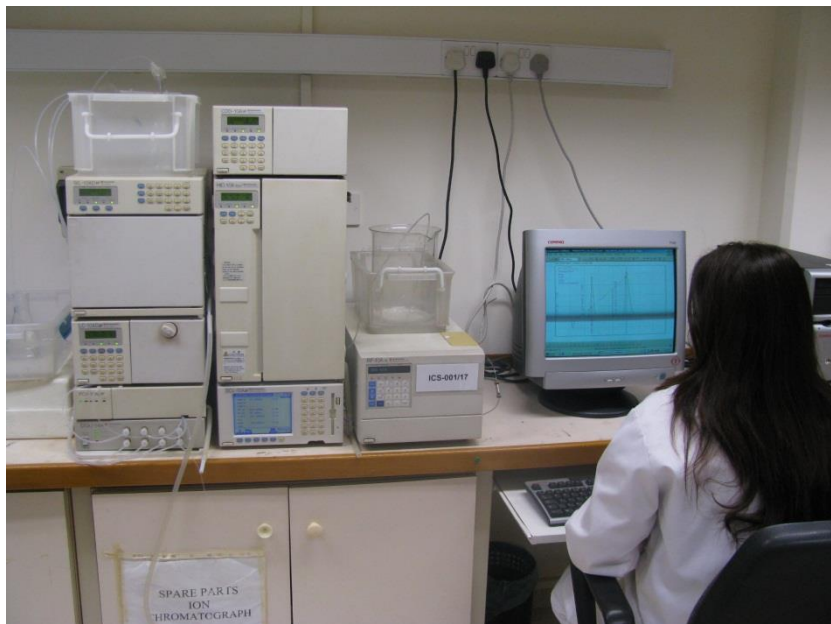


## Η Ιοντική Χρωματογραφία ως Μέθοδος Αξιολόγησης της Γεωχημικής Σύστασης των Εδαφών της Κύπρου

Δρ. Ειρήνη Χριστοφόρου  
Τεχνικός  
Τμήμα Γεωλογικής Επισκόπησης

Το έδαφος είναι αποτέλεσμα πολλών διεργασιών που συντελούνται στην ατμόσφαιρα (κλιματολογικές συνθήκες), στη βιόσφαιρα (βλάστηση, ζωικές και ανθρώπινες δραστηριότητες) και στη γεώσφαιρα (πετρώματα και ιζήματα που σχηματίζονται στο ανώτατο επίπεδο του μανδύα της Γης). Η σημασία του εδάφους έγκειται στο ότι αποτελεί το μέσο για την ανάπτυξη της ζωής και την παροχή νερού και θρεπτικών ουσιών σε φυτικές καλλιέργειες. Στον εδαφικό άτλαντα της Ευρώπης το έδαφος ορίζεται χαρακτηριστικά ως το χαλαρό υλικό της επιφάνειας της Γης που είναι ικανό να υποστηρίξει την ανάπτυξη ζωής (Soil Atlas of Europe, European Soil Bureau Network European Commission, 2005). Τα ανόργανα άλατα υπό τη μορφή ιόντων που περιέχονται στο έδαφος μπορούν να διαλυθούν με σχετική ευκολία στο νερό. Το επίπεδο συγκέντρωσης των εν λόγω αλάτων είναι κρίσιμης σημασίας καθότι επηρεάζουν τις ζωτικές λειτουργίες που συντελούνται στο έδαφος. Ιδιαίτερα αυξημένες συγκεντρώσεις υδατοδιαλυτών αλάτων αποτελούν απειλή για το έδαφος καθότι είναι άμεσα συνδεδεμένες με κύρια προβλήματα υποβάθμισης του εδάφους όπως είναι η αλάτωση (salinization), η απερίθμωση του εδάφους και η ρύπανση. Ο προσδιορισμός των υδατοδιαλυτών αλάτων μπορεί να επιτευχθεί με τη χρήση προηγμένων ενόργανων αναλυτικών μεθόδων όπως είναι η ιοντική χρωματογραφία η οποία επιτρέπει τον προσδιορισμό πολλών παραμέτρων ταυτόχρονα, γρήγορα, με χρήση μικρής ποσότητας δείγματος και παρέχει επίσης τη δυνατότητα αυτοματοποιημένης ανάλυσης πολλών δειγμάτων με τη χρήση αυτόματου δειγματολήπτη (Εικόνα 1).

