

ΧΗΜΙΚΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΣΤΟΝ ΠΟΤΑΜΟ ΠΗΝΕΙΟ ΜΕ ΕΜΦΑΣΗ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΟΥ ΔΕΛΤΑ (2012-2014)

Δασενάκης Μ.¹, Παρασκευοπούλου Β.¹, Μπότσου Φ.¹, Χαλκιαδάκη Ο.¹,
Λαζογιάννης Κ.², Πούλος Σ.², Κωτσόπουλος Σ.³

¹ Εργαστήριο Χημείας Περιβάλλοντος, Τμήμα Χημείας, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών (ΕΚΠΑ), Πανεπιστημιούπολη Ζωγράφου, 15784, Αθήνα

² Τομέας Γεωγραφίας & Κλιματολογίας, Τμήμα Γεωλογίας και Γεωπεριβάλλοντος, ΕΚΠΑ, Πανεπιστημιούπολη Ζωγράφου, 15784, Αθήνα

³ Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών Τ.Ε (Λάρισα), ΤΕΙ Θεσσαλίας, 41110 Λάρισα

Λέξεις κλειδιά: επιφανειακά ύδατα, υπόγεια ύδατα, ρύπανση, βαρέα μέταλλα, θρεπτικά συστατικά

Εισαγωγή

Στο πλαίσιο του Ερευνητικού Προγράμματος «ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΩΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΤΗΣ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ ΣΤΑ ΠΟΤΑΜΙΑ ΔΕΛΤΑ. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΟΥ ΔΕΛΤΑ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ ΠΗΝΕΙΟΥ (ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ)» πραγματοποιήθηκαν δειγματοληψίες και χημικές αναλύσεις τα έτη 2012-2014 σε επιφανειακά και υπόγεια ύδατα στο υδάτινο σύστημα του Πηνειού ποταμού.

Μεθοδολογία

Για τις ανάγκες του προγράμματος σχεδιάστηκε ένα δίκτυο σταθμών δειγματοληψίας, στο υδατικό σύστημα του Πηνειού ποταμού, το οποίο παρουσιάζεται στο Σχήμα 1 και περιλάμβανε επιφανειακά δείγματα από το ποτάμι και τις εκβολές και υπόγεια ύδατα από πηγές και γεωτρήσεις / αρίδες. Οι δειγματοληψίες πραγματοποιούνταν τόσο στην υγρή (Νοέμβριο ως Μάιο) όσο και στην ξηρή περίοδο (Ιούνιο ως Οκτώβριο).

Τα δείγματα λαμβάνονταν με ειδικές συσκευές δειγματοληψίας και στο πεδίο προσδιορίζονταν με φορητό πολύμετρο το pH, η αγωγιμότητα και η αλατότητα. Στη συνέχεια διηθούνταν από προζυγισμένα φίλτρα Millipore προκειμένου να συλλεχθεί το σωματιδιακό υλικό και να ποσοτικοποιηθεί. Τα διηθημένα δείγματα διαιρούνταν σε υποδείγματα, γινόταν προσθήκη κατάλληλου συντηρητικού ανά ανάλυση και τοποθετούνταν στην ψύξη. Οι βασικές χημικές παράμετροι που μετρήθηκαν στα δείγματα νερού ήταν: i) τα κύρια κατιόντα (κάλιο, νάτριο, ασβέστιο και μαγνήσιο) με φασματομέτρο ατομικής απορρόφησης/εκπομπής με τεχνική φλόγας, ii) τα κύρια ανιόντα (χλωριούχα, θειικά) με ιοντικό χρωματογράφο, iii) ενώσεις του αζώτου (νιτρικά, νιτρώδη, αμμωνιακά, οργανικό άζωτο) και του φωσφόρου (φωσφορικά, οργανικός φώσφορος με φασματοφωτομετρικές τεχνικές, iv) βαρέα μέταλλα (κάδμιο, χρώμιο, μόλυβδος, χαλκός, νικέλιο, ψευδάργυρος, σίδηρος και μαγγάνιο) με χρήση τεχνικών φασματομετρίας ατομικής απορρόφησης μετά από προσυγκέντρωση, v) διαλυτός οργανικός άνθρακας με αυτόματο αναλυτή φασματοσκοπίας υπερύθρου και τέλος vi) εξασθενές χρώμιο φασματοφωτομετρικά στα νερά των γεωτρήσεων.



