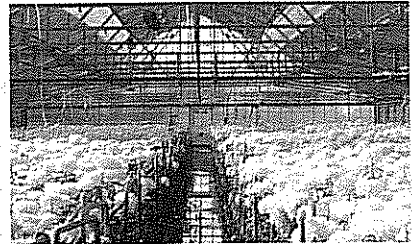
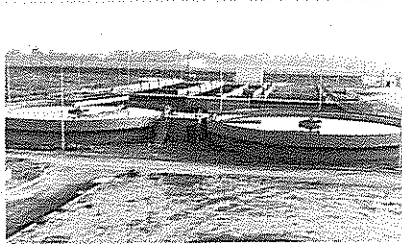
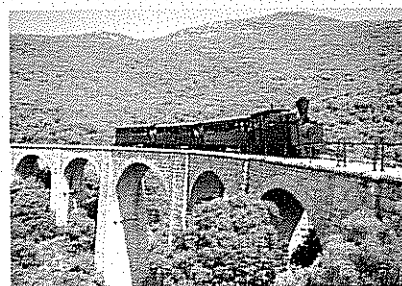




ΕΤΑΙΡΕΙΑ
ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΕΛΛΑΔΟΣ



ΠΡΑΚΤΙΚΑ 2ου ΕΘΝΙΚΟΥ ΣΥΝΕΔΡΙΟΥ ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ



ΒΟΛΟΣ
28 - 30 ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΥ 2000

ΥΠΟ ΤΗΝ ΑΙΓΙΔΑ ΤΟΥ ΤΜ. ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

Με τη συνδρομή: ΔΗΜΟΥ ΒΟΛΟΥ, ΓΕΩΤ.Ε.Ε., Τ.Ε.Ε. Μαγνησας

ΕΤΑΙΡΕΙΑ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΕΛΛΑΔΟΣ (Ε.Γ.Μ.Ε.)
HELLENIC SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS (HelAgEng)

ΠΡΑΚΤΙΚΑ

2ο ΕΘΝΙΚΟ ΣΥΝΕΔΡΙΟ ΓΕΩΡΓΙΚΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ

Επιμέλεια Έκδοσης
Μ. Σακελλαρίου - Μακραντωνάκη

ΒΟΛΟΣ
28 – 30 ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΥ 2000

ΥΠΟ ΤΗΝ ΑΙΓΙΔΑ ΤΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

Με τη συνδρομή : ΔΗΜΟΥ ΒΟΛΟΥ, ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΟΥ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟΥ ΕΛΛΑΔΟΣ (ΓΕΩΤ.Ε.Ε.),
ΤΕΧΝΙΚΟΥ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟΥ (Τ.Ε.Ε.) Ν. ΜΑΓΝΗΣΙΑΣ

Η αναπαραγωγή των εργασιών έχει γίνει φωτογραφικά και την ευθύνη της εμφάνισης κάθε εργασίας έχουν οι συγγραφείς της.



Εκτύπωση • βιβλιοδεσία
ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΓΙΑΧΟΥΔΗ - ΓΙΑΠΟΥΛΗ
ΤΗΛ - FAX: 031 - 216.779
Κ. ΜΕΛΕΝΙΚΟΥ 15 • ΘΕΣΣ/ΝΙΚΗ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η Εταιρεία Γεωργικών Μηχανικών Ελλάδος (ΕΓΜΕ) διανύει τον 8^ο χρόνο ύπαρξής της. Ιδρύθηκε τον Ιούλιο του 1993 με έδρα την Αθήνα και είναι μέλος της Ευρωπαϊκής Ένωσης Γεωργικών Μηχανικών (EurAgEng). Η επωνυμία της αποδίδεται στην αγγλική ως “Hellenic Society of Agricultural Engineers” (HelAgEng). Τα μέλη της σήμερα φθάνουν τα 121.

Το παρόν τεύχος των πρακτικών περιέχει 72 επιστημονικές ανακοινώσεις που παρουσιάστηκαν στο 2^ο Εθνικό Συνέδριο Γεωργικής Μηχανικής, το οποίο έλαβε χώρα στο Βόλο, στις 28-30 Σεπτεμβρίου 2000. Για την κρίση των εργασιών αυτών προς δημοσίευση στα Πρακτικά, εργάστηκαν μέλη της Επιστημονικής Επιτροπής και άλλοι ειδικοί επιστήμονες. Το συνέδριο οργανώθηκε υπό την αιγίδα του Τμήματος Γεωπονίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, με τη συνδρομή του Δήμου Βόλου, του ΓΕΩΤ.Ε.Ε. και του Τ.Ε.Ε. Μαγνησίας.

Το Συνέδριο δίνει την ευκαιρία στο Επιστημονικό δυναμικό της χώρας μας να παρουσιάσει την πρόοδο της Επιστήμης και τις νέες μεθόδους προσέγγισης που αφορούν τη διαχείριση των υδάτινων και εδαφικών πόρων, τα γεωργικά μηχανήματα, τις αγροτικές κατασκευές, την επεξεργασία γεωργικών προϊόντων, την ενέργεια, τις νέες τεχνολογίες και ως επιστέγασμα όλων το περιβάλλον. Απευθύνεται σε πτυχιούχους θετικών επιστημών, οι οποίοι είτε λόγω μεταπτυχιακής εκπαίδευσης, είτε λόγω μακράς ενασχόλησης απέκτησαν γνώσεις σε ένα ή περισσότερα από τα παραπάνω γνωστικά αντικείμενα.

Η συζήτηση και τα συμπεράσματα που θα προκύψουν από το Συνέδριο πιστεύουμε ότι θα εδραιώσουν το ρόλο του Γεωργικού μηχανικού στη χώρα μας. Εκφράζονται θερμές ευχαριστίες προς τα μέλη της Οργανωτικής και Επιστημονικής Επιτροπής του συνεδρίου, τους συγγραφείς και τους κριτές των εργασιών που αφιέρωσαν πολύτιμο χρόνο για την επιστημονικά αρτιότερη εμφάνιση του συνεδρίου.

Προς την Πρυτανεία την Επιτροπή Ερευνών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, το Δήμαρχο Βόλου, το Νομάρχη Ν. Μαγνησίας καθώς και τους άλλους χορηγούς και εκθέτες απευθύνονται ειλικρινείς ευχαριστίες για την οικονομική ενίσχυση που προσέφεραν ώστε να πραγματοποιηθεί με επιτυχία το παρόν συνέδριο.

Βόλος, Σεπτέμβριος 2000

Καθηγήτρια, Μ. Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη
Πρόεδρος Οργανωτικής Επιτροπής

Οργανωτική Επιτροπή

Σακελλαρίου - Μακραντωνάκη Μ., Καθηγήτρια Π.Θ., Πρόεδρος
Κίττας Κ., Καθηγητής Π.Θ.
Γέμτος Θ., Αναπλ. Καθηγητής Π.Θ.
Δαναλάτος Ν., Λέκτορας Π.Θ.
Πρίντζος Ι., Πρόεδρος Τ.Ε.Ε. Ν. Μαγνησίας
Μανουόδης Ν., Γεωπόνος, Δ/νση Γεωργικής Ανάπτυξης Ν. Μαγνησίας
Καλφούντζος Δ., Ερευνητής ΕΘ.Ι.ΑΓ.Ε.
Ντιούδης Π., Επίκ. Καθηγητής Τ.Ε.Ι. Λάρισας
Σουφλιάς Κ., Γεωπόνος Περιφέρειας Θεσσαλίας
Βλειώρας Σ., Γεωπόνος, εκπρ. ΓΕΩΤ.Ε.Ε. Κεντρικής Ελλάδος
Στεργιοπούλου Σ., Γεωπόνος, Μ.Δ.Ε., Π.Θ.

Επιστημονική Επιτροπή

Ακριτίδης Κ., Καθηγητής Α.Π.Θ.
Αναστασιάδου - Παρθενίου Ε., Καθηγήτρια Α.Π.Θ.
Γέμτος Θ., Αναπλ. Καθηγητής Π.Θ.
Γιαννόπουλος Σ., Καθηγητής Α.Π.Θ.
Δαλέζιος Ν., Καθηγητής Π.Θ.
Δαναλάτος Ν., Λέκτορας Π.Θ.
Ζήσης Θ., Αναπλ. Καθηγητής Α.Π.Θ.
Θεοδωρίκας Σ., Καθηγητής Π.Θ.
Καραμούζης Δ., Καθηγητής Α.Π.Θ.
Καραντούνιας Γ., Αναπλ. Καθηγητής Γ.Π.Α.
Κερκίδης Π., Καθηγητής Γ.Π.Α.
Κίττας Κ., Καθηγητής Π.Θ.
Κορίτσης Σ., Καθηγητής Γ.Π.Α.
Λαμπρινός Γ., Αναπλ. Καθηγητής Γ.Π.Α.
Μαρτζόπουλος Γ., Καθηγητής Α.Π.Θ.
Μήτσος Ι., Καθηγητής Π.Θ.
Μισοπολινός Ν., Καθηγητής Α.Π.Θ.
Μπαμπατζιμόπουλος Χ., Καθηγητής Α.Π.Θ.
Μπριασούλης Δ., Καθηγητής Γ.Π.Α.
Νικήτα - Μαρτζοπούλου Χ., Καθηγήτρια Α.Π.Θ.
Παναγιωτόπουλος Κ., Καθηγητής Α.Π.Θ.
Παπαδάκης Γ., Επίκ. Καθηγητής Γ.Π.Α.
Παπαμιχαήλ Δ., Αναπλ. Καθηγητής Α.Π.Θ.
Πιτσιλής Π., Αναπλ. Καθηγητής Γ.Π.Α.
Σακελλαρίου - Μακραντωνάκη Μ., Καθηγήτρια Π.Θ.
Σακκάς Ι., Καθηγητής Δ.Π.Θ.
Σιδηράς Ν., Αναπλ. Καθηγητής Γ.Π.Α.
Τερζίδης Γ., Ομότιμος Καθηγητής Α.Π.Θ.
Τζιμόπουλος Χ., Καθηγητής Α.Π.Θ.
Τζώρτζιος Σ., Αναπλ. Καθηγητής Π.Θ.
Τσατσαρέλης Κ., Καθηγητής Α.Π.Θ.

Κριτές Επιστημονικών Εργασιών

Αναστασιάδου – Παρθενίου Ε., Αντωνόπουλος Β., Γέμτος Θ., Γεωργακάκης Δ., Γιαννόπουλος Σ., Δαλέζιος Ν., Δαναλάτος Ν., Δημητρίου Ι., Θεοδωρίκας Σ., Θεοδώρου Α., Καραθάνος Β., Καραμούζης Δ., Καραντούνιας Γ., Καρυώτης Θ., Κερκίδης Π., Κίττας Κ., Κοσμάς Κ., Λαμπρινός Γ., Μαρτζόπουλος Γ., Μήτσιος Ι., Μισοπολινός Ν., Μπαμπατζιμόπουλος Χ., Μπριασούλης Δ., Νάνος Γ., Νικήτα – Μαρτζοπούλου Χ., Παπαδάκης Γ., Παπαδόπουλος Α., Παπαμιχαήλ Δ., Παρισσόπουλος Γ., Πατέρας Δ., Πιτσιλής Π., Σακελλαρίου – Μακρραντωνάκη Μ., Σιδηράς Ν., Τερζίδης Γ., Τζιμόπουλος Χ., Τζώρτζιος Σ., Τσαντήλας Χ., Τσατσαρέλης Κ., Τσιακάρας Π.

Γραμματεία Συνεδρίου

Ροΐδη Φ., Αγγελάκη Α., τηλ. (0421) 74327, 74317
fax : (0421) 74324, 74317
e-mail : msak@arg.uth.gr

Χορηγοί του 2^{ου} Εθνικού Συνεδρίου της Ε.Γ.Μ.Ε.

Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
Δήμος Βόλου
Γεωτεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος (ΓΕΩΤ.Ε.Ε.)
Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος, Τμήμα Μαγνησίας (Τ.Ε.Ε.)
ΑΓΡΕΚ, Θερμοκήπια
ΑΓΡΟΔΟΜΗ, Συστήματα Άρδευσης
PIPE LIFE HELLAS A.E., Βιομηχανία Πλαστικών Σωλήνων
Παντελής Παπαδόπουλος Α.Ε.Β.Ε., Μηχανήματα
Παύλος Ι. Κοντέλλης Α.Ε.Β.Ε., Εισαγωγές Μηχανημάτων – Αυτοκινήτων
Σύνδεσμος Εισαγωγέων – Αντιπροσώπων Μηχανημάτων
Ένωση Κατασκευαστών Γεωργικών Μηχανημάτων
Δημόσια Επιχείρηση Ύδρευσης & Αποχέτευσης Λάρισας (Δ.Ε.Υ.Α.Λ.)

Οικονομική ενίσχυση για το 2^ο Εθνικό Συνέδριο της Ε.Γ.Μ.Ε.

Νομαρχία Ν. Μαγνησίας
Εθνικό Ίδρυμα Αγροτικής Έρευνας (ΕΘ.Ι.ΑΓ.Ε.)
NETAFIM A.E., Εξοπλισμός & Συστήματα Άρδευσης
MONSANTO ΕΛΛΑΣ Ε.Π.Ε., Γεωργικά Φαρμακευτικά

Εκθέτες

SGIENTACT A.E., Περιβαλλοντικός & Εργαστηριακός Εξοπλισμός
ΕΒΟΞ Α.Ε. – ΑΦΟΙ ΖΗΚΑ Ο.Ε.
PIPE LIFE HELLAS A.E., Βιομηχανία Πλαστικών Σωλήνων
ΑΓΡΟΔΟΜΗ, Συστήματα Άρδευσης
ROTEX A.E., Αντλητικές Μηχανές
NAAN, Συστήματα Αρδέσεων
Παντελής Παπαδόπουλος Α.Ε.Β.Ε., Μηχανήματα
Παύλος Ι. Κοντέλλης Α.Ε.Β.Ε., Εισαγωγές Μηχανημάτων – Αυτοκινήτων
Σύνδεσμος Εισαγωγέων – Αντιπροσώπων Μηχανημάτων
Ένωση Κατασκευαστών Γεωργικών Μηχανημάτων

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΣΗΓΗΤΩΝ

Ακριτίδης Κ.
Αλεξίου Ι.
Αλεξοπούλου Ε.
Αναστασιάδου – Παρθενίου Ε.
Αντωνόπουλος Β.
Αρβανίτης Κ.
Αριστοπούλου Α.
Βασιλειάδης Λ.
Βλειώρας Δ.
Βλειώρας Σ.
Βύργλας Π.
Γαλάνης Μ.
Γάτσιος Φ.
Γέμτος Θ.
Γεωργίου Π.
Γεωργούσης Χ.
Γιαγλάρας Π.
Γιακουμάκης Σ.
Γιαννόπουλος Σ.
Γκόλια Ε.
Γούλας Χ.
Δαλέζιος Ν.
Δαναλάτος Ν.
Δέρκας Ν.
Δερμίσσης Β.
Δήμας Ε.
Δημητριάδης Α.
Δημητρίου Ι.
Δομενικιώτης Χ.
Ευθυμιάδης Π.
Ζαλίδης Γ.
Ζέρβα Γ.
Ζήσης Θ.
Θεοδώρου Α.
Θεοχάρης Μ.
Θεοχαρόπουλος Σ.
Καβαδάκης Γ.
Καβαλάρης Χ.
Κάβουρας Σ.
Καλαϊτζίδου – Πάικου Ν.
Καλφούντζος Δ.
Καραγιάννη – Χρήστου Μ.
Καραϊβάζογλου Π.
Καραμάνης Μ.
Καραμούζης Δ.
Καραμούτης Χ.

Καραντούνας Γ.
Καραρίζος Π.
Κατσούλας Ν.
Κίττας Κ.
Κλάδης Γ.
Κοζής Γ.
Κουλουμπής Π.
Κουμπουλής Φ.
Κουτσομήτρος Σ.
Κυλινδρής Θ.
Κυρίτσης Σ.
Κωτσόπουλος Σ.
Λαμπρινός Γ.
Λέλλης Θ.
Λεμπέσης Γ.
Λόης Δ.
Λουκάς Α.
Λουλούδη Α.
Λουλούδη Β.
Λύκας Χ.
Μαλιδέρου Ε.
Μανωλιάδης Ο.
Μανωλοπούλου Ε.
Μαρτζόπουλος Γ.
Μασλάρης Ν.
Μητρόπουλος Δ.
Μήτσιος Ι.
Μήτσιου Χ.
Μιμίδης Θ.
Μισοπολινός Ν.
Μπαλόπουλος Ε.
Μπαμπατζιμόπουλος Χ.
Μπαρμπαγιάννης Ν.
Μπαρτζάνας Θ.
Μπερμπερίδης Κ.
Μπιλάλης Δ.
Μπόγδανος Κ.
Μπράμπα Δ.
Μπριασούλης Δ.
Μυστριώτης Α.
Νάματοβ Ε.
Νατιώτη Ε.
Νάτσης Α.
Νικήτα – Μαρτζοπούλου Χ.
Νικολάου Α.
Νούσιος Γ.

Ντιούδης Π.
Ντόντορος Δ.
Παναγάκης Π.
Παναγιωτόπουλος Κ.
Πανούτσου Κ.
Παπαγιαννοπούλου Α.
Παπαδάκης Γ.
Παπαδόπουλος Α.
Παπαδόπουλος Φ.
Παπαθανασίου Ι.
Παπαμιχαήλ Δ.
Παπανίκος Ν.
Παπατόλιος Κ.
Παρισόπουλος Γ.
Πασγιάνος Γ.
Πεχλιβανίδης Γ.
Πιτσιλής Ι.
Ρίζου Ζ.
Ροσμαράκης Σ.
Σακελλαρίου – Μακραντωνάκη Μ.
Σαραντόπουλος Δ.
Schettini Ε.
Σερσελούδης Χ.
Σιγριμής Ν.
Σιδηράς Ν.
Σκαρπέτης Μ.
Σπυρίδης Α.

Σταθάκος Θ.
Σταματοπούλου Ι.
Σταυρόπουλος Δ.
Στεργιοπούλου Σ.
Talab Τ.
Τάσιου Δ.
Τερζούδη Χ.
Τζανετοπούλου Ι.
Τζιμόπουλος Χ.
Τζώρτζιος Σ.
Τσάμης Π.
Τσάτσα Α.
Τσατσαρέλης Κ.
Τσιρογιάννης Ι.
Τσιώτας Κ.
Τσουλουχά Φ.
Φαρσιρώτου Ε.
Fatnassi Η.
Φείδαρος Δ.
Φλωράς Σ.
Φλώρου Ε.
Φόνσος Μ.
Φουντάς Σ.
Χατζηγιαννάκης Ε.
Χρηστίδου Σ.
Χριστοδούλου Ε.
Ψόχιου Ε.

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΕΝΟΤΗΤΑ 1^η ΥΔΑΤΙΚΟΙ ΠΟΡΟΙ

«Εμπειρικά και θεωρητικά μοντέλα που προσδιορίζουν τη θραύση χωμάτινων φραγμάτων».....	17
Χ. Τζιμόπουλος, Α. Σπυρίδης	
«Σύγκριση συνθετικών μοναδιαίων υδρογραφημάτων με τη βοήθεια εκτιμήσεων πλημμυρικών απορροών».....	26
Δ. Παπαμιχαήλ, Π. Γεωργίου, Δ. Καραμούζης	
«Εκτίμηση της πιθανότητας επανεμφάνισης των ροών αιχμής ορεινών λεκανών απορροής».....	34
Α. Λουκάς, Α. Βασιλειάδης, Χ. Δομενικιώτης, Ν. Δαλέζιος	
«Αρδευτικές διώρυγες διαφορικής τραχύτητας».....	42
Ι. Δημητρίου	
«Παροχές σχεδιασμού σε σχέση με τη μείωση της δασικής βλάστησης στην Ανατολική Αττική».....	50
Σ. Γιακουμάκης, Σ. Ροσμαράκης, Μ. Φόνσος	
«Αριθμητική προσομοίωση ελεύθερης επιφάνειας σε υδατορρέυματα μεταβαλλόμενης διατομής».....	60
Ε. Φαρσιρώτου	
«Αδιάστατα διαγράμματα υπολογισμού παροχής σε παραβολική διώρυγα με ελεύθερη υδατόπτωση».....	68
Ε. Χατζηγιαννάκης, Ε. Αναστασιάδου – Παρθενίου	
«Επίδραση των αναβαθμών στην κίνηση του νερού της θάλασσας προς το υδατόρευμα».....	77
Γ. Πεγλιβανίδης, Β. Δερμίσης	
«Περιβαλλοντικοί δείκτες για πολυκριτηριακή διαχείριση αρδεύσεων στο αγροτεμάχιο».....	85
Ο. Μανωλιάδης	
«Πειραματικές διαδικασίες διήθησης – στράγγισης σε στρωματοποιημένα εδάφη».....	93
Δ. Καλφούντζος, Μ. Σακελλαρίου – Μακραντωνάκη, Χ. Τζιμόπουλος	
«Τεχνητός εμπλουτισμός υδροφορέα λεκάνης Ολυνθίου».....	101
Θ. Ζήσης, Ν. Καλαϊτζίδου – Πάικου, Δ. Καραμούζης	
«Αλγόριθμος προσδιορισμού της χαρακτηριστικής καμπύλης της εδαφικής υγρασίας ακόρεστου πορώδους μέσου με διπλό πορώδες».....	109
Σ. Γιαννόπουλος, Χ. Τζιμόπουλος	
«Εκτίμηση οριακών βρόχων υστέρησης - Αναλυτική και πειραματική προσέγγιση του τριβλήματος».....	117
Χ. Τζιμόπουλος, Μ. Σακελλαρίου – Μακραντωνάκη, Σ. Στεργιοπούλου	

«Στοχαστική μελέτη του υδατικού ισοζυγίου ενός καλλιεργούμενου εδάφους».....	124
Χ. Γεωργούσης, Χ. Μπαμπατζιμόπουλος	
«Σύγκριση υπολογισμένων τιμών δυναμικής εξατμισοδιαπνοής καλλιεργειών με τις εξισώσεις Penman και Penman - Monteith»	133
Ι. Αλεξίου, Σ. Κωτσόπουλος, Γ. Ζέρβα, Π. Βύρλας	
«Ανάπτυξη συστήματος μέτρησης υδραυλικών χαρακτηριστικών σταλάκτη και σταλακτηφόρου σωλήνα»	141
Α. Παπαγιαννοπούλου, Γ. Παρισόπουλος, Δ. Λόης	
«Διατάξεις άρδευσης με σταγόνες σε καλλιέργεια ζαχαρότευτλων».....	149
Π. Ντιούδης, Μ. Σακελλαρίου – Μακραντωνάκη, Ν. Μασλάρης, Γ. Νούσιος	
«Αξιολόγηση της επιφανειακής και υπόγειας στάγδην άρδευσης σε καλλιέργεια ζαχαρότευτλων».....	157
Μ. Σακελλαρίου – Μακραντωνάκη, Δ. Καρφούντζος, Ν. Παπανίκος	

ΕΝΟΤΗΤΑ 2^η ΕΝΕΡΓΕΙΑ

«Ενεργειακές εισροές – εκροές κύριων καλλιεργειών της χώρας μας».....	167
Κ. Τσατσαρέλης	
«Προσομοίωση ξηραντηρίου μηδικής σε σωρό μεγάλου βάθους».....	177
Κ. Ακριτιδής, Α. Δημητριάδης	
«Εξοικονόμηση ενέργειας σε ξηραντήρια με μερική ανάκτηση της λανθάνουσας θερμότητας».....	187
Α. Δημητριάδης, Κ. Ακριτιδής, Κ. Αρβανίτης	
«Αξιολόγηση της ανάπτυξης και παραγωγικότητας οκτώ γενότυπων σόργου για παραγωγή βιομάζας και ενέργειας»	197
Α. Νικολάου, Ε. Νάματοβ, Γ. Καβαδάκης, Κ. Τσιώτας, Κ. Πανούτσου, Ν. Δαναλάτος	
«Ανάπτυξη και παραγωγικότητα βιομάζας και σακχάρων καλλιέργειας γλυκού σόργου (cv. Keller) στην Κεντρική Ελλάδα»	205
Γ. Καβαδάκης, Α. Νικολάου, Ε. Αλεξοπούλου, Ε. Νατιώτη, Χ. Μήτσιου, Κ. Πανούτσου, Ν. Δαναλάτος	
«Νέες τεχνικές ελέγχου ασταθών βιολογικών αντιδραστήρων επεξεργασίας βιομάζας: Θεωρία και προσομοίωση»	213
Κ. Αρβανίτης, Ν. Σιγριμής, Γ. Πασγιάνος	
«Επίδραση της θερμοκορτίνας στην ενεργειακή συμπεριφορά του θερμοκηπίου»	221
Κ. Κίττας, Ν. Κατσούλας, Θ. Μπαρτζάνας, Π. Γιαγλάρας, Μ. Καραμάνης, Χ. Λύκας	
«Ενεργειακά ισοζύγια ζαχαρότευτλων με 4 μεθόδους μειωμένης κατεργασίας του εδάφους»	229
Χ. Καβαλάρης, Θ. Γέμτος, Ι. Παπαθανασίου, Χ. Καραμούτης, Χ. Γούλας	

«Εξοικονόμηση ενέργειας κατά τον σχεδιασμό και τη μελέτη μιας ηυκτικής εγκατάστασης».....	237
Δ. Ντόντορος, Γ. Λαμπρινός	

ΕΝΟΤΗΤΑ 3^η ΕΔΑΦΙΚΟΙ ΠΟΡΟΙ

«Μελέτη διάβρωσης των εδαφών της Κεντρικής Ελλάδας»	247
Σ. Θεοχαρόπουλος, Ε. Φλώρου, Φ. Τσουλουχά, Μ. Καραγιάννη - Χρήστου, Π. Κουλουμπής, Σ. Χρηστίδου	
«Εκτίμηση της επίδρασης των καλλιεργητικών τεχνικών βαμβακιού στην διάβρωση του εδάφους»	255
Χ. Τερζούδη, Θ. Γέμος	
«Επίπεδα συγκέντρωσης βορίου σε εδάφη καλλιεργούμενα με καπνό και νερά άρδευσης της Θεσσαλίας».....	263
Ι. Μήτσιος, Ε. Γκόλια, Ζ. Ρίζου	
«Προσδιορισμός της συγκέντρωσης των βαρέων μετάλλων σε εδάφη και νερά άρδευσης της περιοχής Θεσσαλίας»	271
Ι. Μήτσιος, Ε. Γκόλια, Ε. Χριστοδούλου	
«Αλάτωση και νατρίωση εδαφών. Προσέγγιση του προβλήματος μελέτης και βελτίωσης με αριθμητικές μεθόδους».....	281
Ν. Μισοπολινός	
«Ποιότητα του εδάφους : Μια νέα οπτική προσέγγισης και διαχείρισης των εδαφικών πόρων»	289
Ν. Μισοπολινός, Γ. Ζαλίδης, Κ. Παναγιωτόπουλος	
«Η επίδραση της μηχανικής διατάραξης στη διασπορά της αργίλου τεσσάρων Alfisols από τη Βόρεια Ελλάδα»	297
Κ. Παπατόλιος, Κ. Παναγιωτόπουλος, Ν. Μπαρμπαγιάννης	
«Εκτίμηση της ποιότητας των νερών άρδευσης και προβλήματα αλατότητας και νατρίωσης σε εδάφη του Ν. Μαγνησίας»	305
Ι. Μήτσιος, Φ. Γάτσιος, Σ. Φλωράς	
«Διαθεσιμότητα εδαφικού φωσφόρου σε αντιπροσωπευτικές χαρτογραφικές μονάδες της Θεσσαλίας».....	312
Ι. Μήτσιος, Ι. Σταματοπούλου, Α. Τσάτσα	

ΕΝΟΤΗΤΑ 4^η ΑΓΡΟΤΙΚΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

«Πειραματική διερεύνηση της σκίασης με δέντρα για έλεγχο της θερμοκρασίας σε κτίρια».....	323
Γ. Παπαδάκης, Π. Τσάμης, Ε. Μαλιδέρου, Σ. Κυρίτης	

«Δίχτυα εντομοστεγανότητας σε θερμοκηπιακές καλλιέργειες. Ανάλυση του συστήματος και ανασκόπηση»	331
Π. Γιαγλάρας, Θ. Μπαρτζάνας, Κ. Κίττας	
«Υπολογισμός θερμικής απόδοσης ενός παθητικού και ενός υβριδικού ηλιακού συστήματος θέρμανσης θερμοκηπίων».....	340
Χ. Νικήτα – Μαρτζοπούλου, Τ. Talab, Γ. Μαρτζόπουλος	
«Επίδραση κρίσιμων παραγόντων στη γήρανση φιλμ πολυαιθυλενίου (LDPE) κατά τη χρήση του ως υλικού κάλυψης θερμοκηπίου»	350
Α. Αριστοπούλου, Δ. Μπριασούλης	
«Αριθμητική προσομοίωση της μηχανικής συμπεριφοράς LDPE φύλλων θερμοκηπίου»	358
Δ. Μπριασούλης, Ε. Schettini	
«Προσομοίωση της ροής του φυσικού αερισμού θερμοκηπίου».....	366
Θ. Μπαρτζάνας, Η. Fatnassi, Δ. Φείδαρος, Ν. Βλάχος, Κ. Κίττας	
«Υλοποίηση σε μικροελεγκτή αλγόριθμου ελέγχου θερμοκρασίας θερμοκηπίου».....	374
Φ. Κουμπουλής, Μ. Σκαρπέτης, Π. Γιαγλάρας, Κ. Κίττας	
«Αριθμητική προσομοίωση της κατανομής ανεμοπιέσεων σε θερμοκηπιακές κατασκευές»	382
Α. Μυστριώτης, Δ. Μπριασούλης	
«Κρίσιμοι συνδυασμοί φορτίσεων για τυπική Ελληνική θερμοκηπιακή κατασκευή, στα πλαίσια του κανονισμού prEN 13031-1:1999. Πρώτη προσέγγιση»	390
Ι. Τσιρογιάννης, Δ. Μπριασούλης	
«Διαπνοή και στοματική αγωγιμότητα φυτών τριανταφυλλιάς. Μετρήσεις με πορόμετρο».....	398
Σ. Κάβουρας, Ν. Κατσούλας, Κ. Κίττας	
«Η ανεμοφόρτιση των θερμοκηπιακών κατασκευών σύμφωνα με τους Ευρωκώδικες»	406
Μ. Θεοχάρης	

ΕΝΟΤΗΤΑ 5^η

ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ – ΝΕΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ

«Ο παγκόσμιος ιστός ως εργαλείο ενίσχυσης της εκπαιδευτικής διαδικασίας στη Γεωργική Μηχανική. Εφαρμογή: Διδασκαλία του μαθήματος «Διαχείρισης μικροκλίματος θερμοκηπίου»	417
Μ. Καραμάνης, Κ. Κίττας	
«Εκτίμηση του χρόνου συλλογής με μέτρηση αναπνοής στον αγρό»	425
Δ. Μητρόπουλος, Γ. Κοζής, Ε. Μανωλοπούλου, Γ. Λαμπρινός	
«Αφυδάτωση μήλων ποικιλιών Delicious Pilafa και Granny Smith κατά την απόθιξη».....	433
Δ. Μητρόπουλος, Γ. Λαμπρινός	

«Μεταβολή του χρώματος μήλων Delicious Pilafa και Granny Smith που συντηρούνται σε αποθήκη».....	441
Δ. Μητρόπουλος, Γ. Λαμπρινός	
«Εκτίμηση βάρους νεαρών χοιριδίων με χρήση τεχνικών επεξεργασίας εικόνας»	449
Π. Παναγάκης, Κ. Μπερμπερίδης, Δ. Μπριασούλης, Π. Καραϊβάζογλου, Ε. Δήμας	
«Πολυμεταβλητός έλεγχος υγρασίας και θερμοκρασίας σε καταναμημένο σύστημα γεωργικών μονάδων».....	457
Φ. Κουμπουλή, Μ. Σκαρπέτης, Π. Γιαγλάρας, Κ. Κίττας	

ΕΝΟΤΗΤΑ 6^η ΓΕΩΡΓΙΚΑ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΑ

«Όργανα για μέτρηση απορροφώμενης ισχύος από παρελκόμενα ενός ελκυστήρα».....	465
Θ. Γέμτος, Ι. Παπαθανασίου, Θ. Κυλινδρή, Χ. Καραμούτης	
«Επίδραση του βαθμού συμπίεσης του εδάφους της αρχικής υγρασίας και της θερμοκρασίας, στην βλάστηση και την αρχική ανάπτυξη του βαμβακιού»	473
Θ. Λέλλης, Α. Λουλούδη, Β. Λουλούδη	
«Σύγκριση της απόδοσης των μηχανημάτων για κατεργασία εδάφους συμβατική και σε αναχώματα»	481
Θ. Σταθάκος, Θ. Γέμτος	
«Επανασχεδιασμός βαρέως καλλιεργητή με σκοπό τη βελτίωση της αποδιδόμενης εργασίας»	489
Ι. Παπαθανασίου, Χ. Καβαλάρης, Χ. Καραμούτης, Θ. Γέμτος	
«Πειραματική μελέτη της επίδρασης του προϋνίου και της μάχαιρας αρότρου στην ποιότητα άροσης και στην κατανάλωση ενέργειας»	497
Α. Νάτσης, Γ. Παπαδάκης, Ι. Πιτσιλής	
«Ανάπτυξη συστήματος μέτρησης ελκτικής ισχύος γεωργικών και δασικών ελκυστήρων»	502
Α. Παπαγιαννοπούλου, Γ. Παρισόπουλος, Δ. Λόης, Χ. Σερσελούδης, Γ. Κλάδης	
«Επίδραση τριών συστημάτων εδαφοκατεργασίας σε εδαφικά και φυτικά χαρακτηριστικά σε καλλιέργεια βαμβακιού»	510
Δ. Μπιλάλης, Ν. Σιδηράς, Π. Ευθυμιάδης	
«Αξιοπιστία μηχανικών μέσων μετατόπισης του ξύλου»	519
Π. Καραρίζος	
«Διαχείριση ζιζανίων σε συστήματα μειωμένης κατεργασίας εδάφους. Εμπειρία από εφαρμογή τους στην Ελλάδα»	527
Μ. Γαλάνης	
«Απόψεις Βρετανών γεωργών για τη συμβολή του Precision Farming στη διαχείριση καλλιεργειών»	535
Σ. Φουντάς	

ΕΝΟΤΗΤΑ 7^η ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

«NO ₃ σε νερό και σε λαχανικά. Υπάρχει σχέση; »	545
Σ. Βλειώρας, Δ. Τάσιου, Δ. Βλειώρας	
«Προσεγγίσεις για την εκτίμηση της ρύπανσης των ρεμάτων του Νομού Μαγνησίας από γεωργικές και άλλες δραστηριότητες».....	553
Ι. Μήτσιος, Φ. Γάτσιος, Δ. Σαραντόπουλος	
«Η σημασία των αγρομετεωρολογικών δεικτών στην εξέλιξη της καλλιέργειας του σιταριού στην περιοχή της Λάρισας»	561
Ν. Δαλέζιος, Χ. Δομενικιώτης, Σ. Τζώρζιος, Α. Λουκάς, Ι. Τζαντοπούλου	
«Χωροχρονικές διακυμάνσεις του Βενθικού οικοσυστήματος στον Αμβρακικό κόλπο»	569
Κ. Μπόγδανος, Γ. Λεμπέσης, Ε. Ψόχιου, Δ. Μπράμπα, Α. Θεοδώρου, Ε. Μπαλόπουλος	
«Το πρόβλημα της ρύπανσης των υπόγειων εδαφικών και υδρολιθολογικών σχηματισμών από τη διακίνηση καυσίμων - Ο ρόλος των οριζόντιων γεωτρήσεων»	577
Θ. Μιμίδης, Σ. Κουτσομήτρος, Δ. Σταυρόπουλος	
«Επιφανειακές στρώσεις λυμάτων από εναλλασσόμενα στόμια»	585
Ι. Δημητρίου	
«Μείωση του BOD ₅ αστικών υγρών αποβλήτων με δεξαμενές σταθεροποίησης».....	591
Α. Παπαδόπουλος, Φ. Παπαδόπουλος, Γ. Παρισόπουλος	
«Περιβαλλοντικές επιπτώσεις των εγγειοβελτιωτικών έργων Πηνειού Ηλείας στον προστατευόμενο βιότοπο της λιμνοθάλασσας Κοτυχίου και τα έργα αποκατάστασής του».....	598
Γ. Καραντούνιας, Ν. Δέρκας	
«Μεθοδολογία εκτίμησης του κινδύνου ρύπανσης των υπόγειων νερών από την εφαρμογή φυτοφαρμάκων εδάφους»	606
Β. Αντωνόπουλος	

Περιβάλλον

NO₃ ΣΕ ΝΕΡΟ ΚΑΙ ΣΕ ΛΑΧΑΝΙΚΑ. ΥΠΑΡΧΕΙ ΣΧΕΣΗ;

Σπυρίδων Βλειώρας (1), Δήμητρα Τάσιου (2), Δημήτρης Βλειώρας (3)

1) Επόπτης Ποιοτικού Ελέγχου Περι/κού Κέντρου Βόλου

2) Γεωπόνος Περι/κού Κέντρου Βόλου

3) Φοιτητής επί πτυχίω Σχολής Μηχανικών Περιβάλλοντος Δ.Π.Θ. Ξάνθη

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Από το 1996 το Περι/κό Κέντρο Βόλου (Τμήμα Εργαστ. Ποιοτ Ελέγχου), σε συνεργασία με το Μπενάκειο Φυτοπαθολογικό Ινστιτούτο στα πλαίσια προγράμματος της Ε.Ε., προσδιορίζει την ποσότητα NO₃ σε φυλλώδη λαχανικά. Το εργαστήριο από το 1989 μετρά την ποσότητα NO₃ στο νερό άρδευσης και στο νερό της βροχής. Στη δημοσίευση αυτή παρουσιάζεται η περιεκτικότητα σε NO₃ των νερών άρδευσης και των λαχανικών που αρδεύονται από τα νερά αυτά, για να εξετασθεί αν η περιεκτικότητα σε NO₃ του νερού επηρεάζει την περιεκτικότητα σε NO₃ των λαχανικών.

NO₃ DETERMINATION & CORRELATION BETWEEN NITRATES IN WATER IRRIGATION & IN VEGETABLES

Spyridon Vlioras (1), Dimitra Tasiou (2), Dimitris Vlioras (3)

1) Inspector of Quality Control of Regional Center of Volos

2) Agriculturist of Regional Center of Volos

3) Student in Dept. Environmental Engineering D.U.T.

ABSTRACT

The Quality Control Dept. of Regional Center of Volos, in cooperation with Benakio Phytopathological Institute in Athens, have determined nitrates (NO₃) in leafy vegetables since 1996, according to a financed project of E.U. Also the Quality Control Dept. has quantified nitrates in irrigation water and rain water since 1989. This research was carried out to determine nitrates in irrigation water and to examine the effect of irrigation water on nitrate concentration in vegetables.

