

ΣΥΜΒΑΤΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΚΛΑΣΙΚΟΥ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟΥ ΑΣΒΕΣΤΟΜΕΤΡΟΥ BERNARD ΜΕ ΤΟ ΑΥΤΟΜΑΤΟ ΨΗΦΙΑΚΟ ΑΣΒΕΣΤΟΜΕΤΡΟ FOGL

Χατζηγιαννάκης¹, Ε., Κουλός², Β., Τσεκούρα¹, Δ.,

Καλογιάννη¹, Χ., Παναγόπουλος¹, Α., Κυνηγοπούλου¹, Β.

¹Ινστιτούτο Εδαφοϋδατικών Πόρων (πρώην Ινστιτούτο Εγγείων Βελτιώσεων), ΒΙ.ΠΕ.Θ. Σίνδου, ΤΚ 57400, Σίνδος Θεσσαλονίκης, Email:hatzigiannakis@gmail.com

²BD Inventions P.C., Γιαννιτσών 31, Βαλκανικό Κέντρο, ΤΚ 54627, Θεσσαλονίκη.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της εργασίας αυτής ήταν ο έλεγχος της συμβατότητας του εργαστηριακού ασβεστομέτρου Bernard με το αυτόματο ψηφιακό ασβεστόμετρο FOGL με αυτόματη αντιστάθμιση της θερμοκρασίας. Για τον έλεγχο αυτό χρησιμοποιήθηκαν 55 εδαφικά δείγματα, στα οποία έγινε προσδιορισμός της περιεκτικότητας σε ισοδύναμο ανθρακικό ασβέστιο και με τα δύο ασβεστόμετρα. Στα 15 εδαφικά δείγματα η περιεκτικότητα σε ανθρακικό ασβέστιο κυμάνθηκε από 0-1% και και δεν πραγματοποιήθηκε περαιτέρω σύγκριση των αποτελεσμάτων. Στα υπόλοιπα 40 εδαφικά δείγματα έγινε σύγκριση των ποσοστιαίων περιεκτικότητων που προσδιορίστηκαν από τα δύο ασβεστόμετρα και διαπιστώθηκε μέση απόκλιση 12,58%, με τη μέθοδο Bernard να προσδιορίζει μεγαλύτερη περιεκτικότητα στο 85% των δειγμάτων. Έγινε επίσης σύγκριση των αποτελεσμάτων στα φάσματα περιεκτικότητας 1-10, 10-20, 20-30, 30-40 και 40-max%.

COMPATIBILITY OF BERNARD CLASSIC LABORATORY CALCIMETER WITH AUTOMATIC DIGITAL SOIL CALCIMETER FOGL

Hatzigiannakis¹, E., Koulos², V., Tsekoura¹, D.,

Kalogianni¹, H., Panagopoulos¹, A., Kinigopoulou¹, V.

¹Soil and Water Resources Institute (former Land Reclamation Institute), 57400 Sindos Greece, ΒΙ.ΠΕ.Θ. Sindos Thessaloniki, Email:hatzigiannakis@gmail.com

²BD Inventions P.C., Giannitson 31, Balkan Center 54627, Thessaloniki.

ABSTRACT

The aim of this paper was to examine the compatibility between the Bernard laboratory calcimeter and the FOGL automatic digital soil calcimeter with automatic temperature compensation. 55 soil samples were analyzed for this purpose, in order to determine the content of equivalent calcium carbonate, using both calcimeters. 15 of the analyzed samples were found to have 0-1% calcium carbonate, and no further