Σχήμα 1: Χάρτες σημείων δειγματοληψίας

Αποτελέσματα

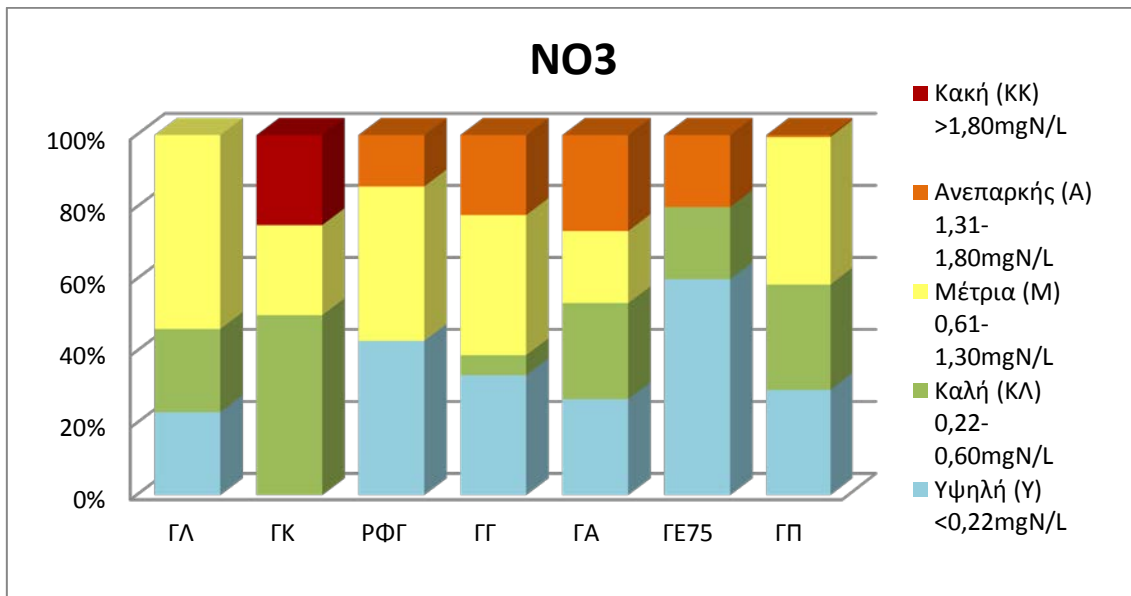
Στα νερά των πηγών τα επίπεδα των χημικών παραμέτρων ήταν εντός των φυσιολογικών ορίων. Οι συγκεντρώσεις των βαρέων μετάλλων ήταν πολύ χαμηλές και μικρότερες από τα νομοθετικά όρια υπόγειου και πόσιμου νερού (ΦΕΚ 3332/2011 υπόγειων υδάτων και ΦΕΚ 892/2001 πόσιμου νερού). Αξίζει να σημειωθεί επίσης ότι ο οργανικός άνθρακας στην πηγή στα Τέμπερη ήταν μόλις 0,6mg/L κοντά στο όριο ανίχνευσης της μεθόδου προσδιορισμού και η αγωγιμότητα μικρότερη από 700μS/cm. Τέλος οι ενώσεις αζώτου (αμμωνιακά, νιτρώδη και νιτρικά) είχαν χαμηλές συγκεντρώσεις με μέσους όρους 0,04mg/L, 0,03mg/L και 0,9mg/L αντίστοιχα οι οποίοι ήταν πολύ μικρότεροι από τα νομοθετικά όρια των 0,5mg/L για τα αμμωνιακά και τα νιτρώδη και των 50mg/L για τα νιτρικά.

Στο νερό του ποταμού η αγωγιμότητα ήταν συνήθως μικρότερη από το όριο των 700μS/cm με μέσους όρους υγρής και ξηρής περιόδου τα 464μS/cm και 570μS/cm αντίστοιχα. Άρα το νερό από το ποτάμι είναι κατάλληλο για άρδευση καλλιεργειών. Σε 5 μόνο δείγματα η αγωγιμότητα ήταν λίγο μεγαλύτερη από 700 μS/cm αλλά μικρότερη από το νομοθετικό όριο 2500μS/cm. Πρέπει να σημειωθεί ότι γενικά την ξηρή περίοδο, και ιδιαίτερα του θερινούς μήνες που η παροχή του ποταμού μειώνεται πολύ, παρατηρείται εισροή θαλασσινού με μορφή αλμυρής σφήνας κάτω από το επιφανειακό γλυκό νερό η οποία μπορεί να ξεπεράσει το 1 χιλιόμετρο εντός της κοίτης. Το φαινόμενο αυτό πρέπει να λαμβάνεται υπόψη στη διαχείριση του νερού του ποταμού. Χαρακτηριστικά αναφέρεται ότι τον Ιούλιο 2012 κατασκευάστηκε

