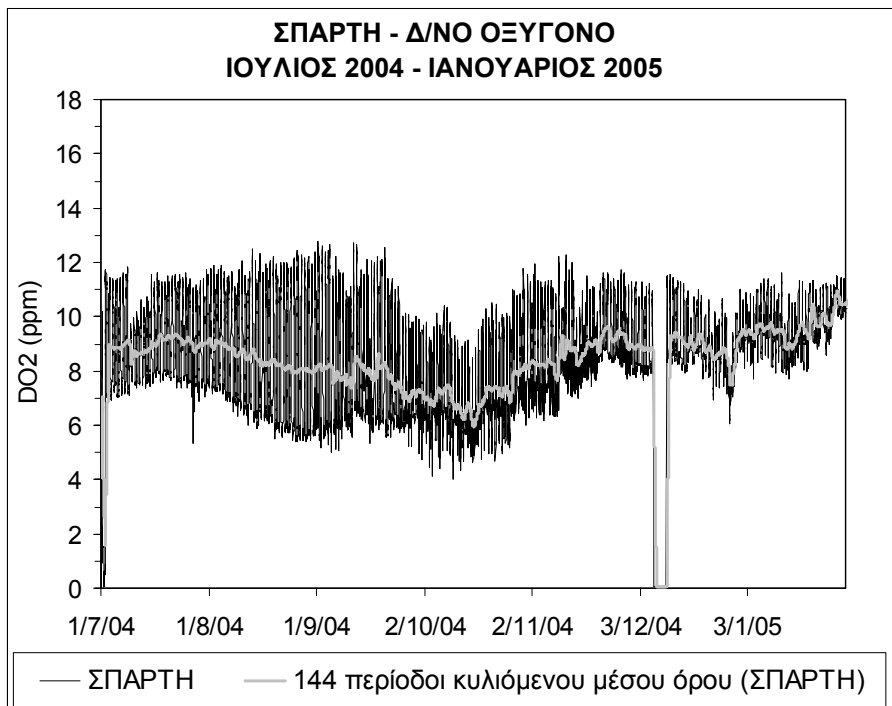
Στα διαγράμματα των Εικόνων 6 και 7 παρουσιάζονται οι χρονοσειρές των μετρήσεων του διαλυμένου οξυγόνου για το χρονικό διάστημα Ιούλιος 2004 – Ιανουάριος 2005 στους σταθμούς Σπάρτη και Σκάλα, καθώς και οι καμπύλες μεταβολής του ημερήσιου μέσου όρου (144 μετρήσεις). Στο σταθμό της Σπάρτης που υπήρχε συνεχής ροή κατά το μέχρι στιγμής διάστημα της παρακολούθησης, παρατηρείται μια μείωση των τιμών το φθινόπωρο, και μεγαλύτερο εύρος ημερήσιας διακύμανσης κατά το τέλος του θέρους. Στο σταθμό της Σκάλας, που η ροή στο τέλος της ξηράς περιόδου και στην αρχή της υγρής τροφοδοτείται μόνο από τις πηγαίες εκφορτίσεις της περιοχής και φυσικά είναι πολύ χαμηλή, το οξυγόνο κυμαίνεται σε πολύ χαμηλά επίπεδα, ενώ με την έναρξη της επιφανειακής ροής το οξυγόνο ανεβαίνει σε υψηλά επίπεδα. Ένα ερώτημα προς διερεύνηση είναι που οφείλονται οι χαμηλές τιμές του οξυγόνου στη Σκάλα, με τουλάχιστον τρεις πιθανές εξηγήσεις, χωρίς η μια να αποκλείει την άλλη:

- Η ροή είναι τόσο μικρή που δεν αρκεί για να μετρήσει σωστά ο αισθητήρας μέτρησης του οξυγόνου.
- Η απόσταση από τις πηγαίες εκφορτίσεις είναι τόσο μικρή που δεν προλαβαίνει το νερό να αεριστεί αρκετά από την έξοδό του από τον υδροφόρο μέχρι το σημείο μέτρησης.
- Το νερό του καρστικού υδροφόρου που εκφορτίζεται στη Σκάλα έχει τόσο οργανικό φορτίο που καταναλώνεται όλο το οξυγόνο.