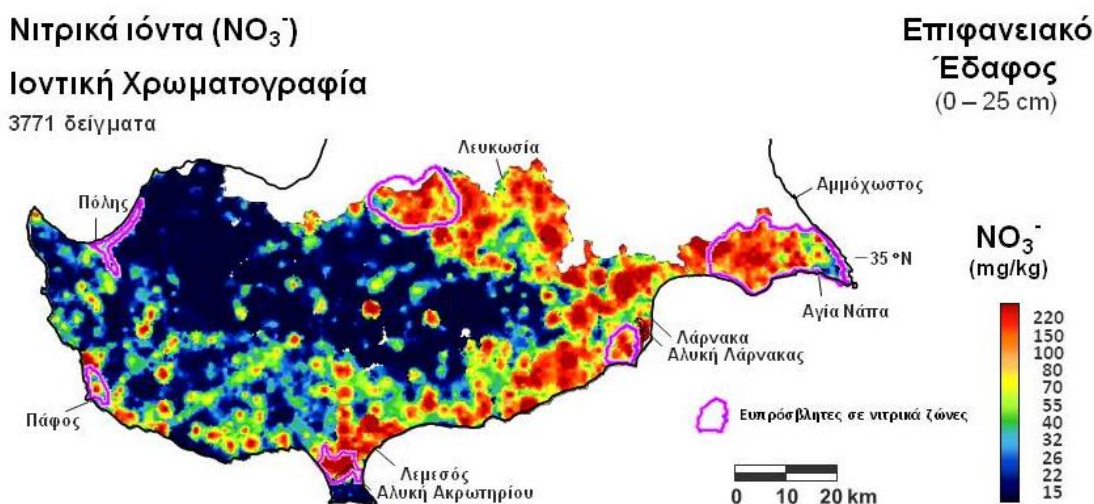


**Εικόνα 1.** Αυτόματος αναλυτής ιοντικής χρωματογραφίας.

Το Τμήμα Γεωλογικής Επισκόπησης έχει πρόσφατα ολοκληρώσει τη γεωχημική χαρτογράφηση των εδαφών της Κύπρου η οποία θα αποτελέσει ένα σημαντικό εργαλείο για την ορθολογική διαχείριση των εδαφών. Στα πλαίσια αυτού του προγράμματος έγινε προσδιορισμός διαλυτών αλάτων του φθορίου, του χλωρίου, των νιτρικών και των θειικών ( $F^-$ ,  $Cl^-$ ,  $NO_3^-$ ,  $SO_4^{2-}$ ) σε επιφανειακά εδαφικά δείγματα

εφαρμόζοντας την τεχνική της ιοντικής χρωματογραφίας. Από τα αποτελέσματα αυτά και με τη χρήση προηγμένων συστημάτων ανάλυσης γεωγραφικών δεδομένων γνωστά και ως GIS παράχθηκαν οι αντίστοιχοι χάρτες διασποράς από τους οποίους μπορούμε να εξαγάγουμε σημαντικά συμπεράσματα αναφορικά με την κατάσταση του εδάφους.