Είναι γνωστό ότι η λεγόμενη πράσινη επανάσταση στηρίχθηκε στη χρήση, υπερβολική θα λέγαμε, των λιπασμάτων. Έτσι οδηγηθήκαμε στην αύξηση του όγκου παραγωγής γεωργικών προϊόντων αφενός και αφετέρου στην αύξηση των περιβαλλοντικών προβλημάτων. Οι δυσμενείς επιπτώσεις των λιπασμάτων στο περιβάλλον οφείλονται κυρίως στα στοιχεία άζωτο και φωσφόρο. Το άζωτο ειδικότερα συμβάλλει τόσο στην εμφάνιση του ευτροφισμού όσο και αύξηση των NO_3 στα υπόγεια νερά (άρδευσης και ύδρευσης). Βέβαια λόγω των έντονων χημικών και βιοχημικών μετατροπών που υφίσταται το N στο έδαφος είναι δύσκολο να προσδιορισθεί η πηγή προέλευσης των NO_3 που ανιχνεύονται στα υπόγεια νερά και στους φυτικούς ιστούς [1].

Τα επίπεδα των NO_3 στους φυτικούς ιστούς ποικίλλουν και εξαρτώνται από πολλούς παράγοντες όπως είδος φυτού, ηλικία, αριθμός και χρόνος προσθήκης αζωτούχου λιπάσματος, κλιματολογικές συνθήκες (ένταση φωτός, θερμοκρασία, περιεκτικότητα σε CO_2), αναστολείς νιτροποίησης (νιτροπυρίνη), γενότυπος (λεία φύλλα, ένζυμο NR, νιτρική αναγωγή), τμήμα του φυτού [2].

Μερικά λαχανικά όπως το σπανάκι και το μαρούλι συγκεντρώνουν πολλά νιτρικά στους ιστούς τους. Τα φυτά δεν έχουν την ικανότητα να ανάγουν τα NO_3 στη ρίζα ή ανάγουν μικρό μέρος στις ρίζες και μεταφέρουν τα NO_3 στα φύλλα. Τα NO_3 μπορεί να συγκεντρώνονται στα φύλλα όταν η αναγωγή υστερεί σε σχέση με τη μεταφορά NO_3 στα φύλλα [3].

Η συγκέντρωση των NO_3 στα φυτά είναι φυσικό φαινόμενο που προκύπτει από την απορρόφηση νιτρικών ιόντων σε μεγαλύτερη ποσότητα από αυτή που ανάγεται σε NH_3 ή NO_2 . Το ενδιαφέρον για την παρουσία NO_3 στα λαχανικά και στο νερό αυξάνει χρόνο με το χρόνο, λόγω της δυσμενούς και επικίνδυνης πολλές φορές αναγωγής των NO_3 σε NO_2 και δευτερογενώς σε νιτροσαμίνες.

Οι κίνδυνοι για την υγεία του ανθρώπου και η τοξικότητα των NO_3 - NO_2 δυνατόν να προκαλέσουν :

- 1) Στον άνθρωπο ταχυκαρδία, έμετο, διάρροια, ανωμαλία στα έμβρυα από την νιτροσαμίνη, πνευματική καθυστέρηση σε ασθενείς με κληρονομική μεθαυμογλοβιναιμία, επιβίωση στη χλωρίδα του εντέρου των αναγωγικών βακτηρίων E.Coli & Clostridium.
- 2) Στα ζώα αυξάνουν την ανάγκη για ιώδιο λόγω ανωμαλιών που προκαλούνται στον θυροειδή.
- 3) Στα φυτά καταστρέφουν την καρωτίνη.

Οι πηγές πρόσληψης NO_3 - NO_2 από τον άνθρωπο είναι το νερό, διάφορες τροφές (κρέατα - ψάρια) μερικά λαχανικά όπως μαρούλι, σπανάκι, λάχανο, ραπανάκι, σέλινο, παντζάρι [3].

Οι κίνδυνοι που αναφέρονται ανωτέρω έχουν ευαισθητοποιήσει πολλούς Γεωτεχνικούς. Έτσι το Περιφερειακό Κέντρο, θεωρώντας το νερό όχι μόνο συντελεστή ποιότητας αλλά και τροφή, είχε αρχίσει αναλύσεις αρδευτικού νερού και νερού γεωργικών βιομηχανιών από το 1989 [4], [5].

Από δε το 1996, στα πλαίσια του λειτουργικού προγράμματος «Ανάπτυξη του τομέα Γεωργία-μέτρο 3.3» σε συνεργασία με το Μπενάκειο Φυτοπαθολογικό Ινστιτούτο, άρχισε μετρήσεις προσδιορισμού NO₃ στα φυλλώδη λαχανικά (μαρούλι - σπανάκι). Οι έλεγχοι αυτοί έγιναν εντατικότεροι μετά τη δημοσίευση του Καν. (Ε.Κ) 194/97 της Επιτροπής που καθορίζει τα ανώτατα επιτρεπτά όρια περιεκτικότητας NO₃ στο σπανάκι και το μαρούλι.

Από το 1999 και έχοντας υπόψη ότι για τη ρύπανση των νερών και των λαχανικών με NO₃ δεν ευθύνονται μόνο τα λιπάσματα, αλλά και διάφορες οργανικές ουσίες, οι έλεγχοι του εργαστηρίου στράφηκαν και στην κατεύθυνση ταυτόχρονων ελέγχων στα λαχανικά και στο νερό άρδευσης. Έτσι από διάφορους καλλιεργητές της Κ. Ελλάδος λαμβάνονται δείγματα τόσο μαρουλιού όσο και του νερού με το οποίο αρδεύεται το κτήμα. (Πίνακας 1)

Ο προσδιορισμός NO₃ έγινε με στήλη καδμίου και φασματοφωτομετρικό προσδιορισμό στα 543 nm καθώς και με επιλεκτικά ηλεκτρόδια (pHμετρο Οτίον) [6], [7].

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Εξετάσθηκαν συνολικά, το διάστημα 1999 - 2000 48 δείγματα νερού - μαρουλιών. (Πίνακας 1)

Από τα εξετασθέντα δείγματα νερού, ποσοστό 50% έχει συγκέντρωση NO₃ άνω των 50 ppm. Από τα εξετασθέντα δείγματα μαρουλιού κανένα δείγμα δεν έχει περιεκτικότητα σε NO₃ πάνω από τα όρια που έχει θέσει ο Καν. 194/97.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Από τα εξετασθέντα δείγματα νερού προκύπτει ότι όντως υπάρχει πρόβλημα ρύπανσης με NO₃ των νερών. Αντιθέτως τα λαχανικά της περιοχής Κεντρ. Ελλάδος έχουν περιεκτικότητα σε NO₃ πολύ κάτω από τα όρια που έχει θέσει η Ε.Ε (οφειλόμενη πιθανόν στην ηλιοφάνεια και την κάλυψη εν μέρει των αρδευτικών αναγκών από νερό της βροχής). Τέλος από τη στατιστική επεξεργασία της συγκέντρωσης NO₃ (πολυώνυμο 6^{ου} βαθμού) σε νερό - λαχανικά στο εξετασθέν δείγμα προκύπτει κάποια σχέση νιτρικών νερού άρδευσης και νιτρικών λαχανικών ($r=0,27$). Οι έλεγχοι θα συνεχισθούν, αφού η υπηρεσία μας, στα πλαίσια του προγράμματος «συμπληρωματικές περιβαλλοντικές δράσεις του Καν. 207/92 ΕΟΚ», εξοπλίσθηκε με ιοντική χρωματογραφία έτσι ώστε να μελετήσουμε πληρέστερα τη σχέση αίτιου - αποτελέσματος.

ΠΙΝΑΚΑΣ Ι. ΝΟ3 σε μαρούλια και νερό.

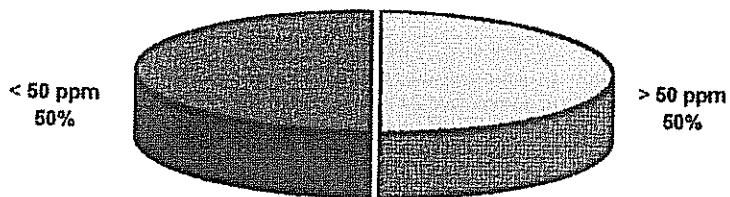
A/A.	Ημ/νια δειγμ/ψίας	ΝΟ3 σε μαρούλια (ppm)	ΝΟ3 σε νερό (ppm)
1	4/1/2000	501,4	300
2	4/1/2000	386	250
3	4/1/2000	515,8	100
4	4/1/2000	679	500
5	4/1/2000	468	500
6	4/1/2000	342	250
7	4/1/2000	401,4	50
8	18/1/2000	475,4	100
9	18/1/2000	357,3	40
10	19/1/2000	236,6	0
11	21/1/2000	362,9	500
12	24/1/2000	530,4	0
13	24/1/2000	455,6	100
14	24/1/2000	277	50
15	26/1/2000	438,5	5
16	27/1/2000	462,8	50
17	27/1/2000	375,9	50
18	1/2/2000	10,1	5
19	16/2/2000	279,4	200
20	23/3/2000	319,3	225
21	6/4/2000	33,7	50
22	13/4/2000	410,8	250
23	14/4/2000	493,8	50
24	14/4/2000	317,5	50
25	18/4/2000	593	0
26	19/4/2000	255,4	200
27	19/4/2000	340,1	200
28	24/4/2000	177,5	450
29	26/4/2000	513,6	500
30	26/4/2000	168,2	200
31	27/4/2000	194,9	10
32	5/5/2000	55,3	0
33	5/5/2000	158,9	200
34	5/5/2000	140,1	250
35	9/5/2000	29,9	250
36	9/5/2000	17,6	50
37	9/5/2000	118,6	10
38	9/5/2000	79,3	25
39	9/5/2000	172,4	25
40	9/5/2000	533,4	0
41	9/5/2000	649	0
42	9/5/2000	133,5	50
43	9/5/2000	30,5	100
44	9/5/2000	623,2	500
45	9/5/2000	222,4	100
46	9/5/2000	106,8	0
47	10/5/2000	352,2	30
48	10/5/2000	240	100
	Μέσος όρος	313,3	145,2
	Τυπική απόκλιση	185,2	160,9

ΑΠΟΣΠΑΣΜΑ ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΩΝ ΚΑΝ. 194/97 (ΜΕΓΙΣΤΕΣ ΤΙΜΕΣ ΑΝΟΧΗΣ ΓΙΑ ΟΡΙΣΜΕΝΕΣ ΠΡΟΣΜΕΙΞΕΙΣ ΠΟΥ ΥΠΑΡΧΟΥΝ ΣΤΑ ΤΡΟΦΙΜΑ)	
ΠΡΟΙΟΝ	ΜΕΓΙΣΤΕΣ ΤΙΜΕΣ ΑΝΟΧΗΣ ΣΕ ΝΙΤΡΙΚΑ ΑΛΑΤΑ (mg/NO3/kg νωπού προϊόντος)
ΣΠΑΝΑΚΙ	2.500
ΜΑΡΟΥΛΙΑ	Συγκομιδή από 1ης Οκτ. έως 31 Μαρτίου 4.500 Συγκομιδή από 1ης Απρ. έως 30 Σεπτ. 3.500 Συγκομιδή από 1ης Μαΐου έως 31 Αυγ. 2.500

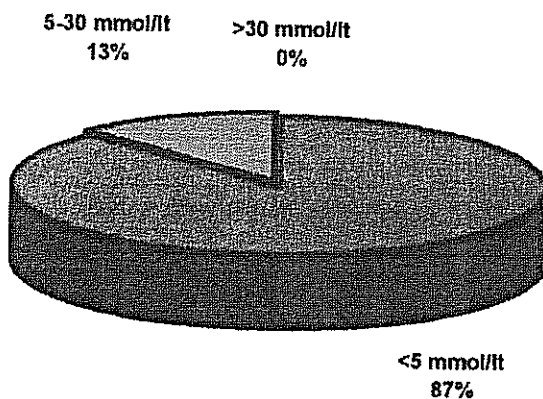
ΠΙΝΑΚΑΣ 2

Συγκέντρωση NO₃ σε νωπά λαχανικά (κατά Lee, Maynard, Borker)

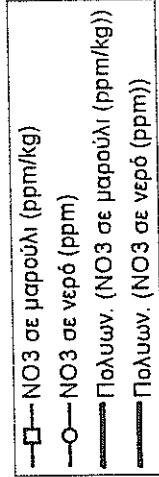
Τμήμα φυτού	Είδος λαχανικού	Ενδεικτικές τιμές
Φύλλο	Λάχανο	186
	Μαρούλι	116
	Σπανάκι	496
Μίσχος	Σέλινο	380
	Τεύτλο	574
	Καρότο	54
Καρπός	Ραδίκι	429
	Μπιζέλι	26
	Τομάτα	20
Βλαστός	Σπαράγγι	25
Βολβός	Κρεμμύδι	14
Κόνδυλος	Πατάτα	42
Ανθοιαξία	Μπρόκολο	214
	Κουνουπίδι	238



Σχήμα 1. Κατάταξη αρδευτικών νερών με βάση την ανώτατη παραδεκτή συγκέντρωση 50 ppm. (Γόσιμο νερό Καν. 77B/86).



Σχήμα 2. Προβλήματα στο αρδευτικό νερό λόγω παρουσίας NO₃. Μικρή ένταση <5 mmol/l, μέτρια 5-30 mmol/l, έντονη ένταση >30 mmol/l. (FA 1976).

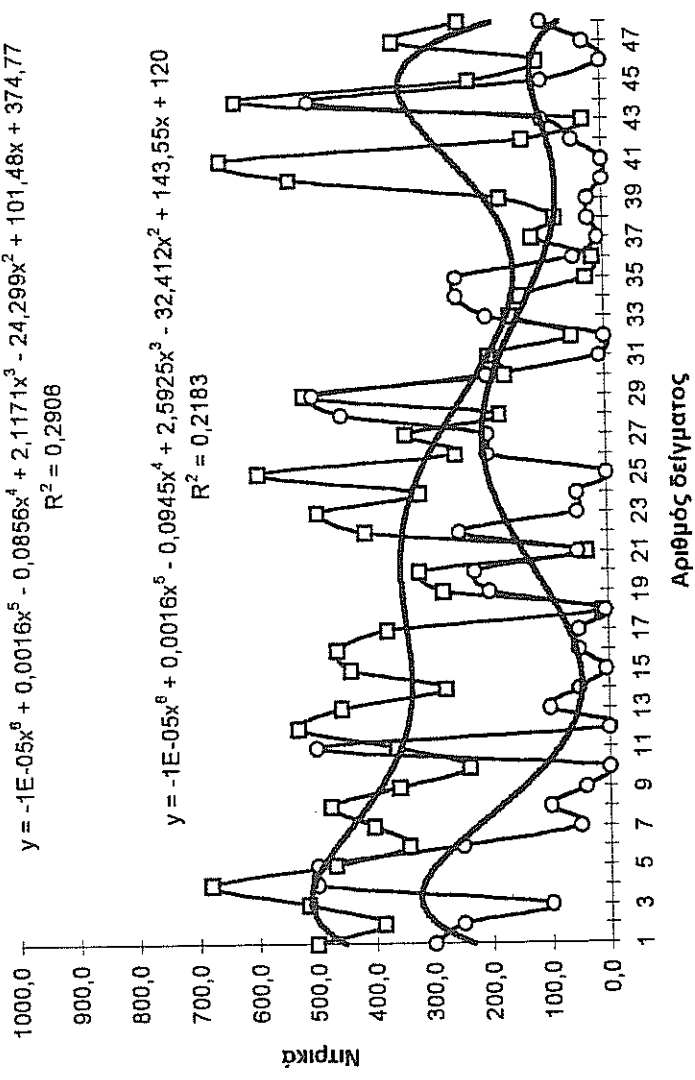


$$y = -1E-05x^6 + 0,0016x^5 - 0,0856x^4 + 2,1171x^3 - 24,299x^2 + 101,48x + 374,77$$

$$R^2 = 0,2906$$

$$y = -1E-05x^6 + 0,0016x^5 - 0,0945x^4 + 2,5925x^3 - 32,412x^2 + 143,55x + 120$$

$$R^2 = 0,2183$$



Σχήμα 3. Κατανομή νιτρικών σε μαρούλια και νερό.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Γκαντίδης Ν, Σιμιώνης Α, Κουκουλάκης Π. 1991 «Οι επιπτώσεις από τη χρήση λιπασμάτων στο περιβάλλον» -Επιστημονική Διημερίδα της Ελληνικής Εδαφολογικής Εταιρείας - Θεσσαλονίκη 191 - 201
2. Γανίδου Μ 1991 «Τα αζωτούχα λιπάσματα και η επίδρασή τους στα γεωργικά προϊόντα» - 14^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Χημείας - Αθήνα 114 - 118
3. Θεριός Ιωάννης 1996 «Ανόργανη θρέψη και λιπάσματα» -Εκδόσεις Δεδούση Θεσσαλονίκη
4. Βλειώρας Σπύρος 1996 «Προκαταρκτικά αποτελέσματα μετρήσεων της ποιότητας αρδευτικού νερού στο Ν. Μαγνησίας» - 2^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Εγγειοβελτιωτικών έργων, διαχείρισης υδατικών πόρων, εκμηχάνισης γεωργίας - Λάρισα 443 - 453
5. European Commission 1997 - Report Agriculture, environment, rural development facts and figures 151 - 180
6. Βασιλιώτης Γ.Σ. - Φυτιάνος Κ.Κ. 1986 «Μέθοδοι ελέγχου ρυπάνσεως περιβάλλοντος» - Εκδόσεις Ζήτη - Θεσσαλονίκη
7. Μήτρακας Μαννασής 1991 «Ποιοτικά χαρακτηριστικά και επεξεργασία νερού» Θεσσαλονίκη
8. Lampkin Nicolas 1993 - «Organic farming» - Farming Press England

ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΤΩΝ ΡΕΜΑΤΩΝ ΤΟΥ ΝΟΜΟΥ ΜΑΓΝΗΣΙΑΣ ΑΠΟ ΓΕΩΡΓΙΚΕΣ ΚΑΙ ΑΛΛΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ

Ι.Κ. Μήτσιος, Φ.Α. Γάτσιος και Δ.Α. Σαραντόπουλος
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής & Ζωικής
Παραγωγής, Εργαστήριο Εδαφολογίας

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην εργασία αυτή μελετάται ο βαθμός ρύπανσης στα νερά των χειμάρρων του Νομού Μαγνησίας που εκβάλλουν στον Παγασητικό κόλπο. Οι δειγματοληψίες των νερών άρχισαν το 1998 και περατώθηκαν το 2000. Οι χημικοί παράμετροι που προσδιορίστηκαν είναι : pH, ηλεκτρική αγωγιμότητα, F⁻, Br⁻, NO₃⁻, NO₂⁻, PO₄⁻³, B, K, Na, BOD₅, C.O.D., βαρέα μέταλλα. Οι χειμάρροι Ξηριάς Βόλου και Ξηριάς Αλμυρού ρυπαίνουν τον Παγασητικό κόλπο με NO₃⁻, F⁻ και Br⁻.

APPROACHES FOR THE POLLUTION ESTIMATION OF MAGNESIA TORRENTS WHICH IS CAUSED BY AGRICULTURAL AND OTHER ACTIVITIES

I.K. Mitsios, F.A. Gatsios and D.A. Sarantopoulos
University of Thessaly, School of Agriculture, Laboratory of Soil
Science

ABSTRACT

This paper summarizes the degree of pollution in the torrents of Magnesia which discharge into Pagasitikos gulf. The water samplings began at 1998 and were completed in 2000. The chemical parameters which were determined are : pH, E.C., F⁻, Br⁻, NO₃⁻, NO₂⁻, PO₄⁻³, B, K, Na, BOD₅, C.O.D. and heavy metals. The Xirias torrent close to Volos city and the Xirias close to Almiros city, pollute the Pagasitikos gulf with NO₃⁻, F⁻ and Br⁻.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στην εργασία αυτή αξιολογούνται τα νερά 9 χειμάρρων του Νομού Μαγνησίας, που εκβάλλουν στον Παγασητικό κόλπο, προκειμένου να εντοπιστούν και να καταγραφούν διάφοροι τύποι ρύπων και οι πηγές αυτών. Ο κύριος σκοπός της εργασίας αυτής είναι η προστασία του Παγασητικού κόλπου, ο οποίος θεωρείται ένας μεγάλος υγρότοπος μαζί με τους επιμέρους υγροτόπους του [8, 9] όπως : οι εκβολές του Λαχανορέματος, οι εκβολές του Χολορέματος, το έλος των Λεχωνίων, το έλος του όρμου της Σούρπης, οι εκβολές του Κραυσίδανα, η περιοχή Μπουρμπουλήθρα και η πρώην λίμνη Κάρλα. Εκτιμάται ότι οι πηγές των ρυπογόνων παραγόντων που υποβαθμίζουν έναν υγρότοπο είναι σημειακές, αλλά και μη σημειακές. Ως μη σημειακές θεωρούνται κυρίως οι γεωργικές δραστηριότητες που συμβαίνουν τόσο στους υγροτόπους όσο και στις λεκάνες απορροής τους [3]. Ένας από τους κυριότερους τρόπους μεταφοράς των διαφόρων ρυπαντών είναι τα νερά των χειμάρρων και ρεμάτων [1, 10]. Για το σκοπό αυτό θα γίνουν οι απαραίτητες χημικές αναλύσεις [2, 6, 11] προκειμένου να εντοπισθούν οι ρυπαντές και ο βαθμός ρύπανσης των υγροτόπων αυτών. Ως βασικοί χημικοί ρυπαντές των νερών, και των υγροτόπων θεωρούνται τα νιτρικά ιόντα, τα νιτρώδη ιόντα, τα φωσφορικά ιόντα, τα βαρέα μέταλλα καθώς και το αργίλιο.

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Κατά τα έτη 1998–1999 και 1999–2000 στο εργαστήριο εδαφολογίας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας αναλύθηκαν νερά προερχόμενα από τους 9 μεγαλύτερους χειμάρρους του Νομού Μαγνησίας, που καταλήγουν στον Παγασητικό κόλπο. Δειγματοληψίες πραγματοποιήθηκαν σε συγκεκριμένες χρονικές στιγμές ανάλογα με την ένταση των βροχοπτώσεων. Οι δειγματοληψίες πραγματοποιήθηκαν ως εξής : από το Πλατανόρεμα (Κορώπη) έγινε μία δειγματοληψία και ελήφθησαν 3 δείγματα νερού, στο Βρίκονα (Λεχώνια) πραγματοποιήθηκαν 13 δειγματοληψίες, στον Κραυσίδανα 8 δειγματοληψίες, στον Ξηριά (Βόλος) 25, στη θέση βιομηχανική ζώνη 18, στη θέση Κάρλα 17, στο Χολόρεμα (Αλμυρός) 13, στον Ξηριά (Αλμυρός) 13, στο Πλατανόρεμα 12, και στο Κακόρεμα (Σούρπη) 10 δειγματοληψίες. Στον ψηφιακό χάρτη 1 απεικονίζονται οι χείμαρροι και οι λεκάνες απορροής τους. Ο ψηφιακός χάρτης δημιουργήθηκε με G.I.S. (γεωγραφικό σύστημα πληροφοριών) και βασίζεται σε πραγματικές συντεταγμένες. Σε κάθε δειγματοληψία λαμβάνονταν 3 δείγματα νερού και στη συνέχεια αναλύονταν. Το τελικό αποτέλεσμα είναι ο μέσος όρος των αποτελεσμάτων των τριών δειγμάτων. Οι χημικές αναλύσεις που έγιναν είναι: το pH, η ηλεκτρική αγωγιμότητα, τα νιτρικά, τα νιτρώδη, τα φωσφορικά, τα βρωμιούχα, τα φθοριόντα, το κάλιο, το νάτριο, το βόριο, το BOD₅, το C.O.D., τα βαρέα μέταλλα (σίδηρος, χρώμιο, κάδμιο, μόλυβδος, χαλκός) και το αργίλιο. Ο προσδιορισμός των ανιόντων έγινε με την ιοντική χρωματογραφία της στήλης εναλλαγής ιόντων σε συνδυασμό με ανιχνευτή ηλεκτρικής αγωγιμότητας, του οίκου της Metrohm. Τα βαρέα μέταλλα και το αργίλιο μετρήθηκαν με την ατομική απορρόφηση Perkin Elmer 3300 με θερμαινόμενο φούρνο γραφίτη του οίκου Perkin Elmer μοντέλο 600 που διαθέτει ως διορθωτή θορύβου λυχνία δευτερίου και είναι συνδεδεμένος με αυτόματο αναλυτή AS/60 40 θέσεων. Το BOD₅ προσδιορίστηκε με την ειδική συσκευή μέτρησης. Ο προσδιορισμός του καλίου και του νατρίου έγινε με φλογοφωτόμετρο.

2.1 Περιγραφή των λεκανών απορροής

Στη λεκάνη απορροής του Πλατανορέματος Κορώπης καλλιεργούνται συνολικά 22800 στρέμματα. Οι καλλιεργήσιμες εκτάσεις στη λεκάνη απορροής του Βρίκονα καταλαμβάνουν έκταση 20700 στρεμμάτων. Οι περιοχές που καλλιεργούνται γύρω από το χειμάρρο Άναυρο καλύπτουν έκταση 10600 στρεμμάτων. Στη λεκάνη απορροής του χειμάρρου Κραυσίδανα υπάρχει συνολική καλλιεργήσιμη έκταση 14800 στρεμμάτων, ενώ στον Ξηριά 96900 στρεμμάτων. Στην περιοχή του Αλμυρού η λεκάνη απορροής του Χολορέματος έχει καλλιεργήσιμη έκταση 51400 στρέμματα, του Ξηριά 112000 στρέμματα, του Πλατανορέματος 32400 στρέμματα και του Κακορέματος 87200 στρέμματα.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Από τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων προκύπτουν τα εξής :

3.1 Συγκέντρωση NO_3^- και NO_2^- ιόντων στους χειμάρρους.

Οι συγκεντρώσεις των νιτρικών ιόντων στα νερά κυμάνθηκαν από 0,01 ως 6,05 ppm. Υψηλές συγκεντρώσεις νιτρικών, πάνω από την τιμή 0,1 ppm παρατηρήθηκαν στο χειμάρρο Ξηριά Βόλου στις 17/2/200. Η συγκέντρωση των νιτρικών ιόντων παρουσίασε υψηλότερη τιμή τα 158,7 ppm στο χειμάρρο Ξηριά σχήμα 1α. Υψηλές συγκεντρώσεις πάνω από το όριο των 50ppm παρατηρήθηκαν στο χειμάρρο Ξηριά Αλμυρού σχήμα 1β. Ο χειμάρρος αυτός έχει ως λεκάνη απορροής την πεδιάδα του Αλμυρού στην οποία καλλιεργούνται εντατικά δυναμικές καλλιέργειες όπως βαμβάκι και αραβόσιτος. Οι υπερβολικές αζωτούχες λιπάνσεις και το τοπογραφικό ανάγλυφο της περιοχής αυτής ευνοούν την έκπλυση των νιτρικών ιόντων και τη μεταφορά αυτών με τα νερά απορροής.

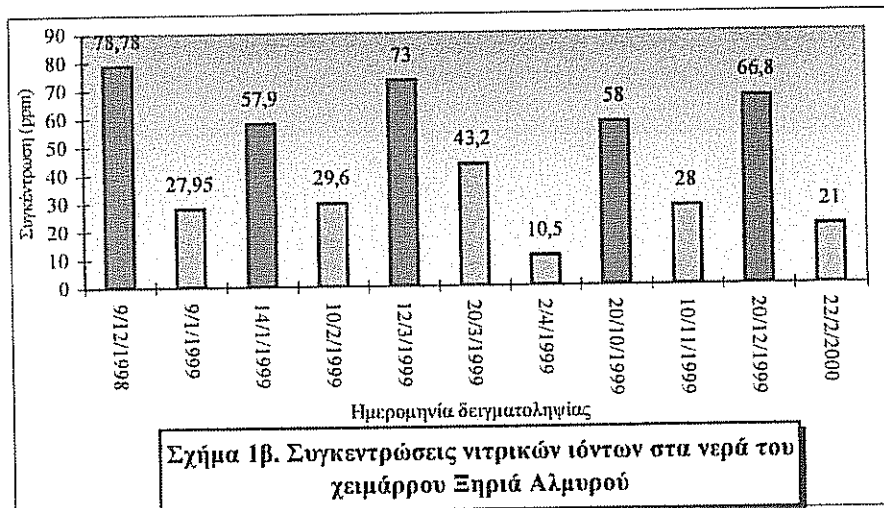
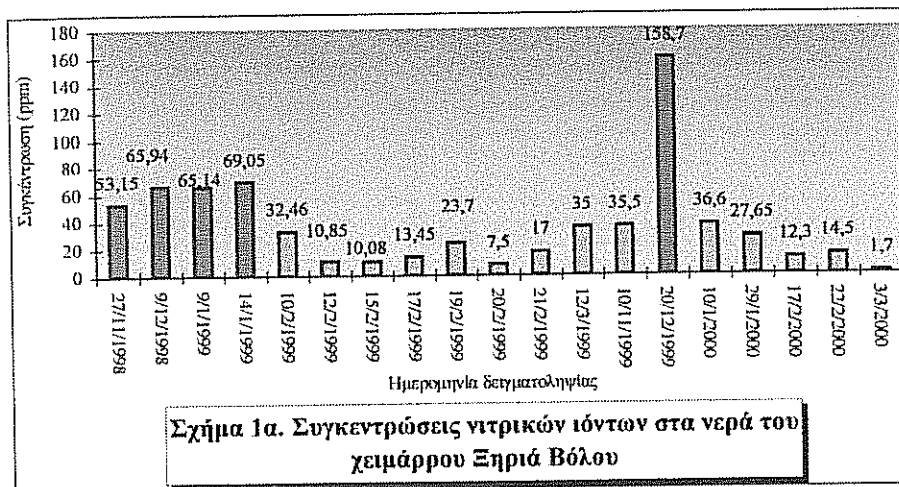
Συνολικά σε 13 δειγματοληψίες οι τιμές των συγκεντρώσεων των NO_3^- στα νερά ήταν υψηλότερες από το επιτρεπτό επίπεδο.

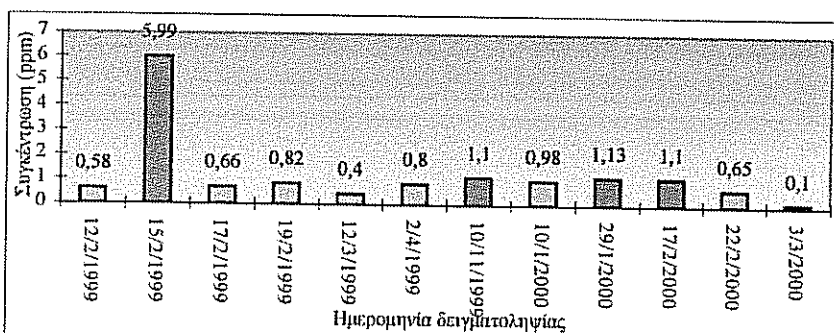
3.2 Συγκέντρωση F^- ιόντων στους χειμάρρους.

Από τη μελέτη των αποτελεσμάτων των αναλύσεων προκύπτει ότι η συγκέντρωση των ιόντων φθορίου στα νερά των χειμάρρων παρουσιάζει χαμηλότερη τιμή 0,05 ppm και υψηλότερη 8,4 ppm. Στα νερά του Ξηριά Βόλου, της βιομηχανικής περιοχής και της Κάρλας εντοπίστηκαν συγκεντρώσεις F^- υψηλότερες του ανώτατου ορίου 1,5 ppm [4]. Στο Ξηριά Βόλου, στη βιομηχανική περιοχή και στη Κάρλα σε 22 δειγματοληψίες οι τιμές των συγκεντρώσεων των ιόντων φθορίου στα νερά ξεπέρασαν το ανώτατο όριο, σχήμα 2γ, 2β, 2α αντίστοιχα. Πηγές ρύπανσης με ιόντα F^- θεωρούνται τα φωσφορικά λιπάσματα ή οι γεωλογικοί σχηματισμοί (ασβεστόλιθοι) ή σημειακές πηγές όπως οι βιομηχανίες [7].

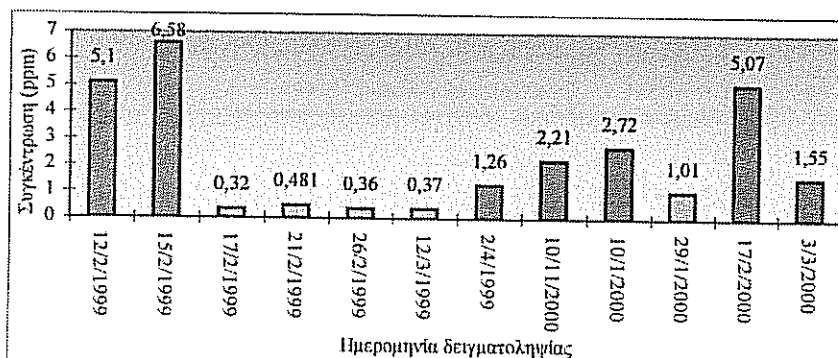
3.3 Συγκέντρωση των βρωμιούχων ιόντων στους χειμάρρους.

Η ελάχιστη τιμή της συγκέντρωσης των βρωμιούχων ιόντων στα νερά των υπό μελέτη χειμάρρων είναι 0,05 και η μέγιστη 45,6 ppm. Οι τιμές των συγκεντρώσεων στα νερά του Ξηριά Βόλου, της βιομηχανικής περιοχής και της Κάρλας κυμαίνονται από 1,61 ppm ως 45,6 ppm, σχήμα 3γ, 3β, 3α αντίστοιχα. Τα βρωμιούχα προέρχονται από γεωργικά φάρμακα ή από βιομηχανίες, είτε από τα νερά άρδευσης [5].

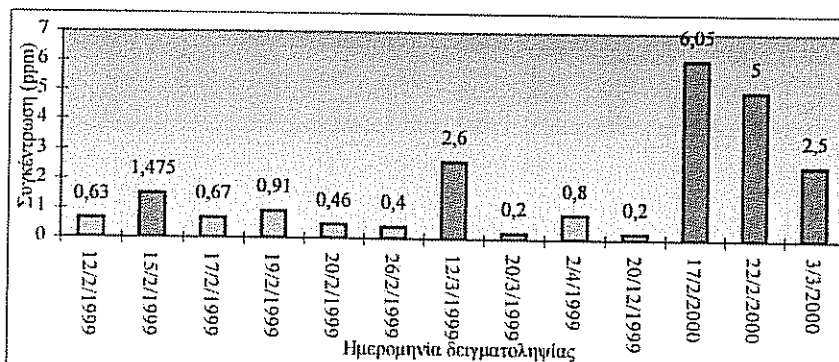




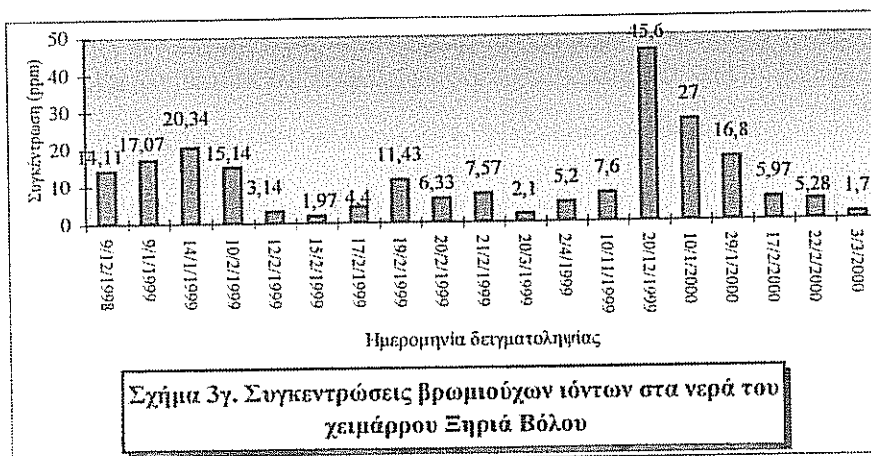
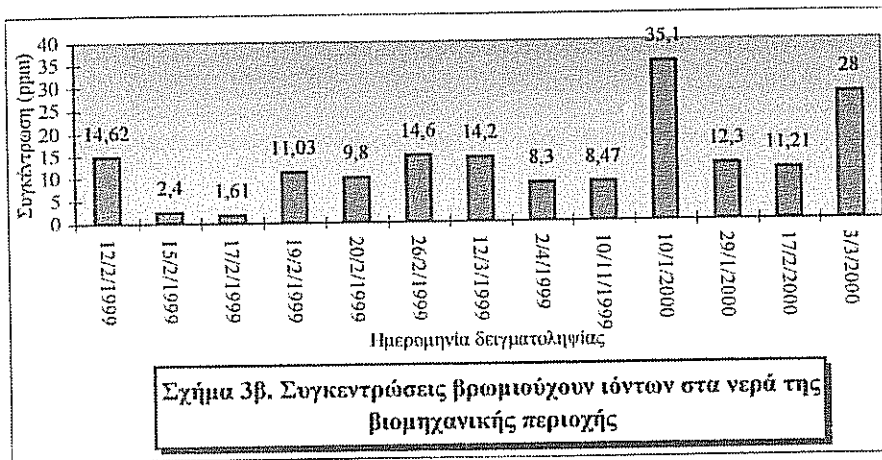
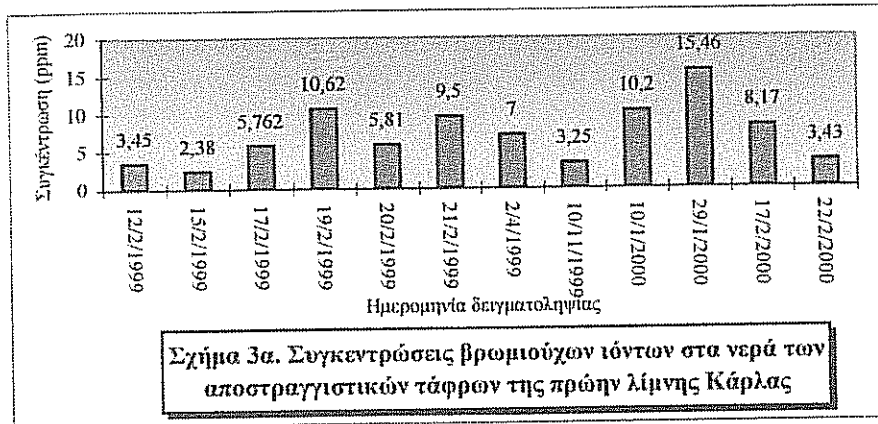
Σχήμα 2α. Συγκεντρώσεις ιόντων φθορίου στα νερά των αποστραγγιστικών τάφρων της πρώην λίμνης Κάρλας



Σχήμα 2β. Συγκεντρώσεις ιόντων φθορίου στα νερά της βιομηχανικής περιοχής



Σχήμα 2γ. Συγκεντρώσεις ιόντων φθορίου στα νερά του χειμάρρου Ξηριά Βόλου



3.4 Συγκέντρωση φωσφορικών ιόντων στους χειμάρρους.

Φωσφορικά ιόντα ανιχνεύθηκαν σε πολύ μικρό αριθμό δειγματοληψιών. Σε 25 δειγματοληψίες προσδιορίστηκαν φωσφορικά ιόντα σε τιμές από 0,1 ως 3,8 ppm.