comparison of the results was performed. Equivalent calcium carbonate was determined at the remaining 40 soil samples using both calcimeters, so that percentage values could be compared. Mean deviation was calculated to be 12.58% and Bernard method was found to yield higher values of equivalent calcium carbonate in 85% of the analysed samples. Also a comparison of percentage levels of equivalent calcium carbonate took place, at the following ranges: 1-10, 10-20, 20-30, 30-40 and 40-max%.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα ανθρακικά άλατα απαντώνται στο έδαφος κυρίως με τις παρακάτω τρεις μορφές: του ασβεστίτη (CaCO_3), του δολομίτη ($\text{CaCO}_3\cdot\text{MgCO}_3$) και του μαγνησίτη (MgCO_3), που περιέχονται και στα τρία κλάσματα του εδάφους, δηλαδή της άμμου, της ιλύος και της αργίλου. Τα ορυκτά αυτά αποτελούν συστατικά των μητρικών υλικών, από τα οποία προέκυψαν τα περισσότερα εδάφη ή πιθανόν να σχηματίστηκαν και δευτερογενώς (ιδίως ο ασβεστίτης). Σε υγρές περιοχές, όπου το ύψος της ετήσιας βροχόπτωσης ήταν μεγάλο, τα ορυκτά αυτά διαλύονταν με το πέρασμα του χρόνου και απομακρύνονταν από τον Α ορίζοντα. Έτσι προέκυψαν τα εδάφη με πολύ μικρή περιεκτικότητα σε ανθρακικό ασβέστιο. Στις ξηρές περιοχές μικρό μόνο μέρος των ορυκτών αυτών απομακρυνόταν ακόμα και από τον Α ορίζοντα, με αποτέλεσμα, εάν και το μητρικό υλικό ήταν πλούσιο σε αυτά τα ορυκτά, να προκύψουν εδάφη με μεγάλη περιεκτικότητα σε ανθρακικό ασβέστιο. Χαρακτηριστικό παράδειγμα εδαφών με μικρή περιεκτικότητα σε ανθρακικό ασβέστιο, παρόλο που αυτό αποτέλεσε το κυριότερο συστατικό του μητρικού υλικού από το οποίο προέκυψαν κατά την Τριτογενή περίοδο, είναι μια κατηγορία εδαφών των πεδινών περιοχών της Μεσογείου που κατατάσσονται στην ομάδα των Ερυθρών Μεσογειακών Εδαφών.

Η περιεκτικότητα των εδαφών σε ελεύθερο ανθρακικό ασβέστιο εμφανίζει μεγάλες διακυμάνσεις αρχίζει από ίχνη και φτάνει μέχρι και 70% του συνόλου της μάζας τους. Ο προσδιορισμός της περιεκτικότητας του εδάφους σε ελεύθερο ανθρακικό ασβέστιο στο έδαφος είναι απαραίτητος, γιατί από αυτό επηρεάζεται η διαθεσιμότητα αρκετών θρεπτικών στοιχείων, όπως του φωσφόρου (P) (Griffin και Jurinak, 1973, 1974, Μπαμπάκος, 2007), του σιδήρου (Fe), του ψευδαργύρου (Zn), του βορίου (B) και άλλων ιχνοστοιχείων (Μήτσιος, 2004, Αναλογίδης, 2007). Επίσης, τα εδάφη που είναι πλούσια σε CaCO_3 έχουν υψηλό pH (από 7 έως 8,4). Η παρουσία CaCO_3 στο έδαφος αποτελεί εγγύηση ότι αυτό δεν κινδυνεύει να οξινοσθεί εξαιτίας της όξινης αντίδρασης που προκαλείται από τα εφαρμοζόμενα λιπάσματα. Ακόμα όταν εξασφαλίζεται η καλή στράγγισή του εδάφους, αυτό δεν κινδυνεύει να μετατραπεί εύκολα σε νατριωμένο, εξαιτίας της χρήσης κακής ποιότητας νερού άρδευσης. Η παρουσία του CaCO_3 συμβάλλει στην καλή δομή του εδάφους, ενισχύοντας το σχηματισμό σταθερών συσσωματωμάτων. Η περιεκτικότητα του εδάφους σε CaCO_3 λαμβάνεται υπόψη κατά την εγκατάσταση των καλλιεργειών, αφού υπάρχουν καλλιέργειες πολύ ευαίσθητες στην παρουσία του όπως η καλλιέργεια του ακτινιδίου (Κοκουλάκης και Παπαδόπουλος, 2001).

Το κλάσμα του CaCO_3 που βρίσκεται σε λεπτότατο διαμερισμό (δηλαδή έχει μεγάλη ειδική επιφάνεια) και ασκεί έντονη επίδραση στο ριζικό σύστημα των φυτών ονομάζεται ενεργό CaCO_3 (Drouineau, 1942).

