



Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό
Ίδρυμα Ηπείρου

Τμήμα Τεχνολογίας Γεωπονίας
Κατεύθυνση Ανθοκομίας – Αρχιτεκτονικής Τοπίου
Πτυχιακή εργασία

Αξιολόγηση υδροπονικών κατασκευών για φυτεύσεις στο εξωτερικό κτηρίων



**Αμέτ Παντήρ Ρετζέπ
Βασιλική Μπουρλή
Ουρανία Γεωργακοπούλου**

Άρτα 2015

Εσωτερικό εξώφυλλου

Εκπαιδευτικό ίδρυμα	Τ.Ε.Ι. Ηπείρου
Τμήμα	Τεχνολογίας Γεωπονίας Κατεύθυνση Ανθοκομίας – Αρχιτεκτονικής Τοπίου
Τίτλος	Αξιολόγηση υδροπονικών κατασκευών για φυτεύσεις στο εξωτερικό κτηρίων
Σπουδαστές	Αμέτ Παντήρ Ρετζέπ Ουρανία Γεωργακοπούλου Βασιλική Μπουρλή
ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ	ΤΣΙΡΟΓΙΑΝΝΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ, ΕΠΙΚΟΥΡΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ Τμ. ΑΑΤ ΤΕΙ ΗΠΕΙΡΟΥ
ΜΕΛΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ	<ol style="list-style-type: none"> 1. ΤΣΙΡΟΓΙΑΝΝΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ, ΕΠΙΚΟΥΡΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ 2. ΚΑΡΡΑΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ, ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ 3. ΒΑΡΡΑΣ ΓΡΗΓΟΡΙΟΣ, ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ
Τόπος	ΑΡΤΑ
Έτος	2015

Ευχαριστίες

Η παρούσα πτυχιακή εργασία με θέμα «Αξιολόγηση υδροπονικών κατασκευών για φυτεύσεις στο εξωτερικό κτηρίων», πραγματοποιήθηκε, στο πλαίσιο της πτυχιακής εργασίας του τμήματος Τεχνολογίας Γεωπονίας με κατεύθυνση Ανθοκομίας και Αρχιτεκτονικής Τοπίου.

Στο σημείο αυτό αισθανόμαστε την ανάγκη να εκφράσουμε τις ειλικρινείς και θερμές ευχαριστίες μας σε όσους συνέβαλαν στην ολοκλήρωση αυτής της προσπάθειας και πρώτα απ' όλα, στον επιβλέπον επίκουρο καθηγητή Τσιρογιάννη Ιωάννη και τον Καθηγητή Καρρά Γεώργιο του πειράματος για τη συνεχή καθοδήγηση, την αμέριστη υποστήριξη, τις ουσιώδεις συμβουλές, καθώς και την αδιάκοπη συμπαράσταση και ενθάρρυνση που μας παρείχε σε όλο αυτό το διάστημα. Επίσης θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε θερμά την Ελένη Λαμπράκη για την πολύτιμη βοήθεια της σχετικά με το υλικό αλλά και με την διευθέτηση της πτυχιακής μας εργασίας.

Τέλος, θέλαμε να ευχαριστήσουμε όλους εκείνους που με την καθημερινή τους συμπαράσταση, την υπομονή τους και την θετική τους σκέψη, συνέβαλαν στην εκπλήρωση του στόχου μας.

Περιεχόμενα

ΜΕΡΟΣ Α - ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ.....	9
Εισαγωγή.....	9
Αστικό πράσινο και πράσινο σε κτήρια.....	9
Ιστορική αναδρομή σχετικά με φυτεύσεις σε κατασκευές και κτήρια.....	11
Πράσινοι τοίχοι και υδροπονικοί πράσινοι τοίχοι.....	14
Πέργκολες και υδροπονικές πέργκολες.....	16
Υδροπονία.....	17
Θρεπτικά στοιχεία.....	18
Ηλεκτρική αγωγιμότητα και pH θρεπτικού διαλύματος.....	19
Υποστρώματα.....	19
Ιδιότητες υποστρωμάτων που σχετίζονται με την άρδευση και επίπεδα υγρασίας.....	20
Εχθροί και ασθένειες / Φυτοπροστασία.....	21
Αλευρώδης.....	21
Αφίδες (Aphididae).....	24
Κοκκοειδή (Coccoidea).....	27
Βακτηριολογικές ασθένειες.....	28
Μύκητες.....	30
Αντικείμενο της πτυχιακής εργασίας.....	34
ΜΕΡΟΣ Β – ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΓΙΑ ΑΣΤΙΚΕΣ ΦΥΤΕΥΣΕΙΣ.....	35
Υλικά και μέθοδοι.....	35
Περιοχή εγκατάστασης και κλιματικές συνθήκες.....	35
Κλιματολογικά στοιχεία.....	35
Θέση κατασκευών.....	37
Σχεδιασμός και κατασκευή υδροπονικής πέργκολας στο αίθριο του κτιρίου ΑΑΤ ΤΕΙ Ηπείρου.....	37
Διάταξη θρέψης – άρδευσης.....	42
Υποστρώματα.....	44
Θρεπτικά διαλύματα.....	44
Φυτικό υλικό.....	47
Περιγραφή εργασιών αξιολόγησης.....	52
Προετοιμασία των φυτών στο θερμοκήπιο.....	52
Εκτίμηση εξέλιξης ανάπτυξης/σκίασης μέσω φωτογράφισης.....	55
Μετρητικός εξοπλισμός.....	58

Αποτελέσματα.....	60
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	65
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	66
Ιστοσελίδες.....	68

Πίνακες

Πίνακας 1 Θρεπτικά διαλύματα που χρησιμοποιήθηκαν	45
Πίνακας 2 Φυτικό υλικό που επιλέχθηκε για την υδροπονική πέργκολα.....	49
Πίνακας 3 Παράμετροι εναέριοι περιβάλλοντος (T, T _{min} , T _{max} : μέση, μέση ελάχιστη και μέση μέγιστη θερμοκρασία σε °C, RH: μέση σχετική υγρασία σε % και ΕΤο μέση εξατμισοδιαπνοή σε mm day ⁻¹) με βάση τις μετρήσεις από τον μετεωρολογικό σταθμό του θερμοκηπίου. ...	60
Πίνακας 4 Απαιτήσεις σε εργατώρες για την φροντίδα των φυτών (αφορά το σύνολο των φυτών κάθε είδους).....	63

Εικόνες

Εικόνα 1 Σχηματική απεικόνιση του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας (Πηγή: www.zeroenergybuildings.org/2012/04/fainomeno-heat-island-effect.html)	9
Εικόνα 2 Άποψη σχετικά με τη μορφή των κρεμαστών κήπων (πηγή: Keys, 2013).....	11
Εικόνα 3 Πέργκολα, Promenade plantee στο Παρίσι (Πηγή: www.greekarchitects.gr , Φωτογραφία Α. Γκόλτσου, 2011).....	12
Εικόνα 4 Λεπτομέρειες στήριξης αναρριχόμενων φυτών σε κάθετες επιφάνειες (Πηγή: www.greekarchitects.gr , Φωτογραφίες Α. Γκόλτσου).....	12
Εικόνα 5 Ξενοδοχείο Icon, Hong Kong, 2011 (Πηγή: www.verticalgardenpatrickblanc.com , Φωτογραφίες: P. Blanc)	13
Εικόνα 6 Οροφώκηπος σε πολυκατοικία στο Βόλο (Φωτογραφία: Ι. Λ. Τσιρογιάννης, 2011).....	13
Εικόνα 7 Brisbane, South Bank parklands (φωτογραφία: Ι. Λ. Τσιρογιάννης, 2014).....	14
Εικόνα 8 Πέργκολα σε ταβέρνα στην Ελλάδα.....	16
Εικόνα 9 Η υδροπονική πέργκολα που κατασκεύασαν οι Montero, Salas και Mellado στο Πανεπιστήμιο της Αλμερία (φωτογραφία: Ι. Λ. Τσιρογιάννης, 2011)	17
Εικόνα 10 Διάφορα μεγέθη περλίτη (Πηγή: www.exfoliators.com.au/perlite)	20
Εικόνα 11 Χαρακτηριστική καμπύλη υγρασίας υποστρωμάτων υδροπονίας (10 cm στήλης νερού = 1 kPa = 0,01bar)	21
Εικόνα 12 Αλευρώδης των θερμοκηπίων (ακμαίο) σε φύλλα βερβένας.	23
Εικόνα 13 Αλευρώδης των θερμοκηπίων (αυγά) σε φύλλα λαντάνας.....	23
Εικόνα 14 <i>Coccinella septempunctata</i> (πασχαλίτσα) επιτίθεται σε αφίδα (Πηγή: http://www.viologika.gr/biokalliergeia/paschalitsa.php).....	26
Εικόνα 15 <i>Icerya purchasi</i> σε βλαστό σερφίνιας.....	28
Εικόνα 16 Προσβολή βακτηρίου (Erwinia) σε Γεράνι.	33
Εικόνα 17 Προσβολή Ψευδόκοκκου σε Σερφίνια.	33

Εικόνα 18 Εμφάνιση καπνιάς (μύκητας) μετά από προσβολή Αλευρώδους σε Κισσό.	34
Εικόνα 19 Εμφάνιση καπνιάς (μύκητας) μετά από προσβολή Αλευρώδους σε Λαντάνα.	34
Εικόνα 20 Χάρτης περιφερειακής ενότητας Άρτας (Περιφέρεια Ηπείρου).....	35
Εικόνα 21 Ομβροθερμικό διάγραμμα για την περιοχή της Άρτας με βάση τα κλιματολογικά στοιχεία της ΕΜΥ.....	36
Εικόνα 22 Δορυφορική εικόνα της Τεχνόπολης του ΤΕΙ Ηπείρου στους Κωστακιούς Άρτας (πηγή:Google Earth, 2014)	37
Εικόνα 23 Πέργκολα, δομοστατικό σχέδιο (κάτοψη)	38
Εικόνα 24 Πέργκολα, δομοστατικό σχέδιο (βόρεια και νότια όψη).....	39
Εικόνα 25 Πέργκολα, δομοστατικό σχέδιο (ανατολική και δυτική όψη)	39
Εικόνα 26 Σχεδιασμός πέργκολας στο Autodesk 3D Studio MAX (εικόνες: Χρήστος Μπουραντάς)	40
Εικόνα 27 Πρώτη ημέρα κατασκευής της πέργκολας.....	41
Εικόνα 28 Ολοκλήρωση κατασκευής του σκελετού της πέργκολας.....	41
Εικόνα 29 Σύρματα για την στήριξη αναρριχόμενων φυτών.....	41
Εικόνα 30 Πάνω πλευρά φυτευτικού φορέα.....	42
Εικόνα 31 Κάτω πλευρά φυτευτικού φορέα.....	42
Εικόνα 32 Σχεδιάγραμμα λειτουργίας αρδευτικού συστήματος (Σύστημα Α).....	42
Εικόνα 33 Σχεδιάγραμμα λειτουργίας αρδευτικού συστήματος (Σύστημα Β).....	43
Εικόνα 34 Περγλίτης Perloflor Hydro.....	44
Εικόνα 35 Χάρτης της Ελλάδας με ζώνες ανθεκτικότητας.....	48
Εικόνα 36 Βερβένα κρεμοκλαδής (<i>Verbena "Tamari"</i>).....	50
Εικόνα 37 Γεράνι ζωνωτό (<i>Pelargonium zonale</i>).....	50
Εικόνα 38 Γεράνι κισσόφυλλο – Μπαμπακούλα (<i>Pelargonium peltatum</i>).....	50
Εικόνα 39 Γκαζάνια (<i>Gazania rigens</i>).....	50
Εικόνα 40 Δενδρολίβανο έρπον (<i>Rosmarinus officinalis "Prostratus"</i>).....	50
Εικόνα 41 Διμορφοθήκη (<i>Dimorphoteca sinuata</i>).....	50
Εικόνα 42 Καλιμπραχόα (<i>Calibrachoa hybrida</i>).....	50
Εικόνα 43 Κισσός (<i>Hedera helix</i>).....	50
Εικόνα 44 Λαντάνα νάνα (<i>Lantana camara var. Nana</i>).....	51
Εικόνα 45 Λεβάντα (<i>Lavandula angustifolia</i>).....	51
Εικόνα 46 Σαντολίνη (<i>Santolina chamaecyparissus</i>).....	51
Εικόνα 47 Σερφίνια – Πετούνια κρεμοκλαδής (<i>Petunia "surfinia"</i>).....	51
Εικόνα 48 Κουφέα (<i>Cuphea hyssopifolia</i>).....	51
Εικόνα 49 Διαχωρισμός του θερμοκηπίου σε λωρίδες.....	52
Εικόνα 50 Γέμισμα φυτευτικών φορέων με περγλίτη.....	52
Εικόνα 51 Γεμισμένοι φυτευτικοί φορείς.....	52
Εικόνα 52 Φυτευτικοί φορείς πριν την τοποθέτηση φυτών.....	52
Εικόνα 53 Φυτό από το φυτώριο.....	53
Εικόνα 54 Διαχωρισμός φυτού.....	53
Εικόνα 55:Κόψιμο ρίζας.....	53
Εικόνα 56 Φυτά προς μεταφύτευση.....	53
Εικόνα 57 Μεταφύτευση φυτών σε φυτευτικό φορέα.....	53
Εικόνα 58 Πρόσθεση επιπλέον περγλίτη για την καλύτερη στήριξη των φυτών.....	53
Εικόνα 59 Τοποθέτηση λογχών στο θερμοκηπιακό σύστημα άρδευσης.....	53