χωμάτινο φράγμα ανάντη της Γέφυρας Παλαιόπυργου για να προωθεί το γλυκό νερό σε κανάλια για άρδευση, χωρίς να ληφθεί υπόψη το φαινόμενο της εισροής θαλασσινού νερού. Ως αποτέλεσμα του φράγματος αυτού η επιφανειακή αγωγιμότητα έφτασε τα 26000 μ S/cm και σε βάθος περίπου 1,5m τα 43000 μ S/cm στη Γέφυρα Παλαιόπυργου (δηλαδή περί τα 4 χιλιόμετρα εντός της κοίτης). Ως εκ τούτου καλλιέργειες που αρδεύτηκαν από σημεία κατάντη του φράγματος με νερό υψηλής αγωγιμότητας υπέστησαν ζημιά. Τις επόμενες θερινές περιόδους οι τοπικές αρχές έλαβαν υπόψη το φαινόμενο αυτό και κατασκεύασαν δεύτερο φράγμα κατάντη του Παλαιόπυργου που εμπόδιζε την είσοδο της θάλασσας τόσο ψηλά στο ποτάμι.

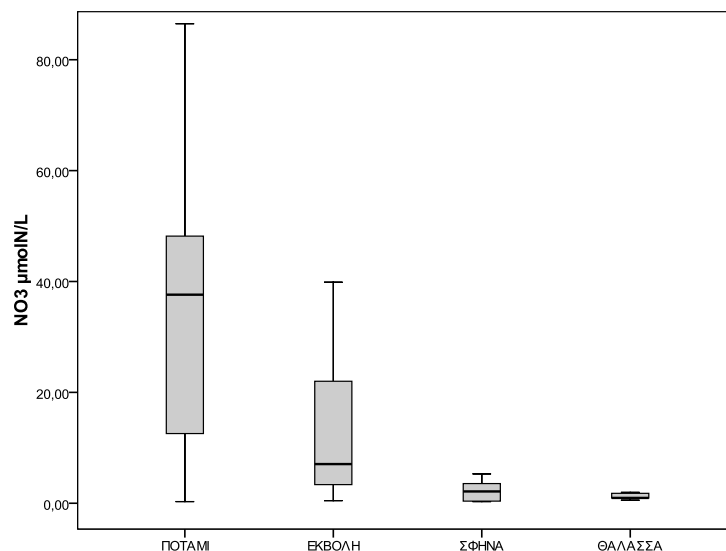
Ως προς το διαλυτό οργανικό άνθρακα το εύρος των μέσων όρων από τα διάφορα σημεία ήταν 2,8-5mg/L, δηλαδή 4-10 φορές υψηλότερος από το νερό της πηγής στα Τέμπη. Τα σημεία με τις υψηλότερες συγκεντρώσεις οργανικού φορτίου ήταν οι Γόννοι και ο Παλαιόπυργος. Τα επίπεδα βαρέων μετάλλων στο νερό του ποταμού ήταν πολύ χαμηλά και μικρότερα από όρια ποιότητας (ΦΕΚ 1909/2010 και οδηγία 2013/39 της Ευρωπαϊκής Ένωσης για επιφανειακά ύδατα). Για το σωματιδιακό υλικό παρατηρήθηκε σημαντική εποχιακή αυξομείωση που ακολουθούσε τις βροχοπτώσεις και μάλιστα σε περιπτώσεις πολύ υψηλών χειμερινών παροχών μετρήθηκαν μέγιστα σωματιδιακού υλικού πάνω από 150mg/L ενώ οι συνήθεις θερινές τιμές ήταν 2-20mg/L. Για τις ενώσεις αζώτου οι συγκεντρώσεις αμμωνιακών και νιτρικών ήταν πολύ χαμηλές και για τα νιτρικά όλες οι τιμές ήταν μικρότερες από 50mg/L. Όταν τα επίπεδα νιτρικών είναι 5-30mg/L, θεωρείται ότι πρέπει να υπάρχει επαγρύπνηση στην άρδευση καλλιεργειών (Ayers 1985). Στον Πηνειό σε 19 μόνο από τα 76 δείγματα τα νιτρικά ήταν πάνω από 5mg/L. Γενικά για τα θρεπτικά συστατικά (άζωτο και φώσφορο) στον Πηνειό παρατηρήθηκαν χαμηλές συγκεντρώσεις και αραιώση μετά τα Τέμπη.

