



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΠΑΤΡΩΝ
UNIVERSITY OF PATRAS

ΑΝΟΙΚΤΑ ακαδημαϊκά
μαθήματα ΠΠ

ΥΔΡΟΧΗΜΕΙΑ

Ενότητα 8: Μετρήσεις και υπολογισμοί φυσικοχημικών-
υδροχημικών παραμέτρων (Μέρος 1ο)

Ζαγγανά Ελένη

Σχολή : Θετικών Επιστημών

Τμήμα : Γεωλογία

Σκοποί ενότητας

- Κατανόηση των φυσικοχημικών παραμέτρων (θερμοκρασία, ηλεκτρική αγωγιμότητα, pH, δυναμικό οξειδοαναγωγής) και τρόποι μέτρησης αυτών.



Περιεχόμενα ενότητας

- 1) Θερμοκρασία υπόγειου νερού
- 2) Ηλεκτρική αγωγιμότητα
- 3) pH
- 4) Δυναμικό οξειδοαναγωγής
- 5) Διαλελυμένο οξυγόνο



ΥΔΡΟΧΗΜΕΙΑ

Μετρήσεις και υπολογισμοί φυσικοχημικών
παραμέτρων

Μετρήσεις και υπολογισμοί φυσικοχημικών παραμέτρων

- Στις χημικές αναλύσεις των νερών περιλαμβάνεται ο προσδιορισμός των ασταθών φυσικοχημικών παραμέτρων που η μέτρηση τους γίνεται στο πεδίο (in situ).



Θερμοκρασία

- Η θερμοκρασία είναι μια σπουδαία παράμετρος που πρέπει πάντα να λαμβάνεται υπόψη στη μελέτη της χημικής σύστασης των υπόγειων νερών. Η μέτρηση της θερμοκρασίας με τη βοήθεια των θερμομέτρων, πρέπει να γίνεται όσο το δυνατόν πλησιέστερα στις πηγές προέλευσης των υπόγειων νερών προκειμένου η τιμή της να αντιστοιχεί στη πραγματική θερμοκρασία του νερού του υδροφόρου στρώματος.
- Έτσι για τις πηγές η μέτρηση γίνεται στο σημείο εξόδου του νερού από το έδαφος ενώ για τα πηγάδια η μέτρηση γίνεται στο δείγμα που λαμβάνεται πλησίον του πηγαδιού μετά από άντληση μιας τουλάχιστον ώρας.



Θερμοκρασία (συνέχεια)

- Η θερμοκρασία του υπόγειου νερού είναι το αποτέλεσμα της θερμικής ισορροπίας μεταξύ αυτού και του εδάφους. Η θερμοκρασία του νερού της βροχής οφείλεται στην ηλιακή ακτινοβολία ενώ του νερού του εδάφους οφείλεται στην ηλιακή ακτινοβολία αλλά και στη θερμότητα της γης που συνδέεται με τη γεωθερμική βαθμίδα.

$$T_Z = T_o + A e^{-Z\sqrt{\pi/\alpha\tau}} \eta\mu\left(\frac{2\pi t}{\tau} - Z\sqrt{\pi/\alpha\tau}\right)$$

T_o : η μέση θερμοκρασία στην επιφάνεια του εδάφους

A : το εύρος διακύμανσης της θερμοκρασίας

τ : η περίοδος διακύμανσης (π.χ. ένας χρόνος ή μια ημέρα, κ.λπ.).

α : η ικανότητα θερμικής διάχυσης του υλικού του υδροφόρου (περίπου $0,005 \text{ cm}^2/\text{sec}$)

t : ο χρόνος



Θερμικές ζώνες

Από τα ανώτερα προς τα βαθύτερα στρώματα του υπεδάφους διακρίνονται δύο θερμικές ζώνες:

α) **Η ζώνη της ετεροθερμίας.** Η ζώνη αυτή περιλαμβάνει μια λεπτότερη, πάχους 1 έως 2 μέτρων που επηρεάζεται από τις ημερήσιες διακυμάνσεις της θερμοκρασίας του αέρα και μια μεγαλύτερου πάχους 10 έως 20 μέτρων που επηρεάζεται από τις ετήσιες διακυμάνσεις.