2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Στην εργασία αυτή συγκρίθηκαν οι προσδιορισμοί της περιεκτικότητας 5 τεχνητών δειγμάτων μίγματος καθαρού CaCO₃ με χαλαζιακή άμμο (5, 15, 25, 35 και 50% CaCO₃) και 55 εδαφικών δειγμάτων σε ελεύθερο ή ισοδύναμο CaCO₃ με το κλασικό ασβεστόμετρο Bernard και με το ψηφιακό ασβεστόμετρο FOGL (Εικόνα 1). Τα δείγματα επιλέχθηκαν από την παρακαταθήκη δειγμάτων του διαπιστευμένου κατά ΕΛΟΤ EN ISO/IEC 17025 Εργαστηρίου Φυσικοχημικών Δοκιμών Εδάφους-Νερού-Φυτικών Ιστών του Ινστιτούτου Εδαφοϋδατικών Πόρων (πρώην Ινστιτούτο Εγγείων Βελτιώσεων) του Ελληνικού Γεωργικού Οργανισμού 'ΔΗΜΗΤΡΑ' με τρόπο τέτοιο ώστε να υπάρχει φάσμα περιεκτικότητας από 0-70 % σε CaCO₃.

Η μέθοδος και των δύο ασβεστόμετρων για τον προσδιορισμό της περιεκτικότητας του ελεύθερου ανθρακικού ασβεστίου στο έδαφος, στηρίζεται στη μέτρηση του όγκου του CO₂ που εκλύεται μετά την αντίδραση διαλύματος HCl με τα ανθρακικά άλατα του εδάφους, σύμφωνα με την αντίδραση:



Με βάση την παραπάνω αντίδραση τα 100 g (Μοριακό Βάρος CaCO₃) παράγουν από την αντίδρασή τους με το HCl 22,4 L ή 22.400 cm³ CO₂ υπό κανονικές συνθήκες πίεσεως και θερμοκρασίας. Επομένως, εάν μετρηθεί ο όγκος του CO₂ που παράγεται από την αντίδραση ενός δείγματος εδάφους με το HCl, είναι δυνατό να υπολογιστεί πόσο CaCO₃ περιέχει το δείγμα. Όμως το HCl αντιδρά με όλα τα ανθρακικά άλατα του εδάφους με αποτέλεσμα την έκλυση CO₂. Γι' αυτό η ποσότητα του CaCO₃ που υπολογίζεται εκφράζεται ως ισοδύναμο ανθρακικό ασβέστιο του εδάφους. Ο όγκος του εκλυόμενου CO₂ μεταβάλλεται σημαντικά με τη θερμοκρασία και την ατμοσφαιρική πίεση του περιβάλλοντος και για πολύ ακριβείς μετρήσεις πρέπει να γίνονται οι κατάλληλες διορθώσεις (κυρίως διορθώσεις ως προς τη θερμοκρασία).

2.1. ΚΛΑΣΙΚΟ ΑΣΒΕΣΤΟΜΕΤΡΟ BERNARD

Πριν από τη χρήση του ασβεστομέτρου Bernard πραγματοποιείται εκτίμηση της περιεκτικότητας του εδαφικού δείγματος σε CaCO₃, προκειμένου να επιλεγεί η δέουσα ποσότητα αυτού ώστε ο εκλυόμενος όγκος CO₂ κατά τη διαδικασία προσδιορισμού να κυμαίνεται μεταξύ 20-50 cm³. Η επίτευξη αυτού του εύρους όγκου εξασφαλίζει την αποφυγή σφαλμάτων κατά την μέτρησή του. Για το σκοπό αυτό, σε μια κάψα από πορσελάνη μεταφέρεται μικρή ποσότητα εδάφους στο οποίο προσθέτονται με σταγονομετρικό φιαλίδιο λίγες σταγόνες διαλύματος HCl 4N. Αν ο αφρισμός που προκαλείται από την έκλυση CO₂ είναι έντονος, πράγμα που υποδεικνύει υψηλή περιεκτικότητα του εδάφους σε ανθρακικό ασβέστιο, για τον προσδιορισμό χρησιμοποιείται 0,5 g δείγματος. Αν ο αφρισμός είναι ήπιος, τότε χρησιμοποιούνται 1-2 g δείγματος, ενώ αν είναι πολύ υποτυπώδης έως ανύπαρκτος, χρησιμοποιούνται μέχρι και 10 g. Στη συνέχεια ζυγίζονται 0,5-10 g εδάφους ανάλογα με την εκτίμηση της περιεκτικότητάς του σε CaCO₃.