3.5 Συγκέντρωση των βαρέων μετάλλων (καδμίου, μολύβδου, χαλκού, σιδήρου) και του αργιλίου

Οι τιμές των συγκεντρώσεων των βαρέων μετάλλων και του αργιλίου κυμαίνονται σε πολύ χαμηλά επίπεδα, της τάξης των ppm. Οι υψηλότερες τιμές αυτών κυμαίνονται εντός των ανωτάτων αποδεκτών ορίων. Οι συγκεντρώσεις αυτών παρατηρούνται στο χειμάρρο Ξηριάς Βόλου, στη βιομηχανική περιοχή και στην Κάρλα ήταν υψηλότερες αλλά είναι χαμηλότερες από τα αποδεκτά όρια.

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από τις χημικές αναλύσεις των νερών από τους υπό μελέτη χειμάρρους προκύπτει ότι ο χειμάρρος Ξηριάς Βόλου είναι η κύρια πηγή ρύπανσης του Παγασητικού κόλπου με NO_3^- , F και Br⁻. Ο χειμάρρος αυτός αποτελεί τον κύριο αγωγό διέλευσης αρκετών ποσοτήτων λυμάτων από τη βιομηχανική περιοχή του Βόλου ως και ρύπων από την περιοχή της λίμνης Κάρλας. Ειδικά αυτή η δίοδος επιβαρύνει συνεχώς το θαλάσσιο περιβάλλον με υψηλές συγκεντρώσεις βρωμιούχων και ιόντων φθορίου. Ένας άλλος χειμάρρος που εντοπίστηκε να αποτελεί πηγή ρύπανσης για τον Παγασητικό κόλπο είναι ο Ξηριάς Αλμυρού. Από τα αποτελέσματα προκύπτει ότι αρκετά δείγματα είναι επιβαρημένα με νιτρικά ιόντα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Armstrong, D. E. and Rohlick, G. A., 1970. Effects of agricultural pollution on entrophication. In *Agricultural practices and water quality*. T. I. Willrich and L. E. Smith, (Eds.) pp. 314-330. Iowa State University Press, Ames, Iowa.
2. Arnold, E., Rhodes, R. and Lenore, S., 1985. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 16th edition.
3. Γεράκης, Π. Α., Τσιούρης, Σ. Ε., 1992. Τεχνικές προστασίας υγροτόπων από γεωργικές δραστηριότητες, *Μονογραφία*.
4. Ζανάκη, Κ., 1996. Έλεγχος ποιότητας νερού. Εκδόσεις ΙΩΝ, Αθήνα.
5. *Methods of Soil Analysis*, 1982. Part. 2. Chemical and Microbiological properties. 9, pp. 449 – 455.
6. Μήτσιος, Ι. Κ., 1999. *Εδαφολογία*. Εκδόσεις Ζημελ, Αθήνα 1999 (2^η έκδοση).
7. Μγκίρος, Γ. Π., 1998. Συνοπτική περιγραφή του ορυκτού πλούτου της Θεσσαλίας. Γεωτεκτονική ένταξη, αξιοποίηση πόρων. *Ορυκτός πλούτος / Mineral wealth*. 108.
8. Μουσείο Γουλανδρή φυσικής ιστορίας, Ε.Κ.Β.Υ., 1994. Απογραφή Ελληνικών Υγροτόπων ως φυσικών πόρων. Μουσείο Γουλανδρή φυσικής ιστορίας, Ε.Κ.Β.Υ., Αθήνα.
9. Μουσείο Γουλανδρή φυσικής ιστορίας, Ε.Κ.Β.Υ., 1996. Ελληνικοί υγρότοποι. Εμπορική Τράπεζα της Ελλάδος, Αθήνα
10. Robinson, A. R., 1971. Sediment: our greatest pollutant. *Agr. Eng.* 53 (8), 406-408.
11. Vogel, I., Arthur., 1961. *A Textbook of Quantitative Inorganic Analysis*. Third Edition, 16, 18, 128, 139, 141, iii21-24.

Η ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΩΝ ΑΓΡΟΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΔΕΙΚΤΩΝ ΣΤΗΝ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΤΟΥ ΣΙΤΑΡΙΟΥ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ ΛΑΡΙΣΑΣ

**N. P. Δαλέζιος⁽¹⁾, X. Δομενικιώτης⁽²⁾, Σ. Τζώρτζιος⁽³⁾,
A. Λουκάς⁽⁴⁾ και I. Σ. Τζανετοπούλου⁽¹⁾**

- (1) Εργαστήριο Αγρομετεωρολογίας, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Πεδίον Άρεως, 38334 Βόλος, Τηλ:0421-74238 Fax:0421-74239, email:dalezios@uth.gr
(2) Τμήμα Διαχείρισης Αγροτικού Περιβάλλοντος και Φυσικών Πόρων
(3) Εργαστήριο Βιομετρίας, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
(4) Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Μελετάται η επίδραση αγρομετεωρολογικών δεικτών στην απόδοση της καλλιέργειας του σιταριού στην περιοχή της Λάρισας στα φαινολογικά στάδια του φυτού αυτού. Οι αγρομετεωρολογικοί δείκτες που χρησιμοποιούνται στην εργασία αυτή εξαρτώνται από τη θερμοκρασία, την υγρασία και την ηλιακή ακτινοβολία. Η ανάλυση των στοιχείων γίνεται με τη στατιστική μέθοδο της παραγοντικής ανάλυσης, για τα έτη 1957-1980. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι οι δείκτες που έχουν σχέση με τη θερμοκρασία αποτελούν βασικό παράγοντα στην ανάπτυξη των φυτών.

THE SIGNIFICANCE OF METEOROLOGICAL INDICES IN THE EVOLUTION OF WHEAT IN THE AREA OF LARISA

**N.R. Dalezios⁽¹⁾, C. Domenikiotis⁽²⁾, S. Tzortzios⁽³⁾, A. Loukas⁽⁴⁾
and G. Tzanetopoulou⁽¹⁾,**

- (1)Laboratory of Agrometeorology, University of Thessaly, Pedion Areos, 38334 Volos, Greece, Phone +30-421-74238, fax +30-421-74239, email: dalezios@uth.gr
(2) Department of Management of Rural Environment & Natural Resources
(3) Laboratory of Biometry, University of Thessaly
(4) Department of Civil Engineering, University of Thessaly

ABSTRACT

The relationship between agrometeorological indices and the yield of wheat in the area of Larisa, with its phenological stages is examined. The agrometeorological indices used in this work depend on the temperature, humidity and solar radiation. The statistical method used to relate the data, for the years 1957-1980, is factor analysis. The results show that the indices related to the temperature constitute a significant factor for the evolution of wheat.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο καιρός και το κλίμα αποτελούν δυο καθοριστικούς παράγοντες στην ανάπτυξη και εξέλιξη των φυτών και η σημασία τους είναι ιδιαίτερα κρίσιμη στην περίπτωση των φυτών μεγάλων γεωργικών καλλιεργειών. Οι μετεωρολογικοί παράγοντες, που εμπλέκονται στη διαμόρφωση του μικροκλίματος μιας περιοχής, προσδιορίζουν χρονικά καθοριστικές φυσιολογικές διεργασίες των φυτών που από τη φύση τους διακρίνονται μεταξύ τους και καλούνται φαινολογικά στάδια. Αν και η προσέγγιση της συσχέτισης των φαινολογικών σταδίων των φυτών με μετεωρολογικές παραμέτρους είναι εμπειρική, έχει αποδειχθεί πολύ χρήσιμη για την παρακολούθηση της αγροτικής παραγωγής.

Ως γνωστόν, φαινολογία είναι η μελέτη της χρονικής εμφάνισης των διαφόρων σταδίων του βιολογικού κύκλου των ζωντανών οργανισμών σε σχέση με τις μεταβολές των βιοτικών και κυρίως των αβιοτικών παραγόντων του περιβάλλοντος. Συχνά η πρόβλεψη ενός βιολογικού φαινομένου με βάση έναν αβιοτικό παράγοντα είναι επισφαλής γι' αυτό οι φαινολογικές έρευνες περιλαμβάνουν όσο το δυνατόν περισσότερες παραμέτρους ώστε οι προβλέψεις τους να στηρίζονται σε ορθή βιολογική βάση [1, 2, 3, 4, 5]. Οι αβιοτικοί παράγοντες που λαμβάνονται υπόψη σε φαινολογικές μελέτες είναι συνήθως οι κλιματικοί και ιδιαίτερα η ηλιακή ακτινοβολία, η θερμοκρασία και η βροχόπτωση. Από πρακτική άποψη ο σπουδαιότερος αβιοτικός παράγοντας που επηρεάζει το χρόνο που εκδηλώνονται τα φαινολογικά στάδια των φυτών είναι η θερμοκρασία.

Απώτερος και γενικότερος σκοπός μελετών είναι η εύρεση τρόπου σύνδεσης ορισμένων αβιοτικών παραγόντων, όπως είναι κατεξοχήν οι μετεωρολογικοί και κλιματικοί παράγοντες, με την τελική απόδοση της καλλιέργειας [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17]. Κατ' επέκταση, το ζητούμενο είναι η δυνατότητα της εκτίμησης της τελικής παραγωγής όταν είναι γνωστές οι μετεωρολογικές συνθήκες που επικρατούν σε κάποιο φαινολογικό στάδιο της καλλιέργειας.

Αντικείμενο της παρούσης εργασίας είναι η μελέτη, με τη βοήθεια της μεθόδου της Παραγοντικής Ανάλυσης, της σχέσης που υπάρχει μεταξύ ορισμένων αγρομετεωρολογικών δεικτών και των διαφόρων σταδίων εξέλιξης της χειμερινής καλλιέργειας του σιταριού στη περιοχή της Λάρισας. Ειδικότερα εξετάζεται η συσχέτιση των αγρομετεωρολογικών δεικτών μεταξύ των, καθώς και η σχετική επίδρασή τους στα φαινολογικά στάδια της καλλιέργειας, όπως και η σύνδεσή τους με την τελική απόδοση.

2. ΒΑΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Η βάση δεδομένων αποτελείται από ημερήσιες μετεωρολογικές παρατηρήσεις για την περίοδο 1957-1980 και ετήσιες αποδόσεις σιταριού για την ίδια περίοδο. Οι μετεωρολογικές μετρήσεις περιλαμβάνουν ημερήσιες τιμές της μέγιστης θερμοκρασίας, ελάχιστης θερμοκρασίας, βροχόπτωσης (σε mm) και σχετικής υγρασίας (για την μεταβλητή αυτή υπάρχουν τρεις ημερήσιες τιμές που αντιστοιχούν σε τρεις μετρήσεις κατά τις ώρες 08:00, 14:00 και 20:00). Στους υπολογισμούς χρησιμοποιούνται οι αριθμητικοί μέσοι όροι για τη θερμοκρασία και τη σχετική υγρασία.

Στον Πίνακα 1 αναγράφονται τα φαινολογικά στάδια καθώς και τα δεκαήμερα του έτους (3 δεκαήμερα/μήνα) που αντιστοιχούν στο καθένα, για βλαστική περίοδο 230 ημερών, από 11 Νοεμβρίου έως 30 Ιουνίου.

Πίνακας 1. Φαινολογικά στάδια του σιταριού

ΦΑΙΝΟΛΟΓΙΚΟ ΣΤΑΔΙΟ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΔΕΚΑΗΜΕΡΑ ΔΙΑΡΚΕΙΑ
0° ΣΤΑΔΙΟ-ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ	ΣΠΟΡΑ → ΦΥΤΡΩΜΑ	32ο: 11-20 ΝΟΕΜΒΡΙΟΥ
	1α ΦΥΤΡΩΜΑ→ ΑΔΕΛΦΩΜΑ	33ο-34ο: 21 ΝΟΕΜ-10 ΔΕΚ
1° ΣΤΑΔΙΟ-ΒΛΑΣΤΙΚΟ	1β ΛΗΘΑΡΓΟΣ→ ΕΑΡΙΝΟΠΟΙΗΣΗ	35ο- 7ο: 11 ΔΕΚ-10 ΜΑΡ
	1γ ΚΑΛΑΜΩΜΑ→ ΞΕΣΤΑΧΥΑΣΜΑ	8ο-12ο: 11 ΜΑΡΤ-30 ΑΠΡ
2° ΣΤΑΔΙΟ - ΑΝΘΗΣΗ		13ο-14ο: 1-20 ΜΑΙΟΥ
3° ΣΤΑΔΙΟ - ΩΡΙΜΑΝΣΗ		15ο-17ο: 21 ΜΑΙΟΥ- 20 ΙΟΥΝ
4° ΣΤΑΔΙΟ -ΣΥΓΚΟΜΙΔΗ		18ο : 21-30 ΙΟΥΝΙΟΥ

3. ΜΕΘΟΔΟΙ

3.1 Παραγοντική Ανάλυση

Η Παραγοντική Ανάλυση [18,19] είναι μια στατιστική μέθοδος που χρησιμοποιείται από ευρύ φάσμα επιστημονικών κλάδων. Σκοπός της Παραγοντικής Ανάλυσης είναι η ερμηνεία ή η “αποκάλυψη” της εσωτερικής δομής ενός συστήματος πολυμεταβλητών δεδομένων μέσω της επεξεργασίας του πίνακα διακύμανσης-συνδιακύμανσης (variance-covariance).

Στο σύστημα των αλληλοσυσχετιζόμενων μεταβλητών υπάρχουν κάποιοι κοινοί παράγοντες οι οποίοι εξάγονται και εκφράζονται από την Παραγοντική Ανάλυση. Οι παράγοντες αυτοί αποτελούν μαθηματικό μετασχηματισμό των αρχικών δεδομένων. Η συνολική διακύμανση είναι το άθροισμα τριών διακυμάνσεων: η κοινή διακύμανση (common variance), η οποία είναι το κλάσμα της ολικής διακύμανσης που σχετίζεται με τις άλλες μεταβλητές, η ειδική διακύμανση (specific variance), που είναι το κλάσμα της ολικής διακύμανσης που δεν σχετίζεται με τις άλλες μεταβλητές και η διακύμανση σφάλματος (error variance), η οποία είναι η τυχαία διακύμανση που οφείλεται σε διάφορες πηγές σφάλματος. Η Παραγοντική Ανάλυση επιδιώκει να προσδιορίσει το ιδιαίτερο χαρακτηριστικό του συστήματος των μεταβλητών που οδηγεί στην αλληλοσυσχέτισή τους.

Οι παράγοντες προκύπτουν από τον πίνακα συσχετίσεων και δηλώνουν το βαθμό στον οποίο οι μεταβλητές αλληλεπιδρούν μεταξύ τους. Οι παράγοντες βασίζονται στις ιδιοτιμές του πίνακα συσχετίσεων των νέων αξόνων και είναι απαραίτητοι για να καθοριστεί η διασπορά των σημείων στο χώρο πολλών διαστάσεων. Ο πρώτος παράγοντας καθορίζεται από το βαθμό αλληλοσυσχέτισης των μεταβλητών. Ο δεύτερος παράγοντας σχετίζεται με ορθογώνιο άξονα προς τον άξονα του πρώτου παράγοντα. Κάθε παράγοντας εξηγεί ένα μέρος της παραλλακτικότητας των δεδομένων, ενώ διαδοχικά επέρχεται μείωση στη συμβολή του καθενός.

3.2 Περιγραφή και Υπολογισμός Αγρομετεωρολογικών Δεικτών

Μέσα από πειραματικά δεδομένα έχει πολλές φορές προκύψει το συμπέρασμα ότι οι βασικές αγρομετεωρολογικές παράμετροι σχετίζονται άμεσα με τα επιμέρους φαινολογικά στάδια διαφόρων καλλιεργειών. Οι παράμετροι αυτές εκτιμούνται από βασικά μετεωρολογικά στοιχεία, όπως θερμοκρασία, σχετική υγρασία ή βροχόπτωση. Παρακάτω αναλύονται τα κύρια χαρακτηριστικά των αγρομετεωρολογικών δεικτών που χρησιμοποιούνται στην παρούσα εργασία καθώς και ο τρόπος υπολογισμού τους [20, 21, 22, 23, 24, 25]. Οι δείκτες αυτοί σχετίζονται με τα φαινολογικά στάδια των φυτών.

3.2.1. Άθροισμα αριθμού ξηρών ημερών (Crop-drying day.c1:c2)

Ως άθροισμα αριθμού ξηρών ημερών ορίζεται ο αριθμός των ημερών κατά τις οποίες η ημερήσια βροχόπτωση είναι ίση ή κάτω από μια κρίσιμη τιμή κατωφλίου. Δύο οριακές τιμές έχουν επιλεγεί, η τιμή 5mm και η τιμή 10mm. Η τιμή 5mm αντιστοιχεί στο δείκτη c1, ενώ η τιμή 10mm αντιστοιχεί στο δείκτη c2.

3.2.2. Κοροπλήρωμα (Vapor Pressure Deficit, d)

Ως κοροπλήρωμα ορίζεται η διαφορά μεταξύ της πίεσης υδρατμών κορεσμού (e_s) και πραγματικής πίεσης υδρατμών (e) και εκτιμάται από την εξίσωση

$$d = e_s - e = e_s (100 - RH) \quad (1)$$

όπου RH είναι η σχετική υγρασία του αέρα. Η παράμετρος e_s εκτιμάται από τη μέση ημερήσια θερμοκρασία (T) και από την παρακάτω εμπειρική εξίσωση των Magnus-Tetens (όπου η πίεση εκφράζεται σε mb και η θερμοκρασία σε °C).

$$e_s = 6.11 \cdot 10^{(7.5 \cdot T_{mean} / (237.3 + T_{mean}))} \quad (2)$$

Όπως είναι φανερό, η παράμετρος αυτή σχετίζεται άμεσα με τη σχετική υγρασία, παράμετρο καθοριστική λίγο ως πολύ για την πορεία όλων των καλλιεργειών, διότι έχει άμεση επίδραση στις διεργασίες των φύλλων και στη διαπνοή τους. Επιπρόσθετα ο παράγων διύγρυνση φύλλου είναι δυνατό να συσχετισθεί με εξάρσεις ασθενειών, οι οποίες είναι σαφές, ότι είναι δυνατό να επδράσουν δυσμενώς στη φαινολογία και στην τελική παραγωγή βιομάζας.

3.2.3. Φωτοθερμική μονάδα (Photothermal Unit, PTU)

Ως φωτοθερμική μονάδα ορίζεται το άθροισμα των γινομένων των ωρών της ημέρας επί τις θερμοκρασίες επάνω από μία τιμή κατωφλίου και περιγράφεται από την εξίσωση:

$$PTU = \sum_1^{10} (T_{mean} - T_c) D \quad (3)$$

όπου T_{mean} και T_c είναι η μέση και κρίσιμη θερμοκρασία, αντίστοιχα ενώ D είναι η διάρκεια της ημέρας σε ώρες. Στο άθροισμα λαμβάνονται υπόψη μόνο οι θετικές διαφορές $T_{mean} - T_c$. Ο ρόλος της φωτοθερμικής μονάδας είναι σημαντικός για διάφορα φαινολογικά στάδια (φύτευμα, ανθοφορία, καρποφορία) καθώς και για τη γενικότερη ολοκλήρωση του βιολογικού κύκλου κάθε φυτού. Η τιμή του T_c που χρησιμοποιείται στην παρούσα εργασία είναι 10° C.

3.2.4. Άθροιστική βροχόπτωση (rr)

Ο δείκτης αυτός είναι πολύ κοινός στις αγρομετεωρολογικές εφαρμογές, διότι εκτιμά τα αποθέματα της εδαφικής υγρασίας και κρίνει την πορεία των καλλιεργειών

και τα επιμέρους φαινολογικά στάδιά τους. Αυτό συμβαίνει, διότι η βροχόπτωση αποτελεί μία από τις κρίσιμότερες παραμέτρους για την αύξηση και ανάπτυξη των φυτών. Υπολογίζεται, συνήθως, σε αθροιστικές τιμές ημέρας, δεκαήμερων, μηνών ή και ολοκλήρων υδρολογικών ετών για συγκεκριμένες περιοχές. Στην παρούσα εργασία υπολογίζεται από ωριαίες τιμές και αθροιστικά για κάθε δεκαήμερο.

3.2.5. Αποτελεσματική νυκτοθερμοκρασία (Nycotemperature, T_n)

Η αποτελεσματική νυκτοθερμοκρασία δίνεται από την εξίσωση:

$$T_n = T_{\min} + \frac{1}{4}(T_{\max} - T_{\min}) \quad (4)$$

όπου T_{max} είναι η μέγιστη ημερήσια και T_{min} η ελάχιστη ημερήσια θερμοκρασία σε °C. Ο δείκτης υπολογίζεται ως μέσος όρος για κάθε δεκαήμερο και σταθμό. Όπως και στην πιο πάνω περίπτωση, μπορεί να ειπωθεί, ότι η παράμετρος αυτή αντικατοπτρίζει έμμεσα μία μέση θερμοκρασία κατά τη διάρκεια του εικοσιτετράωρου, όπου επικρατούν συνθήκες έλλειψης ή μειωμένης ηλιακής ακτινοβολίας.

3.2.6. Αποτελεσματική φωτοθερμοκρασία (Phototemperature, T_p)

Η αποτελεσματική φωτοθερμοκρασία δίνεται από την εξίσωση:

$$T_p = T_{\max} - \frac{1}{4}(T_{\max} - T_{\min}) \quad (5)$$

όπου T_{max} είναι η μέγιστη ημερήσια και T_{min} η ελάχιστη ημερήσια θερμοκρασία σε °C. Ο δείκτης υπολογίζεται ως μέσος όρος για κάθε δεκαήμερο και σταθμό. Μπορεί να ειπωθεί, ότι η παράμετρος αυτή αντικατοπτρίζει έμμεσα μία μέση θερμοκρασία κατά τη διάρκεια της ημέρας που υπάρχει ηλιακή ακτινοβολία.

3.2.7. Θερμική μονάδα ή ημερόβαθμοι (Heat Unit, Growing Degree Days, Tt, HU)

Ως θερμική μονάδα ορίζεται η αθροιστική μέση θερμοκρασία εκείνων των ημερών, που έχουν μέση ημερήσια θερμοκρασία επάνω από μία κρίσιμη τιμή κατωφλίου ειδική για κάθε καλλιέργεια και περιγράφεται από την εξίσωση:

$$Tt = \sum_1^{10} (T_{mean} - T_c) \quad (6)$$

όπου T_{mean} είναι η μέση ημερήσια θερμοκρασία σε °C και T_c η κρίσιμη θερμοκρασία με συνήθεις τιμές 0,5 και 10 °C. Εκτιμάται συνήθως για κάθε δεκαήμερο ξεχωριστά. Στην παρούσα εργασία η θερμική μονάδα υπολογίζεται, όπως και η φωτοθερμική μονάδα με T_c = 10° C και T-T_c>0.

4. ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Αρχικά υπολογίστηκαν οι αγρομετεωρολογικοί δείκτες (εξισώσεις (1)-(6)) για κάθε δεκαήμερο, που αντιστοιχεί στα φαινολογικά στάδια, για τα έτη 1957-1980. Για κάθε δεκαήμερο σχηματίστηκε ένας πίνακας. Τρεις παράγοντες χρησιμοποιούνται στην παραγοντική ανάλυση. Στον Πίνακα 2 παρουσιάζονται συνοπτικά τα αποτελέσματα της Παραγοντικής Ανάλυσης για την περιοχή Λάρισας.

Πίνακας 2. Συνοπτικά αποτελέσματα παραγοντικής ανάλυσης της περιοχής Λάρισας

ΦΑΙΝΟ ΛΟΓΙΚΑ ΣΤΑΔΙΑ	ΔΕΚΑ ΗΜΕ ΡΑ	ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ		
		1ος	2ος	3ος
		ΔΕΙΚΤΕΣ	ΔΕΙΚΤΕΣ	ΔΕΙΚΤΕΣ
0ο	32	Tn,Tr,PTU,Tt	c1,c2,d,π	απόδοση
1α	33	Tn,Tr, PTU,Tt	c1,c2,d,π	απόδοση
	34	Tn,Tr, PTU,Tt	c1,c2,d,π	απόδοση
1β	35	Tn,Tr, PTU,Tt	c1,c2,π	d, απόδοση
	36	Tn,Tr, PTU,Tt	c1,c2,d,π	απόδοση
	1	Tn,Tr, PTU,Tt	c1,c2,π, απόδοση	d
	2	d,Tn,Tr, PTU,Tt	c1,c2	π, απόδοση
	3	d,Tn,Tr, PTU,Tt	c1,c2	Tn, απόδοση
	4	Tn,Tr, PTU,Tt	c1,c2,d,π	απόδοση
	5	d,Tn,Tr, PTU,Tt	c1,c2	π, απόδοση
	6	Tn,Tr, PTU,Tt	c1,c2,π, απόδοση	d
1γ	7	Tn,Tr, PTU,Tt	c1,c2,d	π, απόδοση
	8	Tn,Tr, PTU,Tt	c1,c2,d	π, απόδοση
	9	c1,c2,d	Tn,Tr, PTU,Tt	π, απόδοση
	10	d,Tn,Tr, PTU,Tt	c1,c2,π	απόδοση
	11	Tn,Tr, PTU,Tt	c1,c2,d	π, απόδοση
2ο	12	d,π,Tn,Tr	c1,c2,Tt	PTU, απόδοση
	13	d,Tn,Tr, PTU,Tt	c1,c2	π, απόδοση
3ο	14	d,Tn,Tr, PTU,Tt	c1,c2,π	απόδοση
	15	d,π,Tn,Tr	c1,c2, PTU	Tt, απόδοση
	16	d,Tn,Tr, PTU,Tt	c1,c2,π	απόδοση
4ο	17	d,Tn,Tr, PTU,Tt	c1,c2,π	απόδοση
	18	d,Tn,Tr, PTU,Tt	c1,c2,π	απόδοση

Όπως φαίνεται από τον πίνακα 2, τέσσερις δείκτες, όλοι άμεσα εξαρτώμενοι από τη θερμοκρασία, εμφανίζονται να συνεισφέρουν σταθερά στον πρώτο παράγοντα. Οι δείκτες αυτοί είναι: η φωτοθερμική μονάδα (PTU), η αποτελεσματική νυχτοθερμοκρασία (Tn), η αποτελεσματική φωτοθερμοκρασία (Tr) και η θερμική μονάδα (Tt).

Εξαιρέσεις όπου δεν συνεισφέρουν οι παραπάνω δείκτες εμφανίζονται: στο 9ο δεκαήμερο (στάδιο 1γ της καλλιέργειας) όπου συνεισφέρουν τα αθροίσματα ξηρών ημερών c1 και c2 και το κοροπλήρωμα (d), στο 12ο και 15ο δεκαήμερο (στάδια 1γ και 3 αντίστοιχα) όπου συνεισφέρουν η αποτελεσματική φωτοθερμοκρασία (Tr) η αθροιστική βροχόπτωση (π), η αποτελεσματική νυχτοθερμοκρασία (Tn) και το κοροπλήρωμα (d). Το κοροπλήρωμα (d) εμφανίζεται επίσης να συνεισφέρει στον πρώτο παράγοντα και στο 2ο, 3ο, 5ο, 10ο, 13ο, 14ο, 16ο, 17ο και 18ο δεκαήμερο.

Στον δεύτερο παράγοντα συνεισφέρουν κυρίως οι δείκτες που έχουν σχέση με τη βροχόπτωση και κατ'επέκταση με την υγρασία του εδάφους. Τα αθροίσματα ξηρών ημερών c1 και c2 εμφανίζονται σε όλα τα δεκαήμερα εκτός από το 9ο. Η βροχόπτωση (π) εμφανίζεται να συνεισφέρει σε περισσότερα από τα μισά δεκαήμερα της καλλιεργητικής περιόδου σε όλα τα φαινολογικά στάδια (32ο - 36ο, 1ο, 4ο, 6ο, 10ο, 14ο, 16ο, 17ο και 18ο δεκαήμερο). Το κοροπλήρωμα (d), που σχετίζεται με την ατμοσφαιρική υγρασία, αλλά και με τη μέγιστη θερμοκρασία, συμμετέχει στο 32ο, 33ο,

34ο, 36ο, 4ο, 7ο, 8ο και 11ο δεκαήμερο . Η απόδοση εμφανίζεται να συνεισφέρει στον δεύτερο παράγοντα σε δύο δεκαήμερα του 1ου σταδίου, το 1ο και το 6ο.

Γενικά η συνεισφορά της απόδοσης περιορίζεται στον τρίτο παράγοντα όπου σε ορισμένα δεκαήμερα εμφανίζονται και άλλοι παράγοντες όπως παρακάτω:

<u>1ο στάδιο</u>	35ο δεκαήμερο: κοροπλήρωμα (d)
	2ο δεκαήμερο: αθροιστική βροχόπτωση (π)
	3ο δεκαήμερο: νυχτοθερμοκρασία (Τn)
	5ο δεκαήμερο: αθροιστική βροχόπτωση (π)
	7ο δεκαήμερο: αθροιστική βροχόπτωση (π)
	9ο δεκαήμερο: αθροιστική βροχόπτωση (π)
	11ο δεκαήμερο: αθροιστική βροχόπτωση (π)
	12ο δεκαήμερο: φωτοθερμική μονάδα (PTU)
<u>2ο στάδιο</u>	13ο δεκαήμερο: αθροιστική βροχόπτωση (π)
<u>3ο στάδιο</u>	15ο δεκαήμερο: θερμική μονάδα (Tt)

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην παρούσα εργασία παρουσιάστηκε η σημασία εφτά αγρομετεωρολογικών δεικτών στην εξέλιξη του σιταριού στην περιοχή της Λάρισας. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι εννέα παράμετροι ομαδοποιούνται σε τρεις παράγοντες οι οποίοι ερμηνεύουν κατά μέσο όρο το 87% της ολικής παραλλακτικότητας των δεδομένων. Στον πρώτο παράγοντα συμμετέχουν, στα περισσότερα δεκαήμερα, οι μετεωρολογικοί δείκτες που σχετίζονται με τη θερμοκρασία, όπως: φωτοθερμική μονάδα, αποτελεσματική νυχτοθερμοκρασία, αποτελεσματική φωτοθερμοκρασία και θερμική μονάδα. Στον δεύτερο παράγοντα συνεισφέρουν συνήθως οι δείκτες που έχουν σχέση με τη βροχόπτωση και κατ'επέκταση με την υγρασία του εδάφους, δηλ. άθροισμα αριθμού ξηρών ημερών, κοροπλήρωμα και αθροιστική βροχόπτωση. Στον τρίτο παράγοντα συμμετέχει κυρίως η απόδοση και σποραδικά άλλοι δείκτες.

Συμπερασματικά, όσον αφορά το νομό Λάρισας, μπορεί να επισημανθεί ότι τη μεγαλύτερη συνεισφορά στην ερμηνεία της ολικής παραλλακτικότητας των δεδομένων εμφανίζουν οι δείκτες που έχουν σχέση με τη θερμοκρασία καθόσον αυτή αποτελεί βασικό περιοριστικό παράγοντα για την ανάπτυξη του φυτού.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Charles-Edwards, D.A., 1984. Physiological determinants of crop growth. Academic Press.
2. Καράταγλης, Σ.Σ., 1992. Φυσιολογία Φυτών. ΑΠΘ.
3. Robertson, G. W., 1983. Weather – Based Mathematical Models for Estimating Development and Ripening of Crops. Technical Note No.180, WMO –No 620, Geneva Switzerland .
4. Rosenberg, N. J., Blad, B.L., and Verma. S.B., 1983. Microclimate: The Biological Environment.
5. Salter, P. J. and Goodie, J.E., 1967. Crop response to water at different stages of growth C.A.B..
6. Bussay, A. and Szinell, C., 1996. A simple model for estimating the yield of potato. *Proc. of the International Symposium on Applied Agrometeorology and Agroclimatology*. N. R. Dalezios (ed.). Volos, Greece, 383-388.
7. Dalezios, N.R. and Zarpas, C.D., 1996. The Role of NDVI and meteorological indices in the phenology of cotton, vineyards and apples in Greece. *Proc. of the*

- International Symposium on Applied Agrometeorology and Agroclimatology*, N. R. Dalezios (ed.), Volos, Greece, 185-190.
8. Faivre, R., Goffinet, B. and Wallash, D., 1979. Utilisation de donnees intermediaires pour corriger la prediction de modeles mecanistes. *Biometrics* 47 (1), 1-12.
 9. Getsios, A. C., Papathanasiou, G. and Galanopoulou, S., 1996. Use of cotton growth simulator-GOSSYM-to evaluate leaf area development as affected by seasonal accumulation of heat units. *Proc. of the International Symposium on Applied Agrometeorology and Agroclimatology*, N. R. Dalezios (ed.), Volos, Greece, 359-364.
 10. Kapetanaki, G. and Toullos, L., 1996. Impacts of climate change on maize and wheat in Central Greece A simulation study with CERES-MAIZE and CERES-WHEAT. *Proc. of the International Symposium on Applied Agrometeorology and Agroclimatology*, N. R. Dalezios (ed.), Volos, Greece, 365-370.
 11. Monteith, J.L., 1977. Climate and the efficiency of crop production in Britain, *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B.*, 281.
 12. Penning de Vries F.W.T., Jansen, D.M. and Bakena A., 1989. Simulation of ecophysiological processes of growth in several annual crops. Simulation monographs 29, Pudoc Wageningen.
 13. Penning de Vries F.W.T. and Van Laar H.H., 1982. Simulation of Plant Growth and crop production. Pudoc Wageningen.
 14. Singh, U., Richie, J.T., and Thornton, P.K., 1991. CERES-CEREAL model for wheat, maize, sorghum barley and pearl millet. *Agronomy Abstract*.
 15. Wittich, K. P., 1996. Apple scab-potentials and limitations of operational infection forecasts in Germany, *Proc. of the International Symposium on Applied Agrometeorology and Agroclimatology*, N. R. Dalezios (ed.), Volos, Greece, 229-234.
 16. Zorba, P., 1996. Agrometeorological forecasting of wheat productivity. *Proc. of International Symposium on Applied Agrometeorology and Agroclimatology*, N. R. Dalezios (ed.), Volos, Greece, 418-423.
 17. Dalezios, N.R. and Stamatopoulou, I., 1996. The significance of meteorological indices in the phenology of maize in central Greece. *Proc. of the International Symposium on Applied Agrometeorology and Agroclimatology*, N. R. Dalezios (ed.), Volos, Greece, 411-417.
 18. Dalezios, N.R. and Papamanolis, N.K., 1990. Objective assessment of instability indices for operational hail forecasting in Greece. *Meteorology and Atmospheric Physics*, 45, 87-100.
 19. Davies, C.J., 1973. Statistical and data analysis in geology, Toronto, Canada.
 20. Angstrom, A., 1936. A coefficient of humidity of general applicability. *Geograf. Ann.*, 18.
 21. Glenday, A. C., 1955. The mathematical separation of plant and weather effects in field growly studies. *Australian J.Agr. Research*, 6.
 22. Nuttonson, M. Y., 1955. Wheat-climate relationships and the use of phenology in ascertaining the thermal and photo-thermal requirements of wheat. *Am.Inst.Crop.Ecol.*
 23. Wang, J. Y., 1973. Methods of Agrometeorology.
 24. Wang, J. Y., 1967. Agricultural Meteorology.
 25. Wang, J. Y., 1962. Methods of crop-response studies (emphasis on thermal effects. *Agron. J.*, 54(5).

ΧΩΡΟΧΡΟΝΙΚΕΣ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΕΙΣ ΤΟΥ ΒΕΝΘΙΚΟΥ ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΣΤΟΝ ΑΜΒΡΑΚΙΚΟ ΚΟΛΠΟ

¹Μπόγδανος Κ., ²Λεμπέσης Γ., ²Ψόχιου Ε., ²Μπράμπα Δ., ²Θεοδώρου Ι.Α.,
¹Μπαλόπουλος Ε.

¹Εθνικό Κέντρο Θαλασσιών Ερευνών, Αγ. Κοσμάς, Ελληνικό, Αθήνα
²Εργαστήριο Ωκεανογραφίας, Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής και Ζωικής Παραγωγής,
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Πεδίον Άρεως, Βόλος

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η εκτίμηση της οικολογικής κατάστασης του Αμβρακικού Κόλπου. Οι εποχιακές κατανομές του βένθους έδειξαν κυριαρχία των πολυχαίτων καθ' όλη τη διάρκεια του έτους καθώς και μεγάλο αριθμό ατόμων το καλοκαίρι, ενώ οι οικολογικοί δείκτες παρουσίασαν ως λιγότερο οικολογικά διαταραγμένη την περιοχή, που ορίζεται από τον Όρμο της Πρέβεζας και τις εκβολές του Λούρου ποταμού. Σ' όλη τη διάρκεια του έτους το Ιόνιο πέλαγος είχε μεγαλύτερο αριθμό ατόμων από τους σταθμούς του Κόλπου.

TIME-SPACE VARIATIONS OF AMVRAKIKOS GULF BENTHIC ECOSYSTEM

¹Bogdanos K., ²Lebesis G., ²Psochiou E., ²Braba D., ²Theodorou A.J., ¹Balopoulos E.

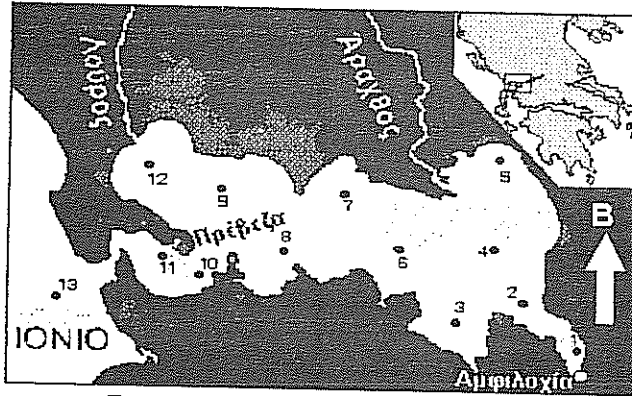
¹National Center for Marine Research, Ag. Kosmas, Elliniko, Athens
²Laboratory of Oceanography, Departure of Agriculture Land and Animal Production,
University of Thessaly, Pedion Areos, Bolos

ABSTRACT

This work presents an assessment of the ecological state of Amvrakikos Gulf. Polychaeta dominate the benthic populations at all seasons. The greatest number of individuals occurs in summer. The ecological indices indicate Preveza's inlet and Louros' estuary as the less ecologically imbalanced areas. During all year Ionian Sea has greater number of individuals than Amvrakikos.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο Αμβρακικός κόλπος (Σχ.1) είναι μια ημίκλειστη θαλάσσια περιοχή της Δυτικής Ελλάδας με επιφάνεια 408 km² και μέγιστο βάθος περίπου 60m, που επικοινωνεί με το Ιόνιο πέλαγος μέσω ενός στενού διαύλου πλάτους μόλις 600m και βάθους μικρότερου των 10m. Στον Αμβρακικό κόλπο εκβάλλουν οι ποταμοί Λούρος και Άραχθος καθώς και πολλοί χείμαρροι, ενώ ο κόλπος χαρακτηρίζεται από την έντονη παρουσία λιμνοθαλασσών. Στην περιοχή του Αμβρακικού αναπαράγονται και διαβιούν πολλοί θαλάσσιοι και μη οργανισμοί. Ο κόλπος είναι αποδέκτης λυμάτων και απορροών από ανθρωπογενείς δραστηριότητες, που λαμβάνουν χώρα περιμετρικά του (γεωργία, κτηνοτροφία, ύδατοκαλλιέργειες).



