

Εξατμισοδιαπνοή – Παρουσίαση του Φαινομένου στους Εκπαιδευτικούς της Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης με Σκοπό τη Χρήση του στη Διδασκαλία του Κύκλου του Νερού

Τσιρογιάννης Ιωάννης Α.¹, Κίττα Ευαγγελινή²

¹ Γεωπόνος, Καθηγητής Εφαρμογών, Τμήμα Ανθοκομίας - Αρχιτεκτονικής Τοπίου, ΤΕΙ Ηπείρου

itsirog@teiep.gr

² Γεωπόνος, Ερευνήτρια, Κέντρο Έρευνας Τεχνολογίας και Ανάπτυξης Θεσσαλίας

eva.kitta@gmail.com

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ο κύκλος του νερού διδάσκεται σε όλα τα Παιδαγωγικά Τμήματα Δημοτικής Εκπαίδευσης των Ελληνικών ΑΕΙ. Όμως από τις παρουσιάσεις του κύκλου του νερού – τόσο όσο αφορά την εκπαίδευση των φοιτητών, όσο και την διδακτική πρακτική των αποφοίτων στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση- παραλείπεται ουσιαστικά η εξατμισοδιαπνοή, ένας σημαντικός παράγοντας που αντιστοιχεί στο 10-30% της μεταφοράς νερού προς την ατμόσφαιρα. Ο λόγος σχετίζεται κυρίως με την πολυπλοκότητα του φαινομένου και τη δυσκολία δημιουργίας άμεσα αντιληπτού εποπτικού υλικού. Στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται με απλούς όρους ο μηχανισμός της εξατμισοδιαπνοής αλλά και οι παράμετροι που την επηρεάζουν. Ακόμη γίνεται αναφορά σε καλές πρακτικές για τη διδασκαλία του φαινομένου σε διεθνές επίπεδο και κατατίθενται προτάσεις σχετικά με την εισαγωγή του στην εκπαίδευση σπουδαστών παιδαγωγικών τμημάτων δημοτικής εκπαίδευσης.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: κύκλος νερού, εξατμισοδιαπνοή, πρωτοβάθμια εκπαίδευση

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο κύκλος του νερού είναι μία από τις βασικότερες φυσικές διαδικασίες. Αποτελεί διαχρονικό περιβαλλοντικό θέμα που σχετίζεται με πλήθος ανθρώπινων δραστηριοτήτων στο φυσικό, κοινωνικό και οικονομικό περιβάλλον. Στην εποχή μας μάλιστα –που χαρακτηρίζεται από κλιματικές διαταραχές και έντονα φαινόμενα λειψυδρίας- η αποτελεσματική διαχείριση παραγόντων του κύκλου του νερού αποτελεί προτεραιότητα της περιβαλλοντικής πολιτικής σε παγκόσμιο επίπεδο (Οδηγία 2000/60/ΕΚ).

Ο κύκλος του νερού περιλαμβάνεται στα περιβαλλοντικά θέματα που διδάσκονται στους φοιτητές των τμημάτων δημοτικής εκπαίδευσης (Π.Ι.-Π.Ε., 2010). Το σχετικά αδύναμο όμως υπόβαθρο των φοιτητών των τμημάτων αυτών σε θέματα θετικών επιστημών προκαλεί δυσκολίες στην κατανόηση πολύπλοκων περιβαλλοντικών διεργασιών (Appleton, 2003), συμπεριλαμβανομένου και του κύκλου του νερού (Dove, 1996; Hoban, 2007). Στο πλαίσιο αυτό είναι απαραίτητη η δημιουργία κατάλληλου εποπτικού υλικού ώστε οι μέλλοντες δάσκαλοι να κατακτήσουν τη σχετική γνώση και να είναι ικανοί να την μεταδώσουν στην συνέχεια στους μαθητές τους (Stoddart κ.α., 1993; Stofflett, 1994; Holroyd, 1996; Harlen, 1997). Για την