Το δείγμα τοποθετείται στον πυθμένα της γυάλινης φιάλης της συσκευής (Εικόνα 2). Το κυλινδρικό πλαστικό φιαλίδιο (όγκου περίπου 20 ml) της συσκευής πληρώνεται κατά τα 2/3 του όγκου του με διάλυμα HCl 4N και με τη βοήθεια μιας λαβίδας τοποθετείται όρθιο στη γυάλινη φιάλη. Στη συνέχεια το απιοειδές δοχείο της συσκευής φέρεται σε τέτοιο ύψος ώστε οι στάθμες του υγρού (κορεσμένο διάλυμα $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ χρωματισμένο με δείκτη ηλιανθίνης) μέσα σε αυτό και στο βαθμονομημένο σωλήνα της συσκευής να ισορροπούν λίγο πιο πάνω από το μηδέν της κλίμακας και πωματίζεται η γυάλινη φιάλη που περιέχει το δείγμα εδάφους και HCl, οπότε η στάθμη του υγρού στο βαθμονομημένο σωλήνα κατέρχεται στο μηδέν (Εικόνα 2). Στη συνέχεια δίδεται στη φιάλη αρκετή κλίση ώστε να αδειάσει ο δοκιμαστικός σωλήνας από το HCl και ανακινείται ήπια για μικρό χρονικό διάστημα (Εικόνα 2). Το παραγόμενο CO_2 συμπιέζει τη στήλη του υγρού στο βαθμονομημένο σωλήνα, η οποία αρχίζει να κατέρχεται μέσα σε αυτόν. Η κάθοδος της στάθμης του υγρού παρακολουθείται στο απιοειδές δοχείο, έτσι ώστε οι στάθμες του υγρού μέσα σε αυτό και στο βαθμονομημένο σωλήνα να βρίσκονται πάντα στο ίδιο ύψος. Όταν ολοκληρώνεται η έκλυση του CO_2 (η στήλη του υγρού σταθεροποιείται), λαμβάνεται η ένδειξη από το βαθμονομημένο σωλήνα που αντιστοιχεί στον όγκο του CO_2 που εκλύεται κατά την αντίδραση. Για μεγαλύτερη ακρίβεια γίνεται επανάληψη του προσδιορισμού τρεις φορές και λαμβάνεται υπόψη ο μέσος όρος των μετρήσεων. Δεν γίνονται διορθώσεις για τη θερμοκρασία και τη βαρομετρική πίεση διότι οι συνθήκες στο διαπιστευμένο εργαστήριο είναι σταθερές. Καθώς ο συγκεκριμένος προσδιορισμός δεν απαιτεί υπερβολική ακρίβεια, υιοθετείται ο ακόλουθος απλοποιημένος τύπος υπολογισμού του ανθρακικού ασβεστίου:

$$\text{ισοδύναμο CaCO}_3 (\%) = 0,44 * V (\text{ml}) / W(\text{g})$$

όπου V είναι ο όγκος του CO_2 σε ml και W είναι το βάρος του εδαφικού δείγματος σε g (Αλεξιάδης, 1980).

2.2. ΨΗΦΙΑΚΟ ΑΣΒΕΣΤΟΜΕΤΡΟ FOGL

Πριν χρησιμοποιηθεί το ψηφιακό ασβεστόμετρο FOGL πραγματοποιείται βαθμονόμησή του με δύο σημεία (0% και 80%) χρησιμοποιώντας πρότυπη ουσία υψηλής καθαρότητας CaCO_3 . Για τον προσδιορισμό της περιεκτικότητας σε CaCO_3 με το ψηφιακό ασβεστόμετρο FOGL (Εικόνα 1) ζυγίζεται εδαφικό δείγμα βάρους 1 g (η συσκευή δέχεται από 0,5-5 g). Η τιμή αυτή εισάγεται στα δεδομένα του οργάνου. Το δείγμα μεταφέρεται προσεκτικά στη φιάλη του οργάνου εντός της οποίας τοποθετείται και κυψελίδα όγκου 5ml με HCL 4N. Επιλέγεται η έναρξη λειτουργίας μέτρησης του οργάνου και τέλος ανακινείται η φιάλη ώστε να αναμιχθεί το HCl με το δείγμα. Μετά την παρέλευση περίπου 60 sec εμφανίζεται το αποτέλεσμα της περιεκτικότητας (%) στην οθόνη, έχοντας πραγματοποιηθεί και αυτόματη αντιστάθμιση της θερμοκρασίας της αντίδρασης εντός της φιάλης.