Σχ.1. Δίκτυο σταθμών δειγματοληψίας

Σχετικά λίγες εργασίες αναφέρονται στο οικοσύστημα του Αμβρακικού κόλπου [1], [2], [3]. Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η μελέτη των χωροχρονικών διακυμάνσεων του βενθικού οικοσυστήματος του Αμβρακικού και η εκτίμηση της οικολογικής του κατάστασης.

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

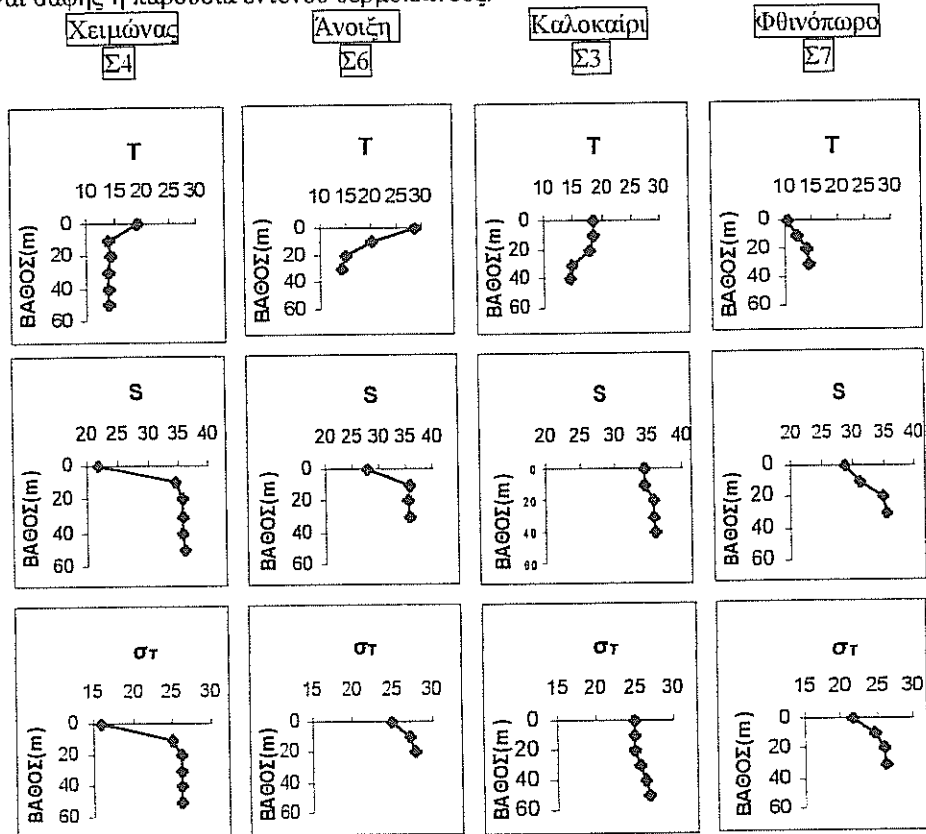
Δειγματοληψίες φυσικοχημικών παραμέτρων και βένθους έγιναν σε δίκτυο 12 σταθμών στον Αμβρακικό κόλπο και σε έναν σταθμό αναφοράς, στην είσοδο του κόλπου στο Ιόνιο Πέλαγος (Σχ.1), τον Φεβρουάριο, Μάιο, Ιούλιο και Νοέμβριο του 1987. Τα βάθη των σταθμών κυμαίνονται από 18 έως 25 m. Για τη συλλογή των δειγμάτων χρησιμοποιήθηκε δειγματολήπτης Van Veen 0.2m². Τα δείγματα βένθους κοσκινίστηκαν εν πλώ, σε κόσκινο 1mm, με θαλάσσιο νερό. Οι οργανισμοί τοποθετήθηκαν σε πλαστικά δοχεία με διάλυμα φορμαλδεύδης 5%. Υπολογίστηκαν οι δείκτες ανομοιότητας (Bray-Curtis) με βάση την ποιοτική σύσταση του βένθους και σχεδιάστηκαν δενδρογράμματα με το στατιστικό πακέτο SYSTAT.

3. ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

3.1 Υδρογραφικά χαρακτηριστικά

Θερμοκρασία: Η εποχιακή και κατακόρυφη κατανομή της θερμοκρασίας στους σταθμούς 4, 6, 3, 7 παρουσιάζεται στο Σχήμα 2α. Οι θερμοκρασίες κυμαίνονται

μεταξύ 14°C σε βάθος 40m το φθινόπωρο και 30°C στην επιφάνεια το θέρος, οπότε είναι σαφής η παρουσία έντονου θερμοκλινούς.



Σχ.2 Εποχιακές κατακόρυφες κατανομές θερμοκρασίας T (°C), αλατότητας S (psu), πυκνότητας (σ_t) στους σταθμούς 4, 6, 3 και 7.

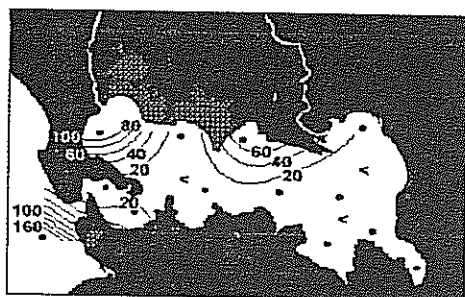
Αλατότητα: Λόγω της δράσης των ποταμών Λούρου και Άραχθου οι επιφανειακές τιμές της αλατότητας είναι χαμηλές και δημιουργείται έντονο αλοκλινές (Σχ.2β) [1]. Επίσης η αλατότητα του Αμβρακικού είναι μικρότερη του Ιονίου δεδομένου ότι ο κόλπος λειτουργεί ως τυπική λεκάνη αραιώσεως [3].

Πυκνότητα: Η εποχιακή και κατακόρυφη κατανομή της πυκνότητας (Σχ.2γ) καθιστά εμφανή την παρουσία ισχυρού θερινού πυκνοκλινούς. Η στρωμάτωση διατηρείται, μολονότι εξασθενημένη, καθ' όλο το έτος, λόγω της παρουσίας του αλοκλινούς.

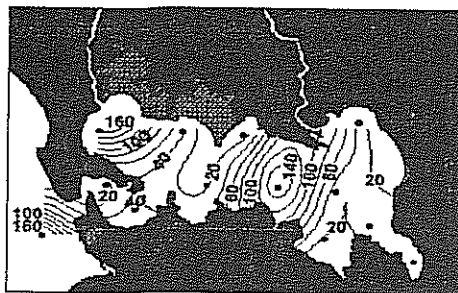
3.2 Βένθος

Πυκνότητα πληθυσμών και αωθονία ειδών. Ο συνολικός αριθμός των ατόμων του βένθους (Σχ.3) έχει μέγιστη τιμή τον Ιούλιο (1843 άτομα/m²), οπότε εμφανίζεται αυξημένος στον Όρμο της Πρέβεζας, στις εκβολές του Λούρου και στους σταθμούς 7 και 8 του κεντρικού κόλπου, ενώ ελάχιστη έχει τον χειμώνα (461 άτομα/m²), με ιδιαίτερα υψηλή τιμή στις εκβολές του Λούρου. Από τη γεωγραφική και εποχιακή κατανομή του αριθμού των βενθικών ατόμων και ειδών (Σχ.4) είναι φανερή η έλλειψη ποικιλίας στο βένθος του Αμβρακικού σε σύγκριση με τον σταθμό αναφοράς του

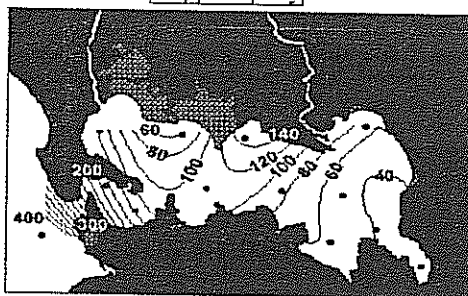
Ιονίου. Επίσης είναι σαφής η τάση αύξησης του αριθμού των ειδών και των ατόμων από τον ανατολικό Αμβρακικό (σταθμοί 1 έως 7) προς το δυτικό (σταθμοί 8 έως 12).



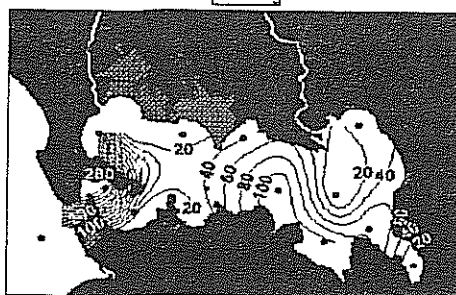
Φεβρουάριος



Μάιος

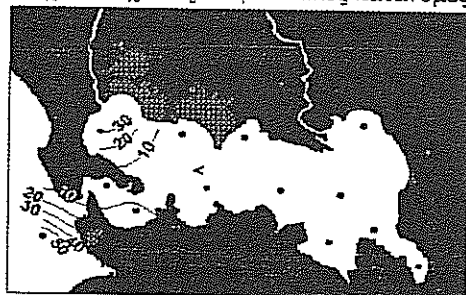


Ιούλιος



Νοέμβριος

Σχ.3 Εποχιακές επιφανειακές κατανομές του συνολικού αριθμού βενθικών ατόμων



Φεβρουάριος



Μάιος



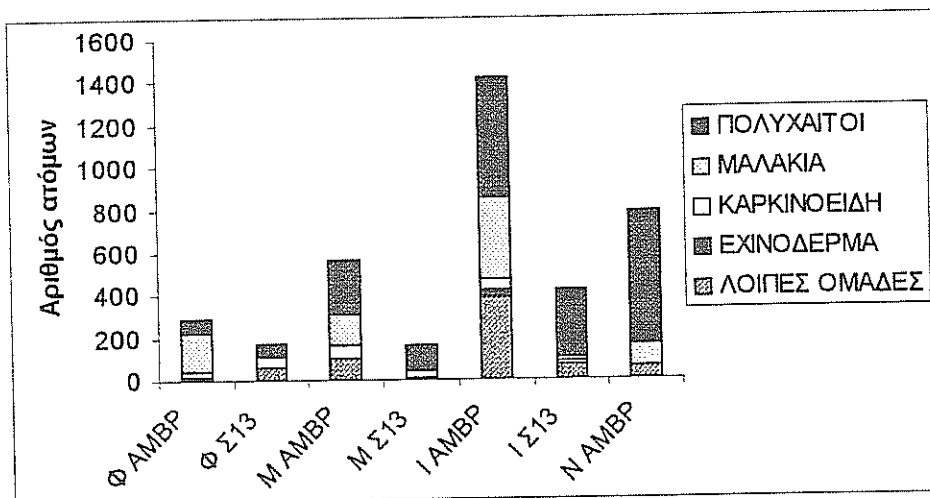
Ιούλιος



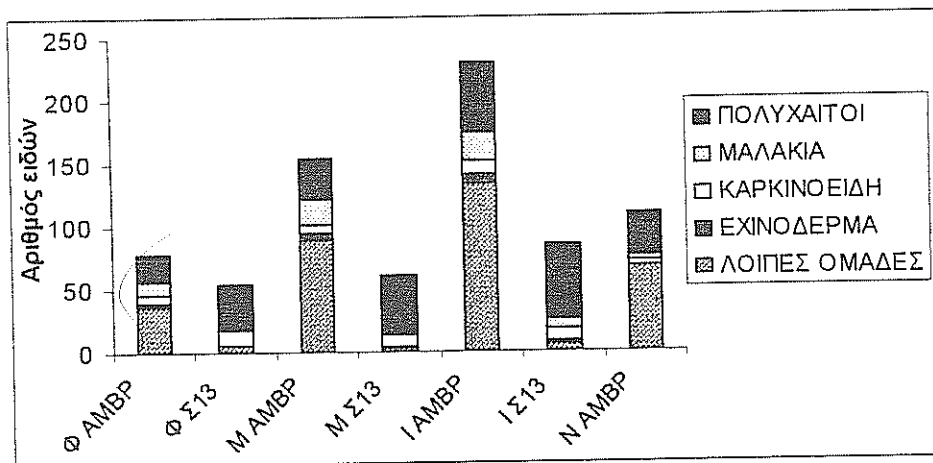
Νοέμβριος

Σχ.4 Εποχιακές επιφανειακές κατανομές συνολικού αριθμού βενθικών ειδών.

Χαρακτηριστικά βενθικής βιοκοινότητας. Κυρίαρχη βενθική ομάδα είναι οι πολύχαιτοι (Σχ.5), των οποίων οι χωροχρονικές διακυμάνσεις είναι παρόμοιες εκείνων του συνολικού αριθμού ατόμων (Σχ.3). Όλο το χρόνο το ποσοστό των ατόμων τους είναι >50% στον όρμο της Αμφιλοχίας και τους σταθμούς 3 και 4 του ανατολικού κόλπου, ενώ το ποσοστό των ειδών τους είναι υψηλό σ' όλους τους σταθμούς (Σχ.6). Καθ' όλη τη διάρκεια του έτους, εκτός από τον Νοέμβριο ο σταθμός αναφοράς έχει περισσότερα άτομα πολυχαιτών από τους σταθμούς του κόλπου (Σχ.5), ενώ τον Μάιο και τον Ιούνιο το ποσοστό των ατόμων τους ξεπερνά το 75% και το ποσοστό των ειδών τους το 72%.



Σχ.5. Σύγκριση του αριθμού των ατόμων των βενθικών ομάδων του Αμβρακικού (AMBP) με τον σταθμό του Ιονίου (Σ13) τον Φεβρουάριο (Φ), Μάιο (Μ), Ιούλιο (Ι) και Νοέμβριο (Ν).



Σχ.6. Σύγκριση του αριθμού των ειδών των βενθικών ομάδων του Αμβρακικού (AMBP) με τον σταθμό του Ιονίου (Σ13) τον Φεβρουάριο (Φ), Μάιο (Μ), Ιούλιο (Ι) και Νοέμβριο (Ν).

Η κυριαρχία των πολυχαιτών, που ακολουθούνται από τα μαλάκια παρουσιάζεται και σε άλλους κόλπους της Ελλάδας, οι οποίοι δέχονται λύματα και απορροές από διάφορες ανθρωπογενείς δραστηριότητες, όπως ο Σαρωνικός [4] και ο Παγασητικός [5]. Τα μαλάκια παρουσιάζουν μέγιστο αριθμό ατόμων το καλοκαίρι (393 άτομα/m²) και ελάχιστο το φθινόπωρο (95 άτομα/m²), ενώ το ποσοστό των ατόμων τους εμφανίζεται αυξημένο τον χειμώνα (Σχ.5) και το ποσοστό των ειδών τους (Σχ.6) είναι χαμηλό όλο το χρόνο. Ο σταθμός 5 στον ανατολικό κόλπο όλες τις εποχές έχει ποσοστό ατόμων μαλακίων >64%. Στον σταθμό του Ιονίου μαλάκια βρέθηκαν μόνο τον Ιούλιο (12 άτομα/m²). Τα καρκινοειδή όλες τις εποχές παρουσιάζονται αυξημένα στις εκβολές του Λούρου, ενώ τον Νοέμβριο στον Αμβρακικό μετρήθηκαν μόνο 4 άτομα αυτών. Σε όλη τη διάρκεια του έτους ο σταθμός αναφοράς έχει μεγαλύτερο αριθμό ατόμων καρκινοειδών από τους σταθμούς του κόλπου, εκτός από τον Νοέμβριο (Σχ.5). Οι ομάδες των σπόγγων, των εχινοδέρμων, των ανθόζωων, των νημερτίων, των ολιγόχαιτων, των φωρομοειδών αντιπροσωπεύονται από λίγα άτομα ορισμένες εποχές του χρόνου, ενώ αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι τα σιπουνκουλοειδή καθ' όλη τη διάρκεια του έτους, εκτός από τον Νοέμβριο συναντώνται μόνο στον σταθμό του Ιονίου.

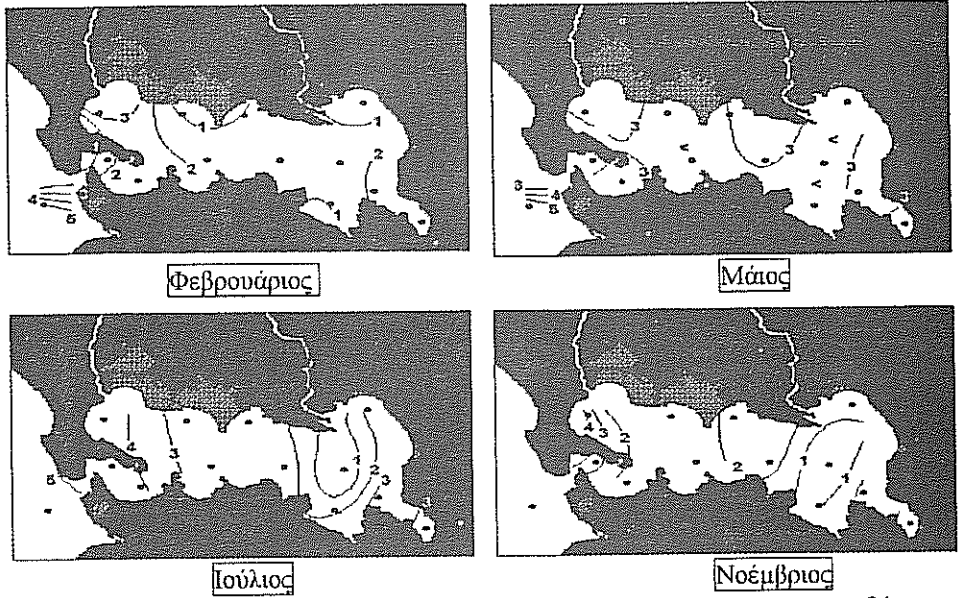
Μεταξύ των ειδών το *Corbulla gibba* (Olivi) παρουσιάζεται σε μεγάλες συγκεντρώσεις όλο το χρόνο, όπως επίσης έχει παρατηρηθεί στον Σαρωνικό [4], στον Παγασητικό Κόλπο [5], αλλά και στον Αμβρακικό [2]. Εκτός από τον χειμώνα μεγάλες συγκεντρώσεις παρουσιάζει και το *Hydroides norvegica*, ενώ το *Anobothrus gracilis* έχει ιδιαίτερα μεγάλες τιμές το φθινόπωρο (228/m² άτομα).

ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ	<i>Corbulla gibba</i>
ΜΑΙΟΣ	<i>Corbulla gibba</i> <i>Hydroides norvegica</i>
ΙΟΥΛΙΟΣ	<i>Corbulla gibba</i> <i>Anobothrus gracilis</i> <i>Cingula sp</i> <i>Hydroides norvegica</i>
ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ	<i>Anobothrus gracilis</i> <i>Hydroides norvegica</i>

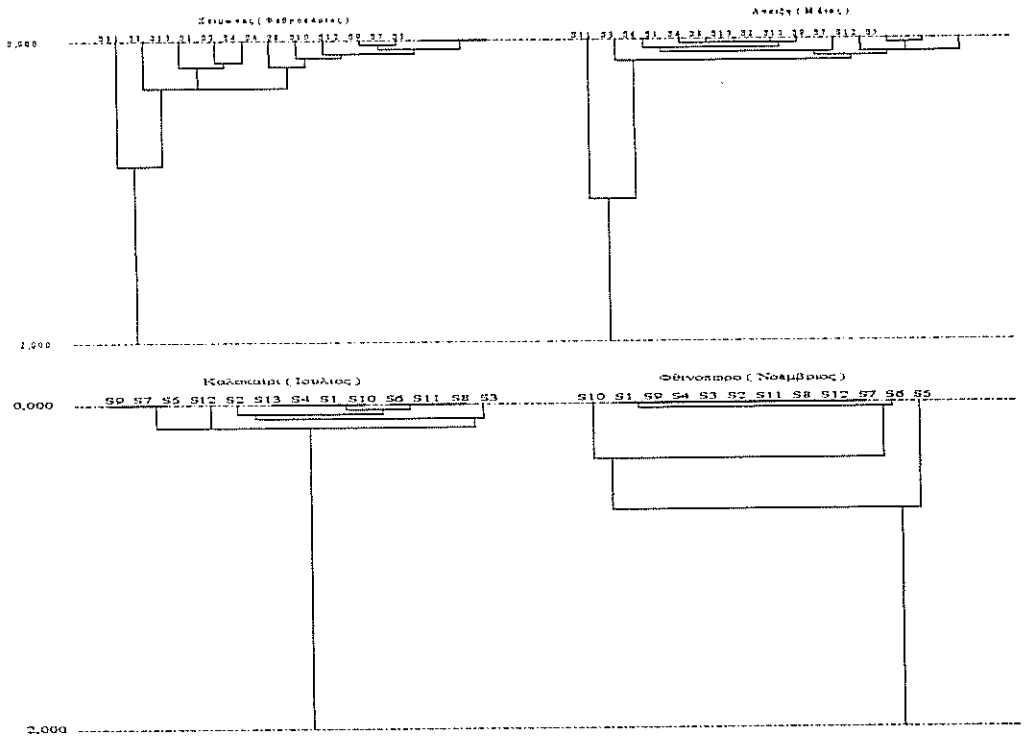
Πιν.1 Κυριότερα βενθικά είδη.

Ο δείκτης ποικιλότητας H' των Shannon-Weaver (1963) (Σχ.7) εμφανίζει σε όλη τη διάρκεια του έτους μεγάλες τιμές στον Όρμο της Πρέβεζας και τις εκβολές του Λούρου (>3). Ο ίδιος δείκτης στον σταθμό του Ιονίου εμφανίζει τιμές πάνω από 5,0, εκτός από τον Νοέμβριο. Τον Μάιο σ' όλο τον κόλπο ο δείκτης έχει τιμές πάνω από 2,15. Παρόμοια υψηλές τιμές του δείκτη αυτού έχουν παρατηρηθεί και στον Παγασητικό κόλπο (> 4) [5].

Από τα δενδρογράμματα (Σχ.8) προκύπτει ότι τον χειμώνα ο σταθμός 11, στον Όρμο της Πρέβεζας διαφέρει σημαντικά από τους υπόλοιπους σταθμούς του κόλπου, ενώ το ίδιο συμβαίνει και την άνοιξη ακόμα πιο έντονα. Το καλοκαίρι οι σταθμοί 5, 7, 9 συγκροτούν μια επιμέρους περιοχή, που μαζί με τον σταθμό 12 διαφέρει από τον υπόλοιπο κόλπο. Το φθινόπωρο ο σταθμός 5 του ανατολικού Αμβρακικού διαφοροποιείται έντονα από τους άλλους σταθμούς, ενώ ιδιαίτερα διαφοροποιημένος εμφανίζεται και ο σταθμός 10 στον Όρμο της Πρέβεζας.



Σχ.7 Γεωγραφική και εποχιακή κατανομή του δείκτη ποικιλότητας των ειδών των Shannon-Weaver.



Σχ.8 Δενδρογράμματα ανομοιότητας των σταθμών μελέτης του Αμβρακικού κόλπου

Από τα δενδρογράμματα (Σχ.8) προκύπτει ότι τον χειμώνα ο σταθμός 11, στον Όρμο της Πρέβεζας διαφέρει σημαντικά από τους υπόλοιπους σταθμούς του κόλπου, ενώ το ίδιο συμβαίνει και την άνοιξη ακόμα πιο έντονα. Το καλοκαίρι οι σταθμοί 5, 7, 9 συγκροτούν μια επιμέρους περιοχή, που μαζί με τον 12 διαφέρει από τον υπόλοιπο κόλπο. Το φθινόπωρο ο σταθμός 5 του ανατολικού Αμβρακικού διαφοροποιείται έντονα από τους άλλους σταθμούς, ενώ ιδιαίτερα διαφοροποιημένος εμφανίζεται και ο 10 στον Όρμο της Πρέβεζας.

Η ποικιλότητα και τα βενθικά είδη διαφέρουν ανάμεσα στους σταθμούς του κόλπου, λόγω των διαφορετικών ζημάτων [2]. Επίσης από τις ανατολικά προς τα δυτικά του Αμβρακικού παρατηρείται αύξηση του συνολικού αριθμού των ατόμων και των ειδών με μέγιστα στον Όρμο της Πρέβεζας και στις εκβολές του Λούρου, οι οποίες είναι οι πλέον εύτροφες περιοχές.

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το βένθος του Αμβρακικού κόλπου είναι εντυπωσιακά φτωχό τόσο σε ποικιλία ειδών, όσο και σε βιομάζα. Αυτό είναι ιδιαίτερα έντονο στο ανατολικό τμήμα του κόλπου (Όρμος Αμφιλοχίας, σταθμοί 1 και 4), όπου ο αριθμός των ειδών ανά δειγματοληψία δεν ξεπερνά τα δέκα, ανεξάρτητα από την εποχή δειγματοληψίας. Στις άλλες περιοχές φαίνεται να υπάρχει μια περίοδος δυσμενής για τους βενθικούς οργανισμούς, που συμπίπτει με την περίοδο μεγάλης παροχής των ποταμών, ενώ το θέρος παρατηρείται βελτίωση. Οι σταθμοί που επηρεάζονται από τα λύματα της Πρέβεζας (σταθμοί 10 και 11) δεν χαρακτηρίζονται από φτωχότερο βένθος σε σχέση με τους άλλους σταθμούς, λόγω πιθανόν της καλύτερης ανανέωσης των νερών εκεί. Η μελέτη του βένθους στον Αμβρακικό κόλπο έδειξε ότι αυτός παρουσιάζει μια γενική και ποσοτική υποβάθμιση, η οποία οφείλεται πιθανόν στην έλλειψη ανανέωσης των νερών του και στον αυξανόμενο ευτροφισμό. Ωστόσο, σε αντίθεση με τον κόλπο της Ελευσίνας ή τον Θερμαϊκό στον Αμβρακικό η κρίσιμη περίοδος για το βένθος δεν είναι το θέρος αλλά φαίνεται να συμπίπτει με την περίοδο της μεγάλης παροχής των ποταμών Λούρου και Αραχθού.

5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. FRILIGOS, N., KOUSSOURIS, T., 1977: Preliminary chemical, physical and biological observations in Amvrakikos Gulf (April 1974) *Thalassia Jugosl.*, vol. 13(1/2):53-58.
2. NICOLAIDOU, A., MORAITOU-APOSTOLOPOULOU, M., IGNATIADES L., 1983: A survey of estuarine benthic, zooplanktonic and phytoplanktonic communities of Amvrakikos Gulf, Ionian Sea. P.S.Z.N.I.: *Marine Ecology*, vol. 4: 197-209.
3. PANAYOTIDIS, P., PANCUCCI, M.A., BALOPOULOS, E., GOTSI-SKRETA, O., 1994: Plankton distribution patterns in a Mediterranean dilution basin: Amvrakikos Gulf. P.S.Z.N.I.: *Marine ecology*, vol. 15(2):93-104.
4. THEODOROU A.J., 1992: Ecological consequences of untreated wastewater discharge in the Saronikos Gulf, Greece. *Wat. Sci. Tech.* vol. 25(9): 115-124.
5. THEODOROU A.J., 1995: Ecological monitoring studies for Volos sea outfall (Pagassitikos Gulf, Western Aegean Sea). *Wat. Sci. Tech.* vol. 32(2): 273-280.

**ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΤΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΤΩΝ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΕΛΑΦΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΥΔΡΟΛΙΘΟΛΟΓΙΚΩΝ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΩΝ ΑΠΟ ΤΗ
ΔΙΑΚΙΝΗΣΗ ΚΑΥΣΙΜΩΝ - Ο ΡΟΛΟΣ ΤΩΝ ΟΡΙΖΟΝΤΙΩΝ
ΓΕΩΤΡΗΣΕΩΝ.**

Θ. Μιμίδης, Σ. Κουτσομήτρος, Δ. Σταυρόπουλος

Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών
ΤΗΛ.: 5294072, 5294082, FAX: 5294081 e-mail: lhyd2mit@aua.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ο κύκλος παραγωγής, αποθήκευσης διακίνησης και πώλησης πετρελαιοειδών παρουσιάζει απώλειες προϊόντος προς το περιβάλλον σε όλες τις φάσεις του. Οι απώλειες από τα πρατήρια βενζίνης έχουν σημειακό χαρακτήρα και μικρό μέγεθος ανά σταθμό. Συγκεντρωτικά τα μεγέθη δεν είναι αμελητέα. Σύμφωνα με τα στοιχεία του Υπουργείου Ανάπτυξης, για τον αριθμό των πρατηρίων καύσιμων στην Ελλάδα, οι απώλειες ανέρχονται σε 291.000 m³ /έτος. Αυτή η ποσότητα ρυπαίνει τα υπόγεια εδάφη γύρω από τη δεξαμενή και σε μεγάλο ποσοστό καταλήγει σε υδρολιθολογικούς σχηματισμούς. Η εξυγίανση τέτοιων περιοχών μπορεί να επιτευχθεί γρήγορα και ανέξοδα χρησιμοποιώντας τη μέθοδο των οριζόντιων γεωτρήσεων η οποία επιτρέπει στο πρατήριο καύσιμων να λειτουργεί ενώ γίνονται οι εργασίες αποκατάστασης.

**THE PROBLEM OF POLLUTION OF THE SUBSURFACE AND
HYDROLITHOLOGICAL FORMATIONS FROM PETROL
DISTRIBUTION.- THE ROLE OF HORIZONTAL DRILLING.**

Mimides T., Koutsomitros S., Stavropoulos D.

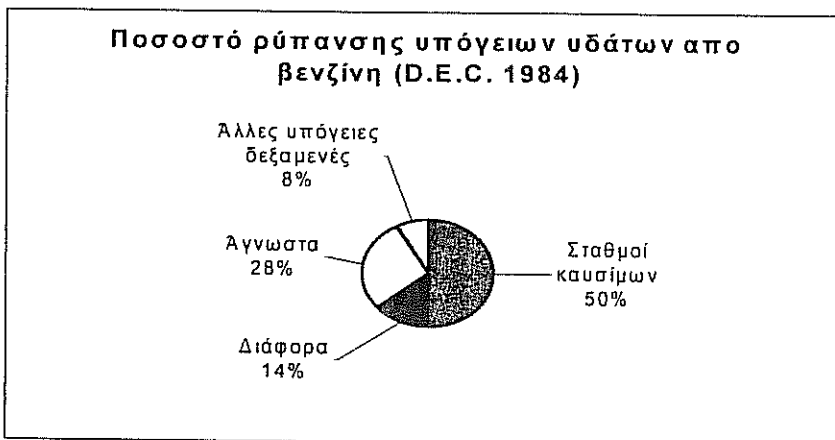
AGRICULTURAL UNIVERSITY OF ATHENS
Tel: 5294072, 5294082, Fax: 5294081 e-mail: lhyd2mit@aua.gr

ABSTRACT

The cycle of production, storage, distribution and selling of oil products presents losses of product to the environment in all phases. Losses from petrol stations are point sources of small amount per station. The accumulation, though is considerable. With reference to the data from the ministry of development in greece about the number of petrol stations losses rise to 291.000 m³ /year. This quantity pollutes subsurface soils round the location of the station and a considerable amount ends up in hydrolithological formations. Restoration of such locations may be carried out efficiently and with low cost utilising horizontal drilling which allows the petrol station owner to operate while undergoing the restoration process.

1. BENZINΑΔΙΚΑ ΚΑΙ ΡΥΠΑΝΣΗ ΤΩΝ ΥΔΡΟΦΟΡΩΝ ΟΡΙΖΟΝΤΩΝ

Ο κύκλος παραγωγής, αποθήκευσης, διακίνησης και πώλησης πετρελαιοειδών παρουσιάζει απώλειες προς το περιβάλλον σε όλα τα στάδια του. Ενώ οι απώλειες των εγκαταστάσεων των διυλιστηρίων προς το υπέδαφος, καθώς και οι απώλειες κατά τη ασφαλή θαλάσσια και επίγεια μεταφορά έχουν απασχολήσει ιδιαίτερος την έρευνα, οι απώλειες από τα πρατήρια βενζίνης, δεν έχουν ερευνηθεί λόγω του μικρού μεγέθους του



κάθε σταθμού.

Αν όμως αναλογιστεί κανείς το σύνολο των πρατηρίων και τις ποσότητες πετρελαιοειδών που διακινούνται, το πρόβλημα λαμβάνει τις πραγματικές του διαστάσεις. Σύμφωνα με τα στοιχεία του Υπουργείου Ανάπτυξης, Έρευνας και Τεχνολογίας τα πρατήρια καυσίμων στην Ελλάδα είναι πολύ περισσότερα από 7173 και ο αριθμός αυτός αναφέρεται μόνο στα πρατήρια φίρμας και όχι στα ελεύθερα πρατήρια (Καθημερινή 24-08-99. Επιβεβαίωση μέσω τηλεφωνικής επικοινωνίας). Τα πρατήρια αυτά διακινούν κατά μέσο όρο 812 m³ /έτος, ήτοι συνολικά 5.824.476 m³/έτος. Αν γίνει αναφορά στην ηλικία και την ποιότητα των δεξαμενών αποθήκευσης τότε ένας συντελεστής απωλειών 5% είναι συντηρητικός. Απώλειες όμως της τάξης των 291.224 m³ /έτος θεωρούνται πολύ σημαντικές ποσότητες. Αυτές οι ποσότητες καταλήγουν κατά το μεγαλύτερο μέρος στους υδροφόρους ορίζοντες οι οποίοι τροφοδοτούν με πόσιμο ύδωρ ζωτικές περιοχές του Ελληνικού χώρου, δημιουργώντας έτσι πρόβλημα μεγάλης περιβαλλοντικής υποβάθμισης των υπόγειων υδάτων.

1.1. Οι απώλειες και τα αίτια αυτών

Δύο είναι οι πηγές απωλειών στους σταθμούς βενζίνης. Οι μικρές διαφυγές κατά τις διαδικασίες πώλησης του καυσίμου και οι συνεχείς απώλειες από τις υπόγειες δεξαμενές. Οι απώλειες από τις δεξαμενές οφείλονται στους εξής παράγοντες:

- ♦ Ατέλειες των υλικών και πλημμελή σχεδίαση και επιλογή των θέσεων εγκατάστασής τους.
- ♦ Ανεπαρκείς διαδικασίες εγκατάστασης (καταστροφή προστατευτικού καλύμματος, χρήση λανθασμένων υλικών γεμίματος, κ.λ.π.).

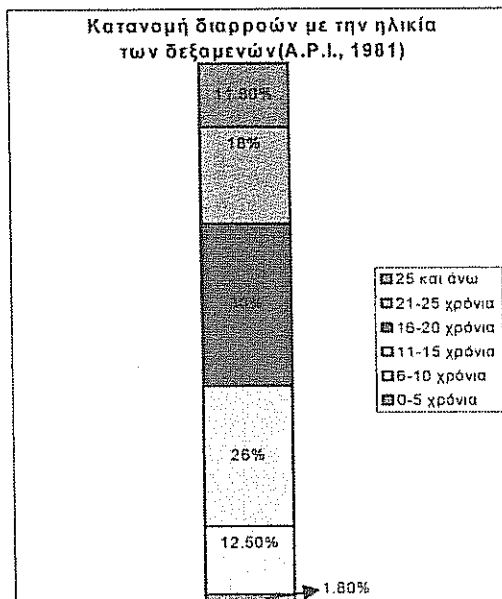
- ♦ Παλαιώση και διάβρωση των υπόγειων δεξαμενών
- ♦ Ανεπαρκής συντήρηση αυτών,
- ♦ Ασυμβατότητα υλικών στερέωσης.
- ♦ Κατασκευαστικές ατέλειες .
- ♦ Κακή χρήση.

Οι νέες τεχνολογίας πλαστικές δεξαμενές δεν εγγυώνται την τέλεια στεγανοποίηση. Η πιο συνηθισμένη αιτία διαρροών είναι η γήρανση των μετάλλων. Ανάλογα με τη διαβρωτική ικανότητα του εδάφους, η διάρκεια ζωής ενός ατσάλινου δοχείου μπορεί να κυμανθεί από 5 έως 50 χρόνια, με μέση τιμή 12 ως 15 χρόνια(DOC,1984).

Εκτός από τις απώλειες στα πρατήρια, μπορεί να υπάρξουν σημαντικές απώλειες τόσο κατά τη διακίνηση όσο και κατά τη διανομή των καυσίμων. Έτσι κάθε σύστημα μεταφοράς και αποθήκευσης καυσίμων πρέπει να διαθέτει μηχανισμούς εντοπισμού και περιορισμού τυχόν απωλειών (Krautkramer & Krautkramer, 1990, Smith, Reynolds and Wadley, 1981). Επίσης κάθε καινούργια εγκατάσταση πρέπει να σχεδιάζεται ορθολογικά ελαχιστοποιώντας τον κίνδυνο για το περιβάλλον και τους φυσικούς πόρους (Cairney, 1995).

1.2. Δεξαμενές αποθήκευσης καυσίμων

Οι υπέργειες δεξαμενές, ή συνηθέστερα υπόγειες είναι πάντα επιρρεπείς στις διαφυγές. Η κατάλληλη κατασκευή και εγκατάσταση των δεξαμενών αποτελεί σοβαρό έργο για την προστασία του περιβάλλοντος από τυχόν διαρροές. Το πρώτο βήμα για τη μελέτη εγκατάστασης μιας υπόγειας δεξαμενής πρέπει να είναι η εξέταση του εδάφους που θα την περιβάλλει κυρίως όσο αφορά τη διάβρωση των μετάλλων. Το υλικό κατασκευής που θα επιλεγεί θα πρέπει να είναι απρόσβλητο από τη διάβρωση στο συγκεκριμένο πορώδες (Lloyd και Heathcobe, 1985). Η δομική ακαμψία είναι ένας άλλος παράγοντας που πρέπει να εξεταστεί. Ειδικά για αποθήκευση καυσίμων κοντά σε υδροφόρο ορίζοντα καλό είναι να υπάρχει δεξαμενή με διπλά τοιχώματα, εφοδιασμένη με μηχανισμό ελέγχου του ενδιάμεσου κενού χώρου. Μηχανισμοί έλεγχου θα πρέπει να υπάρχουν και για την υπερχειλίση. Σημαντικό ρόλο παίζει επίσης η εγκατάσταση της δεξαμενής. Ειδικά για υπόγειες κατασκευές πρέπει να προσεχθεί το γέμισμα της κοιλότητας τοποθέτησης, με εδαφικό υλικό που να προκαλεί ομοιόμορφη πίεση γύρω από τη δεξαμενή. Η ανομοιογένεια του υλικού και τυχούσα παρουσία αιχμηρών χαλκικών μπορεί να δημιουργήσει μικρές σπές στη δεξαμενή. Όταν τα προβλήματα έχουν εντοπιστεί εκ των προτέρων τόσο καλύτερα θεμελιώνονται οι δεξαμενές. Είναι σύνθημα το γεγονός να ανακαινίζεται κάποιο πρατήριο και η παλαιά δεξαμενή όχι μόνο να είναι καταπονημένη αλλά και να φέρει αρκετές διατρήσεις. Το έδαφος γύρω από τη δεξαμενή σ' αυτές τις περιπτώσεις είναι μαύρο αλλά μπορεί ακόμη και να παρατηρούνται λιμνάζοντα καύσιμα.