παρουσίαση του κύκλου του νερού έχουν δημιουργηθεί απλοποιημένες παρουσιάσεις (Zemba-Saul κ.α., 2002; USGS, 2010), μικρές ταινίες κινούμενων σχεδίων (Hoban, 2007) αλλά και ειδικό εκπαιδευτικό λογισμικό (EOA Scientific, 2010; ΥΠΔΒΜΘ – e-yliko, 2010). Μία τυπική μορφή παρουσίασης του κύκλου του νερού στους φοιτητές των Παιδαγωγικών Τμημάτων Δημοτικής Εκπαίδευσης των Ελληνικών ΑΕΙ έχει ως εξής (Λαμπρινός, 2009): “Με την επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας εξατμίζονται μεγάλες ποσότητες νερού από τους ωκεανούς, τα ποτάμια και τις λίμνες. Ο άνεμος διασκορπίζει αυτές τις ποσότητες των υδρατμών σ' όλο το κατώτερο τμήμα της ατμόσφαιρας και σταδιακά σχηματίζονται τα νέφη. Κάτω από κατάλληλες συνθήκες, τα νέφη δημιουργούν βροχή και χιόνι, τα οποία με τη σειρά τους πέφτοντας στη γη συγκεντρώνονται στα ποτάμια, τις λίμνες και τους παγετώνες. Τελικά, το μεγαλύτερο τμήμα επιστρέφει πίσω στους ωκεανούς απ' όπου ξεκίνησε, ενώ ένα άλλο τμήμα κατεισδύει μέσα από τα πετρώματα της επιφάνειας και συγκεντρώνεται στους υπόγειους υδροφόρους ορίζοντες”. Χρησιμοποιώντας -με ποικιλία μορφών και μέσων έκφρασης- ορισμούς όπως ο προηγούμενος, οι δάσκαλοι παρουσιάζουν στο τυπικό πλαίσιο των μαθημάτων της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης (νηπιαγωγείο και δημοτικό σχολείο) αλλά και μέσα από δράσεις περιβαλλοντικής εκπαίδευσης τον κύκλο του νερού (Καρατάσος κ.ά., 2008; Δρω, 2010).

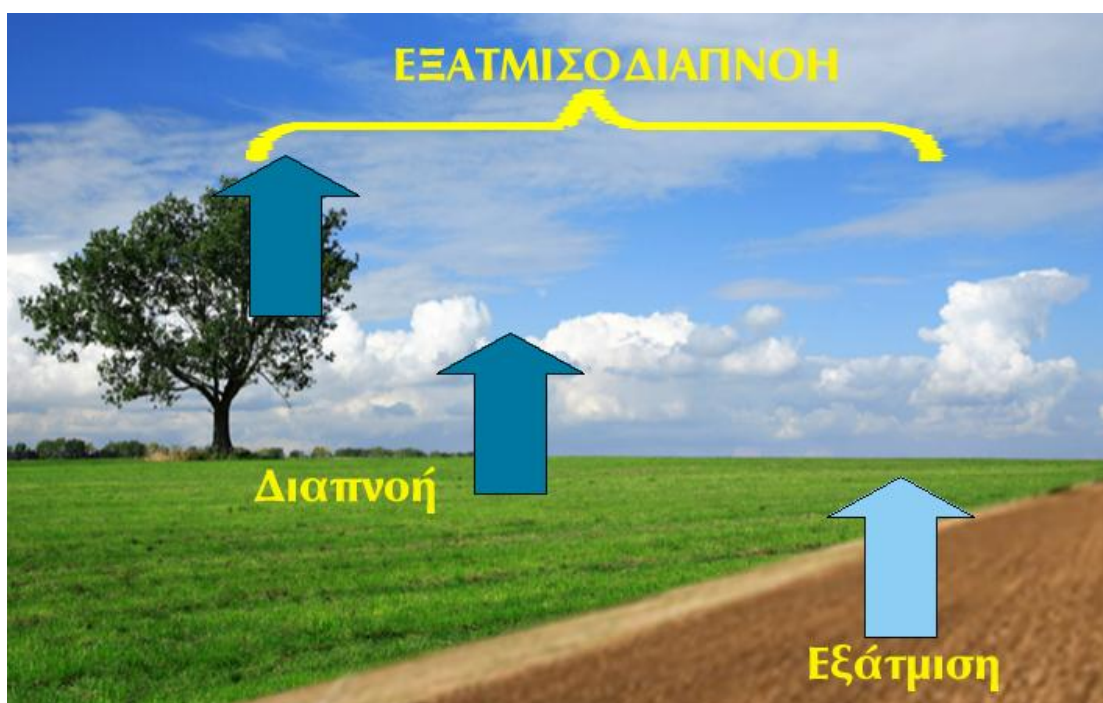