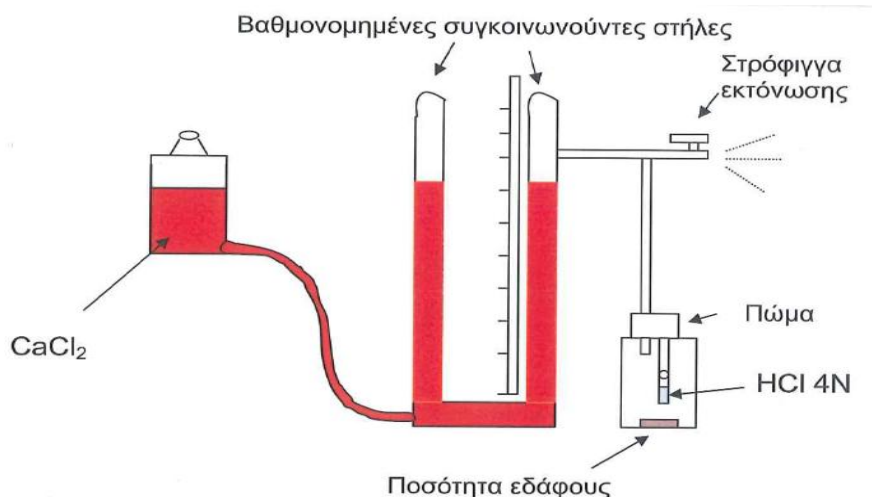
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Για τη σύγκριση των δύο ασβεστομέτρων χρησιμοποιήθηκαν 5 τεχνητά δείγματα μίγματος καθαρού CaCO_3 με χαλαζιακή άμμο (5, 15, 25, 35 και 50% CaCO_3), έτσι ώστε να υπάρχει ένα σε κάθε φάσμα (1-10%, 10-20%, 20-30%, 30-40% και 40-

max%) και 55 εδαφικά δείγματα από την παρακαταθήκη του διαπιστευμένου εργαστηρίου του Ινστιτούτου Εδαφοδατικών Πόρων (πρώην Ινστιτούτο Εγγείων Βελτιώσεων). Τα εδαφικά δείγματα επιλέχθηκαν με τρόπο ώστε να υπάρχει όσο το δυνατόν μεγαλύτερο φάσμα περιεκτικότητας των εδαφών σε ισοδύναμο CaCO_3 , αλλά και από κάθε φάσμα να υπάρχει ικανοποιητικός αριθμός δειγμάτων.



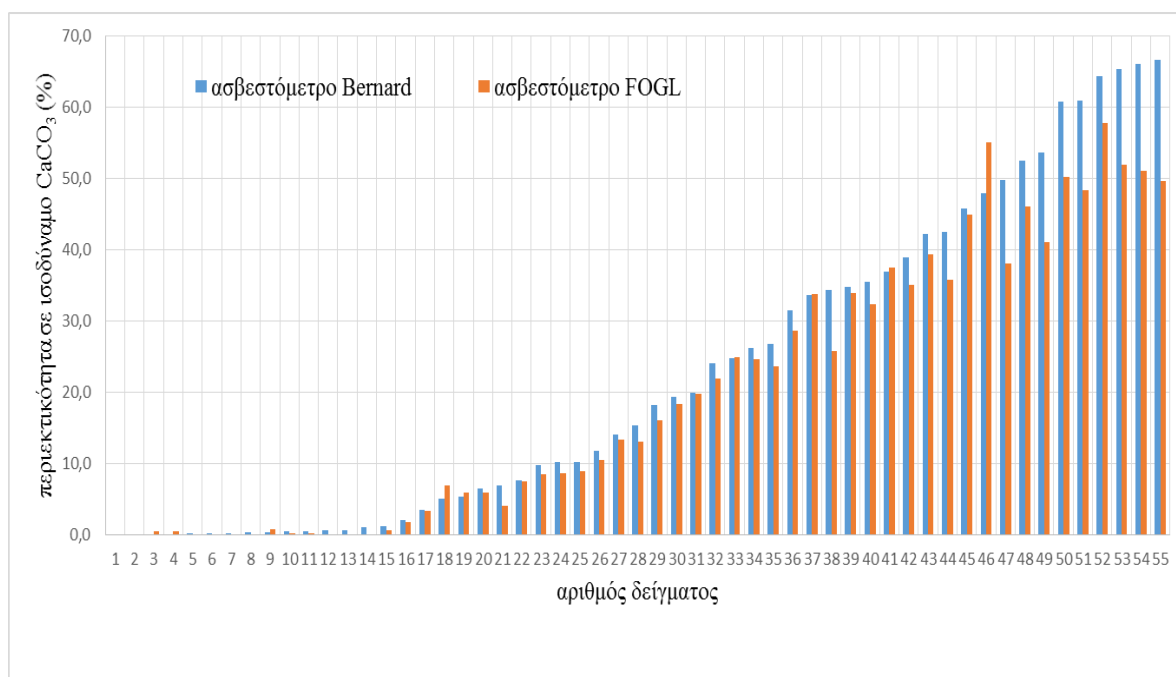
Εικόνα 1. Ασβεστόμετρα Bernard (αριστερά) και FOG L (δεξιά)