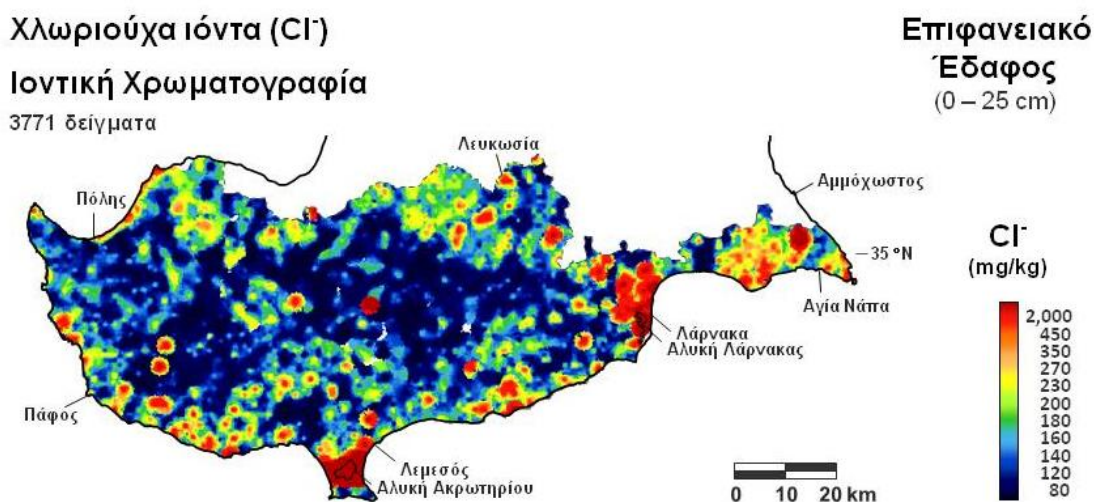
Από το χάρτη διασποράς των νιτρικών ιόντων της Κύπρου φαίνεται ότι υπάρχει μεγάλη συσχέτιση των αυξημένων συγκεντρώσεων των νιτρικών ιόντων με τη χρήση γης (Εικόνα 2). Οι ψηλότερες τιμές προσδιορίζονται σε ζώνες παρακολούθησης των συγκεντρώσεων των νιτρικών και νιτρωδών αλάτων γνωστές ως Ευπρόσβλητες σε Νιτρικά Ζώνες (ENZ) οι οποίες καθορίστηκαν, κατόπιν εφαρμογής της Ευρωπαϊκής οδηγίας 1991/676/ΕΟΚ, για την προστασία των επιφανειακών και υπόγειων νερών από τα νιτρικά άλατα που προέρχονται από γεωργικές δραστηριότητες. Αυξημένες τιμές παρατηρούνται όμως και σε περιοχές εκτός των ENZ όπως βορειοδυτικά της πόλεως της Πάφου, σε ολόκληρη την επικράτεια των χωριών Αγρού και Οδού, σε μια έκταση περίπου 110 km<sup>2</sup> νοτιοδυτικά της ENZ της Λάρνακας καθώς και στην περιοχή που εκτείνεται από την πεδιάδα της Μεσαορίας μέχρι τα Κοκκινοχώρια. Οι περιοχές αυτές χαρακτηρίζονται από εντατικές γεωργικές και/ή κτηνοτροφικές δραστηριότητες και οι αυξημένες τιμές αποδίδονται στη χρήση λιπασμάτων και/ή στη παραγωγή κτηνοτροφικών αποβλήτων. Μια άλλη πιθανή ανθρωπογενής πηγή νιτρικών αλάτων είναι η διαρροή από τα αστικά συστήματα μεταφοράς και επεξεργασίας λυμάτων. Μέτριες προς ψηλές συγκεντρώσεις νιτρικών εντοπίζονται στα αστικά κέντρα Λευκωσίας, Λάρνακας, Λεμεσού και Πάφου και κατά μήκος της ακτογραμμής. Από το χάρτη διασποράς νιτρικών ιόντων φαίνεται ξεκάθαρα η ανθρωπίνη επίδραση καθώς οι αυξημένες συγκεντρώσεις νιτρικών ιόντων είναι αποτέλεσμα ανθρωπίνων δραστηριοτήτων.