Από τις παρουσιάσεις του κύκλου του νερού –τόσο όσο αφορά την εκπαίδευση των φοιτητών, όσο και τη διδακτική πρακτική των αποφοίτων στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση- παραλείπεται ουσιαστικά η εξατμισοδιαπνοή, ένας σημαντικός παράγοντας της διαδικασίας αυτής. Πρόκειται για το συνδυασμό της εξάτμισης νερού από το έδαφος και της διαπνοής από τους φυτικούς ιστούς, που συνολικά αντιστοιχεί στο 10-30% (ανάλογα με τις κλιματικές συνθήκες) της υγρασίας που μεταβαίνει στον αέρα υπό μορφή υδρατμού (Allen κ.ά., 1998). Για να αντιληφθεί κάποιος το πόσο σημαντική είναι η συμβολή της εξατμισοδιαπνοής στον κύκλο του νερού, αναφέρεται ότι διαμέσου μέσου μίας ώριμης βελανιδιάς μεταφέρονται κάθε έτος στην ατμόσφαιρά περίπου 150.000 λίτρα νερού (USGS, 2010). Η εξατμισοδιαπνοή έχει το μειονέκτημα του ότι είναι μία πρακτικά αόρατη διαδικασία αλλά και σχετικά πολύπλοκη όσο αφορά την εξήγηση του μηχανισμού της. Ακόμη το γεγονός ότι δεν υπάρχουν σχετικές αναφορές σε καθημερινό επίπεδο, όπως π.χ. γίνεται με την εξάτμιση που μπορεί να παρουσιαστεί με τον υδρατμό που ελευθερώνεται από μία κατσαρόλα με νερό που βράζει, την κατατάσσει στο επίπεδο της διδακτικής πρόκλησης, ιδιαίτερα στο πλαίσιο της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης (Dove, 1996). Στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται με απλούς όρους ο μηχανισμός της εξατμισοδιαπνοής αλλά και οι παράμετροι που την επηρεάζουν. Ακόμη γίνονται προτάσεις σχετικά με την παρουσίαση του φαινομένου σε σπουδαστές παιδαγωγικών τμημάτων δημοτικής εκπαίδευσης.