Εικόνα 60 Έλεγχος φυτών στους φυτευτικούς φορείς.	54
Εικόνα 61 Τοποθέτηση διχτύου σκίασης στην πέργκολα.	55
Εικόνα 62 Τοποθέτηση νήματος για να βρούμε το ακριβές σημείο φωτογράφισης.	56
Εικόνα 63 Σημείο φωτογράφισης.	56
Εικόνα 64 Κόκκινο νήμα τοποθετημένο ακριβώς κάτω από τους φυτευτικούς φορείς.	56
Εικόνα 65 Αρχική εικόνα > άνοιγμα με Adobe Photoshop 7.0.	57
Εικόνα 66 Image > Mode > Grayscale και Image > Adjust > Brightness/Contrast: Brightness=+50, Contrast=+100.	57
Εικόνα 67 Image > Histogram: Μετακίνηση δείκτη (σταυρού) προς τα αριστερά έως το μαύρο (Level=0) και διαβάζω ποσοστό (π.χ. 10,43: σημαίνει 10,43% μαύρο).	57
Εικόνα 68 Αισθητήρες θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας αέρα σε προστατευτικό κλωβό.	58
Εικόνα 69 Πυρανόμετρο.	58
Εικόνα 70 DL2 Datalogger.	59
Εικόνα 71 Πεχάμετρο.	59
Εικόνα 72 Αγωγιμόμετρο.	59
Εικόνα 73 Διακύμανση υγρασίας υποστρώματος για το σύστημα Α.	60
Εικόνα 74 Διακύμανση υγρασίας υποστρώματος για το σύστημα Β.	61
Εικόνα 75 Κατανάλωση νερού από την πέργκολα.	61
Εικόνα 76 Ξηρό βάρος βλαστού και ρίζας για τα δύο συστήματα.	62
Εικόνα 77 Φυλλική επιφάνεια.	63
Εικόνα 78 Διαφορά θερμοκρασίας περιοχής εκτός αιθρίου και αιθρίου.	64
Εικόνα 79 Διαφορά σχετικής υγρασίας περιοχής εκτός αιθρίου και αιθρίου.	64
Εικόνα 80 Διαφορά προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας περιοχής εκτός αιθρίου και αιθρίου.	64

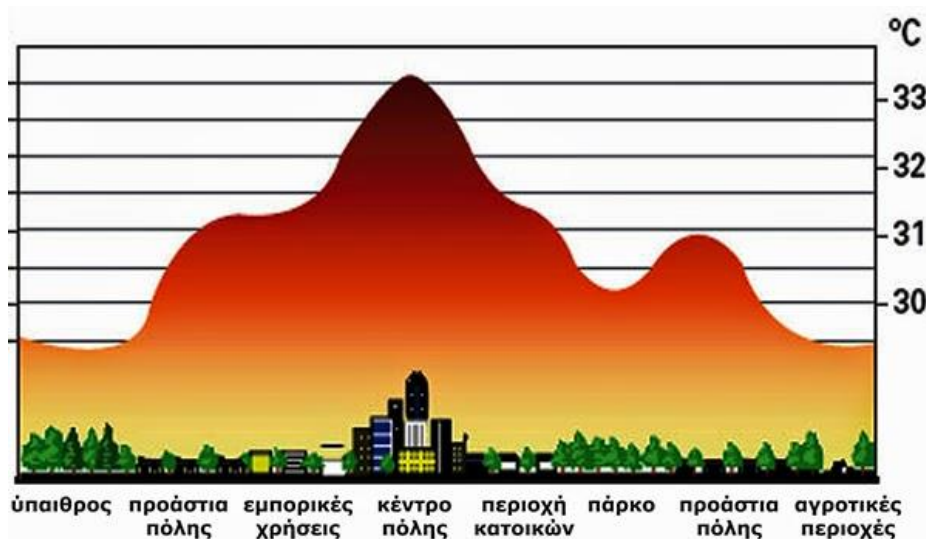
ΜΕΡΟΣ Α - ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

Εισαγωγή

Στο πλαίσιο της πτυχιακής αυτής εργασίας γίνεται αναφορά στο θεωρητικό υπόβαθρο στο οποίο βασίστηκε η ιδέα μιας υδροπονικής πέργκολας. Παρουσιάζεται ο σχεδιασμός και τα στάδια κατασκευής μίας σχετικής κατασκευής στο αίθριο του κτηρίου Ανθοκομίας και Αρχιτεκτονικής Τοπίου του ΤΕΙ Ηπείρου και γίνεται αναφορά στο υπόστρωμα, τα θρεπτικά διαλύματα και τα φυτά που χρησιμοποιήθηκαν, την διαχείριση αυτών καθώς επίσης στη διαδικασία συλλογής δεδομένων (νωπό και ξηρό βάρος των φυτών, μέτρηση pH και EC κ.α.) κατά τη διάρκεια μίας περιόδου λειτουργίας του συστήματος διάρκειας 6 μηνών.

Αστικό πράσινο και πράσινο σε κτήρια

Η διαχείριση του μικροκλίματος εντός και πέριξ των κτιρίων στην Ελλάδα είναι ιδιαίτερα ενεργοβόρος, με συνεχώς αυξητική τάση, γεγονός που έχει άμεση επίπτωση, στην αύξηση της θερμοκρασίας των πόλεων, στις εκπομπές CO₂ και άλλων αερίων στην ατμόσφαιρα, στη ρύπανση του περιβάλλοντος και στην ένταση του φαινομένου του θερμοκηπίου.



Εικόνα 1 Σχηματική απεικόνιση του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας (Πηγή: www.zeroenergybuildings.org/2012/04/fainomeno-heat-island-effect.html)

Στα αστικά κέντρα το φαινόμενο των λεγόμενων «θερμικών νησίδων», που δημιουργούνται από το συνδυασμό υψηλών θερμοκρασιών και ατμοσφαιρικής ρύπανσης είναι ιδιαίτερα έντονο τους καλοκαιρινούς κυρίως μήνες με σημαντικές επιπτώσεις στην υγεία των πολιτών και στην κατανάλωση ενέργειας για μείωση των υψηλών θερμοκρασιών (Εικόνα 1). Οι θερμικές νησίδες - φαινόμενο κατά το οποίο η θερμοκρασία στο κέντρο μιας αστικής περιοχής είναι υψηλότερη σε σχέση με τη θερμοκρασία που καταγράφεται στα περιχώρα αυτής- προκαλούνται κυρίως από τα υλικά που δημιουργούν το δομημένο αστικό περιβάλλον, δηλαδή το τσιμέντο και την άσφαλτο. Τα υλικά αυτά απορροφούν την ηλιακή ενέργεια και την αποδίδουν, εκ νέου, στο περιβάλλον ως θερμότητα. Αποτέλεσμα αυτού είναι η μέση θερμοκρασία της πόλης αυξάνεται ακόμη και κατά 10°C σε σχέση με τις γειτονικές αδόμητες, αγροτικές περιοχές, ενώ επί των επιφανειών οι θερμοκρασίες που καταγράφονται είναι μέχρι και διπλάσιες των κανονικών.

Αντίστοιχη απόδοση θερμότητας γίνεται και προς την εσωτερική πλευρά του κτιρίου, με αποτέλεσμα οι τελευταίοι όροφοι να βιώνουν συνθήκες θερμοκηπίου. Την κατάσταση επιδεινώνουν τα κλιματιστικά μηχανήματα, που μπορεί μεν να ανακουφίζουν όσους βρίσκονται στο εσωτερικό του κτιρίου, ωστόσο αυξάνουν περαιτέρω τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος (Παπαϊωάννου, 2007). Τα τελευταία χρόνια κλιματιστικά μηχανήματα και εγκαταστάσεις δροσισμού εγκαθίστανται όλο και πιο συχνά και σε εξωτερικούς χώρους κτηρίων (είσοδοι, καφέ, εστιατόρια κοκ).

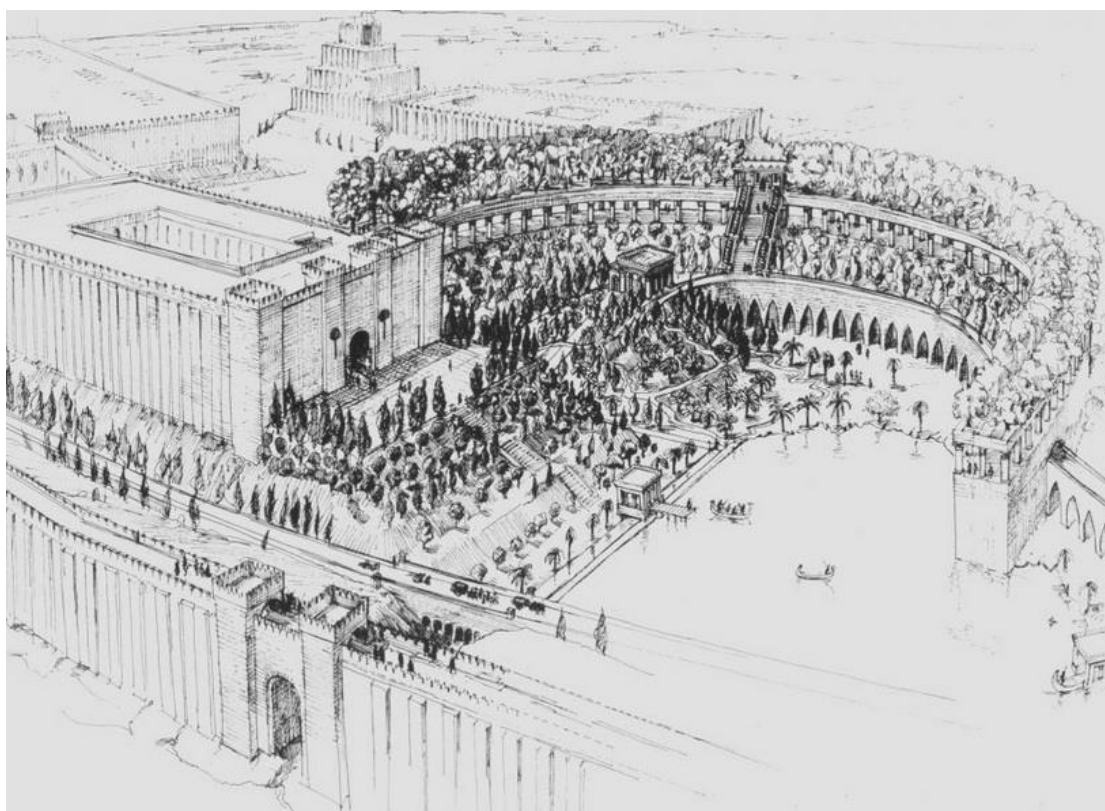
Το δώμα, βασικό στοιχείο των κτηρίων σε χώρες με χαμηλή βροχόπτωση και ήπιους χειμώνες ανέκαθεν χρησιμοποιούταν ως χώρος εγκατάστασης φυτών σε δοχεία (Πετρόπουλος, 2000). Η βασική ιδέα λοιπόν για τη δημιουργία οροφώκηπων προϋπήρχε από πολύ παλιά, η εφαρμογή της όμως απέκτησε ιδιαίτερη αξία στις ημέρες μας, λόγω της δυνατότητας χρήσης αναξιοποίητου αστικού χώρου με πολλά πλεονεκτήματα. Οι πράσινες στέγες – εκτατικού, ημιεντατικού ή εντατικού τύπου- έχει αποδειχθεί ότι αναβαθμίζουν αισθητικά και λειτουργικά τα κτήρια, βελτιώνουν το μικροκλίμα των αστικών περιοχών, μειώνουν την απορροή βρόχινου νερού, μειώνουν την ηχορύπανση, τη σκόνη, το νέφος και την κατανάλωση ενέργειας, ενισχύουν και προστατεύουν τη μόνωση του δώματος και δημιουργούν κατάλληλο περιβάλλον για φιλοξενία πανίδας και τη διατήρηση της βιοποικιλότητας της περιοχής. Ακόμη βοηθούν τους κατοίκους των πόλεων να ξεπεράσουν το άγχος της καθημερινότητας, να αναπτύξουν κοινωνικές σχέσεις και περιβαλλοντική ευαισθησία (Wilmers, 1988; Luvall και Holbo, 1989, Bass και Baskaran, 2003; Santamouris και Georgakis, 2003; Hoffman και McDonough, 2004; Cantor, 2008).