Αυτό ασφαλώς αποτελεί πρόβλημα που πρέπει να επιλύεται με την ελάχιστη όχληση. Η αποκατάσταση των εδαφών είναι ζωτικής σημασίας και αν δεν γίνεται εγκαίρως, οδηγεί και στην επιβάρυνση των υπόγειων υδάτων με τους ίδιους ρύπους. Για την ανταπόκριση των διαφόρων κρατών στη ρύπανση των γαιών, για τη νομοθεσία, τα σταθερότυπα και το κόστος αποκατάστασης ανά m^2 εδάφους Cairney(1995).

2. ΘΕΩΡΙΑ ΚΙΝΗΣΗΣ ΠΕΤΡΕΛΟΕΙΔΩΝ

2.1. Καθοδική κίνηση των DNAPLs στην κορεσμένη ζώνη

Όταν τα DNAPLs κινούνται στην κορεσμένη ζώνη δημιουργείται ένα τριφασικό σύστημα το οποίο αποτελείται από στερεό, ύδωρ και DNAPL. Το DNAPL λειτουργεί σαν ένα μη διαβρέχων υγρό οποίο πρέπει να ξεπεράσει την αντίσταση των τριχοειδών δυνάμεων ώστε να εισχωρήσει μέσα στους πόρους οι οποίοι είναι γεμάτοι με υγρό, στην προκειμένη περίπτωση, ύδωρ. Η τριχοειδής πίεση που πρέπει να υπερνικηθεί ονομάζεται πίεση εισόδου. Για να εισέλθει στον πόρο επαρκής πίεση πρέπει να ασκηθεί από τον συνδυασμό των δυνάμεων πικνότητας που ασκεί το DNAPL και δυνάμεις πίεσης που ασκούνται στην συνεχή μάζα του DNAPL. Αν η ασκούμενη πίεση είναι μεγαλύτερη από την πίεση εισόδου τότε το DNAPL θα εισέλθει στον πόρο. Όταν η πίεση πάψει να ασκείται η συνεχής μάζα του DNAPL θα διασπαστεί σε αμέτρητα διακεκριμένα σφαιρίδια υπολειμματικού NAPL τα οποία βρίσκονται στους μεγαλύτερους πόρους του υλικού του υδροφόρου στρώματος. Σε αντίθεση με τα ελαφρότερα του ύδατος χημικά, τα DNAPLs θα εξακολουθήσουν να κινούνται κατακόρυφα μέχρι (1) ένα στρωματογραφικό εμπόδιο να συναντηθεί ή (2) η αρχική ποσότητα του DNAPL να εξαντληθεί και η υπολειμματική ποσότητα διαλύεται σε υπολειμματικά σφαιρίδια. Σε ορισμένες περιπτώσεις το DNAPL μπορεί να κινηθεί κατακόρυφα εκατοντάδες μέτρα κάτω από την επιφάνεια.

2.2. Κίνηση των NAPL διαμέσου της ακόρεστης ζώνης (Vadose zone)

Η κατεισδυση των NAPL στην ακόρεστη ζώνη δημιουργεί ένα τετραφασικό σύστημα το οποίο αποτελείται από τις φάσεις αέρα, ύδωρ, στερεό, και NAPL (U.S. EPA, 1990). Το ύδωρ στους κόκκους χρησιμεύει σαν υγρό διαβροχής σε σχέση με τον αέρα στον υμένα του ύδατος και σαν υλικό μη διαβροχής σε σχέση με το ύδωρ. Έτσι στην καθοδική τους κίνηση τα NAPL εισδύουν περισσότερο εύκολα σε μέσα που οι πόροι τους είναι γεμάτοι με αέρα, επειδή σαν υλικό μερικής διαβροχής σε αυτό το τετραφασικό σύστημα οι τριχοειδείς δυνάμεις τείνουν να μην αποτρέπουν την κίνηση των NAPL. Εάν υπάρχει αρκετό NAPL τότε εξακολουθεί να κινείται προς τα κάτω σχηματίζοντας (1) υμένες μεταξύ αέριας και υγρής φάσης, και/ η (2) σταγονίδια από NAPL που αντικαθιστούν τα αέρια από τους πόρους ή το ύδωρ από τους επιμήκεις πόρους (U.S., EPA, 1990). Η τάση ενός συγκεκριμένου χημικού συστατικού σχηματίζει υμένες ή σταγονίδια εξαρτάται από τις φυσικές ή χημικές του ιδιότητες. Αν το αρχικό υλικό σε NAPL, έχει εξαντληθεί, 10% έως 20% του χώρου των πόρων στην ακόρεστη ζώνη θα καταληφθεί από το παραμένον υπολείμμα του NAPL σε μορφή φιλμ ή σταγονιδίων και το υπόλοιπο του χώρου από ένα αέριο μίγμα κυρίως ευρισκόμενου στους μεγάλους πόρους, με το ύδωρ να είναι διεσπαρμένο στην επιφάνεια των κόκκων του εδάφους και να γεμίζει τους μικρότερους πόρους. Ο υπολειμματικός κορεσμός είτε των LNAPLs είτε των DNAPL στην κορεσμένη ζώνη είναι συνήθως υψηλότερη από ότι στην ακόρεστη ζώνη κατά ένα παράγοντα που κυμαίνεται από 2 έως 5. Ο λόγος για την υψηλότερη συγκέντρωση των υπολειμματικών NAPLs αποδίδεται στους παρακάτω παράγοντες (Mercer and Cohen, 1990; E.P.A., 1990):

- Ο λόγος πυκνότητας NAPL-αέρα είναι μεγαλύτερος από τον λόγο πυκνότητας NAPL-ύδατος, ευνοώντας την απορροή κατείσδυση, των NAPLs από την ακόρεστη ζώνη.
- Οι NAPLs είναι το μη διαβρέχων υγρό στην κορεσμένη ζώνη και έτσι παγιδεύονται στους μεγαλύτερους πόρους.

2.3. Συμπεριφορά των LNAPLs στην στάθμη του ύδατος.

Η αλληλεπίδραση ύδατος αέρα, NAPLs γίνεται πιο περίπλοκη καθώς τα NAPL προσεγγίζουν την στάθμη του υδροφόρου ορίζοντα και την ζώνη υποβασταζόμενου τριχοειδούς. Σε ένα κορεσμένο σύστημα, το ύδωρ είναι το διαβρέχων υγρό και το NAPL είναι το μη διαβρέχων υγρό η κίνηση του οποίου εμποδίζεται από τις τριχοειδείς δυνάμεις. Η ζώνη του υποβασταζόμενου τριχοειδούς αντιπροσωπεύει την ζώνη μετάβασης από εκεί όπου τα NAPLs λειτουργούν μερικά σαν διαβρέχων υγρό (ακόρεστη ζώνη) έως εκεί όπου είναι μη διαβρέχων υγρό (κορεσμένη ζώνη). Αν η πυκνότητα του NAPL είναι μικρότερη του ύδατος θα συγκεντρωθεί στην επιφάνεια της ζώνης υποβασταζόμενου τριχοειδούς και τελικά θα κινηθεί με μορφή λεπτών υμένων κατά μήκος της στάθμης του ύδατος αφού ένα ελάχιστο πάχος υφίσταται. Αν η ταχύτητα ροής των LNAPL είναι αρκετά μεγάλη, η ζώνη υποβασταζόμενου τριχοειδούς υποβασταζόμενου τριχοειδούς θα καταρρεύσει και τα LNAPL θα επιπλεύσουν στην επιφάνεια της στάθμης του ύδατος. Από την στιγμή που η ποσότητα των LNAPL θα εξαντληθεί, η συνεχής μάζα του LNAPL στην ζώνη υποβασταζόμενου τριχοειδούς θα αρχίσει να σχηματίζει ανεξάρτητα σταγονίδια και υπολειμματικά LNAPLs.

2.4. Μεταφορά NAPL μέσα από ρήγματα και ετερογένειες

Το προηγούμενο κεφάλαιο συζητήθηκαν τα παραδοσιακά μοντέλα για την κίνηση άμικτων υγρών μέσα από ένα πορώδες μέσο με την κίνηση μέσω του πρωτογενούς πορώδους του συστήματος, τον ελεύθερο χώρο των πόρων. Πρόσφατα έχει δοθεί ιδιαίτερη προσοχή σε ένα άλλο τρόπο μεταφοράς: μετανάστευση των NAPL μέσα από μικρές κλίμακας ρωγμές και ετερογένειες στα πορώδη μέσα. Στα περισσότερα μέρη τα NAPL μεταναστεύουν κατά προτίμηση μέσα από τα ανοίγματα του δευτερογενούς πορώδους στο σύστημα έδαφος ύδωρ (όπως μεγαλύτερες ρωγμές, διαχωρισμοί, βιοδιαταράξεις, τρύπες από ρίζες, επιφάνειες ολίσθησης, αδρομερείς στρώσεις και άλλα μικροστρωματογραφικά χαρακτηριστικά), χωρίς να κορέσουν τον ελεύθερο όγκο των πόρων κάτω από την επιφάνεια προέλευσης (των NAPL). Γενικά οι ετερογένειες θα έχουν τις παρακάτω επιδράσεις στην κίνηση των NAPL στο υπέδαφος:

- Αύξηση της ζώνης NAPL: Ακόμη και μικρές ποσότητες αργίλου ή ιλύος (ακόμη και 2% κατά βάρος) μπορεί να έχουν σημαντικές επιδράσεις στην μετανάστευση των NAPL με την δημιουργία σύνθετων και διακλαδωτών οδών μετανάστευσης και αυξάνοντας τον όγκο της ζώνης μόλυνσης των NAPL (U.S. EPA, 1990).
- Επιτρέπει βαθύτερη διείσδυση στο υπέδαφος: Η παρουσία ετερογένειας επιτρέπει στα NAPL να εισδύσουν βαθύτερα στο υπέδαφος απ' ό,τι αν θα υποθέταμε τυπικές τιμές υπολειμματικού κορεσμού και ομοιόμορφο κορεσμό στο υδροφόρο στρώμα. Μία ερευνητική μελέτη στην φύση έδειξε ότι ακόμη και με την απόρριψη μικρών ποσοτήτων της τάξης του ενός ή δύο δοχείων μερικοί DNAPLs μπορεί να εισδύσουν δεκάδες ως και εκατοντάδες μέτρα μέσα από την ακόρεστη ζώνη πριν φτάσουν την στάθμη του ύδατος (Poulsen and Kueper, 1991).
- Κάνει τα λεπτόκοκκα αδιαπέραστα στρώματα αναποτελεσματικά στον περιορισμό της ροής των NAPL: Ανυδροφόρα αργιλικά στρώματα μπορούν να περιορίσουν αποτελεσματικά την ροή του υπόγειου ύδατος αλλά δεν είναι αποτελεσματικοί

φραγμοί στην μετανάστευση ορισμένων NAPLs λόγω των ετερογενειών που εντοπίζονται στην μικροκλίμακα. (Waterloo Center for Ground Water Research, 1991).

- Μεταφορά των NAPL στο επίπεδο της θέσης
- Όγκος των NAPL που απελευθερώνονται
- Ιδιότητες του εδαφικού και υδροφόρου στρώματος, όπως μέγεθος πόρων και περατότητα.
- Μικροστρωματογραφικά χαρακτηριστικά, όπως τρύπες από ρίζες, μικρές ρωγμές, επιφάνειες ολίσθησης που απαντώνται σε αργλικές και ιλυώδεις στρώσεις.
- Γενική στρωματογραφία, όπως η τοποθεσία και η στρωματογραφία των μονάδων χαμηλής περατότητας.
- Ιδιότητες των NAPL όπως η ικανότητα διαβροχής, πυκνότητα, ιξώδες, και τάση επιφάνειας επαφής φάσεων.
- Διάρκεια της απόρριψης, όπως ένα στιγμιαίο γεγονός ή μία μακροχρόνια συνεχής απόρριψη.
- Επιφάνεια κατείδυσης στο σημείο εισόδου των NAPL προς το υπέδαφος.

3. ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

Η μέχρι τώρα πρακτική στα πρατήρια πώλησης καυσίμων έχει λιγότερο την έννοια της περιβαλλοντικής αποκατάστασης και περισσότερο την έννοια της εμπορικής αποκατάστασης. Όταν οι παρατηρούμενες απώλειες στις δεξαμενές του πρατηρίου φτάνουν σε σημείο που είναι πλέον ασύμφορο για τη λειτουργία του πρατηρίου ο πρατηριούχος καλεί την εταιρεία για την αποκατάσταση της ζημιάς με αλλαγή της δεξαμενής. Κατά τη διάρκεια της διαδικασίας αυτής το πρατήριο κλείνει και γίνεται εκκαφή για την έξοδο της παλαιάς δεξαμενής και την αντικατάστασή της. Εάν εντοπισθούν πετρελαιοειδή κάτω από τη δεξαμενή αυτά πρέπει να απομακρυνθούν και να εξυγιανθεί το έδαφος προτού εγκατασταθεί η νέα δεξαμενή. Αυτό όμως τις περισσότερες φορές δε γίνεται με αποτέλεσμα το περιβάλλον έδαφος και το τυχόν υπόγειο ύδωρ να μην απορρυπαίνονται. Είναι λοιπόν επιτακτική ανάγκη να υιοθετηθεί μια ειδική τεχνολογική μέθοδος κατά την οποία θα εξασφαλίζεται η μέγιστη περιβαλλοντική εξυγίανση του περιβάλλοντος χώρου χωρίς να επιβαρύνεται καθόλου η εμπορική δραστηριότητα του πρατηρίου. Διότι κάθε οικονομική επιβάρυνση αποθαρρύνει και τη σωστή αποκατάσταση. Η προτεινόμενη λύση σ' αυτές τις περιπτώσεις, δοκιμασμένη στις Ην. Πολιτείες, είναι οι οριζόντιες γεωτρήσεις.

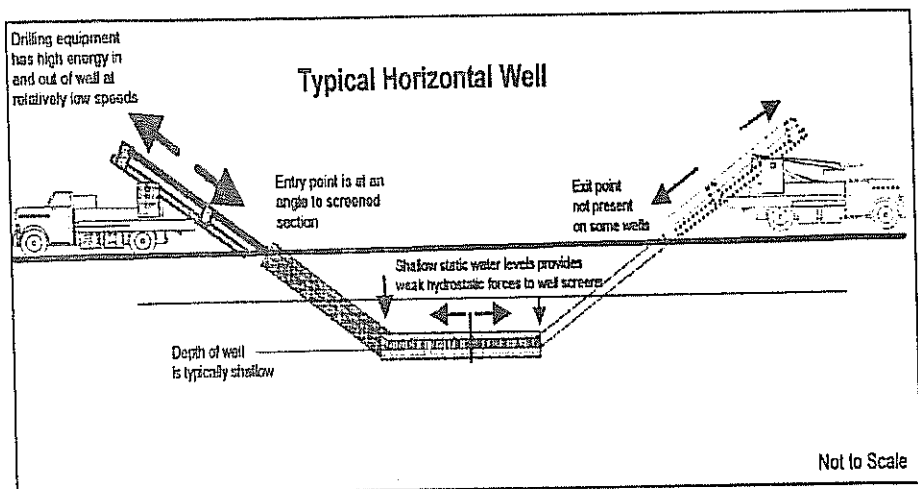
4. ΟΡΙΖΟΝΤΙΕΣ ΓΕΩΤΡΗΣΕΙΣ

Οι οριζόντιες γεωτρήσεις είναι μια νέα τεχνολογία η οποία κερδίζει συνεχώς έδαφος ειδικά όσο αφορά στην χρήση για περιβαλλοντική αποκατάσταση από τη ρύπανση της ακόρεστης ζώνης. Η ανόρυξη και εγκαθίδρυση οριζόντιων γεωτρήσεων κάτω από βενζινάδικα βοηθά στην ορθολογικότερη εφαρμογή των νέων τεχνικών περιβαλλοντικής αποκατάστασης των ρυπασμένων εδαφών της ακόρεστης ζώνης, όπως είναι το Air Sparging, Bioventing, και το Soil Flushing (Tindall and Kunkel, 1999). Οι οριζόντιες γεωτρήσεις παρέχουν τα ακόλουθα πλεονεκτήματα σε σχέση με τις κάθετες.

- Έχουν καλύτερες επιδόσεις ως προς την αποτελεσματικότητα άντλησης προϊόντων επειδή οι απώλειες φορτίου κατά την λειτουργία τους είναι μηδαμινές πράγμα που συνεπάγεται υψηλές ειδικές ικανότητες. Αυτές οφείλονται και στο μεγαλύτερο μήκος φίλτρου, και στη μειωμένη απώλεια πίεσης κατά μήκος του φίλτρου σε σύγκριση με τις κάθετες γεωτρήσεις.
- Επειδή η μεταφορά των ρυπαντικών κηλίδων κατά την κατακόρυφη διεύθυνση περιορίζεται τις περισσότερες φορές λόγω παρεμβολής αδιαπέραστων υδρογεωλογικών στρωμάτων, η μεταφορά αυτή γίνεται κυρίως κατά την οριζόντια διεύθυνση. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα οι οριζόντιες γεωτρήσεις να είναι περισσότερο αποτελεσματικές στην άντληση των πετρελαιοειδών απ' ό,τι οι κατακόρυφες επειδή μεγαλύτερη επιφάνεια των φίλτρων τους έρχεται σε επαφή με το προϊόν.
- Μπορούν να φτάσουν περιοχές οι οποίες διαφορετικά θα ήταν απρόσιτες από την τεχνολογία κάθετης άντλησης, περιοχές όπως μολυσμένους υδρολιθολογικούς σχηματισμούς ευρισκόμενους κάτω από κτίρια, λίμνες, χωματερές, πρατήρια βενζίνης και ρυπαντικές κηλίδες οι οποίες έχουν μεταναστεύσει εκτός περιοχής.
- Παρέχουν τη λιγότερη δυνατή όχληση, καθώς είναι δυνατό να γίνει άντληση κάτω από ένα δρόμο και τα μηχανήματα να βρίσκονται παράπλευρα. Επίσης δεν υπάρχει ανάγκη νέας ασφαλτόστρωσης μειώνοντας το κόστος του έργου κ.λ.π..
- Είναι πολύ γρήγορη διαδικασία αφού μπορούν να τοποθετηθούν εκατοντάδες μέτρων καλωδίων, σωληνώσεων κ.λ.π., σε μία ημέρα. Οι οριζόντιες γεωτρήσεις έχουν εφαρμοσθεί έτσι ώστε να επιτυγχάνουν διάφορους στόχους αποκατάστασης.

Μια περιβαλλοντική μελέτη που έγινε στην Πολιτεία της Γεωργίας των Ην. Πολιτειών (Wilson και Kaback 1993) και αφορούσε έρευνα αποτελεσματικότητας των οριζόντιων γεωτρήσεων απέδειξε ότι:

- 26 οριζόντιες περιβαλλοντικές γεωτρήσεις έχουν χρησιμοποιηθεί για εξαγωγή υπόγειου ύδατος: 25 οριζόντιες γεωτρήσεις για απομάκρυνση υδρατμών από το πορώδες (Soil Vapour Extraction).
- 55 γεωτρήσεις για άλλους σκοπούς που περιλαμβάνουν εισαγωγή αέρα, βιολογικό αερισμό και ανάκτηση πετρελαίου.



- 27 από τα οριζόντιες γεωτρήσεις τοποθετήθηκαν ως μέρη ολοκληρωμένων συστημάτων αποκατάστασης. Τα συστήματα ολοκληρώνουν την εισαγωγή αέρα, ανάκτηση ελεύθερου προϊόντος ή την εξαγωγή υπόγειου ύδατος.

- 23 οριζόντιες γεωτρήσεις έχουν τοποθετηθεί σε κάθετα βάθη λιγότερα από 8m, 14 γεωτρήσεις σε κάθετα βάθη μεταξύ 8 και 30m, και 9 οριζόντιες γεωτρήσεις σε κάθετα βάθη μεγαλύτερα από 30m. Πάνω από 300 οριζόντιες γεωτρήσεις είχαν τοποθετηθεί μέχρι το τέλος του 1995.

Είδος εργαλείων άντλησης. Τα εργαλεία ή η αντλία είναι δυνατόν να ενοικιασθούν ή να ανήκουν στον γεωτρυπανιστή. Το καθημερινό κόστος ή το κόστος αντικατάστασης για αυτόν τον εξοπλισμό θα αυξηθεί ανάλογα με την πολυπλοκότητα του. Το σύστημα πλοήγησης που χρησιμοποιείται περιορίζει το αντλητικό βάθος σε λιγότερο από 8m. Το σύστημα υγρού και το γεωτρήσιμο περιορίζουν τη μέθοδο σε κατάλληλες γεωλογικές συνθήκες. Το μέσο κόστος για οριζόντιες γεωτρήσεις κατασκευασμένες από PVC ή HDPE και τοποθετημένα (χρησιμοποιώντας τη μέθοδο) σε λιγότερο από 8m κάθετο βάθος ανέρχεται σε 60.000 δρχ/μ. Μια πιο πολύπλοκη κατευθυντήρια μέθοδος με μεγαλύτερα τρυπάνια, χρησιμοποιεί μέτρηση επιτάχυνσης στο σύστημα πλοήγησης και καλύτερα υλικά στο τρυπάνι. Αυτή η μέθοδος δεν περιορίζεται από το βάθος ή τις γεωλογικές συνθήκες. το κόστος αυτής της μεθόδου ανέρχεται στα 230.000 δρχ/μ.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- American Petroleum Institute (API), (1981). "Results of API Tank and Piping Leak Survey." Washington D.C, January 21.
- Cairney T. (1995). *The Re-use of Contaminated Land. A handbook of Risk Assessment.* John Wiley and Sons Inc. New York, 249 pg.
- Department of environmental Conservation (DOC) (1994)., "Siting Manual for Storing Hazardous Substances - A Practical Guide for Local Officials". Division of Water, Bureau of Water Resources, New York State, Albany, 2nd Edition, September.
- Department of Environmental Conservation, 1984. "Siting Manual for Storing Hazardous Substances- A practical guide for local officials" 2nd ed., Albany.
- Krautkramer J. and H. Krautkramer (1990). "Ultrasonic Testing of Materials". 4th edition. Springer-Verlag, Berlin.
- Kueper, B.H and McWorter, D.B, 1991, "The Behaviour of Dense Nonaqueous Liquids in Fractured Clay and Rock", Groundwater 29(5):716-728.
- Lloyd J.W. and J.A. Heathcote (1985). *Natural inorganic hydrochemistry in relation to groundwater. An Introduction.* Clarendon Press; Oxford, pp.296
- Mercer J.W., and Cohen, R.m., 1990, "a Review of Immiscible fluids in the Subsurface: Properties, Models, Characterization and Remediation," J. Cont Hydrology 6: 107-163.
- Poulson M.M and Kueper, B.H., 1991, "A Field Experiment to Study the Behaviour of Tetrachloroethylene in Unsaturated Porous Media," Environ. Sci. Techn. 26(5): 889-895.
- Smith R.L., W.N. Reynolds and H.N.G. Wadley (1981). "Ultrasonic attenuation and micro structure in low-carbon steels". Met. Sci., Vol. 15, pp.554-558.
- Swanson G.J., "Big Horizontal Drilling Job at JFK Takes Teamwork- and an experienced crew", Water Well Journal, 1996., Ground Water Publishing Company.
- Tindall J.A. and J. R. Kunkel (1999). *Unsaturated zone Hydrology for Scientists and Engineers.* Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, pp.624.
- U.S. EPA (1990), *Subsurface Contamination Reference Guide Office of Emergency and Remedial Response*, EPA/540/2-90/011.
- Waterloo Centre for Ground Water Research, 1991, "Dense Immiscible Phase Liquid Contaminants in Porous and Fractured Media," University of Waterloo Short Course, Kitchener, Ont.
- Wilson, D.D., and D.S. Kaback, 1993. "Industry Survey for Horizontal Wells, final Report." WSRC-TR-93-511. Westinghouse Savannah River company. Aiken S.C.

ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΕΣ ΣΤΡΩΣΕΙΣ ΛΥΜΑΤΩΝ ΑΠΟ ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΑ ΣΤΟΜΙΑ

I. Δημητρίου

Ε.Μ. Πολυτεχνείο, Τμήμα Πολ. Μηχανικών
Εργαστήριο Εφαρμοσμένης Υδραυλικής
Οδός Ηρώων Πολυτεχνείου 1, Ζωγράφου 15780, Αθήνα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην πειραματική αυτή εργασία ερευνάται η συμπεριφορά των επιφανειακών στρώσεων λυμάτων που προέρχονται από διαχυτήρα εναλλασσόμενων στομιών υπό αρχικές γωνίες εκτόξευσης 30° και 60° . Γίνεται ανάλυση της γεωμετρίας των διευρυνόμενων στρώσεων και διατυπώνονται εξισώσεις για τις διανυόμενες οριζόντιες αποστάσεις και τις ταχύτητες διεύρυνσης.

SURFACE WASTE LAYERS FROM ALTERNATIVE OPENINGS

J. Demetriou

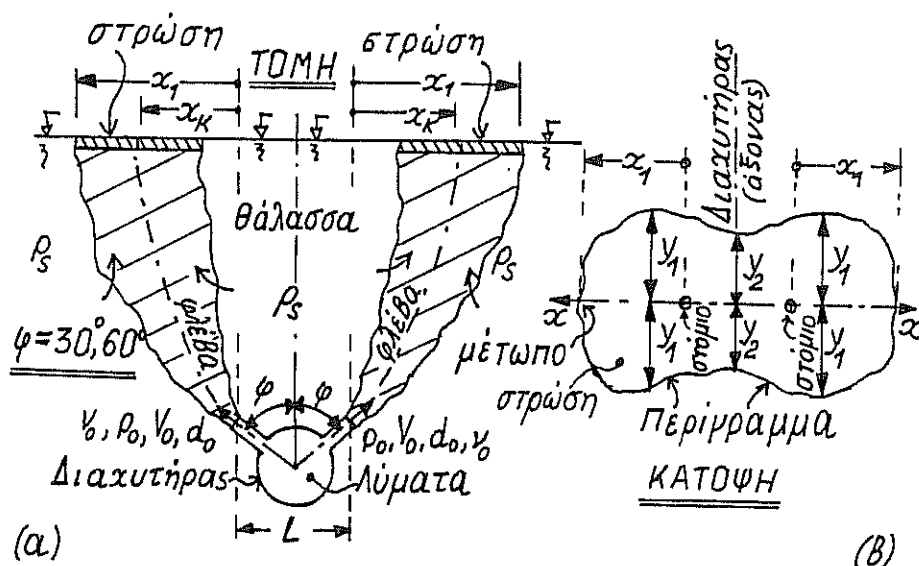
N.T.U. Athens, Dept. of Civil Engineering
Applied Hydraulics Laboratory
5 Iroon Polytechniou st, Zografou 15780, Athens

ABSTRACT

In this experimental work the behavior of surface waste layers ejecting from a diffuser is described, analysed and discussed. The ejection angles are 30° and 60° , the entire geometry is measured and a number of equations are concluded, concerning the horizontal distances traveled by the layers, and corresponding velocities.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ/ΠΡΟΗΓΟΥΜΕΝΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ

Στο άρθρο αυτό παρουσιάζονται πειραματικές μετρήσεις και ανάλυση αυτών που αφορούν στην αλληλεπίδραση των επιφανειακών στρώσεων λυμάτων (αρχικής πυκνότητας ρ_0 , συνεκτικότητας ν_0) από υποβρύχιο διαχυτήρα (βάθος H από τη ράχη του) βυθισμένο στην ήρεμη θάλασσα (σταθερής πυκνότητας $\rho_s > \rho_0$) μέσω μόνιμων κυκλικών φλεβών ανάμιξης που εκτοξεύονται κάθετα προς τον διαχυτήρα από εναλλασσόμενα στόμια (d_0 , ίδιες V_0 , υπό κατακόρυφες γωνίες 30° και 60° - Σχ. 1α), τα οποία απέχουν μεταξύ τους οριζόντια απόσταση L και βρίσκονται πάντα στο ίδιο βάθος (βαθύς αποδέκτης).



Σχήμα 1. Συμβολισμοί

Οι επιφανειακές στρώσεις άνωσης αρχικά έχουν πλάτη $2y_1$ και είναι πλήρως διαχωρισμένες, μετά όμως από κάποιο χρόνο οι διευρυνόμενες στρώσεις αρχίζουν να συγχωνεύονται, και η μεν διάσταση y_1 εξελίσσεται κατά τρόπο σταθερό (Σχ. 1β), αλλά οι αποστάσεις y_2 (πάνω από τον άξονα του διαχυτήρα) μεταβάλλουν συμπεριφορά. Τα εμπρός (κατά x) μέτωπα των στρώσεων απέχουν αποστάσεις x_1 από τα στόμια, τα δε "κέντρα" των στρώσεων απέχουν απόσταση x_κ από τα στόμια. Η ταχύτητα μετατόπισης κάθε εμπρόσθιου μετώπου κατά x είναι $v_1 = dx_1/dt$, των δε κέντρων, $v_\kappa = dx_\kappa/dt$. Οι δύο ταχύτητες δείχνουν με ποιό τρόπο οι επιφανειακές στρώσεις προσεγγίζουν την οιαδήποτε ακτή που είναι κάθετη στον άξονα x , αλλά και τον χρόνο που απαιτείται γι' αυτή την προσέγγιση.

Οι παράμετροι του προβλήματος είναι (στο στόμιο), ο τροποποιημένος αριθμός Froude $Fr_0 = V_0 \cdot \{g(\rho_s - \rho_0) \cdot d_0 / \rho_0\}^{-1/2}$, ο αριθμός Reynolds $Re_0 = V_0 \cdot d_0 / \nu_0$ που εδώ ήταν πάντα σημαντικός (τυρβώδεις φλέβες-τυρβώδης ανάμιξη), η κινηματική παροχή άνωσης $Q_{a_0} = g \cdot (\rho_s - \rho_0) \cdot Q_0 / \rho_0$, και η παροχή $Q_0 = V_0 \cdot \pi \cdot d_0^2 / 4$.

Οι επιφανειακές στρώσεις λυμάτων έχουν κάποιο πάχος, με το οποίο όμως δεν ασχολείται η εδώ εργασία – αρκούμενη μόνο στην κάτοψη αυτών.

Η λεπτομερής διαμόρφωση της γεωμετρικής μορφής του στομίου εκτόξευσης (γωνία εκτόξευσης) έχει ιδιαίτερη σημασία, διότι η αρχική διάλυση των ρύπων (μέχρι την επιφάνεια) είναι η σπουδαιότερη φάση της όλης διαδικασίας όπου η αραιώση αυτών είναι μέγιστη, μη συγκρινόμενη με τις μετέπειτα αραιώσεις λόγω άλλων αιτίων –π.χ από ρεύματα.

Οι φλέβες και οι επιφανειακές στρώσεις ήταν εδώ χρωματισμένες και βιντεοσκοπούντο από υπεράνω εξέδρα, έτσι δε με χρήση ειδικού καννάβου και χρονόμετρου, ήταν δυνατόν σε κάθε χρονική στιγμή t να προσδιορίζονται πλήρως τα εξαπλούμενα περιγράμματα (και τα μέτωπα) των στρώσεων.

Η επεξεργασία των μετώπων γίνεται –βλ. π.χ. [1], [2], [3], - σε αδιάστατους όρους A (μήκη x_1, x_2, y_1, y_2) και B , με τη μορφή,

$$A = (\text{μήκος}) \cdot Q_{a_0}^{-1/4} \cdot t^{-3/4} - \text{κατακόρυφος άξονας},$$

$$B = (Q_{a_0} \cdot v_0)^{1/2} \cdot (t/Q_0) - \text{οριζόντιος άξονας},$$

σε διπλά λογαριθμικά διαγράμματα, προκύπτουν δε αρκετά συστηματικά αποτελέσματα με αντίστοιχες εξισώσεις.

Από άποψη προηγούμενων εργασιών, ο J. Chen το έτος 1980 ([1]), ήταν ο πρώτος που διέκρινε την συμπεριφορά αυτών των στρώσεων σε δύο επιμέρους κατηγορίες, την αδρανειακή συμπεριφορά (σε μικρούς χρόνους και αποστάσεις εξάπλωσης, όπου η συνεκτικότητα δεν έχει καμιά επιρροή), και την σημαντικότερη συνεκτική συμπεριφορά (σε μεγαλύτερους χρόνους και αποστάσεις εξάπλωσης, όπου συμμετέχει και η συνεκτικότητα).

Λεπτομερή ανάλυση αυτών των σταδίων βρίσκεται και στο βιβλίο του I. Δημητρίου ([3, Β']), ενώ σε παλαιότερη εργασία αυτού ([2]) χρησιμοποιήθηκαν πιο συστηματικά οι παραπάνω αδιάστατες παράμετροι A και B και έγινε σύγκριση των πειραματικών αποτελεσμάτων – για στρώσεις από κατακόρυφες φλέβες – με τα αποτελέσματα του Chen, βρέθηκε δε ικανοποιητική σύμπτωση των αποτελεσμάτων αυτών.

Για φλέβες υπό γωνίες 30° και 60° από εναλλασσόμενα (δηλ. εκατέρωθεν του διαχυτήρα) στόμια δεν έχουν γίνει μέχρι τώρα μετρήσεις που να αφορούν τη συμπεριφορά των επιφανειακών στρώσεων – εξόσων τουλάχιστον γνωρίζει ο συγγραφέας – πλὴν των παρουσιαζόμενων εδώ μετρήσεων που έγιναν παλαιότερα στο Εργαστήριο Εφαρμοσμένης Υδραυλικής του ΕΜΠ.

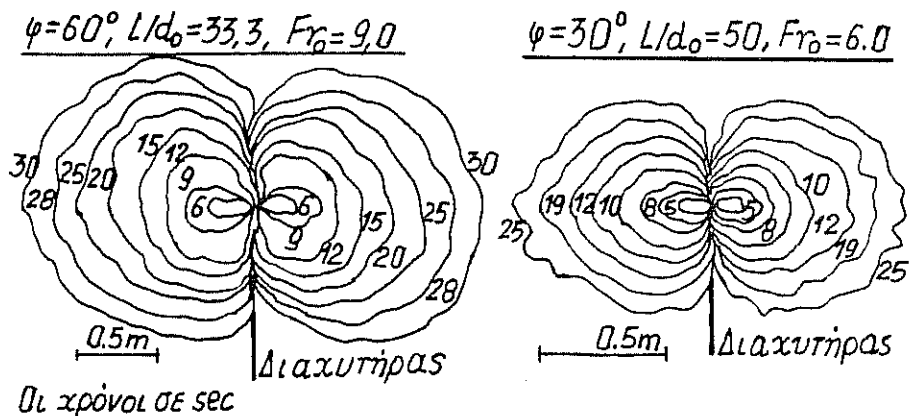
Στην εργασία αυτή παρότι μετρήθηκαν και τα y_1, y_2, x_2 , εντούτοις παρουσιάζονται μόνο οι αποστάσεις x_1 και οι ταχύτητες v_1 .

2. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ/ΠΡΩΤΟΓΕΝΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Οι μετρήσεις έγιναν μέσα σε δεξαμενή με διαστάσεις κάτοψης $6\text{m} \times 6,5\text{m}$ και με βάθος νερού (ρ_2) ίσο προς $0,4\text{m}$. Οι παροχές μετριόταν μέσω μανόμετρου, οι θερμοκρασίες (για το v_0) με θερμομέτρο ακριβείας, ενώ οι φλέβες ήταν χρωματισμένες με διάλυμα υπερμαγγανικού καλίου, έτσι δε ήταν δυνατή η βιντεοσκόπηση των περιγραμμάτων των στρώσεων και η σύγκριση αυτών προς σταθερό κάρναβο (με ανοίγματα $0,5\text{m} \times 0,5\text{m}$) που είχε τοποθετηθεί λίγο πιο πάνω από την ελεύθερη επιφάνεια του νερού στη δεξαμενή. Ταυτόχρονα πάνω από τη δεξαμενή είχε τοποθετηθεί και χρονόμετρο

μεγάλων διαστάσεων, έτσι δε αποτυπώνονταν και οι διάφοροι χρόνοι εξέλιξης των περιγραμμάτων των στρώσεων.

Οργανώθηκαν δύο σειρές μετρήσεων, μια με $\varphi=30^\circ$ και η άλλη με $\varphi=60^\circ$, κάθε δε σειρά απεικονίζεται από 16 ομάδες μετρήσεων. Οι πυκνότητες ρ , μεταβάλλονταν μεταξύ 1.020 και 1.022 kg/m^3 , η πυκνότητα ρ_0 ήταν σταθερή, $\rho_0=1.000 \text{ kg/m}^3$, οι ταχύτητες V_0 μεταβάλλονταν μεταξύ 35 cm/sec και 65 cm/sec , ενώ οι αδιάστατες αποστάσεις L/d_0 είχαν τιμές $25-33,3-50-66,6$ (από 4 τιμές για κάθε ομάδα μετρήσεων). Ακόμα ήταν $6 \leq Fr_0 \leq 18$ και $1.300 \leq Re_0 \leq 3.850$.



Σχήμα 2. Περιγράμματα στρώσεων

Η διάμετρος των στομιών σε όλες τις μετρήσεις ήταν $d_0=6 \text{ mm}$, ήταν δε πάντα $H/d_0 \cong 66,6$. Τούτο σημαίνει ότι – με τον μεγαλύτερο αριθμό Froude όλων των εδώ μετρήσεων (18) – ήταν πάντα $H/d_0 \gg 0,28.Fr_0$, δηλ. σύμφωνα με το γνωστό κριτήριο (βλ. π.χ. [3] Α', σελ. 315) ο αποδέκτης ήταν πάντα βαθύς.

Τούτο σημαίνει παραπέρα ότι στην περιοχή της επιφανειακής στρώσης κυριαρχούσαν οι δυνάμεις άνωσης και όχι οι δυνάμεις ποσότητας κίνησης.

Στο σχήμα 2 παρουσιάζονται τυπικά πρωτογενή αποτελέσματα με τη μορφή εξαπλούμενων περιγραμμάτων και μετώπων σε διάφορους χρόνους για δύο φλέβες με $\varphi=60^\circ$ και 30° αντίστοιχα.

3. ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Στο Σχήμα 3 έχουν τεθεί σε όρους Ax_1 και B όλες οι αποστάσεις x_1 για όλες τις εδώ μετρήσεις με γωνία $\varphi=60^\circ$ (όλων των L, Re_0, Fr_0), έχει δε προκύψει η εξίσωση συνεκτικής συμπεριφοράς

$$Ax_1 = 2,15.B^{-0,25}, \text{ ή,}$$

$$x_1.Qa_0^{-1/4}.t^{-3/4} = 2,15.\{Qa_0^{1/2}.V_0^{1/2}.L.Q_0^{-1}\}^{-0,25}, \quad (1)$$

από την οποία προκύπτει η αδιάστατη εξίσωση των ταχυτήτων v_1 (παραγωγήση – μετασχηματισμοί),

$$v_1/V_0 = 1,93.(d_0/x_1).(Re_0.Fr_0^{-2})^{0,25}, \quad (2)$$

που είναι η εξίσωση της μόνιμα επιβραδυνόμενης εξάπλωσης των μετώπων των στρώσεων (ανεξαρτησία από χρόνο).