Η ΕΞΑΤΜΙΣΟΔΙΑΠΝΟΗ

Ο όρος εξατμισοδιαπνοή (evapotranspiration) περιγράφει το σύνολο των πραγματικών απωλειών νερού από την εξάτμιση υγρασίας των εδαφών και από τη διαπνοή της χλωρίδας (Σχήμα 1). Ως συνώνυμοι έχουν χρησιμοποιηθεί οι όροι εξατμοδιαπνοή και εξατμισοδιαπνοή (Κουτσογιάννης & Ξανθόπουλος, 1999). Ας σημειωθεί ότι ορισμένοι επιστήμονες αποφεύγουν τη χρήση του όρου εξατμισοδιαπνοή, γενικεύοντας τη χρήση του όρου εξάτμιση στον οποίο συγκαταλέγουν και τη διαπνοή των φυτών (Κουτσογιάννης & Ξανθόπουλος, 1999).

Το νερό εισέρχεται στα φυτά μέσω του ριζικού συστήματος, κυκλοφορεί μέσα από τους ιστούς και τελικά το μεγαλύτερο ποσοστό αυτού (πάνω από 95%) αποδίδεται

τελικά στην ατμόσφαιρα, μέσω της διαπνοής. Η κύρια έξοδος του νερού προς την ατμόσφαιρα είναι μικροσκοπικά ανοίγματα -που ονομάζονται στομάτια και υπάρχουν σε αριθμό που εξαρτάται από το είδος- στα φύλλα των φυτών. Έτσι το φυτό λειτουργεί ως μία αντλία που μεταφέρει νερό από το έδαφος στην ατμόσφαιρα. Στην πορεία το φυτό απορροφά τα θρεπτικά στοιχεία που είναι διαλυμένα στο νερό τα οποία και χρησιμοποιεί στο πλαίσιο των φυσιολογικών λειτουργιών του (Καράταγλης, 1992). Παράλληλα από την επιφάνεια του εδάφους εξατμίζεται νερό. Η εξατμισοδιαπνοή λοιπόν συμμετέχει ουσιαστικά στην μετακίνηση νερού προς την ατμόσφαιρα, αποτελώντας ένα σημαντικό μέρος του υδρολογικού ισοζυγίου ή αλλιώς κύκλου του νερού. Ακόμη, επειδή για τη λειτουργία του μηχανισμού της εξατμισοδιαπνοής απαιτείται η χρήση ενέργειας, αυτή αποτελεί σημαντικό μέρος και του ενεργειακού ισοζυγίου. Κάθε μόριο νερού απαιτεί μία ποσότητα ενέργειας για να μεταβεί από την υγρή στην αέρια κατάσταση (υδρατμός). Η ενέργεια που δίνει κίνηση στη διαδικασία της εξατμισοδιαπνοής προέρχεται κατά κύριο λόγο από τον ήλιο.



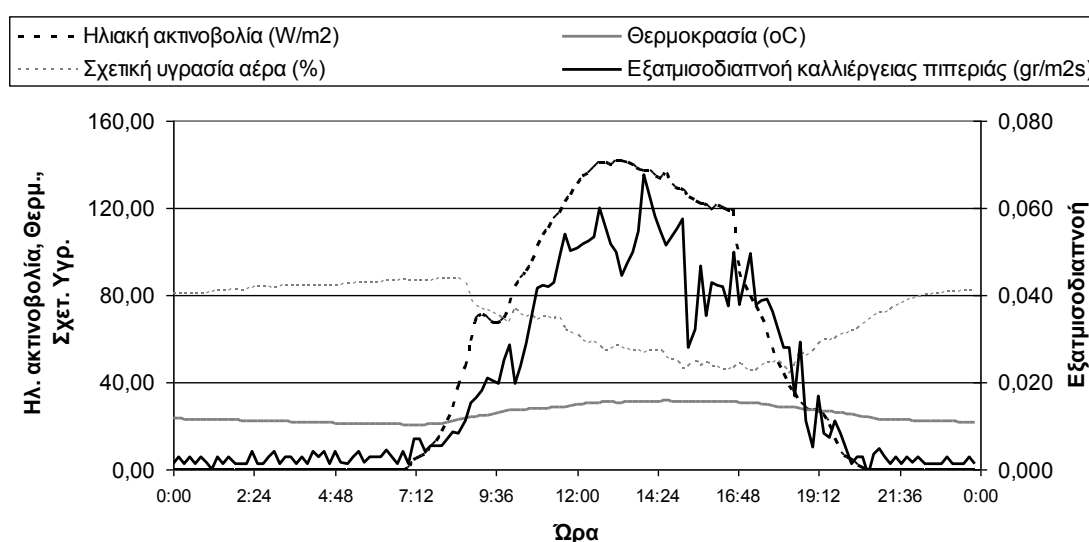
Σχήμα 1. Σχηματική παράσταση της εξατμισοδιαπνοής

Μέσω του αγγειώδους ιστού των φυτών το νερό κινείται από τις ρίζες προς τους βλαστούς για να καταλήξει στα φύλλα όπου υδρατμοί γεμίζουν τους διαθέσιμους μεσοκυττάρους χώρους. Τα στομάτια συνδέουν τους χώρους αυτούς με τον αέρα που περιβάλλει το φυτό δίνοντας έτσι τη δυνατότητα ανταλλαγής αερίων. Επειδή ο αέρας στους μεσοκυττάρους χώρους είναι συνήθως κορεσμένος σε υδρατμούς (περιέχει τη μεγαλύτερη δυνατή ποσότητα υδρατμών που μπορεί να συγκρατήσει για τις δεδομένες συνθήκες περιβάλλοντος) ενώ ο εξωτερικός ατμοσφαιρικός αέρας συνήθως δεν είναι, παρατηρείται διάχυση του υδρατμού από το εσωτερικό του φυτού προς την ατμόσφαιρα (όπου υπάρχει χώρος για υδρατμούς). Αυτός είναι και ο κύριος μηχανισμός της διαπνοής. Στην συνέχεια το κενό που αφήνουν στους μεσοκυττάρους χώρους οι υδρατμοί που ελευθερώθηκαν στην ατμόσφαιρα, αναπληρώνεται από νερό των γειτονικών κυττάρων, αναπλήρωση που σταδιακά φθάνει έως τα κύτταρα των

ρίζων που με τη σειρά τους για να αναπληρώσουν το κενό απορροφούν νερό από το έδαφος. Αυτό ονομάζεται ρεύμα διαπνοής και είναι ο βασικός τρόπος εφοδιασμού των φυτών με νερό (Καράταγλης, 1992).