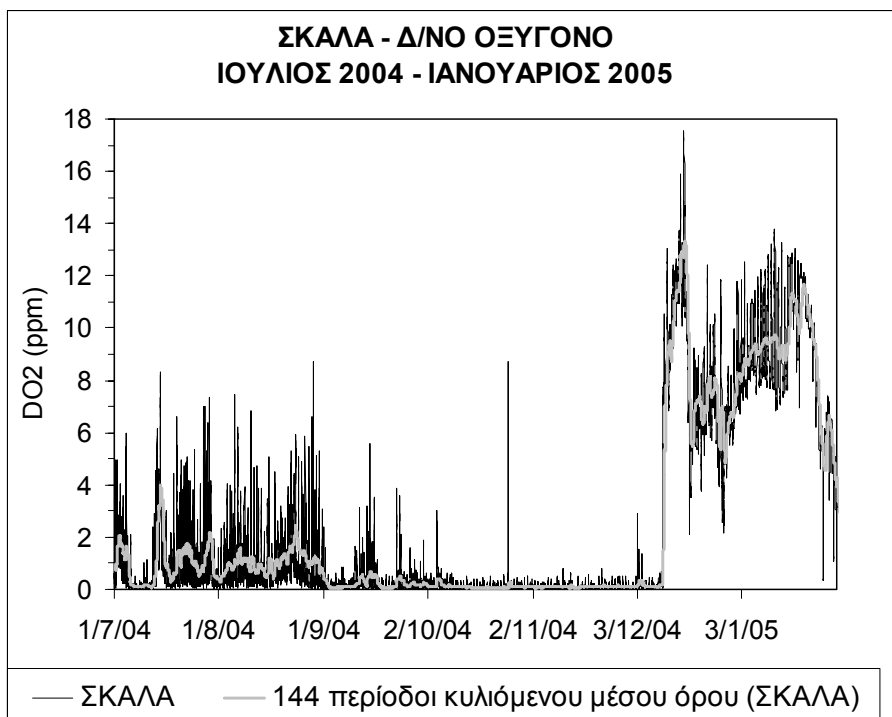
Εικόνα 5 – Μηνιαία μεταβολή του μέσου βαθμού κορεσμού μεταξύ Βορδόνιας και Γέφυρας Βρονταμά κατά τη διάρκεια του έτους (Στοιχεία Υπουργείου Γεωργίας, επεξεργασμένα).

Figure 5 – Monthly variation of mean oxygen saturation between Vordonia and Vrontamas Bridge during a year (Data from Ministry of Agriculture, modified).



Εικόνα 6 – Η χρονοσειρά των μετρήσεων και η μεταβολή της μέσης ημερήσιας τιμής του οξυγόνου στο σταθμό Σπάρτη.

Figure 6 – The time series of measurements and the variation of mean daily value of oxygen at the Sparti station.



Εικόνα 7 - Η χρονοσειρά των μετρήσεων και η μεταβολή της μέσης ημερήσιας τιμής του οξυγόνου στο σταθμό Σκάλα.

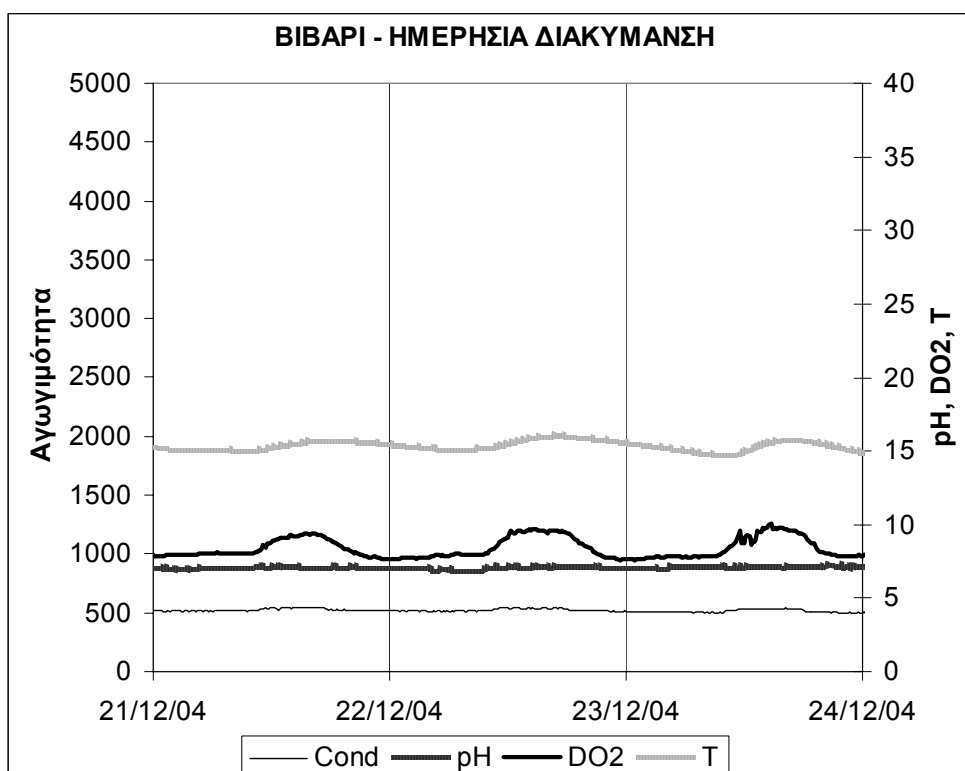
Figure 7 - – The time series of measurements and the variation of mean daily value of oxygen at the Skala station.