β) **Η ζώνη της ομοιοθερμίας ή ομοιόμορφης θερμοκρασίας.** Βρίσκεται σε βάθος 10 μέτρων στις τροπικές περιοχές και αυξάνει σε 20 μέτρα στις πολικές περιοχές. Η θερμοκρασία οφείλεται στη θερμότητα που προέρχεται από το εσωτερικό της γης και συνδέεται με τη γεωθερμική βαθμίδα που αντιστοιχεί σε αύξηση της θερμοκρασίας κατά 1°C ανά 33 μέτρα περίπου, που ανάλογα βέβαια με τη φύση του πετρώματος, τη γεωλογική δομή, τη παρουσία δευτερευουσών πηγών θερμότητας μπορεί να ανέβει στα 40 μέτρα ή να πέσει στα 20 μέτρα.



Δευτερεύουσες πηγές θερμότητας

Οι δευτερεύουσες πηγές θερμότητας στο υπέδαφος είναι:

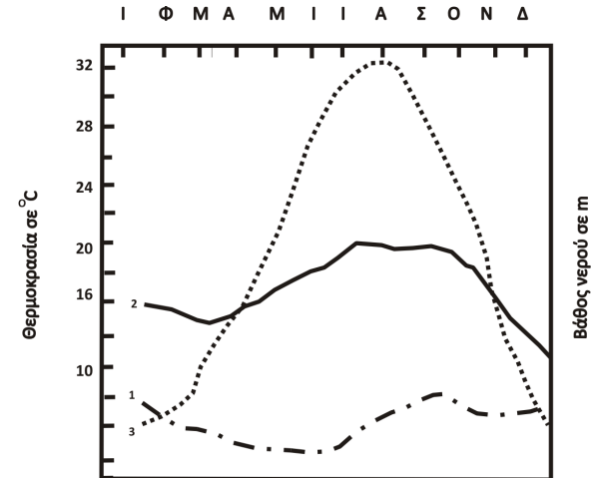
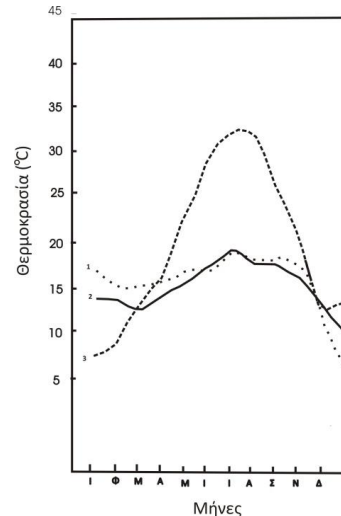
α) Οι χημικές αντιδράσεις εξώθερμες ή ενδόθερμες.

β) Η θερμότητα που μεταφέρεται από διαστολή του νερού για νερά που προέρχονται από μεγάλο βάθος.



Διακυμάνσεις

- (α) Διακύμανση της θερμοκρασίας του νερού φρεάτιου υδροφόρου ορίζοντα και της θερμοκρασίας του αέρα. 1. Θερμοκρασία του υπόγειου νερού υδροφόρου βάθους 5-10m και 2 υδροφόρου βάθους 2-5m.
- (β) Χρονικές διακυμάνσεις: 1 της πιεζομετρικής επιφάνειας φρεάτιου υδροφόρου ορίζοντα. (2), της θερμοκρασίας του νερού, (3) της θερμοκρασίας του αέρα



Ηλεκτρική αγωγιμότητα (E.C)