Μία παρόμοια κατάσταση διαδραματίζεται στο έδαφος με τους υδρατμούς που γεμίζουν τους πόρους που βρίσκονται κοντά στην επιφάνεια να μεταβαίνουν στην ατμόσφαιρα.

Ο ρυθμός της εξατμισοδιαπνοής εξαρτάται από τις κλιματικές συνθήκες όπως είναι η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας και η διάρκεια έκθεσης σε αυτή, η θερμοκρασία, η υγρασία και ο άνεμος. Ακόμη εξαρτάται από τον τύπο του εδάφους και η περιεκτικότητα αυτού σε υγρασία, το είδος και το βαθμό ανάπτυξης της χλωρίδας καθώς και το ποσοστό του εδάφους που καλύπτεται από αυτή. Για δεδομένο συνδυασμό εδάφους και φυτοκάλυψης (είδος και ποσοστό κάλυψης) η εξατμισοδιαπνοή αποτελεί ουσιαστικά έναν σύνθετο κλιματικό παράγοντα.



Σχήμα 2. Ημερήσια διακύμανση μετεωρολογικών παραμέτρων και εξατμισοδιαπνοής σε θερμοκηπιακή καλλιέργεια πιπεριάς

Η επίδραση των περιβαλλοντικών παραγόντων στην εξατμισοδιαπνοή έχει ως εξής (Σταχτιάς, 1998):

- **Ηλιακή ακτινοβολία:** Η εξατμισοδιαπνοή γίνεται εντονότερη όσο αυξάνει η ένταση και ο χρόνος έκθεσης του συστήματος φυτά-έδαφος στην ηλιακή ακτινοβολία. Η ηλιακή ακτινοβολία εκτός από την άμεση παροχή ενέργειας ώστε να εξατμιστεί το νερό, επιδρά και σε όλους τους υπόλοιπους κλιματικούς παράγοντες που επηρεάζουν την εξατμισοδιαπνοή.
- **Θερμοκρασία:** Η εξατμισοδιαπνοή γίνεται εντονότερη όταν αυξάνει η θερμοκρασία. Οι υψηλές θερμοκρασίες προκαλούν το άνοιγμα των φυτικών κυττάρων που ελέγχουν τα στομάτια με αποτέλεσμα την εντονότερη μεταφορά υδρατμών στην ατμόσφαιρα. Ο μηχανισμός αυτός βοηθά και στην ψύξη των φυτών.
- **Σχετική υγρασία:** Όσο αυξάνει η σχετική υγρασία του αέρα τόσο ο ρυθμός της εξατμισοδιαπνοής μειώνεται. Μεγαλύτερη σχετική υγρασία σημαίνει ότι ο αέρας πλησιάζει στον κορεσμό όσο αφορά τη δυνατότητα συγκράτησης υδρατμών και επομένως έχει λιγότερο χώρο για νέες ποσότητες από αυτούς.

- Άνεμος: Εντονότερη κίνηση του αέρα προκαλεί εντονότερη εξατμισοδιαπνοή. Αυτό σχετίζεται βασικά με την υγρασία του αέρα μια και ο άνεμος συντελεί στην απομάκρυνση από τις επιφάνειες του αέρα που έχει δεχθεί ήδη μεγάλες ποσότητες υδρατμών και έτσι πλησιάζει στον κορεσμό και αντικατάστασή του με ξηρότερο αέρα από άλλες περιοχές της ατμόσφαιρας.
- Εδαφική υγρασία: Όταν δεν υπάρχει αρκετή υγρασία στο έδαφος, τα φυτά καταπονούνται και διαπνέουν μικρότερες ποσότητες νερού. Αυτό σημαίνει και το ότι μικρότερες ποσότητες θρεπτικών συστατικών εισέρχονται στα φυτά αλλά και το ότι καταπονούνται θερμικά. Εάν η κατάσταση αυτή διαρκέσει τα φυτά υπόκεινται σε φυσιολογικές μεταβολές παράγουν λιγότερο και έχουν κίνδυνο να ξεραθούν.
- Είδος φυτού: Τα διάφορα είδη φυτών, παρουσιάζουν διαφορές όσο αφορά την ένταση της διαπνοής που μπορούν να αναπτύξουν. Αυτό σχετίζεται κυρίως με την εξελικτική τους προσπάθεια να προσαρμοστούν στο κλίμα της περιοχής όπου αναπτύσσονται.