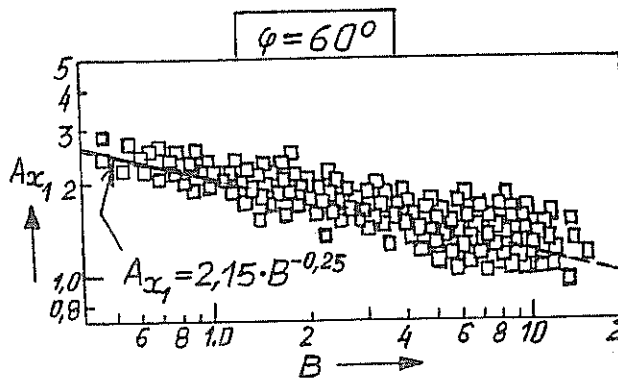
Στο Σχήμα 4 έχουν τεθεί αντίστοιχα όλες οι αποστάσεις x_1 για όλες τις εδώ μετρήσεις με γωνία $\varphi=30^\circ$ (όλων των L , Re_0 , Fr_0), έχει δε προκύψει η εξίσωση συνεκτικής συμπεριφοράς

$$Ax_1 = 1,82 \cdot B^{-0,25}$$

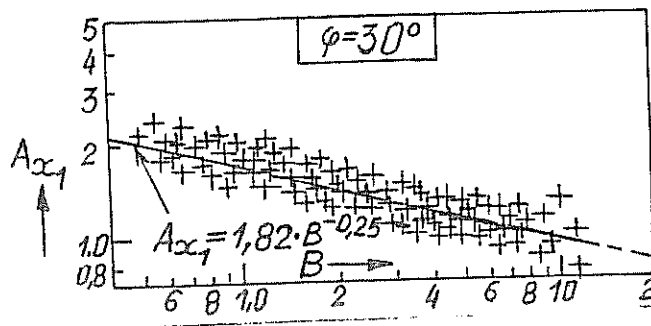
$$x_1 \cdot Qa_0^{-1/4} \cdot t^{-3/4} = 1,82 \cdot \{Qa_0^{1/2} \cdot v_0^{1/2} \cdot t \cdot Q_0^{-1}\}^{-0,25} \quad (3)$$

που δίνει ανάλογα

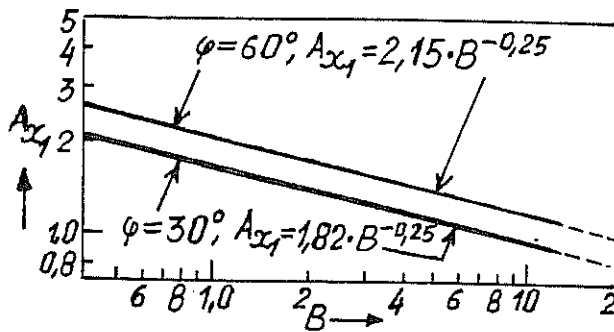
$$v_1/V_0 = 1,38 \cdot (d_0/x_1) \cdot (Re_0 \cdot Fr_0^{-2})^{0,25} \quad (4)$$



Σχήμα 3. Αποστάσεις x_1 για $\varphi=60^\circ$



Σχήμα 4. Αποστάσεις x_1 για $\varphi=30^\circ$



Σχήμα 5. Συγκρίσεις των x_1 για $\varphi=60^\circ$ και $\varphi=30^\circ$

Από τη σύγκριση των εξισώσεων (1) - (3) που παρουσιάζονται μαζί στο σχήμα 5, προκύπτει ότι οι δύο επιφανειακές στρώσεις συμπεριφέρονται ποιοτικά κατά τον ίδιο τρόπο, ενώ ποσοτικά η επιφανειακή στρώση για $\varphi=60^\circ$ έχει μεγαλύτερη ταχύτητα εξάπλωσης του εμπρόσθιου μετώπου της, τούτο δε οφείλεται κυρίως στο ότι αυτή η φλέβα είναι εφοδιασμένη με μεγαλύτερη οριζόντια ποσότητα κίνησης στο στόμιο. Οι δοθείσες εξισώσεις ισχύουν και για περισσότερα ζεύγη στρώσεων με τις αντίστοιχες γωνίες φ .

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην πειραματική αυτή εργασία ερευνήθηκε η οριζόντια εξάπλωση των επιφανειακών στρώσεων λυμάτων που εκτοξεύονται από εναλλασσόμενα στόμια ενός οριζοντίου διαχυτήρα υπό γωνίες $\varphi=60^\circ$ και $\varphi=30^\circ$ αντίστοιχα.

Οι εξισώσεις (1) και (3) δίνουν τις διανυόμενες αποστάσεις των εμπρόσθιων μετώπων των στρώσεων, ενώ οι εξισώσεις (2) και (4) δίνουν τις αντίστοιχες ταχύτητες εξάπλωσης για όλες τις μετρήσεις.

Οι μετρήσεις έδωσαν συστηματικά αποτελέσματα, είναι δε δυνατόν να υπολογίζονται οι χρόνοι άφιξης των στρώσεων σε παρακείμενες ακτές και να γίνεται σύγκριση με το χρόνο ζωής των οργανικών στοιχείων που βρίσκονται πιθανά μέσα στα λύματα. Οι ταχύτερες εξάπλωσης για $\varphi=60^\circ$ προέκυψαν μεγαλύτερες από τις αντίστοιχες ταχύτητες για $\varphi=30^\circ$, τούτο δε οφείλεται στις αρχικές συνθήκες (στόμια).

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Chen J., 1980. Studies on gravitational spreading currents, Cal. Inst. of Tech., March, Report No KH-R-40
2. Demetriou J., 1988. Interaction of surface layers, 21st Intern. Conference on Coastal Engineering (vertical jets), Malaga-Spain, 197-198.
3. Δημητρίου Ι., Περιβαλλοντική Υδραυλική, Τεύχη Α!-Β!, Αθήνα

ΜΕΙΩΣΗ ΤΟΥ BOD₅ ΑΣΤΙΚΩΝ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΜΕ ΔΕΞΑΜΕΝΕΣ ΣΤΑΘΕΡΟΠΟΙΗΣΗΣ

Α.Παπαδόπουλος¹, Φ.Παπαδόπουλος¹, Γ.Παρισόπουλος²

¹ΕΘΙΑΓΕ/Ινστ. Εδαφολογίας, Ελλην. Γεωργική Σχολή, 579 01 Θέρμη, Θεσ/νίκη

²ΕΘΙΑΓΕ/Ινστ. Γεωργ. Μηχ. & Κατασκευών, Δημοκρατίας 61, 135 10 Αγ. Ανάργυροι

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Παρουσιάζονται τα αποτελέσματα λειτουργίας τριών σειρών δεξαμενών σταθεροποίησης αστικών υγρών αποβλήτων όσον αφορά στη μείωση των τιμών BOD₅. Ανεπεξέργαστα υγρά απόβλητα, 120 m³/day, μέσου BOD₅ 382 mg O₂/l, αντλούνταν από τη συμβατική μονάδα βιολογικού καθαρισμού Θεσσαλονίκης και οδηγούνταν αρχικά σε μία αναερόβια δεξαμενή, απ' όπου το 1/3 της εκροής τροφοδοτούσε την πρώτη σειρά και το υπόλοιπο την δεύτερη. Η τρίτη σειρά επεξεργαζόταν 50 m³/day μέσου BOD₅ 126 mg O₂/l. Τα αποτελέσματα από την διετή λειτουργία της ερευνητικής διάταξης έδειξαν ότι η μέση μείωση του BOD₅ ήταν στην αναερόβια 36%. Η μέγιστη τιμή εξόδου του BOD₅, κάθε γραμμής, ήταν 21, 60 και 57 mg O₂/l, αντίστοιχα.

BOD₅ REDUCTION OF MUNICIPAL WASTEWATER IN STABILAZATION PONDS

A.Papadopoulos¹, F. Papadopoulos¹, G. Parisopoulos²

¹NAGREF/Soil Science Institute, 570 01 Thermi, Thessaloniki, Greece

²NAGREF/Inst. of Agr. Machinery & Constructions, 135 10 Ag. Anargiri Attikis.

ABSTRACT

In this paper are presented the operational results of three trains of stabilization ponds, as far as the BOD₅ reduction was concerned. Raw sewage, 120 m³/day with an average BOD₅ 413 mg O₂/l, was pumped from the nearby conventional wastewater treatment plant of Thessaloniki to an anaerobic pond. Then 1/3 of its effluent was diverted to the first train of ponds and the rest fed the second train of ponds. The third train treated 50 m³/day wastewater with a mean BOD₅ 126 mg O₂/l. The operational results of the anaerobic pond showed a BOD₅ reduction of 36%. The maximum BOD₅ value at the exit of each pond train was 21, 60 and 57 mg O₂/l, respectively.

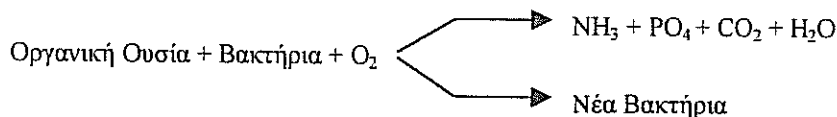
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα ανεπεξέργαστα αστικά υγρά απόβλητα μεταφέρουν διαφόρους ρύπους στους φυσικούς αποδέκτες (λίμνες, ποτάμια, θάλασσες) όπου διατίθενται προκαλώντας υποβάθμιση της ποιότητάς των. Οι ρύποι αυτοί διακρίνονται τόσο σε χημικούς όσο και σε βιολογικούς (παθογόνους μικροοργανισμούς). Οι χημικοί ρύποι κατατάσσονται σε ανόργανους (βαρέα μέταλλα, τοξικά στοιχεία κ.λ.π.) και οργανικούς ρύπους (συνθετικές οργανικές ενώσεις, απόβλητα εργοστασίων κατεργασίας τροφίμων, απόβλητα περιττωματικής φύσεως κλπ).

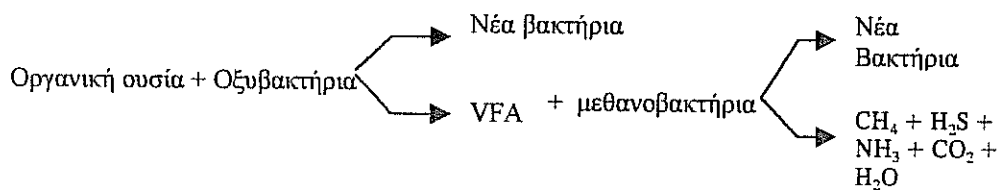
Πολλά από τα προβλήματα που συνδέονται με την ποιότητα του νερού οφείλονται στην παρουσία του οργανικού ρυπαντικού φορτίου. Οι παράμετροι που καθορίζουν το βαθμό της οργανικής ρύπανσης του νερού είναι το βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο (BOD_5), το χημικά απαιτούμενο οξυγόνο (COD), το διαλυμένο οξυγόνο (DO) και ο ολικός οργανικός άνθρακας (TOC). Η πλέον όμως συνηθισμένη παράμετρος εκτίμησης της οργανικής ρύπανσης είναι το BOD_5 , το οποίο εκφράζει την ποσότητα του οξυγόνου που καταναλώνεται από τους μικροοργανισμούς για την βιολογική αποικοδόμηση (οξειδωση) των οργανικών ενώσεων που περιέχονται στα νερά, σε 5 μέρες και σε θερμοκρασία $20\text{ }^\circ\text{C}$ και μετρείται σε mg O_2 ανά λίτρο νερού. Προφανώς, τα καθαρά νερά που δεν έχουν καθόλου οργανικές ενώσεις έχουν μηδενική απαίτηση για βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο ($BOD_5 = 0$), ενώ τα ρυπασμένα με οργανικές αποικοδομήσιμες ενώσεις έχουν τιμές BOD_5 τόσο μεγαλύτερες όσο μεγαλύτερη είναι η οργανική ρύπανση, [1, 2].

Αντικειμενικός σκοπός της επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων είναι αφενός μεν η μείωση του ρυπαντικού οργανικού φορτίου, που συνήθως εκφράζεται με μείωση του BOD_5 , αφετέρου δε η καταστροφή των παθογόνων μικροοργανισμών. Αυτό επιτυγχάνεται τόσο με τις Συμβατικές μονάδες βιολογικού καθαρισμού όσο και με τα Φυσικά Συστήματα επεξεργασίας υγρών αποβλήτων (Δεξαμενές Σταθεροποίησης, Τεχνητοί Υγρότοποι), [3, 4, 5]. Το οργανικό ρυπαντικό φορτίο και με τις δύο τεχνολογίες διασπάται βιολογικά σε απλούστερες ενώσεις με την βοήθεια μικροοργανισμών (βακτηρίων) που, ανάλογα με την ύπαρξη ή όχι οξυγόνου, διακρίνονται σε αερόβιους και αναερόβιους, [6, 7], Σχήμα 1.

α. ΑΕΡΟΒΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ



β. ΑΝΑΕΡΟΒΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

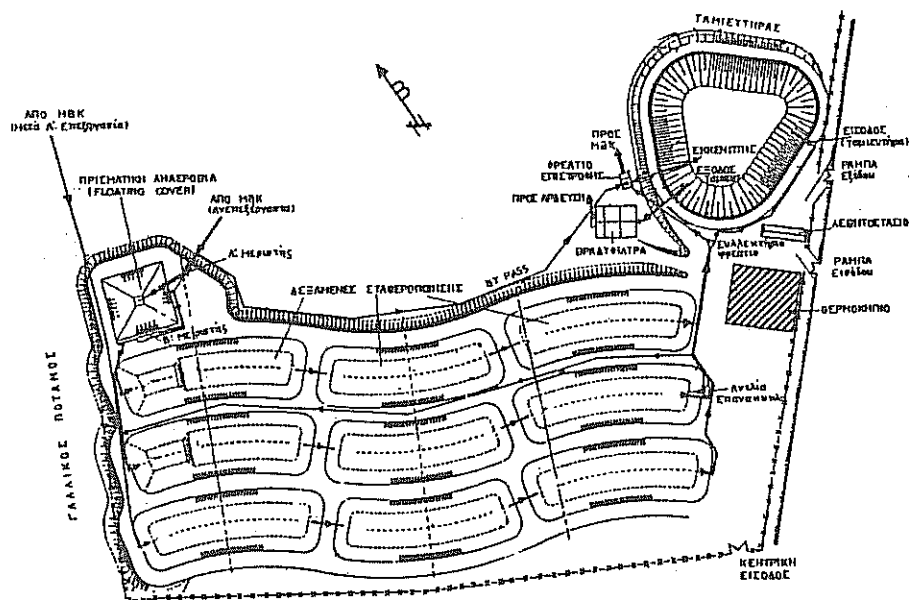


Σχήμα 1. Αναερόβια και Αερόβια Οξείδωση Οργανικού Ρυπαντικού Φορτίου

Στην εργασία αυτή παρουσιάζονται τα αποτελέσματα, από την διετή (1997-1999) πειραματική λειτουργία των δεξαμενών σταθεροποίησης, όσον αφορά την μείωση του ρυπαντικού οργανικού φορτίου, που συνήθως εκφράζεται με την μείωση του Βιοχημικά Απαιτούμενου Οξυγόνου BOD₅ των υγρών αποβλήτων κατά την αναερόβια, επαμφοτερίζουσα, αερόβια επεξεργασία τους στις πειραματικές εγκαταστάσεις του ΕΘΙΑΓΕ στην περιοχή του Γαλλικού ποταμού Θεσσαλονίκης.

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Το έργο κατασκευάστηκε κοντά στην υφιστάμενη Μονάδα Βιολογικού Καθαρισμού (Μ.Β.Κ.) της Θεσσαλονίκης απ' όπου και τροφοδοτείται με δύο διαφορετικές ποιότητες υγρών αποβλήτων. Η πρώτη ποιότητα (ανεπεξεργαστα απόβλητα) λαμβάνεται με άντληση αμέσως μετά την προεπεξεργασία τους (εσχάρωση, εξάμμωση) και η δεύτερη μετά την πρωτοβάθμια επεξεργασία τους στην Μ.Β.Κ. (προσθήκη κροκκιδωτικού και πρωτογενή καθίζηση). Η γενική διάταξη των έργων δίνεται στο Σχήμα 2.



Σχήμα 2. Γενική διάταξη των δεξαμενών σταθεροποίησης

Η πρώτη ποιότητα, δηλαδή τα ανεπεξεργαστα υγρά απόβλητα, οδηγούνται, σε μία πρισματική αναερόβια δεξαμενή, βάθους 4m και όγκου 570 m³ όπου υφίστανται αναερόβια ζύμωση με αποτέλεσμα την σημαντική μείωση του ρυπαντικού οργανικού φορτίου τους.. Από την υπερχειλίση της αναερόβιας δεξαμενής τροφοδοτούνται δύο παράλληλες σειρές δεξαμενών σταθεροποίησης, με τρεις δεξαμενές η κάθε σειρά (επαμφοτερίζουσα/αερόβιας), όπου το οργανικό φορτίο των υγρών αποβλήτων, αποικοδομείται με ταυτόχρονη μείωση και του αριθμού των παθογόνων μικροοργανισμών. Το βάθος της αναερόβιας δεξαμενής ήταν 1.75 m και το εμβαδόν της υγρής επιφάνειάς της 1044 m². Στις δύο αερόβιας δεξαμενές το βάθος ήταν 1,25 m και

το εμβαδόν της υγρής επιφάνειας 896 m². Στη δεύτερη σειρά των δεξαμενών σταθεροποίησης υπάρχει δυνατότητα επανακυκλοφορίας, από την τρίτη στην πρώτη δεξαμενή, με την βοήθεια αντλίας, [8]. Με τον τρόπο αυτό βελτιώνεται η ποιότητα των υγρών αποβλήτων στην πρώτη δεξαμενή και αποφεύγεται η δημιουργία αναερόβιων συνθηκών.

Η δεύτερη ποιότητα υγρών αποβλήτων, που προέρχεται μετά την πρώτου βαθμού επεξεργασία από την υφιστάμενη ΜΒΚ, επεξεργάζεται στη τρίτη σειρά των δεξαμενών σταθεροποίησης (επαμφοτερίζουσα / αερόβιας). Η ύπαρξη της τρίτης γραμμής επεξεργασίας είχε ως σκοπό να εξετάσει την δυνατότητα των δεξαμενών σταθεροποίησης να υποκαταστήσουν την κατασκευή της συμβατικής δευτεροβάθμιας (βιολογικής) επεξεργασίας σε περιοχές όπου αυτό είναι εφικτό.

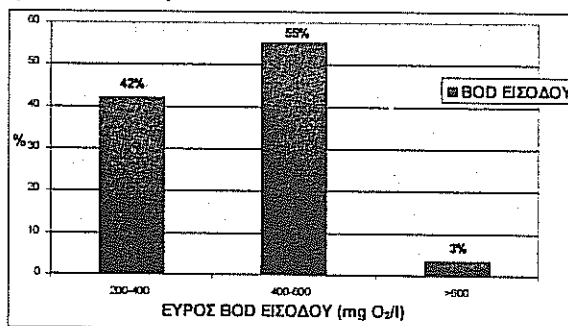
Η παρακολούθηση της λειτουργίας και απόδοσης του συστήματος έγινε με συστηματικές εβδομαδιαίες δειγματοληψίες από την είσοδο και τις εξόδους των δεξαμενών και στην συνέχεια γινόταν εργαστηριακή ανάλυση των κυριωτέρων φυσικοχημικών παραμέτρων ποιότητας τριου νερού (BOD₅, COD, SS, pH, Θρεπτικά στοιχεία αλατότητα, μικροβιασκό φορτίο κλπ).

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΣΜΑΤΑ, ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η αναερόβια δεξαμενή τροφοδοτήθηκε με ανεπεξέργαστα υγρά απόβλητα από την Μ.Β.Κ., με παροχή Q = 120 m³/day με μέση τιμή BOD₅ = 413 mg O₂/l. Η διακύμανση του BOD₅ φαίνεται στο σχήμα 3. Το μέσο ημερήσιο ρυπαντικό φορτίο της λ_v = 87 g BOD₅/m³.day και ο μέσος υδραυλικός χρόνος παραμονής του νερού ήταν περίπου 5 ημέρες. Στην έξοδο της αναερόβιας δεξαμενής η μέση τιμή του BOD₅ = 263 mg O₂/l.

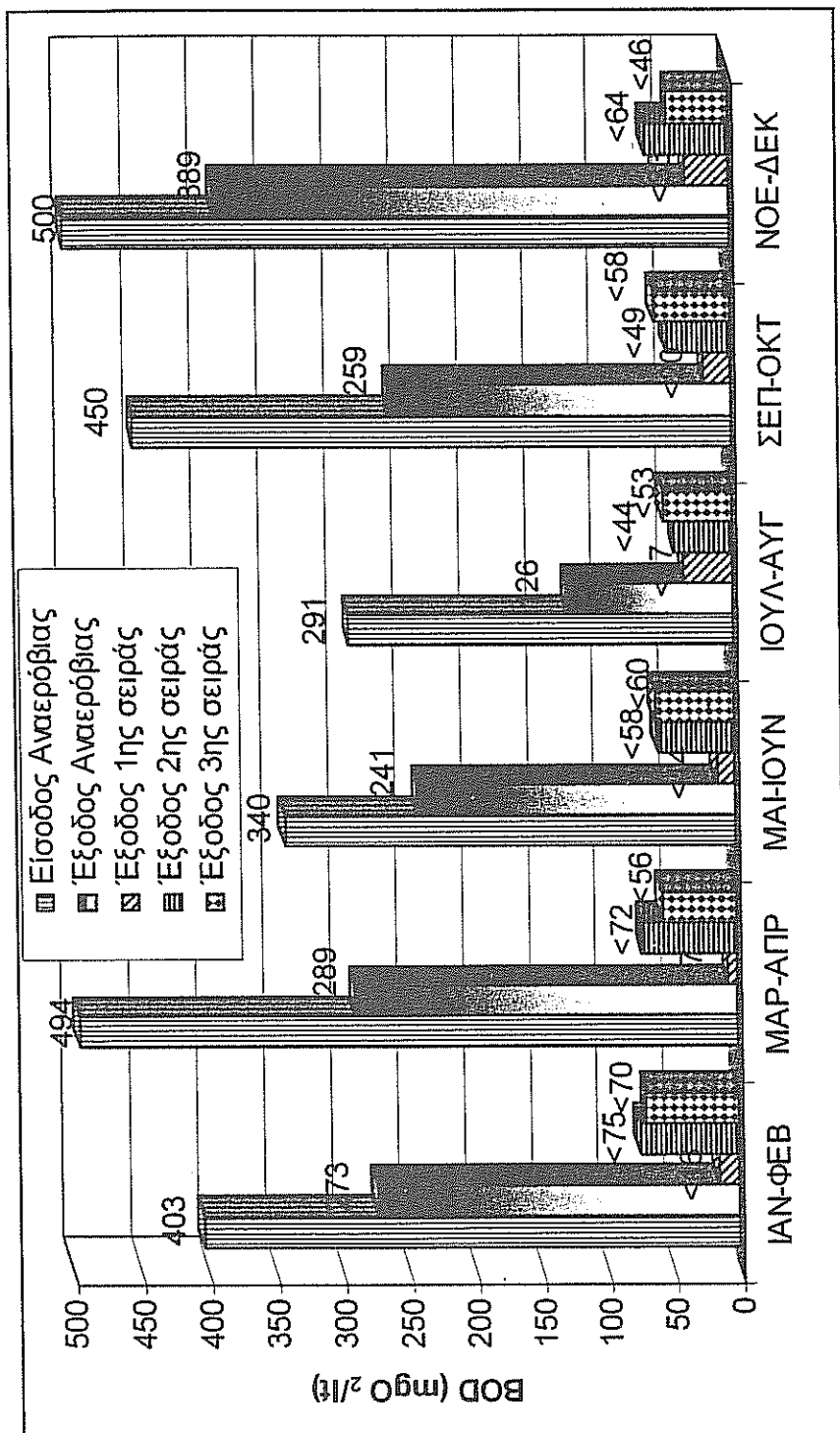
Η επαμφοτερίζουσα δεξαμενή της πρώτης γραμμής τροφοδοτήθηκε από την αναερόβια με παροχή Q = 30 m³/day με μέση τιμή BOD₅ = 263 mg O₂/l. Το μέσο ρυπαντικό φορτίο της λ_s = 7,5 g BOD₅/m².day και ο μέσος υδραυλικός χρόνος παραμονής του νερού ήταν 46 ημέρες.

Στην δεύτερη γραμμή, η επαμφοτερίζουσα δεξαμενή τροφοδοτήθηκε και πάλι από την αναερόβια με παροχή Q₁ = 90 m³/day με μέση τιμή BOD₅ = 263 mg O₂/l καθώς και με επανακυκλοφορία από την έξοδο της τελευταίας δεξαμενής με παροχή Q₂ = 180 m³/day μέσης τιμής BOD₅ = 41,5 mg O₂/l. Το μέσο ρυπαντικό φορτίο και των τριών δεξαμενών λ_s = 11 g BOD₅/m².day.



Σχήμα 3. Διακύμανση του BOD₅ των ανεπεξέργαστων υγρών αποβλήτων στην είσοδο της αναερόβιας δεξαμενής

Τέλος, στη τρίτη γραμμή, η επαμφοτερίζουσα δέχθηκε παροχή Q = 50 m³/day, μετά την πρωτοβάθμια επεξεργασία στην Μ.Β.Κ. Θεσ/νίκης με μέσο BOD₅ = 126 mg O₂/l. Το δε



Σχήμα 4: Μέση διημερησία τιμή του BOD₅ εισόδου και εξόδου για κάθε σειρά επεξεργασίας.

μέσο ρυπαντικό φορτίο της ήταν $\lambda_s = 6 \text{ g BOD}_5/\text{m}^2.\text{day}$. Ο μέσος υδραυλικός χρόνος παραμονής ήταν 27 ημέρες.

Στο Σχήμα 4 παρουσιάζονται οι μέσες διημερσιές τιμές του BOD_5 στην αναερόβια δεξαμενή καθώς και μέγιστες παρατηρηθείσες τιμές του BOD_5 στις εξόδους των τριών γραμμών επεξεργασίας.

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα συμπεράσματα από την διετή λειτουργία των τριών γραμμών των δεξαμενών σταθεροποίησης συνοψίζονται στον Πίνακα 1 και στο Σχήμα 5.

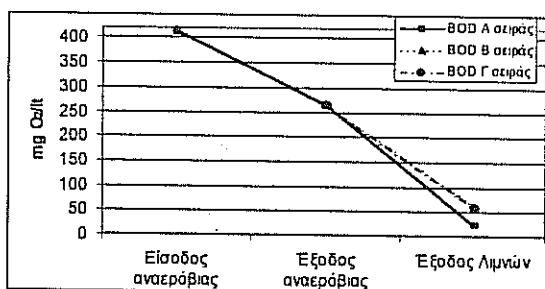
Πίνακας 1. Μείωση του BOD_5 κατά τις διάφορες φάσεις επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων, σε κάθε σειρά των δεξαμενών σταθεροποίησης.

ΘΕΣΗ	$\text{BOD mg O}_2/\text{lt}$	Μείωση $\text{BOD} \%$
Είσοδος αναερόβιας	413	
Εξόδος αναερόβιας	263	36.5
Εξόδος Α σειράς	21	95
Εξόδος Β σειράς	60	85.5
Εξόδος Γ σειράς	57	86

- στην έξοδο της αναερόβιας δεξαμενής, η μέση τιμή του BOD_5 ήταν $263 \text{ mg O}_2/\text{l}$, παρατηρήθηκε δηλαδή μείωση της τάξεως του 36,5%,

- στις εξόδους των Α, Β και Γ γραμμών επεξεργασίας, οι μέγιστες τιμές του BOD_5 ήταν $21 \text{ mg O}_2/\text{l}$, $60 \text{ mg O}_2/\text{l}$, και $57 \text{ mg O}_2/\text{l}$, αντίστοιχα. Παρατηρήθηκε δηλαδή μείωση του BOD_5 τουλάχιστον της τάξεως του 85-95% σε σχέση με αυτό των ανεπεξέργαστων υγρών αποβλήτων στην είσοδο του συστήματος.

Πρέπει να τονιστεί ότι σύμφωνα με την Απόφαση της Νομαρχίας Θεσσαλονίκης 22374/91/94, το ανώτερο επιτρεπτό όριο BOD_5 για διάθεση υγρών αποβλήτων στον Θερμαϊκό Κόλπο είναι $60 \text{ mg O}_2/\text{l}$. Από τα παραπάνω αποτελέσματα γίνεται φανερό ότι το όριο αυτό ικανοποιείται από τις επεξεργασμένες εκροές των δεξαμενών σταθεροποίησης. Επιπλέον, η επεξεργασία τους αυτή επιτεύχθηκε χωρίς την σημαντική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας και χημικών πρόσθετων καθώς επίσης και χωρίς την παρουσία οσμών.



Σχήμα 5. Μείωση του ρυπαντικού φορτίου των υγρών αποβλήτων σε κάθε γραμμή επεξεργασίας.

6. ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Το ερευνητικό πρόγραμμα, μέρος των αποτελεσμάτων του οποίου παρουσιάζονται στην εργασία αυτή, χρηματοδοτήθηκε από την Γ.Γ.Ε.Τ. στα πλαίσια του προγράμματος ΕΠΙΕΤ II.

7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Tchobanoglous G., Burton F.L .1991. 'Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, Reuse', Metcalf & Eddy Inc., Third Edition, McGraw-Hill.
2. Pescod M.B. .1992. 'Wastewater Treatment and Use in Agriculture', FAO Irrigation and Drainage Paper 47, Rome.
3. Στάμου Α.Ι. .1995. 'Βιολογικός Καθαρισμός Αστικών Αποβλήτων', Παπασωτηρίου, Αθήνα.
4. Reed S.C., Crites R.W., Middlebrooks.1995. 'Natural Systems for Waste Management and Treatment', 2nd Edition, McGraw-Hill.
5. Αγγελάκης Α.Ν., Tchobanoglous G. .1995. 'Υγρά Απόβλητα: Φυσικά Συστήματα Επεξεργασίας και Ανάκτηση, Επαναχρησιμοποίηση και Διάθεση Εκρρών', Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης.
6. EPA. 1983. 'Design Manual. Municipal Wastewater Stabilization Ponds', US Environmental Protection Agency, EPA-625/1-83-015, Cincinnati OH 45268.
7. Mara D.D., Pearson H.W. 1987. 'Waste Stabilization Ponds: Design Manual for Mediterranean Europe', World Health Organization (WHO), Regional Office for Europe, Copenhagen.
8. Juanico M., Shelef G. .1994. 'Design, Operation and Performance of Stabilization Reservoirs for Wastewater Irrigation in Israel', *Water Research*, 28,1, pp. 175-191.

**ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΩΝ ΕΓΓΕΙΟΒΕΛΤΙΩΤΙΚΩΝ
ΕΡΓΩΝ ΠΗΝΕΙΟΥ ΗΛΕΙΑΣ ΣΤΟΝ ΠΡΟΣΤΑΤΕΥΟΜΕΝΟ ΒΙΟΤΟΠΟ
ΤΗΣ ΛΙΜΝΟΘΑΛΑΣΣΑΣ ΚΟΤΥΧΙΟΥ ΚΑΙ ΤΑ ΕΡΓΑ
ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΤΟΥ**

Γ. ΚΑΡΑΝΤΟΥΝΙΑΣ και Ν. ΔΕΡΚΑΣ

Εργαστήριο Γεωργικής Υδραυλικής,
Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Ιερά Οδός 75, 118 55 Αθήνα
Τηλ 5294030, Fax 5294081
gkarant@auadec.aua.gr and ndercas1@auadec.aua.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η δημιουργία των εγγειοβελτιωτικών έργων Πηνειού Ηλείας κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 1970 είχε ως συνέπεια την αλλαγή των περιβαλλοντικών παραμέτρων της λιμνοθάλασσας Κοτυχίου Ν. Ηλείας. Ειδικότερα, μεταβλήθηκε η ποιότητα των νερών της λιμνοθάλασσας από αλμυρά-υφάλμυρα-ολιγοτροφικά σε γλυκά-υφάλμυρα-ευτροφικά, με αποτέλεσμα την αλλαγή του οικοσυστήματος με παράλληλη αύξηση των καλαμιώνων, της τυρφογένεσης, της παγίδευσης φερτών και σημαντική μείωση του ενεργού όγκου της λιμνοθάλασσας. Οι συνθήκες αυτές ήταν δυσμενείς και γίνονταν σε ακραίες περιπτώσεις ασφυκτικές για τα ιχθυηρά της λιμνοθάλασσας. Για την αντιμετώπιση του προβλήματος αυτού και τη βελτίωση της ανανέωσης των νερών της λιμνοθάλασσας μελετήθηκαν και εκτελέστηκαν έργα περιβαλλοντικής αναβάθμισης και οικολογικής διαχείρισης, με τα οποία επετεύχθη ο επιδιωκόμενος σκοπός.

**ENVIRONMENTAL IMPACT OF PINIOS RIVER (ILIA)
RECLAMATION WORKS ON THE PROTECTED BIOTOPE OF THE
KOTYCHI SEA-LAGOON AND ITS REHABILITATION WORKS**

G. KARANTOUNIAS and N. DERCAS

Laboratory of Agricultural Hydraulics
Agricultural University of Athens, 75, Iera odos, 118 55 Athens
Tel 5294030, Fax 5294081

ABSTRACT

The reclamation works, which were carried out in the Pinios river during the '70s, led to the change of environmental parameters of the Kotychi sea-lagoon, Prefecture of Iliia. More specifically, the water quality of the sea-lagoon was affected as follows: the salinity decreased the concentration of nutrients increased and the sea-lagoon became eutrophic, leading to the alteration of the ecosystem, to an increase of reeds and peat, an increase of trapping of suspended solids as well as to an important decrease of the active volume of the sea-lagoon. Those conditions were unfavourable and in some cases, they became asphyxiating for the fish living in the sea-lagoon. In order to solve this problem and to improve water renewal in the sea-lagoon, works of environmental upgrading and ecological management were carried out.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η λιμνοθάλασσα Κοτυχίου βρίσκεται στο νομό Ηλείας, στη βορειοδυτική ακτή της Πελοποννήσου, σε απόσταση 8 km βόρεια των Λεχαιών. Αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους υγροβιότοπους διεθνούς σημασίας του ελληνικού χώρου και προστατεύεται από τη διεθνή Σύμβαση Ramsar. Η λιμνοθάλασσα είναι μεγάλης σημασίας για την ορνιθοπανίδα, γιατί από εκεί διέρχεται ο δυτικός μεταναστευτικός διάδρομος των πτηνών. Προσελκύει επίσης σημαντικό αριθμό χηνοπαπιών, που έρχονται να ξεχειμωνιάσουν λόγω του ήπιου κλίματος της περιοχής. Το Κοτύχι είναι από τις πιο πλούσιες σε ιχθυοδυναμικό λιμνοθάλασσες της Ελλάδας, με παραγωγή κυρίως χελιών, κεφαλοειδών και λαβρακιών.

Λόγω γεωμορφολογικής διαμόρφωσης της περιοχής, η λιμνοθάλασσα Κοτυχίου αποτελεί τον αποδέκτη των απορροών μιας υδρολογικής λεκάνης έκτασης ~238 km². Οι επιφανειακές απορροές, μέσω των υδατορρευμάτων της περιοχής μεταφέρουν σημαντικές ποσότητες φερτών, οι οποίες προκαλούν πρόσχωση της λιμνοθάλασσας και σταδιακή μείωση του ωφέλιμου όγκου της. Ο ρυθμός μείωσης της λιμνοθάλασσας αυξάνει μετά τη δεκαετία του 1970, όταν πραγματοποιούνται στην περιοχή σημαντικά εγχειοβελτιωτικά έργα (Έργο Πηνεϊού Ηλείας), τα οποία υδροδοτούνται από τον ταμειωτήρα Πηνεϊού Ηλείας, που βρίσκεται στη γειτονική προς Νότο λεκάνη απορροής. Τα υδατορρεύματα που καταλήγουν στη λιμνοθάλασσα, εντάχθηκαν στο αποστραγγιστικό δίκτυο του εγχειοβελτιωτικού έργου. Οι ποσότητες γλυκού νερού που καταλήγουν στο Κοτύχι μέσω του στραγγιστικού δικτύου είναι σημαντικές, λόγω υπερκατανάλωσης του αρδευτικού νερού, συνέπεια της μη ορθολογικής τιμολόγησης του νερού (χρέωση ανά αρδευόμενη επιφάνεια και όχι κατ' όγκον καταναλισκόμενου ύδατος). Τα εγχειοβελτιωτικά έργα είχαν επίσης ως συνέπεια την εντατικοποίηση των καλλιεργειών, με αποτέλεσμα την αυξημένη χρήση αγροχημικών, τα οποία σε συνδυασμό με τις αυξημένες εισροές στραγγιστικού νερού, ανέτρεψαν τη μέχρι τότε ποιοτική ισορροπία των υδάτων της λιμνοθάλασσας (από αλμυρά-υφάλμυρα-ολιγοτροφικά τα νερά μετατράπηκαν σε υφάλμυρα-γλυκά-ευτροφικά).

Αποτέλεσμα της μεταβολής της ποιότητας των νερών ήταν η αύξηση των καλαμιώνων και η επιτάχυνση της τυρφογένεσης στη λιμνοθάλασσα, με συνέπεια την περαιτέρω μείωση της επιφάνειας και του βάθους της. Η έκταση της λιμνοθάλασσας του Κοτυχίου, βάσει μετρήσεων σε αεροφωτογραφίες του 1945, ήταν 783,40 ha με ελάχιστους καλαμιώνες [1]. Η έκταση αυτή μειώθηκε με την πάροδο του χρόνου λόγω προσχώσεων και σημαντικής αύξησης των καλαμιώνων. Για την αντιμετώπιση του προβλήματος αυτού μελετήθηκαν και εκτελέστηκαν μεταξύ 1986-1992 έργα περιβαλλοντικής αποκατάστασης της λιμνοθάλασσας ([2],[3],[4],[5]), τα οποία σε σύντομο χρονικό διάστημα είχαν ευνοϊκή επίδραση στο οικοσύστημα.

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζονται στοιχεία που αφορούν στα κατασκευασθέντα εγχειοβελτιωτικά έργα στις επιπτώσεις τους στη λιμνοθάλασσα καθώς και στα έργα περιβαλλοντικής αποκατάστασης και στις επιπτώσεις τους [6].

2. ΑΡΔΕΥΤΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΚΑΙ ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΤΙΚΕΣ ΠΡΑΚΤΙΚΕΣ

Το αρδευτικό δίκτυο (3.500 ha) που βρίσκεται εντός της χαμηλής ζώνης της λεκάνης απορροής της λιμνοθάλασσας Κοτυχίου εντάσσεται στο αρδευτικό δίκτυο βόρειας ζώνης Πηνεϊού Ηλείας. Το υπόψη δίκτυο είναι υπό πίεση, με αρδευτική μονάδα 4 ha, υδροδοτούμενη από ένα υδροστόμιο 6 lt/sec.