3. Ερμηνεία των ημερήσιων μεταβολών και σημασία για το σύστημα ειδοποίησης

Η συχνότητα των μετρήσεων του αυτογραφικού δικτύου (κάθε δέκα λεπτά) επιτρέπει την παρακολούθηση μεταβολών που δεν είναι δυνατό να γίνουν αντιληπτές ούτε να διερευνηθούν με την τακτική μέτρηση, ακόμα και σε καθημερινή βάση. Όλες οι παράμετροι παρουσιάζουν μεταβολές από στιγμή σε στιγμή, καθώς το ποτάμι είναι ένα δυναμικό σύστημα που μεταβάλλεται με μεγάλη ταχύτητα. Κάποιες παράμετροι, με πιο χαρακτηριστική το οξυγόνο, παρουσιάζουν υπό κανονικές συνθήκες φυσική ημερήσια περιοδικότητα, εντός κάποιων ορίων (Μαλεφάκης, 1999). Αυτή η διακύμανση μπορεί να αποτυπωθεί με εξαιρετική ακρίβεια με τη συχνότητα μέτρησης που εφαρμόζεται στο δίκτυο του Ευρώτα, με αποτέλεσμα να γίνονται αντιληπτές και οι οποιοσδήποτε αποκλίσεις από τη φυσική κατάσταση.

Στα διαγράμματα των Εικόνων 8 και 9, απεικονίζονται αυτές οι μεταβολές σε ένα ενδεικτικό χρονικό διάστημα στους σταθμούς Βιβάρι και Ριβιώτισσα, αντίστοιχα. Οι σταθμοί αυτοί είναι ενδεικτικοί στο είδος τους, ο σταθμός Βιβάρι ως σταθμός αναφοράς σε σχέση με τη φυσική κατάσταση του ποταμού και ο σταθμός Ριβιώτισσα ως σταθμός επιτήρησης, καθώς ελέγχει συγκεκριμένη μικρή περιοχή με συγκεκριμένες εστίες ρύπων.

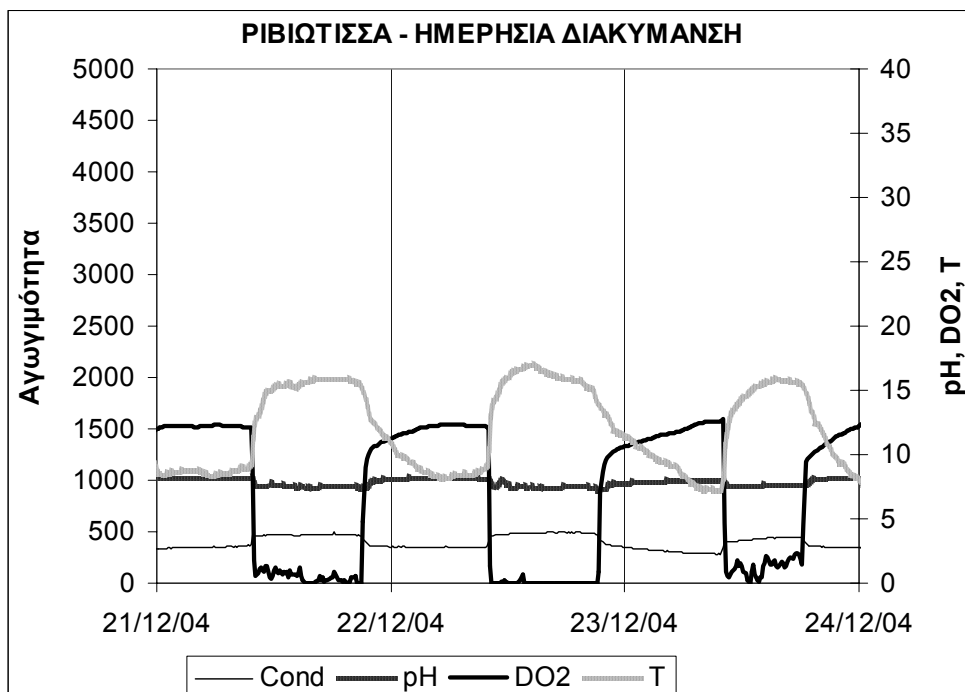
Όπως φαίνεται στο διάγραμμα της Εικόνας 8, η θερμοκρασία και το διαλυμένο οξυγόνο εμφανίζουν ημερήσια περιοδικότητα, που σχετίζεται αντίστοιχα με τη διακύμανση της θερμοκρασίας αέρα και το μεταβολισμό των οργανισμών που φωτοσυνθέτουν. Αυτή η ομαλή διακύμανση γύρω από πολύ καλές τιμές είναι μια προφανής ένδειξη της φυσικής κατάστασης του ποταμού στη θέση αυτή, και της απουσίας των συνεπειών της ανθρώπινης επίδρασης.