Εικόνα 2. Σκαρίφημα ασβεστόμετρου Bernard

τεχνητό δείγμα με περιεκτικότητα σε καθαρό CaCO ₃ %	προσδιορισμός με Bernard CaCO ₃ %	προσδιορισμός με FOGL CaCO ₃ %	απόκλιση προσδιορισμού με Bernard %	απόκλιση προσδιορισμού με FOGL %
5	4,58	4,73	8,40	5,40
15	14,43	14,74	3,80	1,73
25	23,98	24,42	4,08	2,32
35	34,32	33,95	0,94	3,00
50	48,80	49,46	2,4	1,08

Πίνακας 1. Αποτελέσματα προσδιορισμών CaCO₃ % στα τεχνητά δείγματα



Εικόνα 3. Προσδιορισμοί ισοδύναμου CaCO₃ % με τα δύο ασβεστόμετρα

Στο Πίνακα 1 απεικονίζονται τα αποτελέσματα των προσδιορισμών της περιεκτικότητας CaCO₃ % στα 5 τεχνητά δείγματα με τα δύο ασβεστόμετρα. Οι προσδιορισμοί έδειξαν πολύ καλή σύγκλιση των δύο ασβεστομέτρων αφού οι αποκλίσεις από την περιεκτικότητα σε καθαρό CaCO₃ θεωρούνται μικρές. Σημειώνεται ότι για τα 4 από τα 5 τεχνητά δείγματα ο προσδιορισμός της περιεκτικότητας CaCO₃ που πραγματοποιήθηκε με το ασβεστόμετρο FOGL ήταν

πλησιέστερος στην πραγματική τιμή σε ποσοστό έως και 50% σε σχέση με το ασβεστόμετρο Bernard.

Στην Εικόνα 3 απεικονίζονται τα αποτελέσματα των προσδιορισμών της περιεκτικότητας σε ισοδύναμο CaCO_3 % για κάθε εδαφικό δείγμα από τα 55 που χρησιμοποιήθηκαν και για τα δύο ασβεστόμετρα. Η τιμή του κάθε προσδιορισμού προέρχεται από την μέση τιμή τριών επαναλήψεων που δεν διέφεραν μεταξύ τους περισσότερο από 3%. Για την αποφυγή εισαγωγής σφάλματος υποκειμενικότητας, το σύνολο των προσδιορισμών πραγματοποιήθηκε από τον ίδιο αναλυτή.