Με βάση κριτήρια ποιότητας για μικρούς ποταμούς της Ελλάδας (Skoulikidis et al 2006) παρατηρήθηκαν αρκετά υψηλά ποσοστά μέτριας και ανεπαρκούς ποιοτικής κατάστασης σε πηγές ρύπανσης πριν τα Τέμπη (Κουλούρι και Γόννοι) και στο σημείο κοντά στις αγροτικές εκτάσεις του δέλτα (Παλαιόπυργος) όπως φαίνεται στο Σχήμα 2. Συγκρίνοντας όμως τα δεδομένα της παρούσας μελέτης με αντίστοιχα από Ευρωπαϊκά ποτάμια προέκυψε ότι ο μέσος όρος νιτρικού αζώτου στον Πηνειό τη διετία 2012-2014 (0,66mgN/L) ήταν μικρότερος από τα επίπεδα σε ποτάμια άλλων ευρωπαϊκών χωρών (Ιστοσελίδα 1) και μικρότερος από τα 0,8mg/L που είναι το Ευρωπαϊκό όριο κάτω από το οποίο η ποιότητα του νερού σε ποτάμι χαρακτηρίζεται υψηλή (Ιστοσελίδα 2).



Σχήμα 2: Ποσοστά δειγμάτων στις διάφορες κατηγορίες ποιότητας ανά σημείο δειγματοληψίας

Στο νερό των εκβολών γενικά οι συγκεντρώσεις των ρύπων που νομοθετούνται ήταν πολύ χαμηλές (Cd, Pb, Ni) και ως επί το πλείστον για τις περισσότερες παραμέτρους παρατηρήθηκε τάση μείωσης των επιπέδων από το ποτάμι προς τη θάλασσα, όπως φαίνεται από το διάγραμμα box-plot των νιτρικών του Σχήματος 3.



Σχήμα 2: Διάγραμμα box-plot συγκεντρώσεων νιτρικών ιόντων (από όλες τις δειγματοληψίες ανά είδος νερού)

Στην εκβολή με την ανάμιξη του γλυκού με το θαλασσινό νερό μεταβάλλονται οι φυσικοχημικές συνθήκες και αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τη μεταβολή των μορφών στις οποίες βρίσκονται τα χημικά στοιχεία, ιδίως ρύποι πχ. μέταλλα. Τα μέταλλα

μπορεί να περάσουν είτε από τις σωματιδιακές μορφές τους που είναι λιγότερο τοξικές προς τις διαλυτές ή αντίστροφα να καταβυθιστούν από το διάλυμα προς τα σωματίδια και να καταστούν λιγότερο επικίνδυνα για την υδρόβια πανίδα. Για τους λόγους αυτούς έχει νόημα η μελέτη όχι μόνο των επιπέδων διαλυτών μετάλλων στις εκβολές αλλά και των σωματιδιακών μορφών τους. Κάποιες ενδεικτικές συμπεριφορές μετάλλων που παρατηρήθηκαν με αύξηση της αλατότητας ήταν: μείωση σωματιδιακών μορφών λόγω αραίωσης ή διαλυτοποίησης (πχ. σωματιδιακός ψευδάργυρος), μείωση διαλυτών μορφών λόγω αραίωσης (πχ. διαλυτό νικέλιο), αύξηση διαλυτών μορφών λόγω απελευθέρωσης από τα σωματίδια (πχ. διαλυτός μόλυβδος) και αύξηση σωματιδιακών μορφών (πχ. σωματιδιακό νικέλιο) λόγω καταβύθισης από την αύξηση του pH στη ζώνη ανάμιξης γλυκού θαλασσινού νερού.