Η χρησιμοποίηση μιας φυτικής επιφάνειας στην οροφή ενός κτιρίου συμβάλλει αποφασιστικά στη διαμόρφωση του εσωτερικού του κλίματος. Η ηλιακή ακτινοβολία, η θερμοκρασία και η σχετική υγρασία μειώνονται καθώς διέρχονται από τη φυτική επιφάνεια που καλύπτει την οροφή. Τα φυτά μέσω των φυσιολογικών τους λειτουργιών (φωτοσύνθεση, αναπνοή, διαπνοή και εξάτμιση) μεταβάλλουν σημαντικά τα ισοζύγια ενέργειας και μάζας που διέρχονται στο εσωτερικό του κτιρίου (Monteith και Unsowrth, 2008; Alexandri και Jones, 2008). Έως τώρα ερευνητικές προσπάθειες έχουν δείξει ότι η υιοθέτηση πράσινης στέγης μπορεί να συμβάλλει αποφασιστικά στην επίλυση προβλημάτων που σχετίζονται με το φαινόμενο της «θερμικής νησίδας» την αύξηση των επιπέδων ρύπανσης των πόλεων τη βιοποικιλότητα και την ορθολογική διαχείριση υδάτινων πόρων στα σύγχρονα αστικά κέντρα (Robbert κ.α., 2009; Fang 2008; Takebayashi και Moriyama, 2007). Η επίδραση των φυτεμένων οροφών στο εσωτερικό κλίμα των κτηρίων έχει μελετηθεί στο παρελθόν κυρίως με αναλυτικές και πειραματικές μεθόδους (Sailor 2008; Santamouris κ.α. 2007, Elazzarin κ.α., 2005). Σχετικά με τους οροφώκηπους, έχει ήδη αναπτυχθεί σημαντική τεχνολογία όσο αφορά τα υλικά και τα συστήματα που συνδυάζουν την ελαφριά κατασκευή με την ανάπτυξη καλαίσθητων και λειτουργικών χώρων πράσινου: σύγχρονα εξειδικευμένα υλικά, κατάλληλα συστήματα αποστράγγισης, ειδικά μείγματα ανάπτυξης – υποστρώματα, κατάλληλοι τύποι συστημάτων άρδευσης κοκ (Παγκάλου, 2005). Από την άλλη δεν υπάρχουν αρκετές πληροφορίες σχετικά με τις κατακόρυφες και τις αναρτημένες φυτεύσεις παρόλο που ως τεχνικές είναι εξίσου παλαιές.

Η συνέχιση της μελέτης των επιδράσεών τους στο εξωτερικό και εσωτερικό κλίμα των κτηρίων σε πόλεις με Μεσογειακό κλίμα έχει τονιστεί από πολλούς ερευνητές (Eumorforoulou και Aravantinos, 1998; Νεκτάριος, 2007).

Ιστορική αναδρομή σχετικά με φυτεύσεις σε κατασκευές και κτήρια

Η δημιουργία κήπων πάνω σε κτήρια απασχολεί τον άνθρωπο από την αρχαιότητα. Οι πιο γνωστοί σχετικοί κήποι είναι οι Κρεμαστοί Κήποι της Βαβυλώνας, που χαρακτηρίστηκαν ως ένα από τα Επτά Θαύματα του Κόσμου. Η ύπαρξη του μνημείου αυτού, που πιθανότατα κατασκευάστηκε τον 6ο π.χ. αιώνα) ουσιαστικά δεν αποδείχθηκε ποτέ. Η ύπαρξή του περιγράφεται σε κείμενα Ελλήνων ιστορικών της ελληνιστική εποχής, ενώ σήμερα αρχαιολόγοι υποστηρίζουν ότι στην πραγματικότητα βρίσκονταν στην Νινευή (Dalley, 2013) (Εικόνα 2).



Εικόνα 2 Άποψη σχετικά με τη μορφή των κρεμαστών κήπων (πηγή: Keys, 2013)

Στην Ρωμαϊκή εποχή η τέχνη της διαμόρφωσης και φύτευσης του τοπίου (Ar Toriara) περιλάμβανε διακοσμητικές κατασκευές όπως είναι οι πέργολες που πολλές φορές συνδέονταν με τα κτήρια (Εικόνα 3).



Εικόνα 3 Πέργολα, Promenade plantee στο Παρίσι (Πηγή: www.greekarchitects.gr, Φωτογραφία Α. Γκόλτσιου, 2011).

Αντίστοιχα, στο Παρίσι, από τον 18^ο αιώνα, αναπτύσσεται η τεχνική των trellis (πλέγματα από ξύλο ή μέταλλο) για την συγκράτηση αναρριχώμενων φυτών. Η πρακτική αυτή συνεχίστηκε σε ορισμένες ευρωπαϊκές χώρες (Γαλλία, Γερμανία) με διάφορες παραλλαγές (Εικόνα 4).



Εικόνα 4 Λεπτομέρειες στήριξης αναρριχόμενων φυτών σε κάθετες επιφάνειες (Πηγή: www.greekarchitects.gr, Φωτογραφίες Α. Γκόλτσιου)

Στις αρχές του 19^{ου} αι. ο Γάλλος αρχιτέκτονας Hector Horeau, γνωστός για τις μεταλλικές του κατασκευές, πειραματίζεται με τη στήριξη των φυτών αλλά και την ανάπτυξη τους σε απόσταση από το έδαφος. Αντίστοιχα, εμπνευσμένος από τους κρεμαστούς κήπους της Βαβυλώνας, ο Jean Pierre Raynaud, εισήγαγε το φυτοδοχείο στην τέχνη.

Πρωτοπόρος των κάθετων κήπων, στην σημερινή τους εκδοχή, είναι ο Γάλλος βοτανολόγος και ερευνητής στο Εθνικό Κέντρο Ερευνών του Παρισιού Patrick Blanc, ο οποίος χρησιμοποίησε την τεχνογνωσία της υδροπονίας για την δημιουργία των κάθετων κήπων (Εικόνα 5). Το παράδειγμά του έχουν ακολουθήσει έκτοτε και πολλοί άλλοι από την Αμερική, την Ευρώπη και την Ιαπωνία.



Εικόνα 5 Ξενοδοχείο Icon, Hong Kong, 2011 (Πηγή: www.verticalgardenpatrickblanc.com, Φωτογραφίες: P. Blanc)

Σήμερα ο πιο διαδεδομένος τύπος φύτευσης σε κτήριο είναι οι πράσινες οροφές και οι οροφόκηποι (Εικόνα 6).



Εικόνα 6 Οροφόκηπος σε πολυκατοικία στο Βόλο (Φωτογραφία: Ι. Λ. Τσιρογιάννης, 2011)

Παράλληλα οι πέργολες συνεχίζουν να αποτελούν κατασκευαστικό στοιχείο σε διαμορφώσεις αστικού πράσινου είτε ως αυτόνομες κατασκευές είτε ως τμήμα κτηρίων τόσο σε δημόσια όσο και σε ιδιωτικά έργα (Εικόνα 7).



Εικόνα 7 Brisbane, South Bank parklands (φωτογραφία: Ι. Λ. Τσιρογιάννης, 2014)

Τα κτήρια έχουν συνήθως πολύ μεγάλο λόγο επιφάνειας τοίχων προς οροφή, και οι τοίχοι επηρεάζουν το μικροκλίμα όπως και οι οροφές. Έχουν ήδη παρουσιαστεί αποτελέσματα ερευνών σχετικά με τις θετικές επιδράσεις των κατακόρυφων φυτεύσεων στο αστικό μικροκλίμα και το εσωτερικό περιβάλλον των κτηρίων, είτε με χρήση παραδοσιακών λύσεων –πλέγματα με αναρριχώμενα φυτά- (Hoyano, 1988) είτε σε περιπτώσεις σύνθετων φυτεύσεων (Wilmers, 1988; Holm, 1989; Bass και Baskaran, 2003).

Πράσινοι τοίχοι και υδροπονικοί πράσινοι τοίχοι

Όπως αναφέρθηκε τα τελευταία χρόνια διάσημοι –κυρίως για το αισθητικό τους αποτέλεσμα- είναι οι κατακόρυφοι κήποι του Πατρίκ Μπλαν (Blanc, 2009) οι οποίοι όμως εφαρμόζονται σχεδόν αποκλειστικά σε ψυχρές και υγρές περιοχές. Σημαντικό ζητούμενο αποτελεί επίσης και η δημιουργία σκιερών χώρων που να μπορούν να χρησιμοποιηθούν από ανθρώπους το οποίο είναι δύσκολο να επιτευχθεί με τα φυτά που χρησιμοποιούνται συνήθως σε οροφόμενους.

Οι σύγχρονοι κάθετοι κήποι έχουν αλλάξει κατά πολύ σε σχέση με των αρχαίων χρόνων, αφού δεν κρέμονται αλλά συνήθως αναπτύσσονται σε ελαφρύ μέσο και όχι χώμα, ενώ σε κάποιες περιπτώσεις αναπτύσσονται μόνο σε υδατικό διάλυμα από το οποίο λαμβάνουν όλα τα απαραίτητα θρεπτικά συστατικά. Οι δύο βασικές κατηγορίες πράσινων τοίχων είναι οι εξής: οι «πράσινες προσόψεις» και οι «ζωντανοί τοίχοι».

Οι «πράσινες προσόψεις» είναι οι πράσινοι τοίχοι στους οποίους αναπτύσσονται, μέσω σχεδιασμένων υποστηρικτικών δομών, αναρριχώμενα φυτά ή φυτά που έχουν την ικανότητα να κρέμονται. Οι ρίζες των φυτών βρίσκονται είτε στις βάσεις των δομών αυτών, είτε στο έδαφος, είτε στις στέγες, είτε ενδιάμεσα στους τοίχους σε ειδικές γλάστρες. Για να επιτευχθεί

πλήρης κάλυψη του τοίχου απαιτούνται τρία έως πέντε χρόνια. Οι πράσινες προσόψεις μπορούν να στηριχθούν σε ήδη υπάρχοντες τοίχους ή μπορούν να υπάρξουν και ως μεμονωμένες κατασκευές, όπως φράχτες ή κολώνες.

Οι «ζωντανοί τοίχοι» αποτελούνται από φυτεμένα πάνελ ή φυτεμένες επιφάνειες που εφαρμόζονται κάθετα σε τοίχο ή πλαίσιο. Τα πάνελ αυτά μπορεί να είναι κατασκευασμένα από πλαστικό, διογκωμένη πολυστερίνη, συνθετικό ύφασμα, πηλό, μέταλλο ή σκυρόδεμα και είναι ικανά να υποστηρίζουν μεγάλη ποσότητα και ποικιλία φυτικών ειδών. Τα φυτά τα οποία συνήθως χρησιμοποιούνται είναι εδαφοκαλυπτικά, φτέρες, πολυετή λουλούδια, χαμηλοί θάμνοι κ.τ.λ. Λόγω αυτής της ποικιλομορφίας αλλά και της πυκνότητας χρειάζονται πιο εντατική συντήρηση συγκριτικά με τις «πράσινες προσόψεις».