- Η ηλεκτρική αγωγιμότητα αποτελεί μια σπουδαία υδροχημική παράμετρο.
- Είναι το αντίστροφο της ηλεκτρικής αντίστασης και δίνεται σε μονάδες: mho/m ή Siemens ανά μέτρα (S/m) στο διεθνές σύστημα μονάδων (S.I). Επειδή όμως οι τιμές της είναι πολύ μικρές χρησιμοποιείται σαν μονάδα μέτρησης το ($\mu\text{S/cm}$) μικροSiemens ανά cm.
- Η μέτρηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας δεν παρουσιάζει ιδιαίτερη δυσκολία, επειδή όμως συνδέεται πολύ στενά με τη θερμοκρασία του υπόγειου νερού πρέπει να τηρούνται παρόμοιες μ' αυτήν συνθήκες μέτρησης. Αύξηση της θερμοκρασίας συνεπάγεται αύξηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας

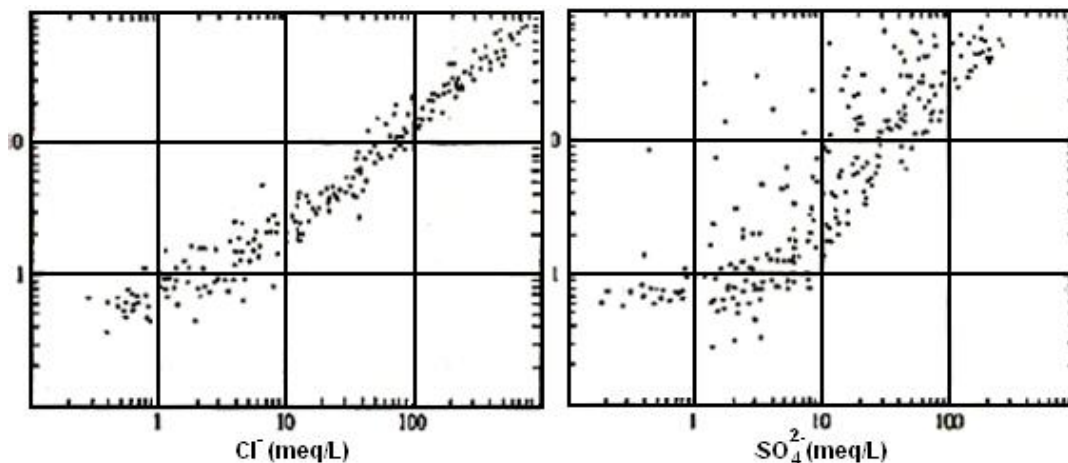


Ηλεκτρική αγωγιμότητα (E.C)(συνέχεια 1)

- Η μέτρηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας βασίζεται στη μέτρηση της ειδικής αντίστασης του νερού με τη βοήθεια της γέφυρας Philips ή Kohlrausch.
- Η κατασκευή των ηλεκτρικών αγωγιμόμετρων που χρησιμοποιούνται σήμερα για τη μέτρηση της αγωγιμότητας, βασίζεται στη παραπάνω αρχή. Οι ενδείξεις των οργάνων είναι ψηφιακές, όλες δε οι αναγωγές προκειμένου το αποτέλεσμα που θα προκύψει να δίνεται σε $\mu\text{S}/\text{cm}$ είναι ενσωματωμένες στο ηλεκτρονικό κύκλωμα του οργάνου.



Ηλεκτρική αγωγιμότητα (E.C)(συνέχεια 2)



$$TDS = K \times EC$$

Όπου: TDS τα συνολικά διαλυμένα στερεά εκφράζονται σε mg/L.

E.C η ηλεκτρική αγωγιμότητα σε $\mu\text{S}/\text{cm}$ στους 25°C .

K ο συντελεστής διόρθωσης που κυμαίνεται συνήθως μεταξύ 0.55 και 0.80.



pH

- Είναι μια ασταθής παράμετρος της οποίας η τιμή μεταβάλλεται εύκολα ιδιαιτέρως με αλλαγή της μερικής πίεσης του CO₂ και κατά συνέπεια είναι αναγκαίο η μέτρηση του pH να γίνεται επιτόπου στα σημεία εξόδου του υπόγειου νερού και μάλιστα χωρίς καμία καθυστέρηση.
- Το pH προσδιορίζεται με τη βοήθεια ηλεκτροδίου υάλου - ηλεκτροδίου καλομέλανος και ενός pH μέτρου.