Ως σύνθετος κλιματικός παράγοντας η εξατμισοδιαπνοή μεταβάλλεται τόσο σε επίπεδο έτους όσο και σε επίπεδο ημέρας, ακολουθώντας τις εποχικές και ημερήσιες διακυμάνσεις των παραγόντων που την επηρεάζουν (Σχήμα 2).

Για την εκτίμηση της εξατμισοδιαπνοής έχουν αναπτυχθεί διάφορες μέθοδοι που διαφέρουν μεταξύ τους τόσο όσο αφορά την προσέγγιση (άμεσες ή έμμεσες – υπολογιστικές μέθοδοι), την φυσική βάση (υδατικό, ενεργειακό ισοζύγιο ή συνδυασμός τους) όσο και σχετικά με τον αριθμό των κλιματικών παραμέτρων που λαμβάνουν υπόψη τους. Τυπικές συσκευές εκτίμησης της εξατμισοδιαπνοής (Σχήμα 3) αποτελούν το εξατμισόμετρο (evaporation pan) και το λυσίμετρο (lysimeter). Σήμερα η ευρύτερα αποδεκτή υπολογιστική μέθοδος εκτίμησης της εξατμισοδιαπνοής είναι η μέθοδος Penman-Monteith (Allen κ.α., 1998). Η μέθοδος αυτή είναι αρκετά απαιτητική όσο αφορά τα δεδομένα που χρειάζονται για την εκτίμηση της εξατμισοδιαπνοής. Η ερευνητική προσπάθεια για την αναζήτηση ακριβέστερων και απλούστερων μετρητικών και υπολογιστικών προσεγγίσεων παραμένει σε εξέλιξη.



Σχήμα 3. Εξατμισόμετρο (αριστερά) και λυσίμετρο (δεξιά)

ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΗΣ ΕΞΑΤΜΙΣΟΔΙΑΠΝΟΗΣ

Μία σημαντική εφαρμογή της εξατμισοδιαπνοής με πολύ σημαντικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις σχετίζεται με τη χρήση της ως εργαλείο εκτίμησης των

υδατικών αναγκών των καλλιεργειών αλλά και των έργων πράσινου σε νερό. Στην Ελλάδα εκτιμάται ότι το 80% των υδατικών πόρων χρησιμοποιείται για άρδευση και για το λόγο αυτό η καλύτερη δυνατή εκτίμηση της ποσότητας του νερού που απαιτείται για άρδευση, οδηγεί σε σημαντική εξοικονόμηση του πολύτιμου αυτού φυσικού πόρου (Τσοτσόλης, 2008).

Με απλά λόγια εάν εκτιμηθεί η ποσότητα νερού που μεταβαίνει από μία περιοχή με φυτοκάλυψη προς τον αέρα μέσω της εξατμισοδιαπνοής τότε -με δεδομένο ότι αυτή αντιστοιχεί τουλάχιστον στο 95% του νερού που περνά μέσα από τα φυτά- γίνεται πρακτικά γνωστή και η ποσότητα νερού που πρέπει να αναπληρωθεί μέσω της άρδευσης ώστε να παράγουν σύμφωνα με το δυναμικό τους οι καλλιέργειες και να διατηρείται το πράσινο σε καλή κατάσταση. Στους υπολογισμούς αυτούς πρέπει σε κάθε περίπτωση να λαμβάνεται υπόψη και η ποσότητα εδαφικής υγρασίας που αναπληρώνεται από τη βροχή. Στην συνέχεια οι διαχειριστές της άρδευσης σε κάθε περιοχή δεν έχουν παρά να δώσουν στα φυτά την απαιτούμενη ποσότητα νερού αποφεύγοντας περιττές σπατάλες (CIMIS, 2010).