**Εικόνα 2.** Χάρτης διασποράς υδατοδιαλυτών νιτρικών ιόντων

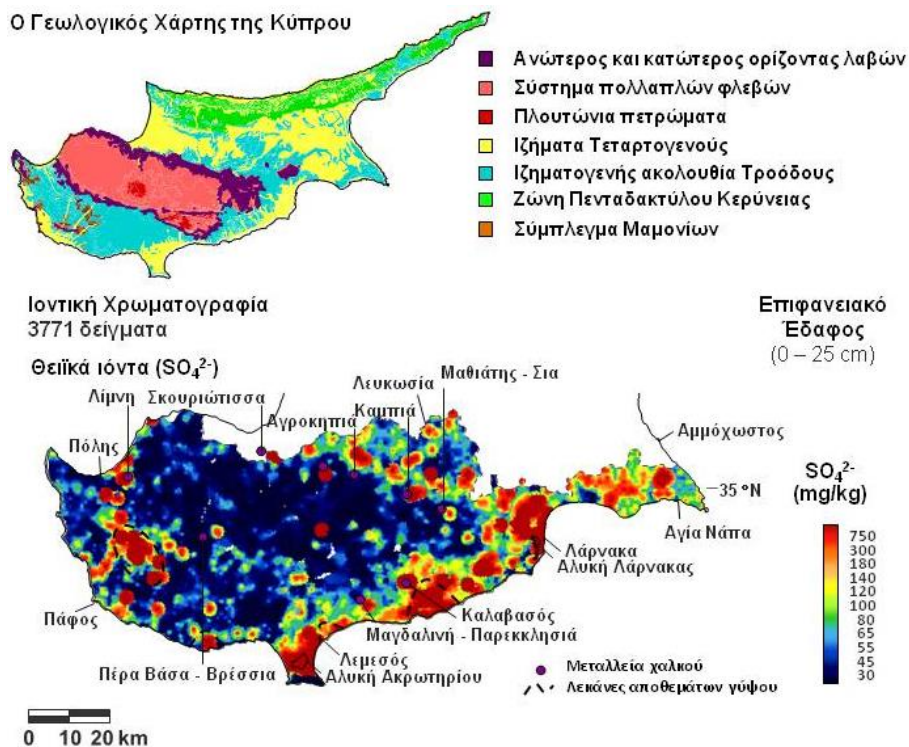
Η αυξημένη παρουσία των χλωριούχων ιόντων οφείλεται κυρίως σε γεωγενείς παράγοντες. Στην Κύπρο, όπως ήταν αναμενόμενο, ψηλές συγκεντρώσεις ιόντων χλωρίου εντοπίζονται στις αλυκές της Λάρνακας και του Ακρωτηρίου ενώ μέτριες προς ψηλές τιμές παρατηρούνται κατά μήκος της ακτογραμμής και αποδίδονται στο φυσικό φαινόμενο του ψεκασμού της ξηράς με μικροσταγονίδια θαλασσινού νερού μέσω του ατμοσφαιρικού αέρα (Εικόνα 3). Μέτριες προς ψηλές συγκεντρώσεις χλωριούχων ιόντων παρουσιάζονται σε αγροτικές περιοχές της πεδιάδας της Μεσαορίας και των Κοκκινοχωρίων και πιθανών να οφείλονται σε ταχεία εξάτμιση του νερού λόγω των ξηρών και ζεστών περιβαλλοντικών συνθηκών που επικρατούν στην Κύπρο. Σε μικρότερο βαθμό η αυξημένη παρουσία χλωριούχων στο έδαφος πιθανών να επηρεάζεται και από τις μεθόδους άρδευσης και την ποιότητα των νερών που χρησιμοποιούνται για αυτό το σκοπό. Μέτριες συγκεντρώσεις χλωριούχων ιόντων

μετρήθηκαν γύρω από μεταλλεία χαλκού και ίσως να σχετίζονται με τη διαδικασία δημιουργίας των κοιτασμάτων χαλκού. Τα κοιτάσματα χαλκού στην Κύπρο δημιουργήθηκαν όταν θερμό θαλασσινό νερό γνωστό ως υδροθερμικό διάλυμα διείσδυσε, μέσω ρωγμών, έως και τους γάββρους του ωκεάνιου φλοιού αποπλένοντας μεταλλικά στοιχεία από τα πετρώματα αυτά. Στη συνέχεια, τα υδροθερμικά διαλύματα ανήλθαν προς το βυθό αποθέτοντας τα μεταλλικά στοιχεία, με αποτέλεσμα να δημιουργηθούν κοιτάσματα χαλκού πάνω στους βασάλτες (ορίζοντας λαβών περιμετρικά του Τροόδους, Εικόνα 4). Χαμηλότερες τιμές χλωριούχων παρατηρούνται στην περιοχή του Τροόδους.