Δυναμικό Οξειδοαναγωγής

- Το δυναμικό οξειδοαναγωγής δίνει πληροφορίες σχετικά με τη κατάσταση οξείδωσης των στοιχείων ενός υδατικού διαλύματος. Εάν το δυναμικό οξειδοαναγωγής είναι αρνητικό το διάλυμα είναι αναγωγικό, ενώ εάν είναι θετικό το υδατικό διάλυμα είναι οξειδωτικό. Η μέτρηση του είναι ποιοτική αλλά βοηθά στην κατανόηση της φύσης των μεταλλικών ειδών στα διαλύματα και επίσης τα πιθανά διαβρωτικά αποτελέσματα του νερού στα υλικά.



Δυναμικό Οξειδοαναγωγής (συνέχεια)

- Το δυναμικό οξειδοαναγωγής (E) μετριέται με τα ημιστοιχεία οξειδοαναγωγής (redox). Στόχος είναι η γνώση του δυναμικού οξειδοαναγωγής σε σχέση με αυτό μιας σταθερής κατάστασης π.χ. ενός ηλεκτροδίου υδρογόνου
- Επειδή η μεταφορά στην ύπαιθρο ενός τέτοιου οργάνου δεν είναι εύκολη στην πράξη χρησιμοποιείται συνδυασμός ενός ημιστοιχείου λευκόχρυσου και ενός ηλεκτροδίου αναφοράς γνωστού δυναμικού.
- Η μέτρηση του δυναμικού γίνεται με τη βοήθεια βολτόμετρου υψηλής αντίστασης εισόδου ($10^{13} \Omega$). Το ηλεκτρόδιο λευκόχρυσου είναι ένα λείο γυαλισμένο σύρμα ή φύλλο λευκόχρυσου, το οποίο ανταποκρίνεται στα περισσότερα οξειδοαναγωγικά ζεύγη. Παρουσία υψηλών συγκεντρώσεων θεικών αλάτων η επιφάνεια του λευκόχρυσου μπορεί να προσβληθεί και να οδηγήσει σε εσφαλμένα αποτελέσματα.