Τέλος η εκτίμηση της εξατμισοδιαπνοής αποτελεί πολύτιμο εργαλείο όσο αφορά την διαχείριση οικοσυστημάτων όπως τα δάση, οι υγροβιότοποι κοκ.

Η ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΗΣ ΕΞΑΤΜΙΣΟΔΙΑΠΝΟΗΣ ΣΤΟΥΣ ΦΟΙΤΗΤΕΣ ΠΤΔΕ

Όπως αναφέρθηκε ήδη η εξατμισοδιαπνοή αποτελεί ένα σύνθετο και πολύπλοκο φαινόμενο. Η παρουσίασή της σε φοιτητές τμημάτων παιδαγωγικής εκπαίδευσης γίνεται σπάνια στο πλαίσιο του κύκλου του νερού (Nebot, 2008). Η παρουσίαση της εξατμισοδιαπνοής μπορεί να συνδυάζει τόσο τη βασική θεωρητική ερμηνεία όσο και απλά πειράματα. Η χρήση πειραματικών διατάξεων είναι ήδη διαδεδομένη στο πλαίσιο της εκπαίδευσης των φοιτητών ΠΤΔΕ (ΠΤΔΕ-Π.Α., 2010).



Σχήμα 4. Απλή πειραματική διάταξη για κατανόηση της εξατμισοδιαπνοής

Μία σχετική διάταξη χαμηλού κόστους μπορεί να αποτελείται από μία γλάστρα σκεπασμένη με διάφανο κάλυμμα ώστε να απομονώνεται ο αέρας πάνω από μία περιοχή με έδαφος και φυτά (Σχήμα 4). Στο εσωτερικό της κάλυψης τοποθετούνται αισθητήρες μέτρησης της θερμοκρασίας και της υγρασίας του αέρα καθώς και ένα πυρανόμετρο για την μέτρηση της ηλιακής ακτινοβολίας. Οι μετρήσεις καταγράφονται σε μία ειδική συσκευή (datalogger) που αποθηκεύει τα δεδομένα με χρονικά βήματα που ορίζει ο χρήστης. Η συσκευή αυτή συνδέεται με ηλεκτρονικό υπολογιστή δίνοντας έτσι τη δυνατότητα μεταφοράς των μετρήσεων σε αυτόν, αλλά και συνεχούς παρακολούθησης της διακύμανσής τους. Με τον τρόπο αυτό μπορεί να γίνουν αντιληπτές οι συσχετίσεις της έντασης της ηλιακής ακτινοβολίας (σκιά και φως, αλλαγή της έντασης στη διάρκεια της ημέρας σε ηλιόλουστη θέση), της θερμοκρασίας αλλά και της υγρασίας, αλλά και της εδαφικής υγρασίας (άρδευση ή όχι) στην εξατμισοδιαπνοή.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Είναι γεγονός ότι ενώ ο κύκλος του νερού διδάσκεται σε όλα τα Παιδαγωγικά Τμήματα Δημοτικής Εκπαίδευσης των Ελληνικών ΑΕΙ μία σημαντική παράμετρος του, η εξατμισοδιαπνοή δεν αναφέρεται επαρκώς. Ο λόγος σχετίζεται κυρίως με την πολυπλοκότητα του φαινομένου και τη δυσκολία δημιουργίας άμεσα αντιληπτού εποπτικού υλικού. Όμως η σημασία της εξατμισοδιαπνοής είναι μεγάλη στο πλαίσιο του κύκλου του νερού και έχει ιδιαίτερα σημαντικές προεκτάσεις σε ζητήματα που αφορούν την ορθή διαχείριση των υδάτινων πόρων. Η παρουσίαση -με απλό τρόπο- του φαινομένου της εξατμισοδιαπνοής στους εκπαιδευτικούς πιστεύεται ότι θα συντελέσει στην κατανόησή του, στην αντίληψη της περιβαλλοντικής του σημασίας και εν συνεχεία στην υιοθέτηση του στο πλαίσιο τόσο της τυπικής διδασκαλίας όσο και της περιβαλλοντικής εκπαίδευσης.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D. And Smith, M. (1998). Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements - FAO Irrigation and drainage paper 56. FAO, Rome, 290 pp.
- Appleton K. (2003). How Do Beginning Primary School Teachers Cope with Science? Toward an Understanding of Science Teaching Practice. *Research in Science Education*, Vol. 33, No. 1: 1-25.
- California Department of Water Resources (2010). CIMIS - California Irrigation Management Information System. <http://www.cimis.water.ca.gov>. Προσπελάστηκε: 10 Αυγ 2010.
- Dove J. (1996). Student Teacher Understanding of the Greenhouse Effect, Ozone Layer Depletion and Acid Rain. *Environmental Education Research*, Vol. 2, No. 1: 89 – 100.
- EOA Scientific (2010). Discover! Oceans Volume 3: Earth's Water Cycle (Educational Software Package).
- Harlen W. (1997). Primary teachers' understanding in science and its impact in the classroom. *Research in Science Education*. Vol. 27, No.3: 323-337.
- Hoban, G.F. (2007). Using slowmation to engage preservice elementary teachers in understanding science content knowledge. *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education* [Online serial], Vol. 7, No. 2. Διαθέσιμο στο: <http://www.citejournal.org/vol7/iss2/general/article2.cfm>