Παρόλα αυτά η κατασκευή ενός πράσινου τοίχου δεν είναι απλή υπόθεση, γι' αυτό δε θα πρέπει να παραλειφθούν παράμετροι οι οποίες θα οδηγήσουν στην επιτυχία ή μη της εγκατάστασης. Βασική προϋπόθεση είναι η καλή κατάσταση του κτιρίου, η μελέτη των καταλληλότερων φυτικών ειδών ανάλογα με το κλίμα της περιοχής και του προσανατολισμού της επιφάνειας που θέλουμε να καλύψουμε και η μελέτη σχετικά με την ποσότητα του νερού και του λιπάσματος που θα χρησιμοποιείται. Λόγω του αρκετά υψηλού κόστους οι πράσινοι τοίχοι θα πρέπει να κατασκευάζονται μόνο από ειδικούς. Παρόλα αυτά επειδή έχουν εκφραστεί ενστάσεις από μηχανικούς ως προς τις επιπτώσεις που έχουν οι κάθετοι κήποι στα κτίρια, θα ήταν ωφέλιμη η μελέτη και η επίβλεψη του έργου από μηχανικό.

Μία τόσο πρωτοποριακή ιδέα θα μπορούσε να βρει πρόσφορο έδαφος και στη χώρα μας και ειδικά στα μεγάλα αστικά κέντρα. Είναι καιρός να δοκιμάσουμε κάτι μοντέρνο και προπαντός καλαίσθητο που θα βοηθήσει τις άχαρες τσιμεντουπόλεις να αποκτήσουν μια πιο «ανθρώπινη» εικόνα.

Οι σύγχρονοι κάθετοι κήποι παρουσιάζει σημαντικά πλεονεκτήματα όπως:

1. Μείωση της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος
2. Μείωση της θερμοκρασίας στο εσωτερικό του κτιρίου
3. Βελτίωση της ποιότητας του αέρα, μέσω της απορρόφησης των αιωρούμενων σωματιδίων και της σκόνης
4. Προσφέρουν καθαρό και φρέσκο αέρα στο εσωτερικό των κτιρίων
5. Βελτίωση του μικροκλίματος της περιοχής
6. Αποτελεί ασπίδα προστασίας για την υπεριώδη και την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία
7. Βελτίωση της αισθητικής των κτιρίων και κατ' επέκταση των πόλεων
8. Δέσμευση του διοξειδίου του άνθρακα και παραγωγή οξυγόνου
9. Υψηλή αισθητική αξία
10. Πυροπροστασία
11. «Ζωντανή τέχνη» πάνω στην κατασκευή
12. Αναβάθμιση του αστικού περιβάλλοντος
13. Ενίσχυση της βιοποικιλότητας στις πόλεις και αύξηση ζωτικού χώρου για την χλωρίδα και πανίδα
14. Ιδανική εκμετάλλευση αναξιοποίητου χώρου
15. Κατάλληλο για εξωτερικούς και εσωτερικούς χώρους
16. Κατάργηση του φαινομένου των «θερμικών νησίδων»
17. Φυσικός δροσισμός του αέρα

18. Συγκράτηση του βρόχινου νερού και προστασία από πλημμύρες
19. Μη εύφλεκτο
20. Απλή και γρήγορη τοποθέτηση
21. Παρέχει θερμομόνωση
22. Εξοικονόμηση ενέργειας χειμώνα καλοκαίρι
23. Ηχομόνωση και ηχοαπορρόφηση
24. Υψηλές αντοχές στην ηλιακή ακτινοβολία, το ψύχος και την επίδραση του ανέμου
25. Μεγάλη ποικιλία κατάλληλων φυτών
26. Προστατεύεται η επιφάνεια των κτιρίων από την έντονη βροχόπτωση ή το χαλάζι
27. Κατάλληλο και για χρήση ως διαχωριστικό στοιχείο, φράκτης κήπων κτλ
28. Ελκυστική εμφάνιση ακόμα και πριν την ανάπτυξη της βλάστησης

Αντίστοιχα, οι κάθετοι κήποι μειονεκτούν στα εξής:

1. Κόστος: Στα αρνητικά των κάθετων φυτικών τοίχων είναι το υψηλό κόστος, που εκτιμάται ότι ξεπερνά τα διακόσια ευρώ ανά τετραγωνικό μέτρο φυτεμένης επιφάνειας, έναντι εκατό, που απαιτεί ο πιο εξεζητημένος ταρατσόκηπος.
2. Νερό: Ένα άλλο μειονέκτημα που πολλοί προσάπτουν στους κάθετους κήπους είναι το νερό που καταναλώνεται για την άρδευσή τους (το οποίο δεν είναι πάντα ανακυκλούμενο), δεδομένου τα προβλήματα έλλειψης νερού που αντιμετωπίζει ο πλανήτης μας.

Όταν μιλάμε για υδροπονικές καλλιέργειες, συνήθως αναφερόμαστε σε κάθε καλλιέργεια που δεν πραγματοποιείται σε έδαφος. Οι ρίζες των φυτών αναπτύσσονται είτε μέσα σε άλλα αδρανή ή μη υλικά (υπόστρωμα) και αρδεύονται με θρεπτικό διάλυμα, είτε σε νερό στο οποίο έχουν διαλυθεί όλα τα απαραίτητα θρεπτικά στοιχεία (θρεπτικό διάλυμα).

Πέργκολες και υδροπονικές πέργκολες

Η χρήση πέργκολας ως κατασκευής κήπου για στήριξη φυτών είναι γνωστή και εφαρμόζεται από παλαιά (Εικόνα 8).



Εικόνα 8 Πέργκολα σε ταβέρνα στην Ελλάδα

Σύμφωνα με τον Νέο Οικοδομικό Κανονισμό (ΝΟΚ) του Ελληνικού κράτους (2012), η πέργκολα ορίζεται ως ((§60 άρθρο 2): «η εξωτερική ασκεπής σταθερή κατασκευή με μέγιστο

ύψος τα 3μ., που προορίζεται για την αναρρίχηση των φυτών ή την τοποθέτηση προσωρινών σκιάστρων από ύφασμα, καλαμωτή και κινητά στοιχεία, αποκλειόμενων οποιωνδήποτε άλλων κατακόρυφων στοιχείων πλήρωσης του φέροντα οργανισμού της κατασκευής.»

Υδροπονική πέργκολα είναι κάθε πέργκολα όπου τα φυτά καλλιεργούνται με χρήση ενός συστήματος υδροπονίας. Ο όρος υδροπονική πέργκολα χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά το 2009 από τους Montero και Salas για την περιγραφή μίας κατασκευής φιλοξενίας φυτών που καλλιεργούνταν μέσω συστήματος υδροπονίας. Το σύστημα είναι εγκατεστημένο στο Πανεπιστήμιο της Αλμερία στην Ισπανία. Δημοσιευμένα στοιχεία σχετικά με την επίδραση μιας υδροπονικής πέργκολας (Montero και Salas, 2009; Montero κ.α., 2010) έδειξαν ότι παρέχει υψηλό αισθητικό επίπεδο φύτευσης παράλληλα με σκίαση και βελτίωση του μικροκλίματος (Εικόνα 9).



Εικόνα 9 Η υδροπονική πέργκολα που κατασκεύασαν οι Montero, Salas και Mellado στο Πανεπιστήμιο της Αλμερία (φωτογραφία: Ι. Λ. Τσιρογιάννης, 2011)

Υδροπονία

Η υδροπονία είναι μία μέθοδος καλλιέργειας φυτών εκτός εδάφους, σύμφωνα με την οποία οι ρίζες των φυτών αναπτύσσονται είτε σε στερεά υποστρώματα εμπλουτισμένα με τεχνητό θρεπτικό διάλυμα, είτε απευθείας στο θρεπτικό διάλυμα από το οποίο τα φυτά απορροφούν τις απαραίτητες για την ανάπτυξή τους ποσότητες νερού και θρεπτικών στοιχείων (Τζωρτζάκης, 2009).

Τα υδροπονικά συστήματα χωρίζονται σε συστήματα με υπόστρωμα και χωρίς υπόστρωμα. Στα υδροπονικά συστήματα με υπόστρωμα η ρίζα αναπτύσσεται μέσα σε κάποιο κατάλληλο υλικό. Τέτοια υλικά είναι ο πετροβάμβακας, ο περλίτης, ο κοκκοφοίνικας, η ελαφρόπετρα κ.α. Τα συστήματα χωρίς υπόστρωμα είναι αυτά στα οποία η ρίζα αναπτύσσεται απευθείας μέσα στο θρεπτικό διάλυμα, χωρίς να υπάρχει κάποιο άλλο υλικό για την ανάπτυξη της ρίζας. Τα πιο διαδεδομένα παγκοσμίως υδροπονικά συστήματα χωρίς υπόστρωμα είναι π.χ. το NFT όπου το θρεπτικό διάλυμα ρέει διαρκώς σε ένα κανάλι. Στο τέλος του καναλιού υπάρχει ένας αγωγός συλλογής του θρεπτικού διαλύματος, ο οποίος το οδηγεί στη δεξαμενή ανακύκλωσης για να επαναχρησιμοποιηθεί.

Επίσης διαχωρίζονται σε ανοικτά και κλειστά συστήματα. Στα ανοικτά συστήματα το πλεονάζων θρεπτικό διάλυμα ρέει εκτός του υποστρώματος και είτε απορρίπτεται στο περιβάλλον, είτε χρησιμοποιείται για την λίπανση υπαίθριων καλλιεργειών. Στα κλειστά συστήματα το θρεπτικό διάλυμα ανακυκλώνεται (δηλαδή επαναχρησιμοποιείται).

Πλεονεκτήματα υδροπονίας

1. Απουσία ζιζανίων.
2. Απουσία ασθενειών του ριζικού συστήματος.
3. Απουσία νηματωδών.
4. Δυνατότητα ελέγχου των συνθηκών της ρίζας.
5. Επίτευξη υψηλότερων αποδόσεων και καλύτερης ποιότητας.
6. Μεγαλύτερη διάρκεια καλλιέργειας.

Μειονεκτήματα υδροπονίας

1. Μεγαλύτερη αρχική επένδυση.
2. Απαιτεί διαφορετική τεχνογνωσία σε σχέση με τη καλλιέργεια στο έδαφος και πιο εξειδικευμένες γνώσεις στη διαχείριση της θρέψης και των αρδεύσεων.
3. Στα κλειστά υδροπονικά συστήματα υφίστανται κίνδυνος εύκολης εξάπλωσης μίας μόλυνσης μέσω του ανακυκλωμένου θρεπτικού διαλύματος εφόσον προσβληθεί ένα φυτό.