Στις γεωτρήσεις παρατηρήθηκε γενικά υποβάθμιση της ποιότητας του υπόγειου νερού συγκριτικά με τις πηγές και αρκετές υπερβάσεις νομοθετικών ορίων. Σε πολλές γεωτρήσεις ιδίως το καλοκαίρι η αγωγιμότητα ήταν υψηλότερη από το όριο των 700 μ S/cm που θεωρείται εντελώς ασφαλές για χρήση του νερού στην άρδευση (Ayers 1985). Ειδικότερα η γεώτρηση No10 παρουσίασε σοβαρό πρόβλημα υφαλμύρινσης με 3 από τις 4 μετρήσεις να υπερβαίνουν το νομοθετικό όριο των 2500 μ S/cm. Ο διαλυτός οργανικός άνθρακας στις γεωτρήσεις κυμάνθηκε από 1,4-16,8mg/L, 2-30 φορές υψηλότερος από το νερό στην πηγή στα Τέμπη, γεγονός που δείχνει την επιβάρυνση από οργανική ρύπανση (οργανική ύλη από τις καλλιέργειες και πιθανά αποχετεύσεις). Σε κάποιες γεωτρήσεις μετρήθηκαν συστηματικά συγκεντρώσεις αμμωνιακών μεγαλύτερες από το νομοθετικό όριο των 0,5mg/L. Συνήθως αυτό οφειλόταν σε κακές γεωργικές πρακτικές με υπερλίπανση ακούσια ή εκούσια. Συγκεκριμένα στη γεώτρηση No4 με τις υψηλότερες συγκεντρώσεις αμμωνιακών, όπου ο μέσος όρος ήταν 59,8mg/L δηλαδή υπερεκατονταπλάσιος του νομοθετικού ορίου, αυτό οφειλόταν σε ένα μισάνοιχτο σακί λιπάσματος που είχε ξεχαστεί ακριβώς δίπλα στο άνοιγμα της αρίδας. Σε μια άλλη γεώτρηση που ο μέσος όρος αμμωνιακών ήταν λίγο υψηλότερος από το νομοθετικό όριο (0,65mg/L), αλλά υπερδεκαπλάσιος από το υπόγειο νερό της πηγής στα Τέμπη, αυτό μπορεί να αποδοθεί σε κακή πρακτική στην αποχέτευση λυμάτων από τις εξοχικές κατοικίες καθώς το σημείο ήταν πολύ κοντά στο παραλιακό μέτωπο και μακριά από καλλιεργήσιμες εκτάσεις. Ως προς τα νιτρικά δεν υπήρξε καμία παραβίαση του νομοθετικού ορίου των 50mg/L αλλά απαιτείται επαγρύπνηση γιατί σε κάποιες γεωτρήσεις τα επίπεδα οργανικού αζώτου ήταν αρκετά υψηλά και μέσω της νιτροποίησης και τη μετατροπή σε νιτρικά είναι πιθανή η υπέρβαση του ορίου αυτού. Για τα διαλυτά μέταλλα οι συγκεντρώσεις γενικά ήταν χαμηλότερες από τα νομοθετικά όρια. Πάντως σε μια από τις γεωτρήσεις (No 15) μετρήθηκε σε τρεις δειγματοληψίες εξασθενές χρώμιο σε συγκέντρωση υψηλότερη από το όριο των 3 μ g/L του ΦΕΚ 1909 / 2010 αλλά μικρότερη από το όριο των 50 μ g/L ολικού χρωμίου για το πόσιμο νερό. Η παρουσία οφιολιθικών πετρωμάτων στην περιοχή, που είναι εμπλουτισμένα σε χρώμιο, μπορεί να εξηγήει την φυσική παρουσία του εξασθενούς χρωμίου στο υπόγειο νερό της γεώτρησης αλλά θα ήταν χρήσιμη συστηματικότερη παρακολούθηση σε αυτή και γειτονικές γεωτρήσεις.

Συμπεράσματα

Γενικά η ποιότητα των νερών στο τμήμα του ποταμού κατάντη των Τεμπών ήταν καλή και υψηλή χωρίς σημαντικές υπερβάσεις τιμών από καθιερωμένα νομοθετικά όρια και διεθνή πρότυπα. Αυτό οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στην εισροή καθαρού νερού από πηγές στην κοιλάδα των Τεμπών, αλλά επίσης εμφανίστηκαν και κάποιες υψηλές συγκεντρώσεις λόγω της αγροτικής περιοχής του Δέλτα στον Παλαιόπυργο και στις εκβολές. Η κατάσταση στα υπόγεια ύδατα (γεωτρήσεις) είναι επίσης αρκετά καλή. Πάντως υπάρχουν κάποια ζητήματα, σχετικά με την ποιότητα και διαθεσιμότητα νερού στην περιοχή του Δέλτα Πηνειού, που απαιτούν επαγρύπνηση και παρακολούθηση.