2.1. Καλλιέργειες αρδευτικού δικτύου: Η περιοχή χαρακτηρίζεται από έντονη

γεωργική δραστηριότητα με κυρίαρχες καλλιέργειες [2] τον αραβόσιτο (1.500 ha), τη βιομηχανική ντομάτα (1.000 ha) και τα μπιστανικά (800 ha). Επιπρόσθετα καλλιεργείται βαμβάκι (140 ha), ρύζι και διάφορες άλλες καλλιέργειες (60 ha).

Όσον αφορά στις μεθόδους άρδευσης :

α) Για τον αραβόσιτο : Στα πρώτα στάδια η άρδευση γίνεται με τεχνητή βροχή. Όταν τα φυτά αναπτυχθούν γίνεται άρδευση με βαρύτητα, επειδή δεν είναι εφικτή η χρήση της τεχνητής βροχής λόγω έλλειψης κατάλληλου αρδευτικού εξοπλισμού. Άλλη μέθοδος, ιδιαίτερα διαδεδομένη, είναι ο συνδυασμός τεχνητής βροχής και επιφανειακής άρδευσης. Ο καλλιεργητής χρησιμοποιεί ένα μεγάλο εκτοξευτή (κανόνι) μεγάλης παροχής (18-35 m³/h), τον οποίο μετακινεί κατά το ελάχιστο δυνατό. Οι θέσεις άρδευσης είναι περιορισμένες σε λίγα υψηλά σημεία του αγροτεμαχίου, η δε διάρκεια της θέσης άρδευσης μεγάλη. Σε κάθε θέση άρδευσης κατά τις δύο-τρεις πρώτες ώρες το νερό διηθείται στο έδαφος, μέχρις ότου αυτό έρθει σε κατάσταση κορεσμού. Στη συνέχεια, το νερό ρέει επιφανειακά ακολουθώντας τις κλίσεις του εδάφους (συχνά διαμορφώνονται αλάκια κατά την άρδευση) και αρδεύει τα χαμηλότερα περιφερειακά τμήματα. Μετά από μερικές θέσεις μεγάλης διάρκειας άρδευσης, ο καλλιεργητής κάνει με τον εκτοξευτή μερικές στάσεις μικρής διάρκειας σε σημεία που δεν αρδεύτηκαν από τις πρώτες θέσεις. Η μέθοδος αυτή προκαλεί, λόγω ανομοιομορφίας στην εφαρμογή του νερού, πτώση της παραγωγής που μερικές φορές φθάνει και 50%.

β) Για τη βιομηχανική ντομάτα : Κατά το παρελθόν στα αρχικά στάδια της καλλιέργειας χρησιμοποιείτο η τεχνητή βροχή και στη συνέχεια η άρδευση με αλάκια, διότι οι αγρότες φοβούνταν την ανάπτυξη ασθενειών (διαβροχή φύλλων και καρπών). Η τεχνική αυτή οδηγούσε σε υπερκατανάλωση νερού. Σήμερα γίνεται κυρίως χρήση της στάγδην άρδευσης.

γ) Για τα μπιστανικά (πεπόνια, καρπούζια): Χρησιμοποιούνται συστήματα στάγδην άρδευσης.

Οι αιτίες χρήσης αυτών των πρακτικών άρδευσης οφείλεται στο ότι οι αγρότες δεν διαθέτουν τον κατάλληλο αρδευτικό εξοπλισμό (περίπτωση αραβόσιτου) ή δεν γνωρίζουν τις κατάλληλες τεχνικές άρδευσης και αντιμετώπισης των προβλημάτων φυτοϋγεινής (περίπτωση ντομάτας).

2.2. Λιπάσματα: Σαν βασική λίπανση χρησιμοποιούνται συνήθως φωσφορική αμμωνία και μικτά λιπάσματα. Για επιφανειακή λίπανση εφαρμόζονται θειϊκή αμμωνία, νιτρική αμμωνία, νιτρικό κάλιο και σύνθετα λιπάσματα. Η εφαρμοζόμενη ποσότητα λιπασμάτων από τους αγρότες είναι πολύ μεγαλύτερη από τις συνιστώμενες δόσεις.

2.3. Φυτοφάρμακα: Στην περιοχή του αρδευτικού έργου χρησιμοποιούνται διάφορα φυτοφάρμακα: Eradicane, Lasso-AT, Thiodan, Sencor και καθώς και σκευάσματα με δραστική ουσία Supermethrin, Trifluralin, Dimethoate και.

3. ΣΤΡΑΓΓΙΣΤΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ

Το εγγειοβελτιωτικό έργο της περιοχής διαθέτει στραγγιστικό δίκτυο, στο οποίο έχουν ενταχθεί και τα υδατορεύματα που εκβάλλουν στη λιμνοθάλασσα του Κοτυχίου. Μέσω αυτών εισρέουν στη λιμνοθάλασσα σημαντικές ποσότητες γλυκού νερού (15-20*10⁶m³ το έτος), που προέρχονται από την υπερκατανάλωση του αρδευτικού νερού.

4. ΟΓΚΟΣ ΦΕΡΤΩΝ ΛΙΜΝΟΘΑΛΑΣΣΑΣ ΚΑΙ ΤΥΡΦΟΓΕΝΕΣΗ

Εμβοδομετρήσεις σε αεροφωτογραφίες του 1960 και του 1987 έδωσαν ενεργή έκταση της λιμνοθάλασσας (χωρίς τους καλαμιώνες) 614,40 ha και 315,40 ha αντίστοιχα [1]. Το μέσο

βάθος της λιμνοθάλασσας το 1960 ήταν 0,80m και το 1987 ήταν 0,40m (Πίνακας 1).

Πίνακας 1. Στοιχεία έκτασης, βάθους και όγκου λιμνοθάλασσας

Ετος	Εμβαδόν (ha)	Μέσο Βάθος (m)	Όγκος νερού (m ³)
1960	614,40	0,80	4,92*10 ⁶
1987	315,40	0,40	1,26*10 ⁶

Από τα παραπάνω στοιχεία φαίνεται ότι ο ωφέλιμος όγκος της λιμνοθάλασσας μειώθηκε στη διάρκεια 27 ετών κατά $3,66 \cdot 10^6 \text{ m}^3$, δηλαδή κατά $\sim 140.000 \text{ m}^3/\text{έτος}$.

Ο νεκρός αυτός όγκος οφείλεται στη συρροή φερτών στον πυθμένα της λιμνοθάλασσας (χειμάρροι, τάφροι, θάλασσα), όπως επίσης στην τυρφογένεση που συντελείται με την αποδόμηση της φυτικής ύλης υπό την επίδραση βιολογικών και φυσικοχημικών παραγόντων και αναερόβιων συνθηκών.

5. ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΩΝ ΕΓΓΕΙΟΒΕΛΤΙΩΤΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ

Η σπατάλη του αρδευτικού νερού ευνοεί την έκπλυση των αγροχημικών, τη μεταφορά τους μέσω του στραγγιστικού δικτύου από την περιφέρεια στη λιμνοθάλασσα, με συνέπεια τη δημιουργία ευτροφικών συνθηκών.

Μέσω του μηχανισμού αυτού ανατράπηκε την τελευταία 30ετία και το ποιοτικό ισοζύγιο των υδάτων της λιμνοθάλασσας. Έτσι κατά τη χειμερινή μεν περίοδο δεν αλλάζει πρακτικά κάτι από την προ των έργων κατάσταση, αντίθετα κατά τη θερινή περίοδο συντελείται ολοσχερής ανατροπή της παλαιάς πριν από το 1970 κατάστασης. Τα υφιστάμενα υδατορρέυματα, που πριν από το 1970 στέρευαν ολοκληρωτικά κατά τη θερινή περίοδο λόγω έλλειψης βροχής, μεταφέρουν σήμερα αδιάκοπα ποσότητες γλυκού νερού, προερχόμενες από τη σπατάλη του αρδευτικού νερού. Οι ποσότητες αυτές μετέτρεναν σε μεγάλη έκταση το νερό της λιμνοθάλασσας σε γλυκό-υφάλμυρο, με συνέπεια χειμώνα-καλοκαίρι η λιμνοθάλασσα να έχει μικρή αλατότητα.

Η μικρή αλατότητα οδήγησε και οδηγεί στην αλλαγή του περιβαλλοντικού και οικολογικού χαρακτήρα της λιμνοθάλασσας. Αποτέλεσμα αυτής ήταν η μεγάλη αύξηση των καλαμιώνων στη λιμνοθάλασσα, η μείωση της ροής του νερού στην αντίστοιχη περιοχή, η αύξηση του ρυθμού παγίδευσης αωρούμενων στερεών και η δημιουργία ευνοϊκών συνθηκών τυρφογένεσης στις περιοχές αυτές. Σύμφωνα με μετρήσεις [1], το 1987 οι καλαμιώνες κάλυπταν έκταση παραπλήσια σε μέγεθος με την επιφάνεια των νεράν της λιμνοθάλασσας.

Οι αλλαγές αυτές δημιουργούν σοβαρά προβλήματα στο λιμνοθαλάσσιο οικοσύστημα, το οποίο πιέζεται σοβαρά από την ύπαρξη πολλών γλυκών νεράν καθ'όλη τη διάρκεια του έτους. Αξίζει να σημειωθεί ότι ήδη κατά τη δεκαετία του 1980 η παγίδευση των φερτών είχε οδηγήσει σε βάθη λιμνοθάλασσας μικρότερα από 0,50m, με αποτέλεσμα σε περιόδους μεγάλου καύσωνα να δημιουργούνται συνθήκες ασφυκτικές για την ιχθυοπανίδα του Κοτυχίου.

Τα νερά του στραγγιστικού δικτύου είχαν όμως και θετικές επιδράσεις στη λιμνοθάλασσα: κατά τις περιόδους του καύσωνα τα δροσερά νερά της αποστράγγισης από τα υδατορρέυματα της περιοχής προσέφεραν πολύτιμη ανάσα ζωής στο οικοσύστημα και την ιχθυοπανίδα, που υπέφερε από τις υψηλές θερμοκρασίες περιβάλλοντος και νερού. Το ευνοϊκό αυτό οικολογικό αποτέλεσμα οφείλεται τελικά σε ένα διαχειριστικό λάθος, αυτό της σπατάλης. Η σπατάλη αρδευτικού νερού, το οποίο επιστρέφει στο Κοτύχι και τη θάλασσα, είναι ευνοϊκή και για τη βιοποικιλότητα και για

το οικοσύστημα μακριά από τη λιμνοθάλασσα, μέσα και γύρω από τις στραγγιστικές τάφρους.

6. ΕΡΓΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΤΗΣ ΛΙΜΝΟΘΑΛΑΣΣΑΣ ΚΟΤΥΧΙΟΥ

Μετά από διεξοδική μελέτη των διαθέσιμων στοιχείων και διερεύνηση των υφιστάμενων περιβαλλοντικών κ.ά. συνθηκών συντάχθηκε για την αντιμετώπιση του επερχόμενου τέλους της λιμνοθάλασσας, και της αλιευόμενης ιχθυοπαραγωγής μεταξύ 1986 και 1992, μια σειρά μελετών με θέμα την προστασία, ολοκληρωμένη ανάπτυξη και διαχείριση της λιμνοθάλασσας Κοτυχίου Νομού Ηλείας και τα απαραίτητα για το σκοπό αυτό έργα ([2], [3], [4], [5]).

Τα μελετηθέντα έργα συνολικής επενδυτικής δαπάνης 320 εκ. δρχ περίπου κατασκευάστηκαν κατά την τετραετία 1989-1992.

Τα πραγματοποιηθέντα έργα είναι τα ακόλουθα:

1. Δημιουργία μιας λεκάνης διαχείρισης μέσης έκτασης ~22.000m², μέσου βάθους εκσκαφής ~4,50m και πέντε ακτινωτών διαύλων συνολικού μήκους 6.285 m, μέσης διατομής εκσκαφής ~34,00m² και στάθμης εκσκαφής στο -2,00m υπό την επιφάνεια της λιμνοθάλασσας. Ο συνολικός όγκος των εκσκαφών ανήλθε σε ~313.000 m³.
2. Έργα διαμόρφωσης και προστασίας στομίου και ενίσχυσης και προστασίας λουρνησίδων, ιχθυοσυλληπτικές εγκαταστάσεις στο στόμιο της λιμνοθάλασσας τάφρος ελεγχόμενης διαβίωσης - διατροφής ιχθυηρών, έργο εκχείλισης πλημμυρικών υδάτων.
3. Έντεκα (11) προκατασκευασμένοι οικίσκοι για τους αλιεργάτες της λιμνοθάλασσας και ένα παρατηρητήριο για την παρακολούθηση της λιμνοθάλασσας και της ορνιθοπανίδας της.

Από τα παραπάνω έργα τα υπ'αρ. 1 αφορούν στην κύρια δράση για την αποκατάσταση του περιβάλλοντος. Οι σχεδιασθείσες εκσκαφές ελέγχθηκαν από άποψη υδραυλικής λειτουργίας με τη χρήση του υδροδυναμικού μοντέλου LIMNO, που αναπτύχθηκε για το σκοπό αυτό στο ΕΜΠ.

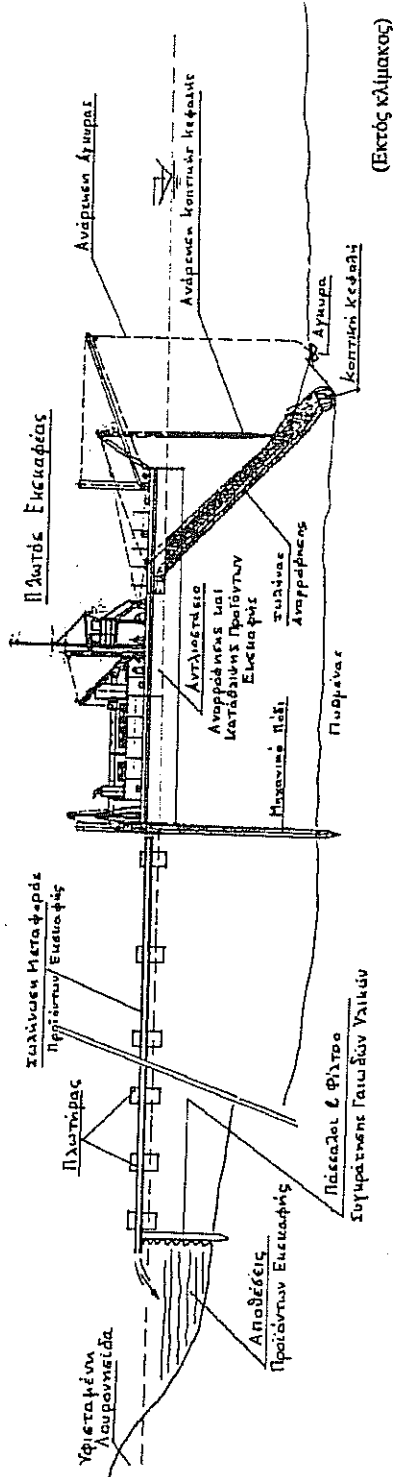
Χαρακτηριστικά τεχνικά στοιχεία των κυρίων έργων περιβαλλοντικής αποκατάστασης φαίνονται στα σχήματα της παρούσας εργασίας (Σχ. 1, 2 και 3). Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει ο τρόπος εκσκαφής των ακτινωτών διαύλων και της λεκάνης διαχείρισης, γεγονός το οποίο επέβλεψε τη χρήση ειδικού πλωτού εκσκαφέα. Στο σχήμα 2 φαίνεται σε σχηματοποιημένη μηκτομή, ο τρόπος δράσης του πλωτού εκσκαφέα καθώς και η αναρρόφηση, υδραυλική μεταφορά και απόθεση των προϊόντων της εκσκαφής, η οποία γίνεται παράλληλα στις υφιστάμενες λουρνησίδες με στόχο την ενίσχυσή τους.

7. ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΩΝ ΕΡΓΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ/ ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΗΣ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗΣ ΤΗΣ ΛΙΜΝΟΘΑΛΑΣΣΑΣ ΚΟΤΥΧΙΟΥ

Με τα πραγματοποιηθέντα έργα εκσκαφής (Σχ. 1 και 3) αυξήθηκε τόσο ο ζωτικός χώρος για το λιμνοθαλάσσιο οικοσύστημα, όσο και η βυθομετρική κατανομή του χώρου αυτού, με ευνοϊκά περιβαλλοντικά αποτελέσματα για τη λιμνοθάλασσα [6].

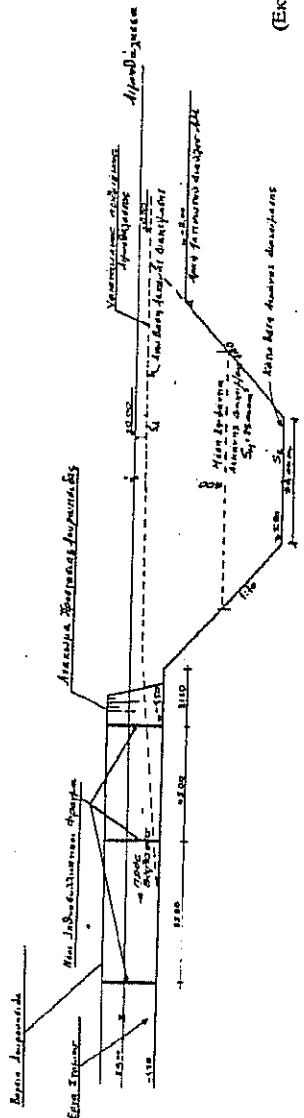
Πράγματι, μετά την υλοποίηση των έργων, η επιτυγχανόμενη ιχθυοπαραγωγή στις νέες ιχθυοσυλληπτικές εγκαταστάσεις του στομίου της λιμνοθάλασσας σημείωσε συνεχή αύξηση, τόσο ποσοτική όσο και ποιοτική (περισσότερα είδη ευρύαλων ιχθυηρών). Επιβεβαιώνεται και με τα αλιευόμενα ιχθυηρά και με μετρήσεις αλατότητας της λιμνοθάλασσας μετά τα έργα, ότι τα έργα εκσκαφής όχι μόνον αύξησαν τον όγκο των νερών της λιμνοθάλασσας κατά ~313.000 m³, δηλαδή κατά ~25%, για αρχικό όγκο

ΣΧΗΜΑ 2
ΔΙΑΤΑΞΗ ΕΚΣΚΑΦΗΣ, ΥΔΡΑΥΛΙΚΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΚΑΙ ΑΠΟΦΕΣΗΣ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΕΚΣΚΑΦΗΣ



(Εκτός κλίμακος)

ΣΧΗΜΑ 3
ΤΟΜΗ ΚΑΤΑ ΜΗΚΟΣ ΤΟΥ ΛΕΩΝΑ ΤΟΥ ΣΤΟΜΙΟΥ



(Εκτός κλίμακος)

υδάτων πριν από τα έργα $1,26 \cdot 10^6 \text{ m}^3$, αλλά και διευκολύνουν υδραυλικά την εισροή θαλασσινού νερού στη λιμνοθάλασσα, τόσο στην περιοχή του στομιού, όπου βρίσκεται η λεκάνη διαχείμανσης, όσο και στις παρόχθιες περιοχές της, μέσω των διαμορφωθέντων υποβρυχίων διαύλων.

Σημειώνεται, ότι η λιμνοθάλασσα Κοτυχίου είχε πριν από τα έργα, σύμφωνα με την εργασία [5], μικρό βαθμό επικοινωνίας με τη θάλασσα (μειονεκτικό στοιχείο για το οικοσύστημα), κατάσταση η οποία ανατράπηκε με τα κατασκευασθέντα έργα.

Με την προσαγωγή μεγαλύτερων ποσοτήτων θαλασσινού νερού στις παρόχθιες περιοχές της λιμνοθάλασσας, επιτεύχθηκαν συνθήκες ευνοϊκές για την μείωση της επιφάνειας των καλαμιώνων και αύξησης της επιφάνειας του νερού, γεγονός που επιβεβαιώνεται από τη μελέτη των αεροφωτογραφιών της περιοχής [1].

Με την απόθεση των προϊόντων εκσκαφής ενισχύθηκαν και εξασφαλίστηκαν οι λουρνησίδες της λιμνοθάλασσας, οι οποίες κατά τη διάρκεια της περιόδου 1945-1987 υπέστησαν σοβαρή μείωση του πλάτους τους λόγω ακτομηχανικής διάβρωσης. Τα προϊόντα της εκσκαφής αποτέθηκαν με τέτοιο τρόπο ώστε να δημιουργηθεί ένα ανομιόμορφο ανάγλυφο, με τώματα και κοιλάματα. Η ποικιλότητα του ζωτικού λιμνοθαλάσσιου χώρου, σε συνδυασμό με την ποικιλότητα της ποιότητας των νερών, δημιουργεί ευνοϊκές συνθήκες βιοποικιλότητας στη λιμνοθάλασσα, ενώ η προαναφερθείσα υψομετρική ποικιλία των αποθέσεων στις λουρνησίδες δημιουργεί ευνοϊκές συνθήκες βιοποικιλότητας του χερσαίου οικοσυστήματος, πράγμα που επιβεβαιώθηκε από την επιτόπου διερεύνηση, που πραγματοποιήθηκε μετά την υλοποίηση των έργων περιβαλλοντικής αναβάθμισης. Τα υπόψη έργα αναβάθμισης βελτιώνουν ακόμη τις συνθήκες ιχθυοσύλληψης, την απαγωγή των πλημμυρικών υδάτων της λιμνοθάλασσας, ενισχύουν και εξασφαλίζουν το στόμιο της και θωρακίζουν έναντι ακτομηχανικής διάβρωσης τα εξωτερικά τμήματα των έργων διαμόρφωσης και προστασίας.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Kalivas D., Karantounias G., Dercas N., 2000. Impact Evaluation of Agricultural Land Use of the Kotychi Biotope, Using GIS, Proc. Int. Conference "Protection and Restoration of the Environment V", Democritus Univ. of Thrace & Center of Env. Eng. Stevens Institute of Technology N.J. USA, Thessos, Greece.
2. Έγγλιον ΕΠΕ, 1987. Προστασία, ολοκληρωμένη ανάπτυξη και διαχείριση λιμνοθάλασσας Κοτυχίου Δήμου Λεχανίων, Νομού Ηλείας, Δημοσυνεταιριστική Ιχθυοτροφική Επιχείρηση Λεχανίων Ν. Ηλείας "Κοτύχι ΑΕ", Αθήνα.
3. Υδρομέδων ΟΕ – Κορωνιώτης Κ., 1989. Οριστική Μελέτη Κατασκευής Αικτωπών Διαύλων και Λεκανών Διαχείμανσης Έργων, Διαμόρφωσης Στομιού και Ιχθυοσυλληπτικών Εγκαταστάσεων και Έργων Προστασίας Λουρνησίδων, Δημοσυνεταιριστική Ιχθυοτροφική Επιχείρηση Λεχανίων Ν. Ηλείας "Κοτύχι ΑΕ", Αθήνα.
4. Έγγλιον ΕΠΕ, 1992. Οριστική Μελέτη Κατασκευής Έργου Εκχείλισης Πλημμυρικών Υδάτων και Τάφρου Ελεγχόμενης Διαβίωσης-Διατροφής Ιχθυηρών Λιμνοθάλασσας Κοτυχίου, Δημοσυνεταιριστική Ιχθυοτροφική Επιχείρηση Λεχανίων Ν. Ηλείας "Κοτύχι ΑΕ", Αθήνα.
5. Guelorget O., Castanier S., Pertuisot J.-P., 1988. Données préliminaires pour l'évaluation de l'état de l'étang de Kotychi, Δημοσυνεταιριστική Ιχθυοτροφική Επιχείρηση Λεχανίων Ν. Ηλείας "Κοτύχι ΑΕ", Αθήνα.
6. Έγγλιον ΕΠΕ, 1992. Μελέτη περιβαλλοντικών επιπτώσεων έργων προστασίας ολοκληρωμένης ανάπτυξης και διαχείρισης λιμνοθάλασσας Κοτυχίου Δήμου Λεχανίων, Νομού Ηλείας, Δημοσυνεταιριστική Ιχθυοτροφική Επιχείρηση Λεχανίων Ν. Ηλείας "Κοτύχι ΑΕ", Αθήνα.

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΤΟΥ ΚΙΝΔΥΝΟΥ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΤΩΝ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΝΕΡΩΝ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΦΥΤΟΦΑΡΜΑΚΩΝ ΕΔΑΦΟΥΣ

Βασίλειος Ζ. Αντωνόπουλος

Τομέας Εγγείων Βελτιώσεων, Εδαφολογίας και Γεωργικής Μηχανικής,
Τμήμα Γεωπονίας, Α.Π.Θ., 54006 Θεσσαλονίκη.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην εργασία αυτή παρουσιάζονται τα μοντέλα-δείκτες που χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση της δυνατότητας ή μη ρύπανσης των υπόγειων νερών από φυτοφάρμακα. Τα μοντέλα αυτά είναι ο παράγοντας επιβράδυνσης (R_r), ο παράγοντας εξασθένησης (AF) και ο δείκτης έκπλυσης (LI). Γίνεται διερεύνηση της εφαρμοσιμότητας και αποτελεσματικότητας εφαρμογής των παραπάνω μοντέλων, στην εκτίμηση της πιθανής ρύπανσης των υπόγειων υδροφορέων, με εφαρμογές για διαφορετικές εδαφολογικές, υδρογεωλογικές και κλιματικές συνθήκες και στα χαρακτηριστικά των φυτοφαρμάκων.

METHODOLOGY TO EVALUATE THE VULNERABILITY OF GROUNDWATER CONTAMINATION BY SOIL APPLIED PESTICIDES

Vassilis Z. Antonopoulos

Depart. of Hydraulics, Soil Science and Agr. Engineering, School of Agriculture,
A.U.Th., 54006 Thessaloniki.

ABSTRACT

A methodology was developed to evaluate the pesticides leaching potential and the relative vulnerability of groundwater's areas to contamination by agricultural applied pesticides. The evaluation is based on the simple index models of retardation factor (R_r), attenuation factor (AF) and leaching potential index (LI). The index-models are verified by application under different soil, hydrological and climate conditions and for different pesticides.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ρύπανση των υπόγειων νερών από τα αγροχημικά, μεταξύ των οποίων τα ζιζανιοκτόνα, εντομοκτόνα και μυκητοκτόνα, είναι ένα γεγονός που έχει επιβεβαιωθεί ερευνητικά τα τελευταία χρόνια, και θεωρείται ένα ιδιαίτερα σημαντικό περιβαλλοντικό πρόβλημα, όπως και ένα σημαντικό πρόβλημα της εντατικής γεωργίας.

Η παρουσία των φυτοφαρμάκων στο έδαφος και στα φυτά δημιουργεί μια σειρά από περιβαλλοντικούς κινδύνους. Η έκπλυση των φυτοφαρμάκων προς τα υπόγεια νερά αποτελεί μια από τις πιο σημαντικές περιβαλλοντικές συνιστώσεις της χρήσης των φυτοφαρμάκων. Τα υπόγεια νερά αποτελούν την κυριότερη πηγή νερού για αυτό η ρύπανσή τους από τα φυτοφάρμακα παρουσιάζει μεγάλο ενδιαφέρον. Αλλά και τα επιφανειακά νερά, ποτάμια, λίμνες και θάλασσες είναι αποδέκτες της ρύπανσης από τα φυτοφάρμακα δια μέσου της επιφανειακής απορροής, της διάβρωσης και της διαρροής των υπόγειων νερών. Η ένταση με την οποία γίνεται η μεταφορά εξαρτάται από την παρουσία του φυτοφαρμάκου, την ευκινησία του και την ποσότητα του νερού που κινείται επιφανειακά ή δια της εδαφικής κατατομής.

Τα φυτοφάρμακα στα υπόγεια νερά άρχισαν να καταγράφονται από το τέλος της δεκαετίας του 60. Με την έναρξη της δεκαετίας του 80 άρχισε η ανάπτυξη συστηματικών προγραμμάτων καταγραφής με σκοπό τον προσδιορισμό της έκτασης του προβλήματος και την κατανόηση και διερεύνηση των παραγόντων που καθορίζουν την ικανότητα έκπλυσης των φυτοφαρμάκων και την επικινδυνότητα ρύπανσης των υπόγειων υδατικών πόρων.

Στις καταγραφές που έγιναν στις ΗΠΑ και Ευρώπη [8] διαπιστώθηκε ότι τα ζιζανιοκτόνα αντιπροσωπεύουν την ομάδα φυτοφαρμάκων που ρυπαίνουν τα υπόγεια νερά. Έχουν καταγραφεί 32 από αυτά, εκ των οποίων τα 29 σε συγκεντρώσεις μεγαλύτερες από τη μέγιστη επιτρεπόμενη. Η ατραζίνη έχει τη μεγαλύτερη συχνότητα ρύπανσης και ακολουθεί τοalachlor. Τα εντομοκτόνα, επίσης, όπως και λίγα νηματωδοκτόνα και απολυμαντικά εδάφους ρυπαίνουν τα υπόγεια νερά όπως δείχνουν οι υψηλοί αριθμοί καταγραφών. Αλλά και στην Ελλάδα αναφέρονται καταγραφές φυτοφαρμάκων στα υπόγεια νερά, όπως της Ημαθίας [1], παρόλο που δεν έχουν αναπτυχθεί προγράμματα συστηματικής καταγραφής της ρύπανσης των υπόγειων νερών.

Η εκτίμηση του κινδύνου ρύπανσης των υπόγειων νερών μπορεί να γίνει με σύνθετα μαθηματικά μοντέλα που βασίζονται στις εξισώσεις μεταφοράς μάζας και των μετασχηματισμών των ουσιών στην κορεσμένη και ακόρεστη ζώνη του εδάφους [4]. Λόγω της πληθώρας δεδομένων που απαιτούνται για την εφαρμογή των μοντέλων αυτών, την τελευταία δεκαετία, αναπτύσσονται απλοποιημένες διαδικασίες εκτίμησης της πιθανότητας ρύπανσης των υπόγειων νερών που μπορούν να εφαρμοστούν σε μεγάλη χωρική κλίμακα και για διαφορετικές περιβαλλοντικές συνθήκες.

Στην εργασία αυτή παρουσιάζονται τα μοντέλα-δείκτες που χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση της δυνατότητας ή μη ρύπανσης των υπόγειων νερών από ζιζανιοκτόνα. Τα μοντέλα αυτά είναι ο παράγοντας εξασθένησης (AF), ο παράγοντας επιβράδυνσης (R_f) και ο δείκτης πιθανής έκπλυσης (LI).

2. ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΚΑΙ ΕΚΠΛΥΣΗΣ ΦΥΤΟΦΑΡΜΑΚΩΝ ΣΤΟ ΕΔΑΦΟΣ.

Η μαθηματική περιγραφή της τύχης και συμπεριφοράς των φυτοφαρμάκων στο έδαφος, βασίζεται σε ορισμένες βασικές αρχές που περιγράφουν γενικότερα τη

μεταφορά μάζας των ουσιών στο έδαφος [5]. Οι διαδικασίες αυτές είναι, η μεταφορά με μετακίνηση και διασπορά, η προσρόφηση των ουσιών, οι μετασχηματισμοί τους και η πρόσληψη από τα φυτά. Την τελευταία δεκαετία έχουν αναπτυχθεί σύνθετα μοντέλα που περιγράφουν τις διαδικασίες αυτές. Αυτά μπορεί να είναι λεπτομερή μοντέλα που απαιτούν πολλά δεδομένα και που αποτελούν ερευνητικό μέσο για την κατανόηση της σύνθετης διαδικασίας της έκπλυσης [10], ή απλοποιημένα μοντέλα για εκπαιδευτικούς σκοπούς. Ανάμεσα στα γνωστά μοντέλα είναι το PRZM [7], το LEACHMP [16], το GLEAMS [12], το MACRO [11] και το WANISIM [4]. Οι διαφορές βρίσκονται στο σκοπό για τον οποίο αναπτύχθηκαν, στις εξισώσεις που επιλύονται, τις μεθόδους επίλυσης των εξισώσεων, στον τρόπο προσέγγισης των διαδικασιών προσρόφησης, μετασχηματισμών και πρόσληψης από τα φυτά και στην εξάρτηση των διαδικασιών αυτών από περιβαλλοντικούς παράγοντες.

Η συγκέντρωση του φυτοφάρμακου στο έδαφος c ($\mu\text{g}/\text{cm}^3$) είναι ίση με τη ολική μάζα του στην υγρή και τη στερεά φάση του εδάφους και ορίζεται από τη σχέση

$$c = \theta C + \rho_b S \quad (1)$$

όπου C είναι η συγκέντρωση του φυτοφάρμακου στην υγρή φάση ($\mu\text{g}/\text{cm}^3$), θ είναι η περιεχόμενη εδαφική υγρασία (cm^3/cm^3), ρ_b είναι η πυκνότητα του εδάφους (g/cm^3) και S είναι η συγκέντρωση στην στερεά φάση ή φάση προσροφήσεως ($\mu\text{g}/\text{g}$ εδάφους).

Η ροή μάζας του φυτοφάρμακου δια μέσου του εδάφους λόγω της κίνησης του νερού και της διασποράς περιγράφεται από τη σχέση

$$J_z = qC - \theta D \frac{\partial C}{\partial z} \quad (2)$$

όπου J_z είναι η ροή μάζας ανά μονάδα επιφάνειας και στη μονάδα του χρόνου ($\mu\text{g}/\text{cm}^2\text{-day}$), D είναι ο συντελεστής υδροδυναμικής διασποράς (cm^2/day) και q είναι η ταχύτητα Darcy (cm/day).

Η αρχή της διατήρησης της μάζας για τις ουσίες των φυτοφαρμάκων στο εδαφικό σύστημα περιγράφεται από την εξίσωση μεταφοράς μάζας που έχει ως εξής

$$\frac{\partial}{\partial t} (\rho_b S + \theta C) = \frac{\partial}{\partial z} \left(\theta D \frac{\partial C}{\partial z} \right) - \frac{\partial qC}{\partial z} - \Phi_i - R_u \quad (3)$$

όπου Φ_i είναι ο όρος που περιγράφει τους μετασχηματισμούς της ουσίας και R_u είναι ο όρος της πρόσληψης από τα φυτά.

Τα περισσότερα φυτοφάρμακα είναι οργανικές ενώσεις που διασπώνται κάτω από τις πιο κοινές περιβαλλοντικές συνθήκες. Οι διαδικασίες διάσπασης οφείλονται σε μικροβιακές, φωτοχημικές και χημικές αντιδράσεις. Παρόλη τη συνθετότητα των παραγόντων που επηρεάζουν την αποικοδόμηση, για την περιγραφή χρησιμοποιούνται απλές πρώτης τάξης κινητικές, που εκφράζονται από τη σχέση

$$\Phi_i = \mu(\theta C + \rho_b S) \quad (4)$$

όπου μ είναι ο συντελεστής της ταχύτητας αποικοδόμησης ($1/\text{day}$) που είναι αντιστρόφως ανάλογος προς την ημιπερίοδο ζωής.

Η προσρόφηση των φυτοφαρμάκων από τα στερεά του εδάφους είναι μία από τις πιο σημαντικές αντιδράσεις. Η ένταση της προσρόφησης εξαρτάται από τις χημικές ιδιότητες της ουσίας, τα χαρακτηριστικά του εδάφους και την περιεχόμενη οργανική ουσία στο έδαφος. Η σχέση μεταξύ της συγκέντρωσης του φυτοφάρμακου στη στερεά φάση του εδάφους με τη συγκέντρωση στην υγρή φάση περιγράφεται από τους περισσότερους ερευνητές και τα περισσότερα μοντέλα [2] με γραμμικές εξισώσεις κινητικής ισορροπίας τύπου Freundlich

$$S = K_d C \quad (5)$$

όπου K_d είναι ο συντελεστής κατανομής (cm^3/g). Η σχέση του συντελεστή κατανομής με τον συντελεστή προσρόφησης του φυτοφαρμάκου δίνεται από τη σχέση

$$K_d = f_{oc} K_{oc} \quad (6)$$

όπου f_{oc} είναι το κλάσμα οργανικού άνθρακα του εδάφους και K_{oc} είναι ο συντελεστής προσρόφησης (adsorption coefficient).

Από τις εξ. (1) και (5) προκύπτει ο παράγοντας επιβράδυνσης, R_f

$$c = \theta C + \rho_b S = \theta C(1 + K_d \rho_b / \theta) = \theta R_f C \quad (7)$$

όπου ο παράγοντας επιβράδυνσης

$$R_f = 1 + K_d \rho_b / \theta \quad (8)$$

εκφράζει το λόγο της πραγματικής ταχύτητας του νερού προς την ταχύτητα μεταφοράς της προσροφούμενης ουσίας.

Η πρόσληψη από τα φυτά θεωρείται ως παθητική διαδικασία και περιγράφεται ως συνάρτηση της πρόσληψης του νερού και της συγκέντρωσης της ουσίας στην υγρή φάση

$$R_u = f_c S_w C \quad (9)$$

όπου f_c είναι μια εμπειρική σταθερά ($0 < f_c < 1$), S_w είναι η πρόσληψη του νερού ($\text{cm}^3/\text{cm}^3/\text{day}$).

Οι μετασχηματισμοί των ουσιών των φυτοφαρμάκων επηρεάζονται από περιβαλλοντικούς παράγοντες, όπως η θερμοκρασία και η εδαφική υγρασία [4]. Η επίδραση των παραγόντων αυτών περιγράφεται με συναρτήσεις που συνδιάζονται με τους συντελεστές της ταχύτητας των μετασχηματισμών. Για την επίδραση της εδαφικής υγρασίας και της θερμοκρασίας, ο συντελεστής μετασχηματισμού έχει την μορφή

$$\mu = \mu_{op} e_w e_t \quad (10)$$

όπου μ_{op} είναι η τιμή του συντελεστή για άριστες συνθήκες υγρασίας και θερμοκρασίας και e_w , e_t είναι αντίστοιχα οι συναρτήσεις της επίδρασης της υγρασίας και της θερμοκρασίας [3, 6].

3. ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΟΥ ΚΙΝΔΥΝΟΥ ΕΚΠΛΥΣΗΣ ΤΩΝ ΦΥΤΟΦΑΡΜΑΚΩΝ

Ένα σημαντικό στοιχείο της εφαρμογής των φυτοφαρμάκων στο έδαφος είναι η εκτίμηση του κινδύνου να εκπλυθούν από τη ζώνη εφαρμογής τους και να φτάσουν στα υπόγεια νερά.

Οι παράμετροι από τις οποίες εξαρτάται η κινητικότητα και η πιθανότητα έκπλυσης των ουσιών των διαφόρων φυτοφαρμάκων στο έδαφος, μπορούν να διακριθούν σε τρεις ομάδες: α) εδαφικές (κλάσμα οργανικού άνθρακα f_{oc} , υγρασία στην υδατοικανότητα θ_{FC} , υδραυλική αγωγιμότητα K , φαινόμενη πυκνότητα ρ_b), β) υδρογεωλογικές και κλιματικές (βάθος d , παροχή βαθιάς διήθησης q), και γ) χημικές (K_{oc} , σταθερά Henry K_H , ημιπερίοδος ζώης $t_{1/2}$).