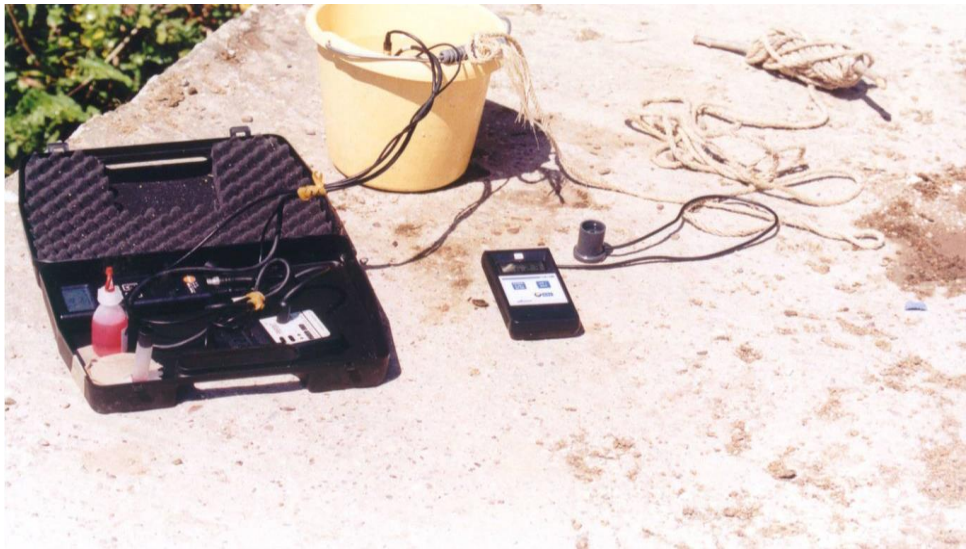


Διαλυμένο Οξυγόνο

- Η παρουσία διαλελυμένου οξυγόνου στο υπόγειο νερό υποδεικνύει την πρόσφατη έκθεσή του στον ατμοσφαιρικό αέρα. Μικρές ποσότητες οξυγόνου ή και απουσία αυτού παρατηρούνται σε παλαιά νερά, νερά που δεν ανανεώνονται. Η μέτρηση του διαλελυμένου O₂ μπορεί να γίνει ποτενσιομετρικά ή με αναλυτική διαδικασία.
- Είναι αναγκαία η επιτόπου μέτρησή του επειδή η έκθεση του δείγματος του υπόγειου νερού στον ατμοσφαιρικό αέρα αλλοιώνει σε μικρό χρονικό διάστημα τη συγκέντρωση του O₂ στο δείγμα, μάλιστα, όταν υπάρχει η δυνατότητα προτιμάται η μέτρηση με ηλεκτρόδιο το οποίο προσαρμόζεται στη θέση της ειδικής συσκευής που όπως αναφέρθηκε προηγούμενα χρησιμοποιείται και για τη μέτρηση του δυναμικού οξειδοαναγωγής.



Μηχάνημα προσδιορισμού των ασταθών παραμέτρων



Εικόνα 1 : Φορητό Μηχάνημα (Consort) με ηλεκτρόδια για τον προσδιορισμό των ασταθών παραμέτρων



Συνολικά διαλελυμένα στερεά

- Τα συνολικά διαλελυμένα στερεά (Total dissolved solids, TDS) αποτελούν δείκτη της ολικής αλατότητας των νερών. Πρόκειται για τη συνολική συγκέντρωση διαλελυμένων αλάτων στο νερό που κυμαίνεται συνήθως μεταξύ 100 και 100.000mg/L. Στα TDS δεν περιλαμβάνονται τα αιωρούμενα στερεά σωματίδια, τα κολλοειδή και τα διαλελυμένα αέρια.



Βιβλιογραφία

- Εισαγωγή στην Υδροχημεία , Ν. Λαμπράκης, Πάτρα, 2010



Τέλος Ενότητας

Μετρήσεις και υπολογισμοί φυσικοχημικών-
υδροχημικών παραμέτρων

Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στο πλαίσιο του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Αθηνών**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο την αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.



Σημείωμα Ιστορικού Εκδόσεων Έργου

Το παρόν έργο αποτελεί την έκδοση 1.0.



Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Τμήμα Γεωλογίας του Πανεπιστημίου Πατρών,
Ζαγγανά Ελένη. «Υδροχημεία, Μετρήσεις και υπολογισμοί
φυσικοχημικών- υδροχημικών παραμέτρων». Έκδοση: 1.0.
Πάτρα 2015. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση:

<https://eclass.upatras.gr/courses/GEO360/>



Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά, Μη Εμπορική Χρήση Παρόμοια Διανομή 4.0 [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».



[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Ως **Μη Εμπορική** ορίζεται η χρήση:

- που δεν περιλαμβάνει άμεσο ή έμμεσο οικονομικό όφελος από την χρήση του έργου, για το διανομέα του έργου και αδειοδόχο
- που δεν περιλαμβάνει οικονομική συναλλαγή ως προϋπόθεση για τη χρήση ή πρόσβαση στο έργο
- που δεν προσπορίζει στο διανομέα του έργου και αδειοδόχο έμμεσο οικονομικό όφελος (π.χ. διαφημίσεις) από την προβολή του έργου σε διαδικτυακό τόπο

Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.

Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (1/2)

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

Εικόνες/Σχήματα/Διαγράμματα/Φωτογραφίες

Εικόνα 1: η εικόνα αποτελεί μέρος του αρχείου της Ε.
Ζαγγανά