Συγκεκριμένα οι εποχιακές διακυμάνσεις στην παροχή του ποταμού σε συνδυασμό με τις απολήψεις ύδατος για άρδευση και την κατασκευή φραγμάτων πρέπει να υπόκεινται σε προσεκτικό σχεδιασμό και παρακολούθηση για αποφυγή βραχυπρόθεσμων προβλημάτων πχ. σε καλλιέργειες και μακροπρόθεσμης υποβάθμισης της παράκτιας ζώνης (μείωση του φερτού υλικού και διάβρωση) και της ποιότητας του γλυκού νερού του ποταμού.

Επιπλέον είναι σημαντικό να γίνεται συστηματική παρακολούθηση των επιπέδων αζώτου στα υπόγεια ύδατα και να δοθεί το μήνυμα στην τοπική κοινωνία ότι απαιτείται σωστή καλλιεργητική πρακτική και ορθολογικός σχεδιασμός στην εξάπλωση των παραθεριστικών οικισμών. Παράλληλα θα είχε σημασία να γίνει και συστηματική παρακολούθηση επιπέδων φυτοφαρμάκων στα υπόγεια νερά λόγω των αγροτικών εκτάσεων στο Δέλτα Πηνειού.

Επίσης λόγω της γεωλογίας με την παρουσία οφιολίθων θα είχε επιστημονική και ουσιαστική αξία η παρακολούθηση του χρωμίου (ολικού και εξασθενούς) σε κάποιες γεωτρήσεις.

Τέλος θα είχε αξία να επεκταθεί η μελέτη ρύπων, ιδίως των πιο τοξικών (Cd, Pb) στην τοπική ιχθυοπανίδα και άλλα βρώσιμα θαλάσσια είδη στο δέλτα Πηνειού.

Ευχαριστίες

Η παρούσα εργασία αποτελεί προϊόν του Έργου «DAPHNE (MIS 375908): Διερεύνηση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής στα ποτάμια Δέλτα. Εφαρμογή στην περίπτωση του Δέλτα του ποταμού Πηνειού (Θεσσαλίας)», που υλοποιήθηκε στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτήθηκε από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από Εθνικούς πόρους.

Στις δειγματοληψίες και αναλύσεις των δειγμάτων συμμετείχαν επίσης οι εξής: .Ξ. Τέου, Α. Σακελλάρη, Π. Δρακόπουλος, Ν. Μπούρα, Α. Μπίθα, Β. Διαμαντής, Δ. Σιφνιώτη, Δ. Γιαννούλη, Ι. Ματιάτος, Γ. Γκιώνης, Δ. Καραμπισάκου, Α. Χελιώτη, Αικ. Παπαναγιώτου, Β. Μανδαμαδιώτου, Αικ. Γραμματικοπούλου, Αικ. Δραγάζη, Β. Ντζουμανίκα.

Αναφορές

Ayers R.S., Westcot D.W., 1985, Water Quality for Agriculture, Irrigation and Drainage Paper, FAO, Rome.

EU, 2013, Directive 2013/39/EU of the European Parliament and of the Council, amending Directives 2000/60/EC and 2008/105/EC as regards priority substances in the field of water policy, 12 August 2013.

Οδηγία 98/83/ΕΚ του Συμβουλίου της 3ης Νοεμβρίου 1998 σχετικά με την ποιότητα του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης.

Οδηγία 2006/118/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 12ης Δεκεμβρίου του 2006 σχετικά με την προστασία των υπόγειων υδάτων από τη ρύπανση και την υποβάθμιση.

Skoulikidis N.Th., Amaxidis Y., Bertahas I., Laschou S., Gritzalis K., 2006. Analysis of factors driving stream water composition and synthesis of management tools—A case study on small/medium Greek catchments. *ScienceoftheTotalEnvironment*, 362, 205– 241.

ΦΕΚ 1909,2010, Καθορισμός Προτύπων Ποιότητας Περιβάλλοντος (ΠΠΠ) για τις συγκεντρώσεις ορισμένων ρύπων και ουσιών προτεραιότητας στα επιφανειακά ύδατα, σε συμμόρφωση προς τις διατάξεις της οδηγίας 2008/105/ ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου.

ΦΕΚ/3322 της 30.12.2011, Ορισμός ανώτερων αποδεκτών τιμών για τη συγκέντρωση συγκεκριμένων ρύπων, ομάδων ρύπων ή

δεικτών ρύπανσης σε υπόγεια ύδατα

ΦΕΚ-892 της Β' 11.07.2001, Ποιότητα νερού ανθρώπινης κατανάλωσης.

Ιστοσελίδες

- 1) <http://www.eea.europa.eu/soer-2015/countries-comparison/freshwater>
- 2) <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/explore-interactive-maps/nitrate-in-rivers>