Εικόνα 8 – Μεταβολές τριών 24ώρων (21 ως 24/12/04) στη θέση Βιβάρι.

Αντίθετα, η περίπτωση της Ριβιώτισσας (Εικόνα 9) είναι χαρακτηριστική γιατί δείχνει πολύ καθαρά την ανθρώπινη επίδραση. Καταρχήν πρόκειται για ένα χείμαρρο που συμβάλλει στον Ευρώτα και που δεν έχει συνεχή ροή, και τους περισσότερους μήνες το χρόνο έχει πολύ χαμηλή ή καθόλου ροή. Σε αυτά τα χρονικά διαστήματα, οι τιμές των μετρήσεων δείχνουν ατμοσφαιρικές συνθήκες (υψηλή διακύμανση της θερμοκρασίας, αγωγιμότητα κοντά στο μηδέν, πολύ υψηλό οξυγόνο). Η λειτουργία παρακείμενης χυμοποίησης της οποίας τα λύματα διατίθενται στο συγκεκριμένο χείμαρρο, έχει ως αποτέλεσμα να υπάρχει ροή σε χρονικά

διαστήματα που υπό κανονικές συνθήκες δεν υπάρχει. Επειδή όμως η λειτουργία του εργοστασίου γίνεται σε ορισμένες ημέρες και ώρες, το αποτέλεσμα στην καταγραφή των μετρήσεων είναι θεαματικό, ειδικά όταν τα λύματα είναι ανεπεξέργαστα. Συγκεκριμένα, την ώρα που ξεκινά η διάθεση στο χείμαρρο, το οξυγόνο από τις πολύ υψηλές ατμοσφαιρικές τιμές πέφτει αμέσως κοντά στο μηδέν, και αυξάνεται απότομα και η αγωγιμότητα. Το αποτέλεσμα, όπως φαίνεται στο διάγραμμα είναι ο συνδυασμός δύο καμπύλων «τετραγωνικού παλμού», που αντιστοιχούν στην αγωγιμότητα και το οξυγόνο, και δείχνουν τότε ακριβώς ξεκινά και σταματά η διάθεση των λυμάτων στο χείμαρρο. Ίσως να μην είναι υπερβολικό να ειπωθεί ότι, από αυτή τη διαπίστωση και μόνο, το σύστημα είναι σε μεγάλο βαθμό επιχειρησιακά αξιόπιστο.



Εικόνα 9 - Μεταβολές τριών 24ώρων (21 ως 24/12/04) στη θέση Ριβιώτισσα.

4. Συμπεράσματα - Συζήτηση

Αναφέρονται εν συντομία μερικά από τα μέχρι στιγμής συμπεράσματα όπως προκύπτουν από τη διακύμανση των τιμών:

- Η κατάσταση του ποταμού είναι όπως αναμενόταν πολύ καλή στο τμήμα της λεκάνης που ελέγχεται από το σταθμό στο Βιβάρι.
- Στο σταθμό της γέφυρας της Σπάρτης:
 - Η ποιότητα είναι συνήθως πολύ καλή ή καλή με βάση τα όρια ποιότητας ως προς τους δείκτες που παρακολουθούνται.
 - Σε σπάνιες περιπτώσεις παρατηρείται σοβαρή επιβάρυνση.
- Ο βιολογικός καθαρισμός έχει γενικά πολύ σταθερή λειτουργία, η οξυγόνωση όμως χρειάζεται οπωσδήποτε περαιτέρω βελτίωση.
- Στα δύο ρέματα (Ριβιώτισσα και Αγία Κυριακή) παρατηρείται αναμφισβήτητη επιβάρυνση από τις χυμοποιίες (περισσότερο στην Αγία Κυριακή).
- Στη Σκούρα αθροίζεται το μεγαλύτερο ποσοστό της αστικής, αγροτικής και βιομηχανικής ρύπανσης της περιοχής της Σπάρτης με πολύ σοβαρές επιπτώσεις στην οικολογία και κινδύνους για την υγεία των κατοίκων. Είναι απολύτως βέβαιο ότι η επιβάρυνση που παρατηρείται στη Σκούρα προέρχεται και από άλλες πηγές ρύπανσης εκτός από τις χυμοποιίες (ελαιουργεία κ.λπ.). Δεδομένης της υδραυλικής επικοινωνίας του ποταμού με τον υδροφόρο ορίζοντα των προσχώσεων, αναμένεται ότι η ρύπανση του ποταμού έχει και στα υπόγεια ύδατα επιπτώσεις, οι οποίες αποτελούν αντικείμενο περαιτέρω έρευνας.

- Στη Σκάλα η ποιότητα παρουσιάζει μεγάλες διαφορές μεταξύ ξηράς και υγρής περιόδου. Πρέπει να διερευνηθεί η επιβάρυνση της ποιότητας του καρστικού υδροφόρου που αναπτύσσεται βόρεια του σταθμού, στην περιοχή μεταξύ Βρονταμά και Σκάλας.

7. Ευχαριστίες

Η επιστημονική ομάδα ευχαριστεί ιδιαίτερα την Τοπική Ένωση Δήμων και Κοινοτήτων Νομού Λακωνίας για τη χρηματοδότηση του εφαρμοσμένου ερευνητικού προγράμματος, μέσω του οποίου κατέστη δυνατή η πραγματοποίηση του δικτύου παρακολούθησης. Επίσης ευχαριστούμε τους δημάρχους των περιοχών που φιλοξενούν σταθμούς, όσο και τους κατοίκους, για το ενδιαφέρον με το οποίο περιβάλλουν την προσπάθεια αυτή.

8. Βιβλιογραφία

ΔΕΥΑ Σπάρτης, Μελετητική Περιβάλλοντος ΕΠΕ, Παρασκευόπουλος – Γεωργιάδης ΕΠΕ. 1994. MEDSPA 1990 - Πρόγραμμα προστασίας περιβάλλοντος και ανάπτυξης της λεκάνης του ποταμού Ευρώτα και των βορείων ακτών του Λακωνικού κόλπου. Επιτροπή των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων, Γενική Διεύθυνση XI.

Framework Directive, Common Implementation Strategy, Working Group 2.7, Monitoring.

Κωστοπούλου, Γ., Κέντρου, Α., Ταμβάκη, Ε., Προύτσος, Ν., Τριαντακωνσταντής, Δ., Κοντός, Κ. 2003. Ποιοτικά χαρακτηριστικά υδάτων των ποταμών και λιμνών της χώρας. Υπουργείο Γεωργίας.

Leeks, G., Neal, C., Jarvie, H., Casey, H., Leach, D. 1997. The LOIS river monitoring network: strategy and implementation. *The Science of the Total Environment*, **194/195**, 101-109. Elsevier.

Littlejohn, C., Nixon, S., Casazza, G., Fabiani, C., Premazzi, G., Heinonen, P., Ferguson A and Pollard, P., 2002. Guidance on Monitoring for the Water Framework Directive. Water

Μαλεφάκης, Ι. 1998. Ποιότητα επιφανειακών και υπόγειων νερών. Αθήνα.

Mariolakos, I., Fountoulis, I., Spyridonos, E., Dritsa, C., Kapourani, E., Andreadakis, Emm. 2001. *Holistic Methodology for Water Resources Management in Semi-Arid Regions. Case Study in Mani (S Peloponnesus, Greece)*. Proceedings of the 10th Biennial Symposium on Artificial Recharge of Groundwater. "Artificial Recharge and Integrated water management" Arizona USA, 31-40.

Simonet, F. 2001. Le nouveau Système d'Evaluation de la Qualité de l' Eau des rivières: Le SEQ-Eau. *Adour Garonne Revue de l'Agence de l'Eau*. Hiver 2001, **81**, 7-9.

Wagner, R., Matraw, H., Ritz, G. and Smith, B. 2000. Guidelines and Standard Procedures for Continuous Water-Quality Monitors: Site Selection, Field Operation, Calibration, Record Computation, and Reporting. U.S. Geological Survey, Water-Resources Investigations Report 00-4252. Reston, Virginia.