Θρεπτικά στοιχεία

Στην υδροπονία χρησιμοποιούνται πλήρη θρεπτικά διαλύματα, δηλαδή υδατικά διαλύματα που περιέχουν όλα τα απαραίτητα για την ανάπτυξη των φυτών ανόργανα θρεπτικά στοιχεία, εκτός από τον άνθρακα τον οποίο η καλλιέργεια τον προσλαμβάνει από την ατμόσφαιρα ως διοξείδιο του άνθρακα (CO₂). Το υδρογόνο και το οξυγόνο είναι συστατικά του νερού ενώ οξυγόνο προσλαμβάνεται και από τον ατμοσφαιρικό αέρα για τις ανάγκες της αναπνοής. Το χλώριο εμπεριέχετε σχεδόν πάντοτε σε επαρκείς ποσότητες ως χλωριούχο ανιόν στο νερό που χρησιμοποιείται για την παρασκευή του διαλύματος καθώς επίσης και στις προσμίξεις των λιπασμάτων. Τα θρεπτικά στοιχεία του εδάφους χωρίζονται σε δυο βασικές κατηγορίες σύμφωνα με τις ποσότητες που χρειάζονται τα φυτά. Τα μακροστοιχεία είναι το Άζωτο (N), ο Φώσφορος (P), το Κάλιο (K), το Ασβέστιο (Ca), το Μαγνήσιο (Mg) και το Θείο (S). Από αυτά, το Άζωτο, ο Φώσφορος και το Κάλιο είναι τα πρωτεύοντα μακροστοιχεία ενώ το Ασβέστιο, το Μαγνήσιο και το Θείο είναι τα δευτερεύοντα. Τα μικροστοιχεία είναι επίσης απαραίτητα αλλά σε μικρότερες ποσότητες και αυτά είναι: ο Σίδηρος (Fe), το Μαγγάνιο (Mn), ο

Ψευδάργυρος (Zn), ο Χαλκός (Cu), το Βόριο (B) και το Μολυβδαίνιο (Mo). Για να προστεθούν τα θρεπτικά στοιχεία στο διάλυμα ως λιπάσματα χρησιμοποιούνται κυρίως απλά υδατοδιαλυτά άλατα καθώς επίσης και ορισμένα οξέα, ενώ ειδικά ο σίδηρος χορηγείται σε μορφή οργανομεταλλικών συμπλόκων (χειλικές ενώσεις σιδήρου).

Ηλεκτρική αγωγιμότητα και pH θρεπτικού διαλύματος

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα (Electrical Conductivity=EC) σαν φυσικό όρος είναι το αντίστροφο της ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης ενός υλικού, έχει δηλαδή διαστάσεις ηλεκτρικής αντίστασης ανά μονάδα μήκους. Στην πραγματικότητα πρόκειται για την ειδική ηλεκτρική αγωγιμότητα, για χάρη συντομίας όμως έχει επικρατήσει να ονομάζεται ως ηλεκτρική αγωγιμότητα. Σήμερα, σαν μονάδα μέτρησης της ηλεκτρικής αγωγιμότητας έχει καθιερωθεί διεθνώς το $dS\ m^{-1}$ (σε ορισμένα κείμενα χρησιμοποιείται το $mS\ cm^{-1}$). Ηλεκτρική αγωγιμότητα ενός υδατικού διαλύματος σε μια συγκεκριμένη θερμοκρασία είναι ανάλογη της συγκέντρωσης των ιόντων που βρίσκονται διαλυμένα σε αυτό. Έτσι, στην περίπτωση των νερών άρδευσης και των θρεπτικών διαλυμάτων είναι μέτρο της περιεκτικότητας τους σε θρεπτικά στοιχεία κι άλλα ανόργανα άλατα. Η ηλεκτρική αγωγιμότητα δεν μας δίνει καμία πληροφορία για το είδος των αλάτων που είναι διαλυμένο σε ένα διάλυμα, αλλά μόνο για τη συνολική τους συγκέντρωση.

Το pH του θρεπτικού διαλύματος (μέτρο της περιεκτικότητάς του σε ιόντα υδρογόνου, δηλ. της ενεργού οξύτητας του) είναι καθοριστικής σημασίας κριτήριο για την καταλληλότητά του. Όταν το pH είναι υψηλότερο ή χαμηλότερο από κάποιες τιμές που θεωρούνται ως ανώτερα ή κατώτερα επιθυμητά όρια, πολλά θρεπτικά στοιχεία καθίστανται δυσδιάλυτα (κυρίως P, Fe, Mn σε υψηλό pH), οπότε η απορρόφηση τους από το φυτό δυσχεραίνεται, ενώ άλλα απορροφώνται με ταχύτερους από τους συνήθεις ρυθμούς (π.χ. το Mn και το αργίλιο σε χαμηλό pH). Το αποτέλεσμα είναι να εμφανίζονται διαταραχές στη θρέψη των φυτών (τροφοπενίες, τοξικότητες κ.λπ.). Για τα περισσότερα είδη καλλωπιστικών φυτών το pH του θρεπτικού διαλύματος στο χώρο των ριζών θα πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 5,2 και 6,0.

Υποστρώματα

Στις υδροπονικές καλλιέργειες το υπόστρωμα αποτελεί ένα υποκατάστατο του εδάφους και επομένως θα πρέπει να είναι σε θέση να επιτελεί όλες τις λειτουργίες που γίνονται από το χώμα και μάλιστα με καλύτερο τρόπο. Η χρησιμότητα του εδάφους για τα φυτά συνίσταται στην εξασφάλιση της ανόργανης θρέψης τους και στην παροχή μηχανικής στήριξης σε αυτά. Επομένως, η βασική λειτουργία την οποία καλούνται να επιτελέσουν επιτυχώς είναι η εξασφάλιση καλής και ισόρροπης θρέψης στα φυτά.

Εκτός από αυτά τα χαρακτηριστικά ένα καλό υπόστρωμα θα πρέπει ή να είναι χημικά αδρανές ή να διαθέτει μεγάλη ανταλλακτική ικανότητα και κατάλληλο pH εφόσον είναι χημικά ενεργό. Τα πλέον διαδεδομένα υποστρώματα υδροπονικών καλλιεργειών διεθνώς είναι ο πετροβάμβακας, η τύρφη, ο περλίτης, η ελαφρόπετρα, το κοκκόχωμα και σε μικρότερο βαθμό η διογκωμένη άργιλος, ο ζεόλιθος και η άμμος.

Στην Ελλάδα τα πιο διαδεδομένα υποστρώματα είναι ο πετροβάμβακας, ο περλίτης, η ελαφρόπετρα. Το κάθε ένα από αυτά τα υλικά έχει τα δικά του ιδιαίτερα χαρακτηριστικά, τα οποία επηρεάζουν τον τρόπο διαχείρισης των αρδεύσεων. Όλα ωστόσο είναι κατάλληλα για χρήση στην υδροπονία.

Ο περλίτης (perlite) είναι υλικό που παράγεται και στην Ελλάδα (Εικόνα 10). Να σημειωθεί και εδώ ότι ο περλίτης που χρησιμοποιείται σε κατασκευές και άλλες χρήσεις δεν είναι κατάλληλος για χρήση στην υδροπονία. Στην υδροπονία χρησιμοποιείται περλίτης συγκεκριμένης κοκκομετρίας, ώστε να επιτευχθούν συγκεκριμένες υδραυλικές ιδιότητες. Έχει την ιδιότητα να συγκρατεί μεγάλες ποσότητες νερού (3-4 φορές το βάρος του) και απαιτεί ποιο αραιά ποτίσματα σε σχέση με την ελαφρόπετρα. Κατά τη διαβροχή του διογκώνεται και σχηματίζει αφρώδης μάζα γι αυτό είναι πιο εύκολη η χρήση του σε σάκους. Έχει διάρκεια ζωής 3 χρόνια και δεν είναι ανακυκλώσιμος.



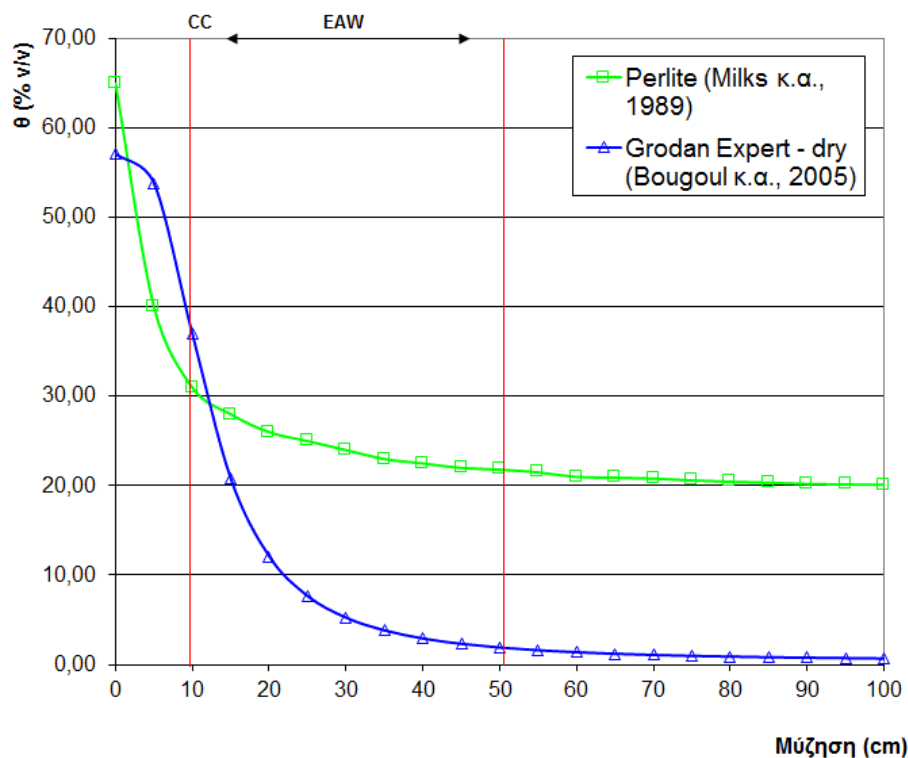
Εικόνα 10 Διάφορα μεγέθη περλίτη (Πηγή: www.exfoliators.com.au/perlite)

Ιδιότητες υποστρωμάτων που σχετίζονται με την άρδευση και επίπεδα υγρασίας

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον έχουν τα ακόλουθα:

- Κοκκομετρική κατανομή
- Υδατοϊκανότητα φυτοδοχείου: ισούται με την μέγιστη περιεκτικότητα (%) ενός υποστρώματος σε υγρασία σε συνθήκες ανεμπόδιστης στράγγισης. Συμβατικά η Θcc λαμβάνεται ίση με την περιεκτικότητα του υποστρώματος σε υγρασία (με βάση την Χ.Κ.Υ.) σε μύζηση 10 cm στήλης νερού (1 kPa).
- Εύκολα διαθέσιμο νερό: η διαφορά μεταξύ της περιεκτικότητας ενός υποστρώματος σε υγρασία σε 10 και 50 cm στήλης νερού (1 και 5 kPa, αντίστοιχα).
- Ρυθμιστικό νερό: η διαφορά μεταξύ της περιεκτικότητας ενός υποστρώματος σε υγρασία σε 50 και σε 100 cm στήλης νερού (5 και 10 kPa, αντίστοιχα).
- Δύσκολα διαθέσιμο νερό: η διαφορά μεταξύ της περιεκτικότητας σε υγρασία σε 100 και σε 15.000 cm στήλης νερού (10 και 1500 kPa, αντίστοιχα).
- Μη διαθέσιμο νερό: εκατοστιαία περιεκτικότητα σε νερό που συγκρατείται με μύζηση μεγαλύτερη από 15.000 cm (1500 kPa 1,5 MPa 15 At)
- Υδραυλική αγωγιμότητα

Από την Εικόνα 11 είναι φανερό ότι ο πετροβάμβακας μπορεί να συγκρατήσει περισσότερο νερό από τον περλίτη (Υδατοϊκανότητα φυτοδοχείου -10cm). Ο περλίτης συγκρατεί ισχυρότερα το νερό όμως και έτσι η διαφορά όσο αφορά το εύκολα διαθέσιμο νερό είναι ακόμη μεγαλύτερη. Επομένως ο περλίτης απαιτεί συχνότερα ποτίσματα



Εικόνα 11 Χαρακτηριστική καμπύλη υγρασίας υποστρωμάτων υδροπονίας (10 cm στήλης νερού = 1 kPa = 0,01bar)

Εχθροί και ασθένειες / Φυτοπροστασία

Οι εχθροί και οι ασθένειες των καλλιεργούμενων καλλωπιστικών φυτών ποικίλλουν ανάλογα με τη δραστηριότητά τους, δηλαδή ανάλογα με τα φυτικά είδη που προσβάλλουν. Τα αποτελέσματα από τις προσβολές είναι άμεσες και έμμεσες, είτε καταστρέφουν το ίδιο το φυτό ή είναι φορείς ιώσεων ή ασθενειών τις οποίες μεταφέρουν στα φυτά. Μερικά από τα αποτελέσματα – συνέπειες της άμεσης προσβολής των φυτών από τους εχθρούς είναι η ζημιά στην ποιότητα και στην ποσότητα της παραγωγής, η απώλεια της καλλωπιστικής αξίας των φυτών καθώς και η ταχεία αποδιοργάνωση του φυτικού ιστού και των παραγόμενων αγαθών.