Ο δείκτης έκπλυσης προκύπτει από τη διερεύνηση της εξίσωσης του ισοζυγίου μάζας (εξ. 3), θεωρώντας ότι οι συνθήκες είναι σταθερής κατάστασης και η διασπορά είναι ασήμαντη. Με τις παραδοχές αυτές η εξίσωση παίρνει την εξής μορφή

$$V \frac{dC}{dz} = -\mu R_f C \quad \text{ή} \quad \frac{dC}{dz} = -\frac{\mu R_f C}{V} = -\left[\frac{0.693 R_f}{V t_{1/2}} \right] C \quad (11)$$

όπου μ ($=0.693/t_{1/2}$) είναι ο συντελεστής μετασχηματισμού, $t_{1/2}$ είναι ο χρόνος ημιπεριόδου ζώης, ($V=q/\theta$) είναι η ταχύτητα κίνησης του νερού στους πόρους και q είναι η παροχή εμπλουτισμού, που προκύπτει από το ισοζύγιο μεταξύ βροχής, απορροής

και εξατμισοδιαπνοής, θ είναι η μέση εδαφική υγρασία και R_f είναι ο παράγοντας επιβράδυνσης που ορίζεται από τη σχέση

$$R_f = \left[1 + \frac{\rho_b K_{OC} f_{OC}}{\theta} + \frac{\varepsilon K_H}{\theta} \right] \quad (12)$$

με K_H (= πίεση ατμών/διαλυτότητα) τη σταθερά του νόμου του Henry.

Η εξ. (12) μετά την ολοκλήρωση δίνει

$$AF = \frac{C}{C_o} = \frac{M_2}{M_o} = \exp \left[- \frac{0.693 R_f d}{V t_{1/2}} \right] = \exp \left[- 0.693 \frac{t_r}{t_{1/2}} \right] \quad (13)$$

όπου M_2 είναι η μάζα της ουσίας που φτάνει στα υπόγεια νερά, M_o είναι η μάζα της ουσίας που εφαρμόζεται στο έδαφος, t_r είναι ο χρόνος που χρειάζεται για την κίνηση της ουσίας στο έδαφος

$$t_r = d/V = \theta_{FC} R_f d/q \quad (14)$$

και d είναι η απόσταση από την επιφάνεια μέχρι την υπόγεια στάθμη, θ_{FC} είναι η περιεχόμενη υγρασία στην υδατοϊκανότητα.

Ο δείκτης AF της εξ (13) είναι γνωστός ως *παράγοντας αραιώσης ή εξασθένησης* (attenuation factor, AF) του Rao et al. (1985). Από την εξ. (13), μετά την ανακατάταξη των όρων προκύπτει ο δείκτης έκπλυσης [14]

$$LI = 1000 \frac{V}{(0.693/t_{1/2}) R_f d} \quad (15)$$

Η σταθερά 1000 προστέθηκε στην εξίσωση για τη μετατροπή του δείκτη LI σε τιμές μιάς πιά πρακτικής κλίμακας. Υψηλές τιμές του LI δείχνουν συνθήκες με μεγάλη πιθανότητα ρύπανσης των υπόγειων νερών.

Οι τιμές του παράγοντα AF κυμαίνονται από μηδέν μέχρι ένα, ενώ ο παράγοντας επιβράδυνσης R_f είναι μεγαλύτερος ή ίσος από τη μονάδα. Οι τιμές των δύο παραγόντων χρησιμοποιούνται για την ταξινόμηση των φυτοφαρμάκων και άλλων οργανικών ουσιών ως προς τη δυνατότητα έκπλυσης. Είναι δείκτες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για μια πρώτη εκτίμηση της δυνατότητας έκπλυσης των διαφόρων χημικών ενώσεων των φυτοφαρμάκων σε μια δεδομένη θέση ή διαφορετικές θέσεις με μεταβλητές εδαφικές ιδιότητες [9]. Στον Πίνακα 1 παρουσιάζεται μια κατάταξη των τιμών των παραγόντων αραιώσης και επιβράδυνσης που παρουσιάστηκε από τον Loague (1991).

Από τις ιδιότητες των φυτοφαρμάκων που αναλύθηκαν παραπάνω και τις εξισώσεις που περιγράφουν δείκτες και δυνατότητα έκπλυσης τους προς τα υπόγεια νερά είναι φανερό ότι οι ιδιότητες του φυτοφάρμακου, ο τύπος εδάφους, το βάθος της υπόγειας στάθμης και η πρακτική εφαρμογή του είναι από τους παράγοντες που επηρεάζουν την ρύπανση των υπόγειων νερών. Στον Πίνακα 2 δίνεται ο συνδυασμός όλων αυτών των παραμέτρων που απαιτούνται για να εκτιμηθούν οι πιά ευάλωτες περιοχές στην ρύπανση των υπόγειων νερών.

4. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

Εφαρμογή 1η. Ένα oxisols έδαφος έχει τις εξής τιμές των εδαφικών παραμέτρων $f_{OC} = 0.03$, $\theta_{FC} = 0.43$, $\rho_b = 1.107 \text{ g/cm}^3$, $\rho_p = 3.005 \text{ g/cm}^3$. Οι υδρογεωλογικές και κλιματικές συνθήκες χαρακτηρίζονται από $q = 0.00074 \text{ m/d}$ και $d = 0.5 \text{ m}$. Χρειάζεται να εκτιμηθεί ο κίνδυνος έκπλυσης για την atrazine και diuron, που έχουν τις εξής χημικές ιδιότητες $K_{OC} = 0.163 \text{ m}^3/\text{kg}$, $K_H = 0.0$, $t_{1/2} = 20 \text{ days}$ και $K_{OC} = 0.383 \text{ m}^3/\text{kg}$, $K_H = 0.0$, $t_{1/2} = 328 \text{ days}$ αντίστοιχα. Ο προσδιορισμός των δεικτών R_f και AF για τα δύο ζιζανιοκτόνα και

τις συνθήκες που δίνονται, δίνει τις τιμές: atrazine, $R_f=11.7$, $AF=1.2 \times 10^{-51}$, και diuron, $R_f=26.2$, $AF=1.1 \times 10^{-7}$. Σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα 1 τα δύο ζιζανιοκτόνα χαρακτηρίζονται ακινητοποιούμενα και ως προς τον παράγοντα εξασθένησης πολύ απίθανη έκπλυση.

Πίνακας 1. Κατάταξη ως προς τη δυνατότητα έκπλυσης ανάλογα με τις τιμές των παραγόντων εξασθένησης (αραιώσης) (AF) και επιβράδυνσης (R_f).

Κλάση κατάταξης	Δείκτης R_f	Κλάση κατάταξης	Δείκτης AF
Μεγάλη κινητικότητα ευκίνητο	$R_f = 1.0$ $1.0 < R_f < 2.0$	μηδενική έκπλυση μικρή έκπλυση	$0.0 < AF < 10^{-4}$ $10^{-4} \leq AF < 10^{-2}$
μέση κινητικότητα	$2.0 \leq R_f < 3.0$	μέση έκπλυση	$10^{-2} \leq AF < 10^{-1}$
μικρή κινητικότητα	$3.0 \leq R_f < 10.0$	μεγάλη έκπλυση	$10^{-1} \leq AF < 2.5 \times 10^{-1}$
ακινητοποίηση	$R_f \geq 10.0$	πολύ μεγάλη έκπλυση	$2.5 \times 10^{-1} \leq AF < 1$

Πίνακας 2. Παράγοντες που δείχνουν τις μεγαλύτερες πιθανότητες ρύπανσης των υπόγειων νερών από τα φυτοφάρμακα.

<p>Ιδιότητες του φυτοφάρμακου: υψηλή διαλυτότητα χαμηλή προσρόφηση υπολειμματικότητα</p> <p>Εδαφικά χαρακτηριστικά: άμμος και χάλικες χαμηλή περιεκτικότητα οργανικής ουσίας</p>	<p>Συνθήκες της περιοχής: μικρό βάθος της υπόγειας στάθμης υγρό κλίμα ή υψηλή άρδευση επίπεδες περιοχές</p> <p>Πρακτική εφαρμογής: ακατάλληλος χρόνος ως προς τις κλιματικές συνθήκες μεγάλες ποσότητες εφαρμογές (μεγάλες δόσεις ή συχνές εφαρμογές)</p>
--	---

Εφαρμογή 2η. Η μελέτη της επικινδυνότητας ρύπανσης των υπόγειων νερών από την εφαρμογή ζιζανιοκτόνων επί σειρά ετών σε μία περιοχή, έγινε με την εκτίμηση των δεικτών έκπλυσης AF και R_f . Η περιοχή χωρίζεται σε τρεις υποπεριοχές με διαφορετικές εδαφολογικές και υδρογεωλογικές συνθήκες. Στον Πίνακα 3 δίνονται τα χαρακτηριστικά για τις τρεις αυτές υποπεριοχές. Στην περιοχή χρησιμοποιούνται τα ζιζανιοκτόνα ametryn, atrazine, diuron και simazine, οι ιδιότητες που αφορούν την προσρόφηση και την έκπλυση δίνονται στον Πίνακα 4.

Γιά να εκτιμηθεί η επικινδυνότητα ρύπανσης των υπόγειων νερών της περιοχής από την συνεχιζόμενη χρήση ζιζανιοκτόνων υπολογίζονται οι παραπάνω δείκτες του παράγοντα επιβράδυνσης R_f (εξ. 8), του παράγοντα εξασθένησης AF (εξ.13) και υπολογίζεται ο χρόνος που απαιτείται για την μεταφορά των αντίστοιχων ζιζανιοκτόνων στην υπόγεια στάθμη (t_r). Τα αποτελέσματα των αντίστοιχων υπολογισμών δίνονται στον Πίνακα 5. Στην υποπεριοχή Α, όπου η υπόγεια στάθμη βρίσκεται στα 2 m οι συνθήκες χαρακτηρίζονται από μεγάλη ακινητοποίηση των φυτοφαρμάκων και μηδενική έκπλυση. Στη δεύτερη υποπεριοχή με το ίδιο βάθος υπόγειας στάθμης, οι συνθήκες ευνοούν κάποια μικρή κινητικότητα, αλλά η έκπλυση παραμένει μηδενική, ενώ στην τρίτη υποπεριοχή, ενώ αυξάνει η κινητικότητα της atrazine και ametryn, η έκπλυση είναι μηδενική.

Πίνακας 3. Εδαφολογικά και υδρογεωλογικά δεδομένα.

Βάθος [m]	φαινόμενη πυκνότητα ρ_b [kg/m ³]	πυκνότητα στερεών ρ_s [kg/m ³]	περιεχόμενος οργανικός C f_{oc} %	υγρασία στην υδατοϊκανότητα θ_{FC} [cm ³ /cm ³]	μέση ετήσια βαθιά διήθηση q [m/yr]
α) υποπεριοχή Α					
0-2.0	1140	3000	3.68	0.53	1.83
β) υποπεριοχή Β					
0-2.0	1140	3000	1.02-3.68 μέση 1.8	0.53	1.83
γ) υποπεριοχή Γ					
0-10.0	1010-1140 μέση 1040	3000	0.-2.9 μέση 0.8	0.53	1.83

Πίνακας 4. Ιδιότητες των ζιζανιοκτόνων.

	K_{oc} m ³ /kg	K_{it} (αδιάστατο)	$t_{1/2}$ (ημέρες)
Ametryn	0.127	5.04×10^{-8}	49
Atrazine	0.037	2.50×10^{-7}	69
Diuron	0.345	5.40×10^{-8}	153
Simazine	0.167	3.40×10^{-8}	75

Πίνακας 5. Τιμές των δεικτών επικινδυνότητας ρύπανσης των υπόγειων νερών.

	R_f	AF	t_r έτη	χαρακτηρισμός
α) υποπεριοχή Α				
ametryn	11.053	4×10^{-15}	6.402	ακίνητοποίηση, μηδενική έκπλυση
atrazine	3.929	7×10^{-5}	2.276	μικρή κινητικότητα, μηδενική έκπλυση
diuron	28.308	2×10^{-12}	16.397	ακίνητοποίηση, μηδενική έκπλυση
simazine	14.219	9×10^{-13}	8.236	ακίνητοποίηση, μηδενική έκπλυση
β) υποπεριοχή Β				
ametryn	5.917	2×10^{-8}	3.427	μικρή κινητικότητα, μηδενική έκπλυση
atrazine	2.433	0.0026	1.409	μέση κινητικότητα, μικρή έκπλυση
diuron	14.357	1×10^{-6}	8.316	ακίνητοποίηση, μηδενική έκπλυση
simazine	7.466	5×10^{-7}	4.324	μικρή κινητικότητα, μηδενική έκπλυση
γ) υποπεριοχή Γ				
ametryn	2.994	4×10^{-20}	8.670	μέση κινητικότητα, μηδενική έκπλυση
atrazine	1.581	4×10^{-9}	4.578	ευκίνητο, μηδενική έκπλυση
diuron	6.416	5×10^{-14}	18.581	μικρή κινητικότητα, μηδενική έκπλυση
simazine	3.622	4×10^{-16}	10.489	μικρή κινητικότητα, μηδενική έκπλυση

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η εκτίμηση της επικινδυνότητας ρύπανσης των υπόγειων νερών από την εφαρμογή ζιζανιοκτόνων και γενικότερα φυτοφαρμάκων εδάφους εξαρτάται από τις ιδιότητες της ουσίας, κυρίως την προσρόφιση, την διάσπαση και διαλυτότητά της, από τις υδρογεωλογικές και κλιματικές συνθήκες, κυρίως την παροχή βαθιάς διήθησης, την τοπογραφία και το βάθος της υπόγειας στάθμης και από τα χαρακτηριστικά του εδάφους που αναφέρονται στην μηχανική σύσταση και την περιεκτικότητα σε οργανική ουσία.

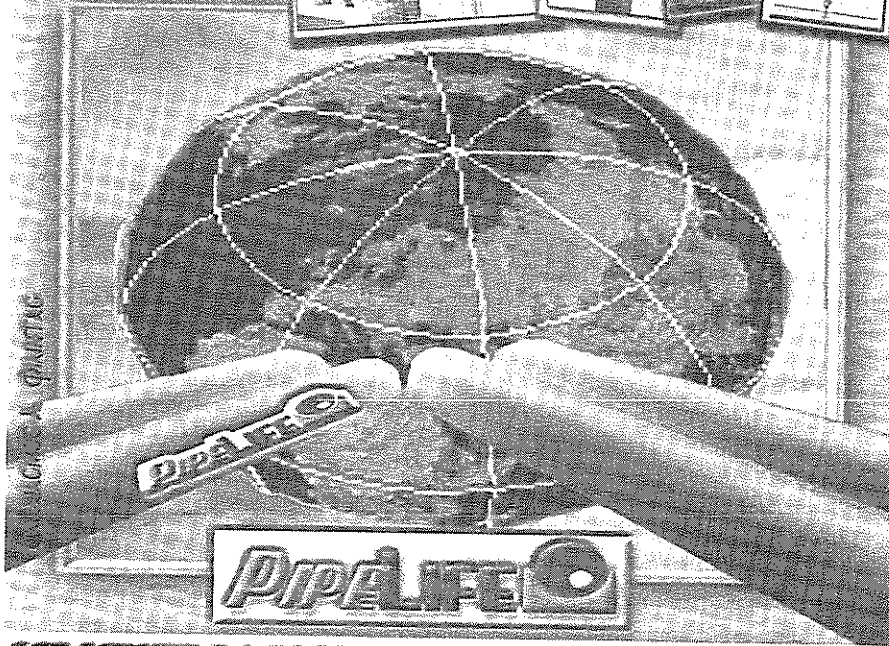
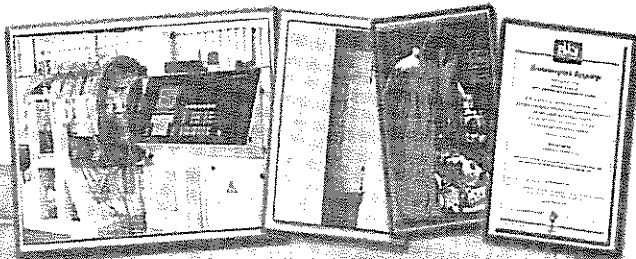
Τα μοντέλα-δείκτες που παρουσιάστηκαν για την εκτίμηση της δυνατότητας ή μη ρύπανσης των υπόγειων νερών από ζιζανιοκτόνα είναι ο παράγοντας εξασθένησης (AF) και ο παράγοντας επιβράδυνσης (RF) και ο δείκτης πιθανής έκλυσης (LI), δίνουν μόνο ενδείξεις για την επικινδυνότητα ρύπανσης των υπόγειων νερών. Παρόλα αυτά μπορεί να κατασκευαστούν χάρτες επικινδυνότητας μίας περιοχής λαμβάνοντας υπόψη όλα τα παραπάνω, και να ληφθούν υπόψη κατά το σχεδιασμό διαχειριστικών πρακτικών που θα στοχεύουν στην αειφορική γεωργία και την προστασία των υπόγειων νερών.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Albanis T.A., Hela D.G, Sakellarides J.M. and Konstantinou I.K., 1998. Pesticide residues in surface water, groundwaters and rainfall of Imathia (Greece). *Proceedings of Environmental Protection and Restoration V, Sani Chalkidiki*, pp. 119-126.
2. Αντωνόπουλος Β., 2000. Μεταφορά μάζας και προσρόφηση ρύπων και ουσιών σε πορώδη εδαφικά υλικά. *Πρακτικά του Συνεδρίου της ΕΥΕ*, Αθήνα (υπό δημοσίευση).
3. Antonopoulos, V., 1999. Comparison of different models to simulate soil temperature and moisture effects on nitrogen mineralization, *J.Plant Nutr. Soil Sci.*, 162: 667-675.
4. Αντωνόπουλος, Β., 1998. WANISIM-Μονοδιάστατο μοντέλο προσομοίωσης της δυναμικής του νερού και του αζώτου στο έδαφος, Τμήμα Γεωπονίας Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη, Μονογραφία, σελ 80.
5. Αντωνόπουλος, Β. και Βούζης Γ., 1997. Διερεύνηση των εξισώσεων ισορροπίας και κινητικής προσρόφησης του Freundlich κατά τη μεταφορά μάζας του φωσφόρου στο έδαφος. *Υδροτεχνικά*, Τομ.7: 3-18.
6. Boesten, J.J.T.I., and Van der Linden A.M.A., 1991. Modelling the influence of sorption and transformation on pesticide leaching and persistence. *J. of Environ.Qual.*, 20: 425-435.
7. Carsei R.F., Mulkey L.A., Lorber M.N. and Baskin L.B., 1985. The pesticide root zone model (PRZM): a procedure for evaluating pesticide leaching threats to groundwater. *Ecol. Model.*, 30: 46-69.
8. Funari E., Donati L., Sandroni D. and Vighi M., 1995. Pesticide levels in groundwater: Value and limitations of monitoring. In Vighi, M. and E. Funari, (eds) *Pesticide risk in groundwater*. CRC Press, Inc., U.S.A., pp 3-44.
9. Giambelluca T.W., Loague K., Green R.E. and Nullet M.A., 1996. Uncertainty in recharge estimation: impact on groundwater vulnerability assessments for the Pearl Harbor Basin, O'ahu, Hawai'i, U.S.A., *J. of Contam. Hydrol.*, 23: 85-112.
10. Hutson J.L. and Wagenet R.J., 1992. LEACHM: Leaching estimation and chemistry model. A process-based model of water and solute movement, transformations, plant uptake and chemical reactions in the unsaturated zone. Version 3, Depart. of Soil, Crop and Atmospheric Sciences Res. Series no. 92-3, New York state College of Agriculture and Life Sciences, Cornell University, Ithaca, NY, USA.
11. Jarvis, N., 1994. The MACRO Model (Version 3.1) Technical description and samples simulations. Depart. of Soil Sciences, Report and Dissertations No 19, Uppsala.
12. Leonard R.A., Knisel W.G. and Still D.A., 1990. GLEAMS: groundwater loading effects of agricultural management systems. *Trans. ASAE*, 30: 1403-1418.
13. Loague, K., 1991. The impact of land use on estimates of pesticide leaching potential: Assessments and uncertainties. *J of Contam. Hydrol.*, 8: 157-175.
14. Meeks, Y.J. and Dean J.D., 1990. Evaluating ground-water vulnerability to pesticides. *J. of Water Resour. Planning and Manag.*, ASCE, 116: 693-707.
15. Rao, P.S.C., Hornsby A.G. and Jessup R.E., 1985. Indices for ranking the potential for pesticide contamination of groundwater. *Proc. Soil and Crop Science Society of Florida*, 44: 1-8.
16. Wagenet R.J., and Hutson J.L., 1986. Predicting the fate of nonvolatile pesticides in the unsaturated zone. *J. of Enviro. Qual.*, 15: 315-322.

PIPELIFE

PIPELIFE ΕΛΛΑΣ Α.Ε.
Βιομηχανία Πληρωμάτων 2 ορόφου



ΑΓΡΟΤΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ
ΟΙΚΟΔΟΜΗ
ΥΔΡΕΥΣΗ

ΑΠΟΚΕΤΕΥΣΗ
ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΚΑΛΩΔΙΩΝ
ΔΙΑΝΟΜΗ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ



PIPELIFE

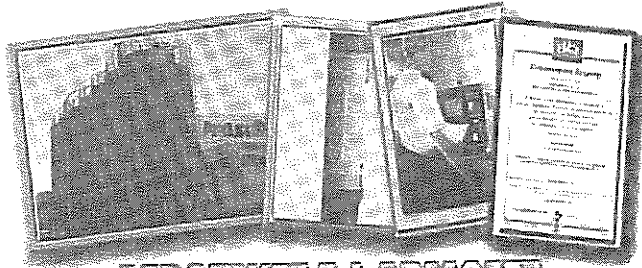
PIPELIFE

PIPELIFE ΕΛΛΑΣ Α.Ε.
Πολυμεταλλικά Ηλεκτρονικά Συστήματα

ΠΡΑΓΕΙΑ

Χρυσ. Εμπόνης 124, 153 46 Μοσχάτο
Τηλ: 948 0222 - 4, Φαξ: 948 0233
Τηλ. Παραγγελιών: 02623 21957 - 21706

ΕΡΓΟΣΤΑΣΙΟ
Τ.Ο. 111, 322 00 Θέρμη
Τηλ: 02623 26639
Φαξ: 02623 25666

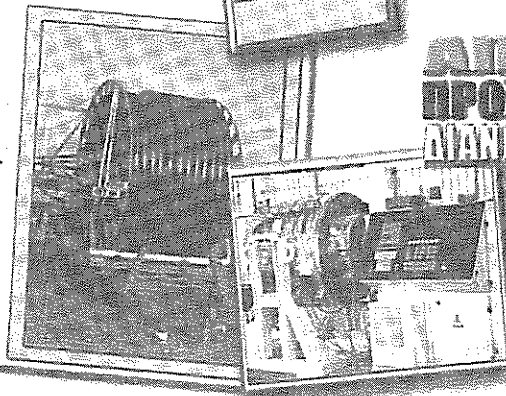


ΑΠΡΟΤΙΜΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΟΙΚΟΔΟΜΗ ΥΔΡΕΥΣΗ

- ✓ Σταλακτηφόροι Σωλήνες.
- ✓ Σωλήνες από PE και από PVC για μεταφορά αρδευτικού νερού.
- ✓ Σωλήνες από PE για χρήση σε καρούλια.
- ✓ Σωλήνες οικοδομής από PE και από PVC.
- ✓ Σωλήνες ύδρευσης από PE και από PVC.
- ✓ Σωλήνες απογέτευσης από PE και από PVC.
- ✓ Σωλήνες προστασίας καλωδίων από PE και από PVC.
- ✓ Σωλήνες διανομής φυσικού αερίου από PE.



ΟΧΕΛΛΙΜΟΣ-Α. ΦΙΛΙΠΠΙΔΗΣ



ΑΠΟΚΕΤΕΥΣΗ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΚΑΛΩΔΙΩΝ ΔΙΑΝΟΜΗ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ

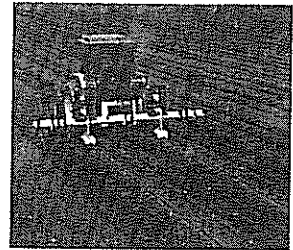
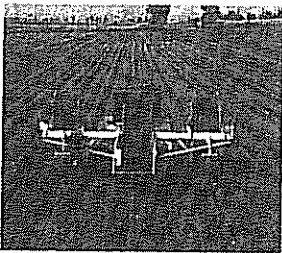
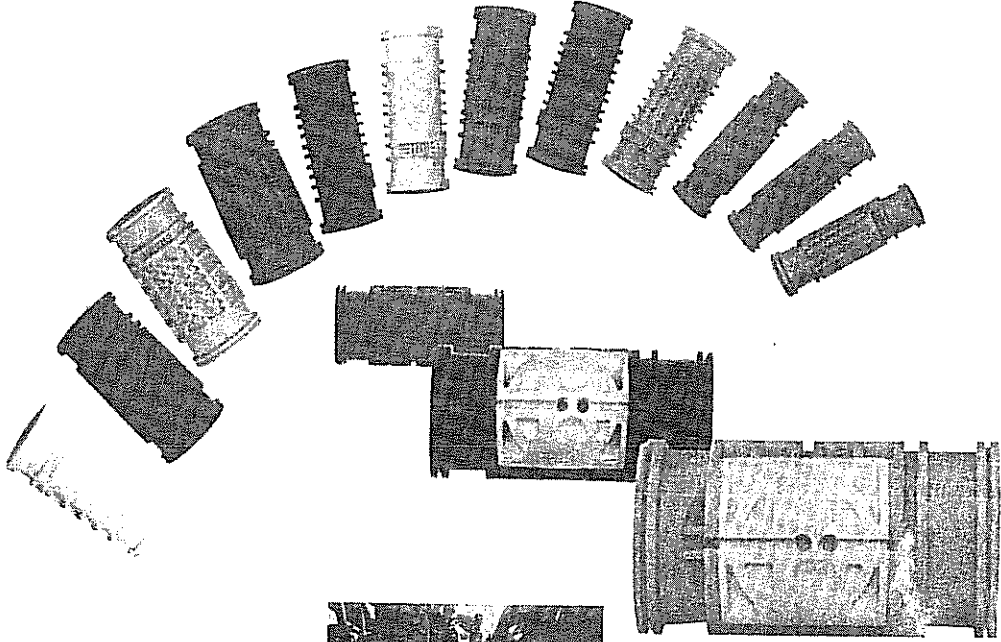
PIPELIFE

PLASTRO INTERNATIONAL

INTEGRAL DRIPLINES

η νέα γενιά σταλακτηφόρων σωλήνων της Plastro...

(με ενσωματωμένους κυλινδρικούς σταλάκτες)



...είναι η λύση σε κάθε πρόβλημα ποτίσματος



αγροδομή
συστήματα άρδευσης

Μ. & Ζ. ΚΑΚΑΒΑ ΟΕ
ΜΕΣΟΓΕΙΩΝ 362, 163 41, ΑΓ. ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ, ΑΘΗΝΑ
ΤΗΛ. 65 14 958, 65 46 537, FAX: 65 49 671



Hydro P.C.

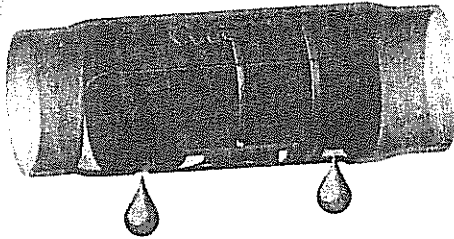


αγροδομή

συστήματα άρδευσης

M. & Z. ΚΑΚΑΒΑ ΟΕ
ΜΕΣΟΓΕΙΩΝ 382, 153 41, ΑΓ. ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ, ΑΘΗΝΑ
ΤΗΛ. 65 14 950, 65 45 537, FAX: 65 49 571

INTEGRAL DRIPLINES



Αυτορρυθμιζόμενος και αυτοκαθαριζόμενος σταλακτηφόρος σωλήνας με ενσωματωμένους σταλάκτες.

Κυλινδρικός σταλάκτης με λαβύρινο μεγάλης διαδρομής. Θάλαμος αυτορρύθμισης, με μια ευαίσθητη επιπλέουσα μεμβράνη (διάφραγμα), η οποία ρυθμίζει και διατηρεί σταθερή την παροχή, ανεξάρτητα από την πίεση εισόδου.

Κύρια Χαρακτηριστικά

- Μεγάλη αντοχή στο βούλωμα, διότι ο σταλάκτης:
 - διαθέτει μεγάλης επιφάνειας φίλτρο στην είσοδο, το οποίο αυτοκαθαρίζεται συνεχώς με την κίνηση του νερού.
 - διαθέτει μηχανισμό αυτοκαθαρισμού στην έξοδο του νερού, μέσα στο θάλαμο αυτορρύθμισης.
- Δύο έξοδοι του νερού.
- Ομοιομορφία ποτίσματος: Κατηγορία A-ISO 9261.
- Απόλυτα ομοιόμορφο πότισμα σε όλο το μήκος της γραμμής και σε πιέσεις από 0,8 έως 3,5 ατμ.
- Ομοιόμορφο πότισμα ακόμη και σε πολύ επικλινή εδάφη.

Εφαρμογές

Για όλες τις καλλιέργειες όταν υπάρχουν κλίσεις και για όλες τις γραμμικές καλλιέργειες με μεγάλα μήκη γραμμών (βαμβάκι, καλαμπόκι, βιομηχανική τομάτα, τεύτλα, καπνός, καρπούζι) και όπου χρειάζεται απόλυτα ομοιόμορφο πότισμα - θερμοκήπια, υδρολιπάνσεις.

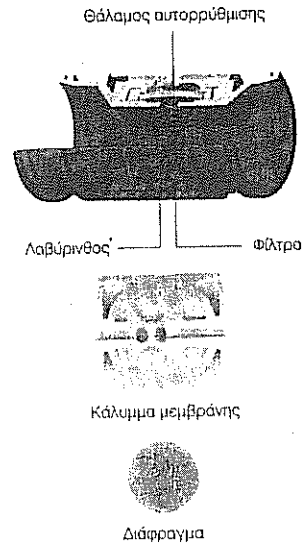
Υλικά κατασκευής

- Σωλήνας: Πολυαιθυλένιο - παρθένο πρώτη ύλη - ενισχυμένο (Linear-LOPE).
- Σταλάκτης: Υψηλής ποιότητας πολυαιθυλένιο.
- Διάφραγμα: Σιλκόνη.

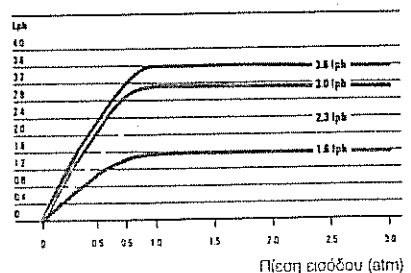
Τα υλικά κατασκευής του σταλάκτη και του σωλήνα είναι ανθεκτικά σε όλα τα γνωστά χημικά και λιπάσματα που χρησιμοποιούνται στη Γεωργία. Είναι ανθεκτικά στην υπεριώδη ακτινοβολία και τη μηχανική καταπόνηση.

Τεχνικά Χαρακτηριστικά

- Διαθέσιμος σε διάμετρο σωλήνα: $\Phi 16$, $\Phi 17$ και $\Phi 20$.
- Πάχος σωλήνα: 0,9-1,0-1,1-1,15 χιλ. (35-45 Mill).
- Σταθερή εσωτερική διάμετρος, ανεξάρτητα από το πάχος του σωλήνα.
- Παροχές: 1,6-2,2-3,0-3,6 Λιτ/ώρα.
- Πίεση λειτουργίας: 0,8-3,5 ατμ.

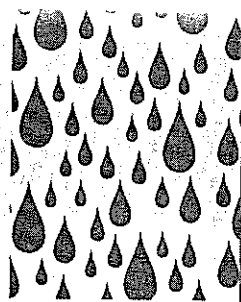


Hydro P.C. Διάγραμμα παροχής-πίεσης



ΝΕΤΑΦΙΜ
 IRRIGATION EQUIPMENT
 & DRIP SYSTEMS

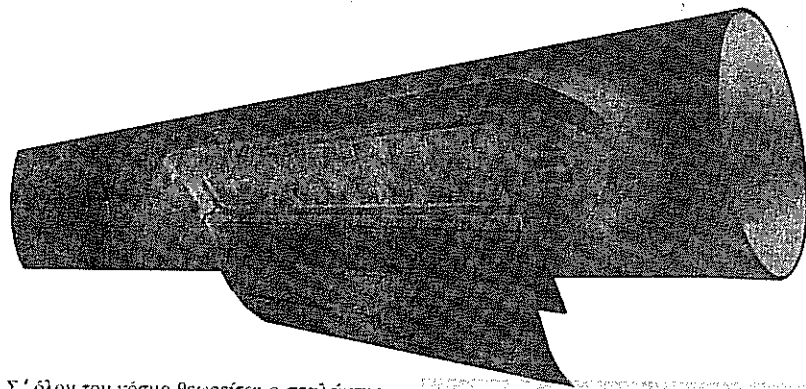
Kibbutz Netzerim - D.N. Hanagan 4, 85420, Israel,
 Tel: 972 7 6473111, Fax: 972 7 6420098.



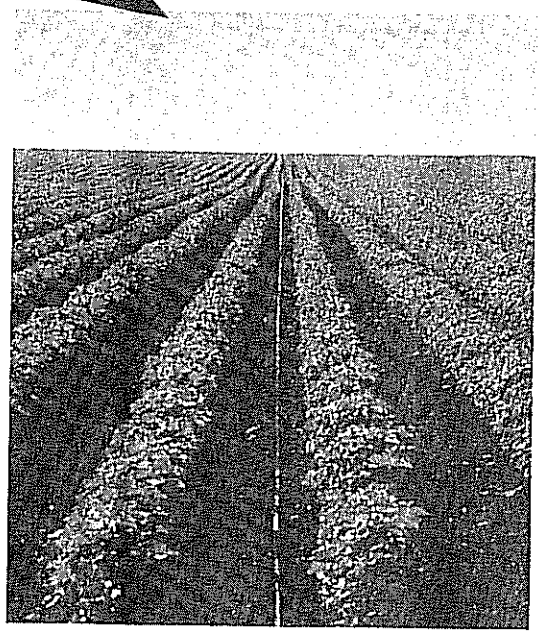
ΕΣΤΙΜΗΤΙΚΟΣ ΣΤΑΛΑΚΤΗΣ

Ρ Α Μ

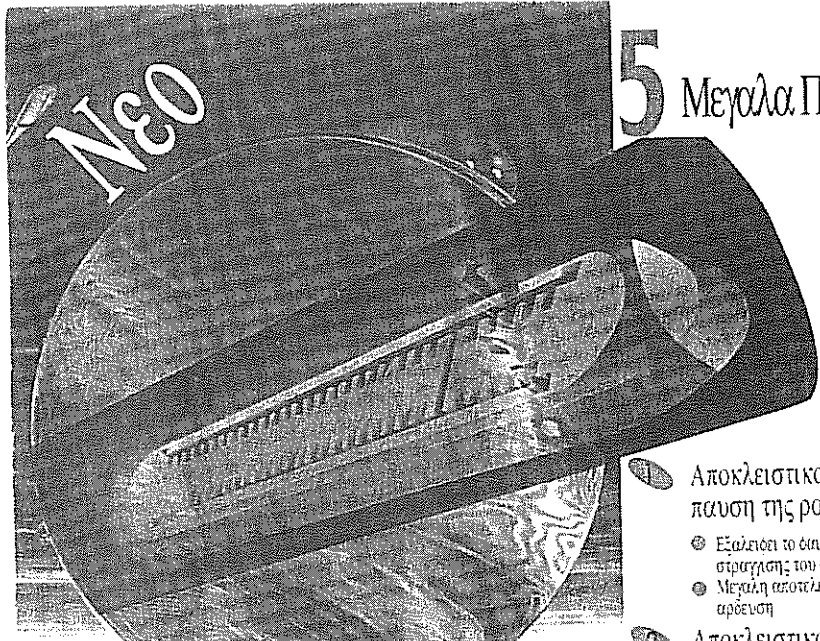
ΣΤΑΛΑΚΤΟΦΟΡΟΙ ΣΩΛΗΝΕΣ ΡΥΘΜΙΖΟΜΕΝΗΣ ΠΙΕΣΗΣ



- Σ' όλον τον κόσμο θεωρείται ο σταλάκτης ρυθμιζόμενης πίεσης με την μεγαλύτερη ακρίβεια.
- Λειτουργεί βάση της πιο προηγμένης τεχνολογίας ρυθμιζόμενης πίεσης η οποία βασίζεται σε έναν μοναδικό μηχανισμό μεταβολής της πίεσης.
- Ο σταλάκτης διατηρεί σταθερή παροχή σε πιέσεις οι οποίες κυμαίνονται από 5 ως 40 m.
- Ομοιόμορφη παροχή σταλάκτη σε σταλακτοφόρους σωλήνες ως και 800 m μήκους.
- Διατίθεται σε όλες τις αποστάσεις σταλακτών και σε μεγάλη ποικιλία παροχών σταλάκτη.
- Διατίθεται σε διάφορα πάχη τοιχωμάτων.
- Μπορεί να λειτουργήσει χρησιμοποιώντας ακάθαρτα νερά.
- Έχει υψηλή αντοχή στις μηχανικές βλάβες.



ΝΕΤΑΦΙΜ
 ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ
 ΑΡΔΕΥΣΗΣ ΜΕ ΣΤΑΓΟΝΑ



5 Μεγάλα Πλεονεκτήματα

SUPER- RAM

Ο σταλακτοφόρος σωλήνας ρυθμιζόμενης πίεσης που δεν περιμένει τον 21ο Αιώνα

- 1. Αποκλειστικός μηχανισμός για την παύση της ροής (CNL)
 - Εξάλειψι το άνωμενο της επαναρμησης και της στράγγισης του συστήματος
 - Μεγάλη αποτελεσματικότητα στην πόλιμη αρέδευση
- 2. Αποκλειστικός μηχανισμός για την αποφυγή δημιουργίας κενου αερα
 - Προλαμβάνει την ανάρρωση βρωμιας μέσα στον σταλακτοφόρο σωλήνα
 - Ιδανικό για υπογεια αρέδευση
- 3. Αποκλειστικό όραμα για την αποφυγή της εισβολής ριζών
 - Ιδανικό για υπογεια αρέδευση
- 4. Με μοναδική αποτελεσματικότητα και αντοχή στο βουλωμα
 - Διπλό λαβυρινθος με τις σαρδύτερες διόδους- βασισμενος στην πατενταρισμενη τεχνολογια Turbopet
 - Μηχανισμο: συνεχή αυτοκαθαρισμο
 - Προλαμβάνει την εισοδό τζιμιζων αμμου στις διόδους νερου του σταλακτη
 - Βελτιωμενο φίλτρο εισοδου με πατενταρισμενο οδοντωτο σχεδιο
- 5. Ευρυ πεδιο ρυθμισης
 - Διατηρεί ομοιομορή παροχή σε ένα ευρυ πεδιο πιεσεων απο 5-40 m