**Εικόνα 3.** Χάρτης διασποράς υδατοδιαλυτών χλωριούχων ιόντων

Σε αντίθεση με τα χλωριούχα ιόντα, η διασπορά των θειικών ιόντων είναι πιο σύνθετη και αποδίδεται τόσο σε γεωγενείς όσο και σε ανθρωπογενείς παράγοντες (Εικόνα 4). Χαμηλές συγκεντρώσεις θειικών ιόντων εντοπίζονται στην οροσειρά του Τροόδους. Μέτριες τιμές μετρήθηκαν περιμετρικά της οροσειράς του Τροόδους και αποδίδονται στην αποσάθρωση θειούχων ορυκτών όπως είναι ο σιδηροπυρίτης ( $\text{FeS}_2$ ) και ο χαλκοπυρίτης ( $\text{CuFeS}_2$ ) τα οποία απαντούνται στον ορίζοντα των λαβών (Εικόνα 4). Αυξημένες τιμές εντοπίζονται σε περιοχές ενεργών και ιστορικών μεταλλείων χαλκού όπως είναι η Σκουριώτισσα, η Λίμνη, η Καλαβασός, και η Κοκκινοπεζουλα και είναι αποτέλεσμα επιμόλυνσης του εδάφους από μεταλλευτικές δραστηριότητες. Οι όξινες απορροές ορυχείων στα υπόγεια και επιφανειακά νερά και, ενδεχομένως, η διασπορά της σκόνης και των θειούχων ιζημάτων έχουν προκαλέσει αυξημένες συγκεντρώσεις θειικών ιόντων στις περιοχές περιμετρικά των μεταλλείων. Αυξημένες τιμές εντοπίζονται επίσης στις αλυκές της Λάρνακας και του Ακρωτηρίου και σε περιοχές με αποθέματα γυψούχων ιζημάτων ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) όπως είναι οι λεκάνες Πολεμίου, Πισσουρίου, Ψεματισμένου και Λεμεσού.



**Εικόνα 4.** Χάρτης διασποράς υδατοδιαλυτών θειικών ιόντων

Οι χάρτες διασποράς των υδατοδιαλυτών αλάτων οδηγούν στο συμπέρασμα ότι η συγκέντρωση των εν λόγω αλάτων στα Κυπριακά εδάφη ελέγχεται κατά κύριο λόγο από γεωγενείς παράγοντες που σχετίζονται άμεσα με φυσικές περιβαλλοντικές διεργασίες και με τη φυσική χημική σύσταση του μητρικού πετρώματος. Ανθρωπογενής επιρροή εντοπίζεται σε μια ακτίνα περίπου 2 km γύρω από μεταλλεία όπου παρατηρείται τοπική επιμόλυνση του εδάφους (αυξημένες τιμές θειικών ιόντων) ως αποτέλεσμα των εξορυκτικών διεργασιών. Μια δεύτερη ανθρωπίνη παρεμβολή που έχει συμβάλει στη διατάραξη των ισορροπιών στα εδάφη της Κύπρου προέρχεται από την υπερβολική χρήση λιπασμάτων με αποτέλεσμα την επιμόλυνση του εδάφους με νιτρικά ιόντα σε περιοχές εντατικών καλλιεργειών υπογραμμίζοντας την ανάγκη ελέγχου της χρήσης λιπασμάτων και εφαρμογής γεωργικών μεθόδων φιλικών προς το περιβάλλον.