Στη συνέχεια θα γίνει αναφορά στις πιο σημαντικές ασθένειες και εχθρούς που έπρεπε να αντιμετωπιστούν κατά τη διάρκεια του πειραμάτων και πιο συγκεκριμένα στην υδροπονική πέργκολα που υπήρχαν και τα περισσότερα προβλήματα.

Αλευρώδης

Γενικά

Η οικογένεια Aleurodidae περιλαμβάνει μικρά έντομα μήκους έως 2mm. Το σώμα τους είναι μαλακό και σκεπάζεται όπως και οι πτέρυγες από κηρώδη λευκή ουσία σαν αλεύρι. Μεταξύ των πολλών ειδών αλευρωδών που ανήκουν στην οικογένεια Aleurodidae, ο *Trialeurodes vaporariorum* (αλευρώδης των θερμοκηπίων) και ο *Bemisia tabaci* (αλευρώδης του καπνού) θεωρούνται από τους πιο σημαντικούς εχθρούς πολλών καλλιεργειών. Προσβάλλουν πολλά

κηπευτικά και καλλωπιστικά είδη σε υπαίθριες και θερμοκηπιακές καλλιέργειες, καθώς και πολλά αυτοφυή είδη.

Βιολογία

Ευνοϊκές συνθήκες περιβάλλοντος για την ανάπτυξη του είναι σχετική υγρασία 75-80% και θερμοκρασία 15-25°C για τον *Trialeurodes vaporariorum* και 30-33°C για τον *Bemisia tabaci*. Διαδίδονται εύκολα από γειτονικές καλλιέργειες, από υπολείμματα προηγούμενης φυτείας, από προσβεβλημένα φυτάρια στο σπορείο, ενώ τα τέλεια μεταφέρονται σε μακρινές αποστάσεις με τον άνεμο. Έχουν βιολογικό κύκλο με 6 στάδια (αυγό, προνύμφη, 1^{ου}, 2^{ου}, 3^{ου}, 4^{ου} σταδίου-σταδίου νύμφης και τέλειου εντόμου). Αν και ημιμετάβολα έντομα οι προνύμφες διαφέρουν από τα ενήλικα. Οι προνύμφες του 1^{ου} σταδίου είναι ευκίνητες και αναζητούν κατάλληλα σημεία διατροφής και στο τέλος του σταδίου αυτού χάνουν τα πόδια τους και τον ευκίνητο χαρακτήρα τους μπαίνοντας σε περίοδο προσκόλλησης. Η προνύμφη τελευταίου σταδίου σχηματίζει πουπάριο και μέσα σε αυτό αναπτύσσεται μέχρι να σχηματιστεί σε τέλειο έντομο.

Ο αλευρώδης των θερμοκηπίων (*Trialeurodes vaporariorum*)

Ο Αλευρώδης των θερμοκηπίων, γνωστός και ως άσπρη μύγα των θερμοκηπίων, είναι μόνιμος ένοικος των θερμοκηπιακών καλλιεργειών. Το επιστημονικό του όνομα είναι *Trialeurodes vaporariorum* και είναι πολυφάγο είδος της οικογένειας Aleurodidae (τάξη Hemiptera – υποτάξη Homoptera).

Τα ακμαία προσελκύονται έντονα από τα νέα φύλλα και τα βρίσκει κανείς εύκολα στη κάτω επιφάνεια των φύλλων. Εκεί τα θηλυκά γενούν 5-15 κίτρινα προς διαυγή αυγά (0,20-0,25 mm), μεμονωμένα ή περιφερειακά διατεταγμένα σε κύκλους όταν το θηλυκό δεν ενοχλείται κατά την ωτοκία. Τα αυγά αυτά αργότερα αποκτούν ένα σκοτεινόμαυρο χρωματισμό. Κάθε θηλυκό μπορεί για μια μεγάλη περίοδο να γεννήσει 10-150 αυγά. Η επώαση διαρκεί 10-13 ημέρες και το προνυμφικό στάδιο ολοκληρώνεται σε 2-2^{1/2} μήνες. Οι προνύμφες του πρώτου σταδίου είναι ευκίνητες και αναζητούν κατάλληλα σημεία διατροφής. Στο τέλος του πρώτου προνυμφικού σταδίου οι προνύμφες χάνουν τα πόδια και το ζυγρό και ευκίνητο χαρακτήρα τους και μπαίνουν στην περίοδο «προσκόλλησης». Κατά την περίοδο αυτή ακολουθούν τρεις «απεκδύσεις» που αντιστοιχούν σε τρία προνυμφικά στάδια και το στάδιο της νύμφης. Το ακμαίο εξέρχεται από την πάνω επιφάνεια του κελύφους του αυγού, από μια σχισμή σε σχήμα «Τ». Έχει 4 πτέρυγες στρογγυλεμένες λευκού χρωματισμού που αναδιπλώνονται κατά την ανάπαυση σαν στέγη. Δεν έχει ιδιαίτερη προτίμηση σε ορισμένα φυτά.

Η ολοκλήρωση του βιολογικού κύκλου σε διάφορες θερμοκρασίες είναι:

- Στους 12°C - 60 ημέρες
- Στους 17°C - 43 ημέρες
- Στους 22°C - 30 ημέρες
- Στους 27°C - 21 ημέρες

Στις παραπάνω θερμοκρασίες μπορεί να δώσει 4-6 γενεές σε διάστημα 8 μηνών. Ο Αλευρώδης προσβάλλει μεγάλο φάσμα ξενιστών. Δεν έχει ιδιαίτερη προτίμηση σε ορισμένα φυτά. Μπορεί να προσβάλλει πολλά κηπευτικά (ντομάτα, αγγουριά, πεπονιά, πατάτα, καπνό, ηλιάνθο, κ.α.), πολλά αυτοφυή αγριόχορτα που φυτρώνουν έξω από το θερμοκήπιο,

καθώς και πολλά καλλωπιστικά, όπως τη βεγόνια, σινεράρια, ντάλια, κολεό, φρέζια, φούξια, ζέρμπερα, υβίσκο, πρίμουλα, σάλβια, ευφορμπία, χρυσάνθεμο, κ.α.

Συμπτώματα προσβολής

Τα δύο τελευταία νυμφικά στάδια του Αλευρώδη απομυζούν μεγάλες ποσότητες χυμών. Τα φύλλα που έχουν στην κάτω επιφάνειά τους μεγάλο πληθυσμό Αλευρώδη αποκτούν στην κάτω επιφάνειά τους ένα ανοιχτοπράσινο-κιτρινοπράσινο χρωματισμό. Οι μελιτώδεις εκκρίσεις που αφήνει ο Αλευρώδης στα φύλλα διευκολύνουν την ανάπτυξη της «καπνιάς», που με τη σειρά της μειώνει την αφομοιωτική επιφάνεια και επομένως την φωτοσύνθεση του φυτού. Τα προσβεβλημένα φύλλα πέφτουν πρόωρα. Σε έντονες προσβολές των φυτών παρατηρείται εξασθένηση που μπορεί να οδηγήσει και στην ξήρανση τους. Γενικά παρατηρείται αισθητή μείωση της παραγωγής και υποβάθμιση της ποιότητας των καρπών. Έχει αναφερθεί επίσης ότι μπορούν να μεταφέρουν και να μεταδώσουν σημαντικές ιώσεις.



Εικόνα 12 Αλευρώδης των θερμοκηπίων (ακμαίο) σε φύλλα βερβένας.



Εικόνα 13 Αλευρώδης των θερμοκηπίων (αυγά) σε φύλλα λαντάνας.

Έλεγχος του παρασίτου

Παρά τις δυσκολίες που παρουσιάζει η αντιμετώπιση του αλευρώδη στα θερμοκήπια, πρέπει να τονιστεί πως είναι δυνατός ο έλεγχος του παρασίτου αν βασιστεί σε ένα συνδυασμό καλλιεργητικών, χημικών και βιολογικών μεθόδων (ολοκληρωμένη καταπολέμηση). Κρίνεται σκόπιμο να λεχθεί ότι ο αλευρώδης εμφανίζει πολύ εύκολα ανθεκτικότητα κυρίως στα

εντομοκτόνα που δρουν σε ορισμένα στάδια του βιολογικού του κύκλου (ακμαία και προνύμφες). Το έντομο παρουσιάζει μία αλληλοδιαδοχή και επικάλυψη γενεών που για να ελεγχθεί απαιτούνται πολλές επεμβάσεις. Αν ο χειμώνας είναι ήπιος ευνοείται σημαντικά η διαιώνιση του. Σε ομοιογενείς περιοχές με πολλά θερμοκήπια επιβάλλεται η εφαρμογή καθολικών επεμβάσεων, γιατί το έντομα εύκολα μετακινείται από θερμοκήπιο σε θερμοκήπιο και διαφεύγει τον κίνδυνο.

Καλλιεργητικές μέθοδοι

- Καταστροφή των ζιζανίων-ξενιστών του αλευρώδη μέσα και έξω από το θερμοκήπιο.
- Χρησιμοποίηση εντομοστεγών δικτύων στα παράθυρα αερισμού του θερμοκηπίου.
- Σε θερμοκήπια που ελέγχεται η θερμοκρασία, μείωση της στους 10-12°C περιορίζει την εξέλιξη του εντόμου.
- Παγίδευση των ακμαίων με ειδικές κίτρινες παγίδες (ομοιόμορφα κατανεμημένες στο θερμοκήπιο).
- Έλεγχος και έγκαιρη απομάκρυνση προσβεβλημένων φυταρίων.

Βιολογικές μέθοδοι

Μαζική παραγωγή και χρησιμοποίηση του παρασιτοειδούς υμενοπτέρου *Encarsia Formosa*. Οι πρώτες εξαπολύσεις του παρασιτοειδούς πρέπει να γίνονται όταν διαπιστώνεται πολύ μικρός πληθυσμός του *Trialeurodes varoaniorum* (έως 1 άτομο/φυτό) και σε θερμοκρασία μεγαλύτερη από 18°C.

Το θηλυκό του *Encarsia Formosa* που έχει μήκος 0,6 mm εναποθέτει τα αυγά του μεμονωμένα στα πιο ενηλικιωμένα στάδια του αλευρώδη, π.χ. στην νύμφη του αλευρώδη όταν αυτή βρίσκεται σε προχωρημένο νυμφικό στάδιο. Η προνύμφη του παρασιτοειδούς ζει στο εσωτερικό της νύμφης του αλευρώδη. Οι παρασιτισμένες νύμφες μαυρίζουν.

Χημική καταπολέμηση

Όταν χρειαστεί να κάνουμε χημικές επεμβάσεις, τα φυτοφάρμακα πρέπει να χρησιμοποιούνται στο κατάλληλο στάδιο του αλευρώδη (στο στάδιο του αυγού και της νύμφωσης ο αλευρώδης είναι πλήρως ανθεκτικός). Η εφαρμογή τους σε θερμοκήπια να γίνεται κυρίως τις βραδινές ώρες με σχολαστικό ψεκασμό όλων των χώρων. Επίσης πρέπει να ακολουθείται εναλλαγή των εντομοκτόνων και χρησιμοποίηση αυτών που επιβεβαιωμένα έχουν αποτελεσματική δράση σε περισσότερα στάδια του βιολογικού κύκλου του. Τα διάφορα φυτοφάρμακα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν είναι:

- Διάφορες πυρεθρίνες όπως cypermethrin, deltamethrin, permethrin, bifentrin κ.α.
- Diazinon, methomyl, dichlorvos, endosulfan, malathion, pirimiphos methyl, dimethoate, oxamyl κ.α.

Αφίδες (Aphididae)

Γενικά

Είναι τα πολύ γνωστά έντομα στον αγρότη με τα κοινά ονόματα αφίδες, μελίγκρες, ψύλλοι, φυτοφθείρες. Ανήκουν στην τάξη Ημίπτερα, στην υποτάξη Ομόπτερα και σχηματίζουν την υπερκογένεια Aphidoidea.