Στη συνέχεια έγινε επεξεργασία των δεδομένων για να εξαχθούν οι εκατοστιαίες διαφορές των προσδιορισμών από τα δύο ασβεστόμετρα για κάθε δείγμα χωριστά. Ο μέσος όρος των απόλυτων εκατοστιαίων διαφορών των μετρήσεων με τα δύο ασβεστόμετρα ήταν 12,58% χωρίς να συνυπολογίζεται το φάσμα των περιεκτικότητων σε ισοδύναμο CaCO_3 από 0-1% (15 δείγματα) καθώς οι τιμές των προσδιορισμών στο φάσμα αυτό είναι πολύ επισφαλείς και έγιναν για να διαπιστωθεί ότι και τα δύο ασβεστόμετρα για τα ίδια δείγματα δίνουν τιμές σε αυτό το φάσμα. Από τον υπολογισμό των μέσων όρων των απόλυτων % διαφορών των προσδιορισμών των δύο ασβεστομέτρων για το σύνολο των φασμάτων που εξετάστηκαν, προέκυψαν τα ακόλουθα αποτελέσματα: 1-10% CaCO_3 (9 δείγματα) διαφορά 15,95%, 10-20% CaCO_3 (7 δείγματα) διαφορά 8,54%, 20-30% CaCO_3 (7 δείγματα) διαφορά 8,82%, 30-40% CaCO_3 (6 δείγματα) διαφορά 7,53 % και 40 % - max CaCO_3 (11 δείγματα) διαφορά 17,54%. Παρατηρείται λοιπόν ότι οι αποκλίσεις μεταξύ των δύο οργάνων περιορίζονται σε ποσοστό μικρότερο του 10% για το φάσμα περιεκτικότητας CaCO_3 10-40%, ενώ αυτές λαμβάνουν υψηλότερες τιμές για τις ακραίες τιμές περιεκτικότητας (1-10%, είτε >40%).

Επίσης διαπιστώθηκε ότι στο 85% των δειγμάτων (εκτός των 15 δειγμάτων του φάσματος 0-1% CaCO_3 που δεν λαμβάνονται υπόψη για τη σύγκριση αυτή) το ασβεστόμετρο Bernard έδωσε μεγαλύτερες τιμές προσδιορισμένου ισοδύναμου CaCO_3 σε σχέση με τις τιμές του ασβεστομέτρου FOGL.

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από τη σύγκριση των αποτελεσμάτων του προσδιορισμού του ποσοστού ισοδύναμου ή ελεύθερου CaCO_3 σε 55 εδαφικά δείγματα με το κλασικό ασβεστόμετρο Bernard και το ψηφιακό ασβεστόμετρο FOGL προκύπτει ότι τα δύο ασβεστόμετρα αποδίδουν παραπλήσιες τιμές στους προσδιορισμούς των τεχνητών δειγμάτων. Ωστόσο το ψηφιακό ασβεστόμετρο προσεγγίζει με μεγαλύτερη ακρίβεια την πραγματική συγκέντρωση στο 80% των δειγμάτων. Τα αποτελέσματα των δύο ασβεστομέτρων συγκλίνουν επίσης στις περιεκτικότητες 0-1% CaCO_3 αφού οι προσδιορισμοί των 15 δειγμάτων αυτού του φάσματος βρίσκονταν μέσα σε αυτό το διάστημα τιμών και για τα δύο όργανα. Το ασβεστόμετρο Bernard προσδιορίζει μεγαλύτερες τιμές % περιεκτικότητας CaCO_3 στο 85% των δειγμάτων μη συμπεριλαμβανομένου του φάσματος 0-1 %, γεγονός που πρέπει να προβληματίσει μελλοντικές έρευνες. Τα δύο ασβεστόμετρα αποδίδουν μικρότερης απόκλισης τιμές στα φάσματα περιεκτικότητας ισοδύναμου CaCO_3 10-40%, ενώ εκτός του παραπάνω φάσματος οι μεγαλύτερες αποκλίσεις μεταξύ των δύο ασβεστομέτρων παρουσιάζονται στο φάσμα περιεκτικότητας % CaCO_3 40%-max πράγμα που χρήζει περαιτέρω έρευνας. Ωστόσο, εκτιμάται ότι το ασβεστόμετρο FOGL αποδίδει ορθότερες τιμές οι οποίες