- Holroyd C. (1996). Primary teachers' confidence about teaching science and technology. *Research Papers in Education*, Vol.11, No. 3: 323 – 335.
- Nebot R. (2008). Teacher's Notes - The water cycle.
- Stoddart T., Connell M., Stofflett R. and Peck D. (1993). Reconstructing elementary teacher candidates' understanding of mathematics and science content. *Teaching and Teacher Education*, Vol. 9, No.3:229-241.
- Stofflett R.T., (1994). The accommodation of science pedagogical knowledge: The application of conceptual change constructs to teacher education. *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 31, No.8: 787–810.
- U.S. Geological Survey's – USGS (2010). The Water Cycle - Water Science for Schools. Διαθέσιμο στο: <http://ga.water.usgs.gov/edu/index.html> . Προσπελάστηκε: 19 Αυγ 2010.
- Zemba-Saul C., Krajcik J., Blumenfeld P. (2002). Elementary student teachers' science content representations. *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 39, No. 6: 443–463.
- Εταιρία "Δρω" (2010). Ο Κύκλος του Νερού. Εκπαιδευτικό πρόγραμμα Π.Ε.
- Ευρωπαϊκή Ένωση (2003). Οδηγία 2000/60/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου.
- Καράταγλης Σ. (1992). Φυσιολογία φυτών, Εκδόσεις Art of Text, Θεσσαλονίκη.
- Καρατάσος Ν., Κεφαλογιάννη Ζ., Δακανάλη Α., Παπαζαφειρόπουλος Δ., Χαιρέτη Μ. (2008). Α μπε μπα μπλομ... πού τρέχει το νερό;. Κέντρο Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης Ανωγείων.
- Κουτσογιάννης, Δ., και Ξανθόπουλος Θ. (1999). Τεχνική Υδρολογία, Έκδοση 3 (1999), Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.
- Λαμπρινός Ν. (2009). Σημειώσεις για τη Φυσική Γεωγραφία και το Περιβάλλον. ΑΠΘ ΠΤΔΕ.
- Παιδαγωγικό Ινστιτούτο – Περιβαλλοντική Εκπαίδευση (2010). <http://www.pi-schools.gr/perivalontiki/> . Προσπελάστηκε: 10 Αυγ 2010.
- Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης του Πανεπιστημίου Αθηνών - Εργαστήριο Διδακτικής και Επιστημολογίας των Φυσικών Επιστημών και Εκπαιδευτικής Τεχνολογίας (2010). <http://asel.primedu.uoa.gr/ergastirio.html/>. Προσπελάστηκε: 20 Αυγ 2010.
- Σταχτέας Χ. (1998). Εξατμισοδιαπνοή - Με έμφαση στο γεωργικό περιβάλλον. Εκδόσεις Σταμούλη, Αθήνα.
- Τσοτσόλης Ν. (2008). Ορθολογική διαχείριση των υδάτων – Το παράδειγμα της Περιφέρειας Κεντρικής Μακεδονίας. 4^ο Business ECO FORUM/Δημόσιες αρχές και περιβάλλον -ΔΕΘ, 7-9 Σεπτεμβρίου 2008.
- ΥΠΔΒΜΘ – e-yliko (2010). <http://www.e-yliko.gr> . Προσπελάστηκε: 10 Αυγ 2010.