Οι αφίδες είναι μικρά μυζητικά έντομα με μαλακό σώμα, μήκους 1-3 και σπάνια έως 7 mm. Έχουν ευδιάκριτο κεφάλι, κεραίες καλά αναπτυγμένες από 3-6 άρθρα και μακρύ μυζητικό ρύγχος. Υπάρχει ένα οφθαλμικό φυμάτιο που απαρτίζεται από 3 ομμάτια, γνωστό ως τριομμάτιο που βρίσκεται στο πίσω μέρος των σύνθετων οφθαλμών. Οι πτέρυγες έχουν κατά κανόνα μόνο τα αρσενικά και μερικά παρθενογενετικά θηλυκά. Οι πτέρυγες είναι τέσσερις, μεμβρανοειδείς με αραιά νεύρωση (φέρουν ένα μόνο ευδιάκριτο επίμηκες νεύρο) με τους μπροστινούς να είναι αρκετά μεγαλύτεροι. Η κοιλία στα νώτα του πέμπτου κοιλιακού δακτυλίου έχει ένα ζευγάρι σωληνόμορφων αποφύσεων που λέγονται σίφωνες ή κεράτια και στην άκρη της κοιλίας μια απόφυση (ουρίτσα). Οι σίφωνες είναι εκφορητικοί αγωγοί που παράγουν φερομόνες συναγερμού (κηρώδους φύσεως) για την προστασία τους. Κάθε υποοικογένεια της οικογένειας Aphididae χαρακτηρίζεται από διαφορετική βιολογία.

Βιολογία

Ζουν κυρίως σε τρυφερούς βλαστούς και τρυφερά φύλλα διαφόρων φυτών, ενώ ορισμένα είδη είναι ριζόβια και φυλλόβια. Πολλά επίσης είναι κηκιδόβια, ζουν δηλαδή μέσα σε κηκίδες που τα ίδια δημιουργούν μέσα στο φύλλωμα των φυτών – ξενιστών τους. Οι αποικίες τους την Άνοιξη μπορεί να σκεπάσουν ολόκληρο το κορυφαίο μέρος των νέων βλαστών ορισμένων φυτών. Είναι αποκλειστικά φυτοφάγες. Διατρέφονται είτε από τους χυμούς ενός φυτικού είδους (μονοφάγες) είτε πολλών (πολυφάγες).

Οι αφίδες έχουν πολύπλοκο βιολογικό κύκλο και εμφανίζονται πολυμορφικές, που σημαίνει ότι τα τέλεια μπορεί να είναι πτερωτά ή άπτερα. Χαρακτηρίζονται επίσης από υψηλό αναπαραγωγικό δυναμικό, μικρή περίοδο ανάπτυξης και αλληλοκάλυψη των γενεών. Όταν οι περιβαλλοντικές συνθήκες είναι ευνοϊκές δίνουν αρκετές γενεές και παράγουν μεγάλους πληθυσμούς σε σύντομο χρονικό διάστημα.

Ένα μεγάλο διάστημα της ζωής τους πολλαπλασιάζονται παρθενογεννητικά. Αν ο βιολογικός τους κύκλος ολοκληρώνεται σε ένα μόνο φυτικό είδος χαρακτηρίζονται ως μονόοικες. Όταν όμως ο βιολογικός κύκλος εξελίσσεται σε δύο διαφορετικά είδη ονομάζονται ετερόοικες.

Συμπτώματα προσβολής

Ο πληθυσμός των αφίδων και ειδικά όταν είναι υψηλός, έχει σοβαρές επιπτώσεις στην κανονική ανάπτυξη, ανθοφορία και καρποφορία των καλλιεργούμενων φυτών (ξενιστών). Οι αφίδες (νύμφες και τέλεια) απομυζούν μεγάλες ποσότητες χυμών από τα φυτά και προκαλούν παραμορφώσεις, κατσάρωμα και συστροφή των φύλλων (άμεσο σύμπτωμα προσβολής από αφίδες), γεγονός που τις προστατεύει από το ψεκαστικό υγρό και δυσκολεύει την καταπολέμηση τους όταν αυτή δεν γίνει έγκαιρα. Επειδή ο χυμός των φυτών που απομυζούν είναι πλούσιος σε σάκχαρα, οι αφίδες εκκρίνουν άφθονα μελιτώματα τα οποία ρυπαίνουν το φυτό και τους καρπούς και ευνοούν την ανάπτυξη της καπνιάς η οποία μειώνει την φωτοσύνθεση. Τα ανοίγματα τους αποτελούν πηγές εισόδου πολλών δευτερογενών προσβολών από διάφορους σαπροφυτικούς μικροοργανισμούς (κλαδοσπόριο, βακτήρια) ή παθογόνους (αλτερνάρια, βοτρυτή, κ.α.).

Οι αφίδες επίσης είναι οι κυριότερη κατηγορία εντόμων που μεταδίδει πολλούς και σοβαρούς φυτοπαθογόνους στα φυτά. Η εξάπλωση αυτών των ιώσεων γίνεται κυρίως από τις πτερωτές αφίδες.

Έλεγχος του παρασίτου βάση της ολοκληρωμένης αντιμετώπισης

Καλλιεργητικές μέθοδοι

- Αποφυγή συγκαλλιέργειας ή γειτόνευσης με φυτά ξενιστές των αφίδων.
- Καταστροφή των αυτοφυών ξενιστών των αφίδων.
- Χρησιμοποίηση αφιδοστεγών διχτύων ή αποθετικών για τις αφίδες πλαστικών.
- Κατάλληλα ρύθμιση της θερμοκρασίας και υγρασίας του θερμοκηπίου ώστε να μην ευνοείται η ανάπτυξη των αφίδων.

Βιολογικές μέθοδοι

Οι αφίδες έχουν πολλούς φυσικούς εχθρούς. Σε ορισμένες περιπτώσεις είναι δυνατό να ελέγξουν ικανοποιητικά τους πληθυσμούς τους. Μερικοί από αυτοί είναι:

- Το βακτήριο *Bacillus lathyri*.
- Οι μύκητες *Espasa fresenii*, *Espasa planchouiana*, *Entomophthora aphidis* και *Beauveria bassiana*.
- Τα ακάρεα των γενών *Allothrombium*, *Sericothrobium*, *Ryncholophus* και *Thisunema* καθώς και το *Phytoseilus persimilis*.
- Τα έντομα όπως: *Coccinella septempunctata* (πασχαλίτσα), *Chrysopa carnea*, *Calosma sycophanta*, *Agonum dorsale*, *Anthocoris* sp., *Orius* sp., *Malacocoris* sp., *Atractotomus* sp., *Himacerus mirmicoides*, τα ετερόπτερα *Macrolophus caliginosus*, *Dicyphus errans*, *Cyrtopereltis tenuis*, το αρθρόποδο *Aphidius colemani*, το δίπτερο *Aphidoletes aphidimyza* (κηκιδόμυγα), κ.α.



Εικόνα 14 *Coccinella septempunctata* (πασχαλίτσα) επιτίθεται σε αφίδα (Πηγή: <http://www.viologika.gr/biokalliergeia/pasxalitsa.php>)

Χημική καταπολέμηση

Εκτός από τους φυσικούς εχθρούς που ελέγχουν ικανοποιητικά τον πληθυσμό των αφίδων, σε μερικές περιπτώσεις λόγω μεγάλης προσβολής ή μη έγκαιρης αντιμετώπισης με τα καλλιεργητικά και τα βιολογικά μέσα, απαιτείται η χρήση χημικών μέσων. Για να είναι όμως αποτελεσματική η χρήση αυτών των μέσων, πρέπει να μην εξαφανίζουν τους φυσικούς εχθρούς των αφίδων, γιατί σε αντίθετη περίπτωση θα έχουμε την ανάπτυξη ανθεκτικών φύλων αφίδων στα εντομοκτόνα.

Για ψεκασμούς φυλλώματος χρησιμοποιούνται με επιτυχία ορισμένα οργανοφωσφορικά και καρβαμδικά εντομοκτόνα, που διακρίνονται σε δύο κατηγορίες:

- στην πρώτη κατηγορία ανήκουν τα εντομοκτόνα επαφής με μικρή όμως διασυστηματική δράση, όπως τα: azinphos-methyl, diazinon, dimethoate, fenitrothion, pirimicarb, methomyl, κ.α.
- στην δεύτερη κατηγορία ανήκουν τα διασυστηματικά εντομοκτόνα όπως τα: monocrotophos, demeton-S-methyl, acephate, thiometon, heptenophos, ethiofencarb, vamidothion, phosphamidon κ.α.

Κοκκοειδή (Coccoidea)

Γενικά

Είναι τα γνωστά κοκκοειδή, τα οποία ανήκουν στην τάξη Ημίπτερα και στην υποτάξη Ομόπτερα. Είναι έντομα μικρού μεγέθους και σπανιότερα μετρίου με ποικίλη μορφή και συνήθειες. Το όνομά τους (κοκκοειδή) το έχουν πάρει από την μορφή του σώματός τους που μοιάζει με μικρό κόκκο. Στην πραγματικότητα δεν μοιάζουν καθόλου με έντομα. Πολλά κοκκοειδή είναι σοβαροί εχθροί πολλών καλλωπιστικών φυτών.

Συγκεκριμένα θα αναφερθούμε στο κοκκοειδές *Icerya purchasi* της οικογένειας Margarodidae.

Icerya purchasi

Είναι γνωστή και ως ψώρα με τον λευκό σάκο. Η ισέρυα είναι ερμαφρόδιτο είδος, αυτογονιμοποιούμενο και εμφανίζεται κατά κανόνα με άπτερα ερμαφρόδιτα άτομα και σπάνια αρσενικά. Το ερμαφρόδιτο έχει σχήμα ωοειδές, μήκους 4-6 mm. Είναι κόκκινο σκοτεινό ή ερυθροκάστανο και σκεπάζεται από αραιή κηρώδη λευκή σκόνη. Έχει κοντές μαύρες τρίχες, μαύρα πόδια και κεραίες. Κάτω από το πίσω μέρος του σώματός του εκκρίνει έναν κηρώδη ωόσακκο, που περιέχει 500-1000 αυγά. Καθώς προχωρεί η ωοτοκία, ο ωόσακκος αυτός αυξάνει και φθάνει σε τελικό μήκος 10 mm. Στην επιφάνειά του ο ωόσακκος αυτός φέρει 14-16 κατά μήκος αυλακώσεις και είναι αυτός που δίνει την βαμβακώδη εμφάνιση στα μέρη του φυτού που υπάρχουν αποικίες του.

Είναι πολυφάγο είδος και προσβάλλει τα εσπεριδοειδή, πολλά καρποφόρα και καλλωπιστικά είδη, όπως την τριανταφυλλιά, την αγγελική, την ακακία, την μιμόζα, το ευώνυμο, κ.α.



Εικόνα 15 *Icerya purchasi* σε βλαστό σερφίνιας.

Διαχειμάζει κυρίως ως ακμαίο θηλυκό στις μασχάλες των κλάδων καθώς και σε άλλα φυτικά μέρη των ξενιστών της. Δίνει 2-3 συνήθως γενεές το έτος. Προκαλεί σημαντικές ζημιές από την απομύζηση των φυτικών χυμών, καθώς και δευτερογενή ανάπτυξη της καπνιάς από τα μελιτώδη εκκρίματα. Είναι γενικά ανθεκτική στα συνθετικά εντομοκτόνα και καταπολεμείται με οργανοφωσφορικά εντομοκτόνα και κυρίως με το parathion. Πολύ αποτελεσματική είναι η αντιμετώπισή του με φυσικούς ωφέλιμους εχθρούς όπως το αρπακτικό κολεόπτερο *Rodolia cardinalis*.

Βακτηριολογικές ασθένειες

Γενικά

Τα βακτήρια είναι μονοκύτταροι μικροοργανισμοί που δεν διαθέτουν πυρηνική μεμβράνη. Αντί αυτού έχουν ένα μεγάλο (γιγαντιαίο) χρωμόσωμα που στην ουσία αποτελεί τον γενετικό κώδικα του κυττάρου (σχεδόν όλες τις γενετικές πληροφορίες). Από τα περίπου 1600 είδη βακτηρίων, τα 250 είδη είναι φυτοπαθογόνα και ανήκουν στα προαιρετικά παράσιτα.