προσεγγίζουν σε υψηλότερο βαθμό τις πραγματικές. Η αυτόματη αντιστάθμιση της αύξησης της θερμοκρασίας εντός της φιάλης λόγω της εξώθερμης αντίδρασης, που πραγματοποιείται στο ψηφιακό ασβεστόμετρο εκτιμάται ότι συντελεί σημαντικά στην απόδοση ορθότερων τιμών, ειδικά στο φάσμα των υψηλών περιεκτικοτήτων CaCO_3 . Στην διόρθωση αυτή θα μπορούσε να αποδοθεί η απουσία των ακραίων τιμών κατά τους προσδιορισμούς με το ασβεστόμετρο FOGL, που απαντώνται στους προσδιορισμούς υψηλών περιεκτικοτήτων με το ασβεστόμετρο Bernard. Η εκτέλεση των προσδιορισμών με το ασβεστόμετρο FOGL είναι ταχύτερη καθώς δεν απαιτούνται επιπρόσθετοι υπολογισμοί, ενώ το όργανο χαρακτηρίζεται από ευχέρεια στον χειρισμό του και δεν απαιτείται υποκειμενική παρατήρηση του αναλυτή. Παράμετρος αύξησης του χρόνου προσδιορισμού κατά τη χρήση του ασβεστομέτρου Bernard αποτελεί η ανάγκη προ-εκτίμησης της περιεκτικότητας του δείγματος σε CaCO_3 , όπως αναλύθηκε στην μεθοδολογία προσδιορισμού κατά τη χρήση του συγκεκριμένου οργάνου. Επιπρόσθετα, η διάταξη Bernard καθιστά απαγορευτική ή προβληματική τη χρήση του οργάνου σε συνθήκες πεδίου, ενώ ο περιορισμός αυτός δεν υφίσταται στο ασβεστόμετρο FOGL εξαιτίας της δομής της διάταξης και των κατασκευαστικών χαρακτηριστικών του οργάνου.

Ως επόμενο στάδιο της μελέτης αυτής προγραμματίζεται ο έλεγχος της ακρίβειας των μετρήσεων κάθε οργάνου σε όλο το φάσμα των συγκεντρώσεων, καθώς επίσης και η διερεύνηση των πιθανών περιορισμών που κάθε μέθοδος έχει. Τόσο σε απόλυτες τιμές όσο και σε ποσοστιαίες αποκλίσεις τα αποτελέσματα της διερεύνησης έδειξαν ότι οι δύο μεθοδολογικές προσεγγίσεις δεν παρουσιάζουν ιδιαίτερα σημαντικές αποκλίσεις, με εξαίρεση ορισμένους προσδιορισμούς στο ανώτατο φάσμα συγκεντρώσεων CaCO_3 . Η διεξοδικότερη πιστοποίηση της ακρίβειας του ψηφιακού ασβεστομέτρου μπορεί να το καταστήσει πλήρη αντικαταστάτη της συμβατικής μεθόδου Bernard, καθώς διακρίνεται από μεγαλύτερη ταχύτητα και επαναληψιμότητα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Αλεξιάδης, Κ., 1980. Φυσική και χημική ανάλυση του εδάφους, Θεσσαλονίκη.
2. Αναλογίδης, Δ., 2007. Τα μικροθρεπτικά στοιχεία στο αγροτικό οικοσύστημα. Εκδόσεις ΑγροΤύπος Α.Ε., Αθήνα.
3. Κοκουλάκης, Π. και Παπαδόπουλος, Α., 2001. Η ερμηνεία της ανάλυσης του εδάφους. Εκδόσεις Σταμούλης, Αθήνα.
4. Κούσουλας, Γ., 2016. Πτυχιακή διατριβή 'Ποσοτικός προσδιορισμός ολικού και ενεργού CaCO_3 σε εδάφη. Συσχέτιση με τις συγκεντρώσεις φωσφόρου, σιδήρου και ψευδαργύρου'. ΑΤΕΙΘ, Σίνδος.
5. Ματσή, Θ., 2004. Σημειώσεις 'Αναλύσεις Εδαφών, Αρδευτικών Νερών & Φυτικών Ιστών – Αναλυτικοί Προσδιορισμοί & Υπολογιστικοί Τύποι' εργαστηρίου Ινστιτούτου Εγγείων Βελτιώσεων, Σίνδος.
6. Μήτσιος, Ι.Κ., 2004. Γονιμότητα Εδαφών. Εκδόσεις Zymel, Αθήνα.
7. Μπαμπάκος, Γ., 2007. Εύρεση του δείκτη δεσμεύσεως των φωσφορικών σε ασβεστούχα εδάφη και των εδαφικών παραγόντων που τον επηρεάζουν. Μεταπτυχιακή διατριβή, Τμήμα Γεωπονίας, Α.Π.Θ.

8. Drouineau, G. 1942. Dossage rapide du calcaire actif du sol: nouvelles donnees sur la separation et la nature des fractions calcaires. *Ann. Agron.*, 12: 441 - 450.
9. Griffin, R.A., and Jurinak, J.J., 1973. The interaction of phosphate with calcite. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 37:847-850.
10. Griffin, R.A., and Jurinak, J.J., 1974. Kinetics of phosphate interaction with calcite. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 38:75-79.