Μορφολογία

Το κύτταρο ενός βακτηρίου δεν έχει μιτοχόνδρια και ενδοπλασματικό δίκτυο. Τα βασικά μέρη του είναι τα εξής:

- Το κυτταρικό τοίχωμα.
- Την κυτταρική ή κυττοπλασματική μεμβράνη.
- Το κυτταρόπλασμα.
- Τον πυρήνα (μεγάλο χρωμόσωμα).
- Τα μαστίγια.
- Το έλυτρο.

Τα φυτοπαθογόνα βακτήρια έχουν συνήθως σχήμα είτε ραβδοειδές διαστάσεων (0,5-0,8) x (2-3) μικρά που μερικές φορές έχει νηματοειδής μορφή είτε την μορφή κόκκου.

Μόνο 5 γένη περιλαμβάνουν είδη που είναι παθογόνα σε ανώτερα φυτά, τα *Pseudomonas*, *Xanthomonas*, *Agrobacterium*, *Corynebacterium* και *Streptomyces*.

Παθογένεια

Τα βακτήρια πολλαπλασιάζονται με διαίρεση διχοτομικά (διαιρούνται σε δύο ίδια τμήματα). Η μεγάλη παθογένεια και εξάπλωσή τους οφείλεται στον μεγάλο ρυθμό πολλαπλασιασμού τους, δηλαδή στην ικανότητά τους να παράγουν μεγάλο αριθμό κυττάρων σε πολύ μικρό χρονικό διάστημα.

Τα βακτήρια προσβάλλουν τα φυτά κυρίως από τις πληγές αλλά και από άλλα φυσικά ανοίγματα των φυτών (στομάτια, φακίδια κ.α.). Η είσοδος τους σε αυτά γίνεται παθητικά (δεν διαθέτουν ειδικές κατασκευές για ενεργητική είσοδο) με την βοήθεια του νερού της βροχής ή του ποτίσματος ή με την υγρασία που έχουν τα φυτά πάνω τους καθώς έρχονται σε επαφή οι φυλλικές επιφάνειες του ενός με του άλλου. Επίσης σημαντικό ρόλο στην μετάδοση μερικών βακτηρίων έχουν και ορισμένα έντομα τα οποία μεταφέρουν και εισάγουν τα βακτήρια στα φυτά για να εξαπλωθούν στη συνέχεια με γρήγορο ρυθμό. Σε πολλά βακτήρια η μολυσματικότητά τους οφείλεται στην ικανότητα τους να παράγουν ουσίες που είναι απαραίτητες για την πρόκληση συμπτωμάτων (μάρανση στις αδροβακτηριώσεις).

Τα διάφορα είδη βακτηρίων αναπτύσσονται καλύτερα στους 20-30°C και οι ζημιές που προκαλούν στους διάφορους ξενιστές τους ανάλογα με το γένος τους είναι κυρίως:

- Υπερπλασίες
- Απότομες ξηράνσεις
- Αδροβακτηριώσεις (βακτηριακές προσβολές των αγγείων του ξύλου)
- Κηλιδώσεις
- Υγρές σήψεις

Συγκεκριμένα θα αναφερθούμε στο βακτήριο *Erwinia sp.* καθώς υπήρχε μεγάλη προσβολή στην υδροπονική πέργκολα (σύστημα Α) που θα αναλυθεί στο 2^ο μέρος αυτής της εργασίας.

Erwinia sp.

Η ασθένεια αυτή (υγρή βακτηριακή σήψη) που οφείλεται στο βακτήριο *Erwinia sp.* προκαλεί σημαντικές ζημιές και χαρακτηριστικά γνωρίσματα της προσβολής είναι ο ταχύς μαρασμός, η σήψη των ριζών και της βάσης του βλαστού, ο καστανός μεταχρωματισμός των αγγείων του ξύλου και τελικά η κατάρρευση του φυτού. Μπορεί επίσης να επεκτείνεται ακόμη και στους μίσχους και στα ελάσματα των φύλλων.

- Η αντιμετώπιση της βακτηριακής αυτής ασθένειας γίνεται με εφαρμογή των παρακάτω μέτρων:
- Χρησιμοποίηση υγιούς πολλαπλασιαστικού υλικού.
- Απομάκρυνση και καταστροφή με κάψιμο των μολυσμένων φυτών.
- Μείωση της θερμοκρασίας και της σχετικής υγρασίας (θερμοκήπιο).
- Οι γλάστρες να απολυμαίνονται σε διάλυμα 2-5% φορμόλης εμπορίου.
- Αραιώμα των φυτών και ατομικό πότισμα των γλαστρών.
- Το υπόστρωμα καλλιέργειας να απολυμαίνεται με ατμό.
- 2-3 ψεκασμοί ανά εβδομάδα των φυτών με το αντιβιοτικό Kasugamycin στην δόση των 8-10 γρ. δραστικής ουσίας στα 100 λίτρα ψεκαστικού υγρού.

Εναλλακτικά ψεκασμοί με χαλκούχα σκευάσματα (βορδιγάλλειο πολτό 1%, οξυχλωριούχο χαλκό, υδροξείδιο του χαλκού, κ.α.)

Μύκητες

Γενικά

Οι μύκητες είναι μικροσκοπικοί οργανισμοί χωρίς χλωροφύλλη. Από το σύνολο των μυκήτων οι οποίοι ζουν ως σαπροφυτικά σε νεκρά οργανικά υποστρώματα, περίπου 10000 είδη είναι αυτά που προκαλούν ασθένειες στα φυτά.

Μορφολογικά το σώμα των μυκήτων ονομάζεται θαλλός και αποτελείται από λεπτά νημάτια που λέγονται υφές, που το σύνολό τους αποτελούν το μυκήλιο. Οι υφές συνήθως έχουν σωληνώμορφο σχήμα, έχουν πρωτόπλασμα και πυρήνα και είτε διαθέτουν χωρίσματα (septa) και λέγονται πολυκύτταροι, είτε δεν διαθέτουν χωρίσματα και λέγονται κοινοκύτταροι. Σχηματίζουν συνήθως ψευδοϊστούς (κατώτεροι οργανισμοί), ενώ πολλές φορές σχηματίζουν διαφοροποιημένες κατά περίπτωση μυκηλιακές κατασκευές και δίνουν σκληρώτια ή ριζόμορφα.

Ο πολλαπλασιασμός τους γίνεται με αγενή ή εγγενή σπόρια. Στην πρώτη περίπτωση δεν υπάρχει συνένωση πυρήνων και μπορεί η αναπαραγωγή να γίνει με σπόρια (σποριαγγειοσπόρια πάνω σε σποριάγγεια ή ζωοσπόρια μέσα σε ζωοσποριάγγεια), με μέρος του μυκηλίου, με σκληρώτια και με ριζόμορφα. Καρποφορίες ονομάζονται τα όργανα των μυκήτων πάνω ή μέσα στα οποία σχηματίζονται τα σπόρια. Η αγενή αναπαραγωγή μπορεί επίσης να γίνει και με κονίδια που σχηματίζονται πάνω σε κονιδιοφόρους διαφόρων σχημάτων ή μέσα σε σφαιροειδής καρποφορίες (πυκνίδια) ή σε κυπελλοειδείς (ακέρβουλα).

Στον εγγενή πολλαπλασιασμό των μυκήτων έχουμε ένωση των πυρήνων τους. Ανάλογα με τον τρόπο και την μορφή που παίρνουν τα διάφορα όργανα αναπαραγωγής κατατάσσουμε τους μύκητες σε διάφορες ομάδες. Έτσι έχουμε τους ασκομύκητες όπου έχουμε τον σχηματισμό των ασκοσπορίων μέσα σε σακοειδείς κατασκευές που λέγονται ασκοί, οι οποίοι δημιουργούνται μέσα ή πάνω σε διάφορες καρποφορίες που είναι το περιθήκιο, το κλειστοθήκιο και το αποθήκιο. Σε μια άλλη κατηγορία τους βασιδιομύκητες έχουμε τον σχηματισμό ροπαλοειδών κατασκευών, τα βασίδια και τα σπόριά τους λέγονται βασιδιοσπόρια. Επίσης έχουμε τους αδηλομύκητες οι οποίοι διαθέτουν τα εγκάρσια χωρίσματα αλλά δεν σχηματίζουν ούτε ασκούς ούτε βασίδια, αλλά σχηματίζουν τις ποικίλες καρποφορίες τους με τα κονίδια να είναι διαμορφωμένα σε πυκνίδιο ή ακέρβουλο. Σε πολλές περιπτώσεις επίσης έχουμε σχηματισμό ζυγοσπορίου από την συνένωση δύο γαμεταγγείων.

Παθογένεια

Η παθογένεια των μυκήτων, η ικανότητα τους δηλαδή να προκαλούν ασθένειες στα φυτά βασίζεται σε φυσικοχημικούς μηχανισμούς, που τους επιτρέπουν με ειδικές μυκηλιακές κατασκευές να διατρύπουν τα κυτταρικά τοιχώματα των ευπαθών ξενιστών τους και να εγκαθίστανται στα κύτταρά τους. Τα βασικά στάδια μιας τυπικής μυκητολογικής ασθένειας είναι τα εξής:

- Η επαφή του μολύσματος μέσω σπορίων ή μυκηλιακών υφών του μύκητα με την εστία μόλυνσης.

- Η είσοδος του παθογόνου μέσω διαφόρων οδών όπως από τα στομάτια των φύλλων, από τα φακίδια, από πληγές ή από άμεση μηχανική διάτρηση των κυτταρικών τοιχωμάτων και μεμβρανών.
- Το στάδιο της μόλυνσης όπου ο μύκητας εγκαθίστανται στα κύτταρα του φυτού.
- Το στάδιο της επώασης κατά το οποίο το παθογόνο αναπτύσσεται και εξελίσσεται στο φυτό.
- Τέλος το στάδιο της εκκόλαψης κατά το οποίο εμφανίζονται τα συμπτώματα της ασθένειας.

Συγκεκριμένα θα αναφερθούμε στους μύκητες *Oidium sp.* και *Fusarium oxysporum*.

Οΐδιο (*Oidium sp.*)

Τα είδη αυτού του γένους είναι υποχρεωτικά παράσιτα ανωτέρων φυτών, προκαλώντας ασθένειες γνωστές σαν ωΐδια ή μπάστρα με χαρακτηριστικό γνώρισμα των αλευρώδη εξάνθηση που παρουσιάζουν. Το μυκήλιο είναι εκτοφυτικό, αναπτυσσόμενο στην επιφάνεια των ξενιστών, διατρεφόμενο με μυζητήρες που αποστέλλει στα επιδερμικά κύτταρα των ξενιστών.

Συνθήκες ανάπτυξης

Κατά την διάρκεια της νύχτας θερμοκρασία μεγαλύτερη των 15°C και σχετική υγρασία σχετικά υψηλή ευνοεί την ανάπτυξή του, με άριστες θερμοκρασίες 25-28°C. Θεωρείται ξηροφυτικός μύκητας γιατί τα κονίδια του μύκητα για να βλαστήσουν και να μολύνουν δεν απαιτούν την ύπαρξη σταγόνας νερού. Αντίθετα υψηλή σχετική υγρασία για μακρά περίοδο φαίνεται πως εμποδίζει τις μολύνσεις και τον σχηματισμό κονιδιοφόρων και κονιδίων. Τα κονίδια μεταφέρονται εύκολα με τον άνεμο και μολύνουν την νέα βλάστηση. Διαχειμάζει στους οφθαλμούς, στους βλαστούς και στα πεσμένα φύλλα (με μυκήλιο ή κλειστοθήκια).

Συμπτώματα

Αρχικά και στις δύο επιφάνειες του ελάσματος των νεαρών φύλλων εμφανίζεται αλευρώδης επίχρισμα (λευκές περιοχές με εξάνθηση του παθογόνου που αποτελείται από μυκήλιο, κονιδιοφόρους και κονίδια του μύκητα). Τα νεαρά φύλλα συστρέφονται προς τα πάνω, κατσαρώνουν και παραμορφώνονται. Στα παλιότερα φύλλα εμφανίζεται εξάνθηση αλλά δεν παραμορφώνονται. Προσβάλλονται ακόμη τα άνθη (ιδίως όταν είναι κλειστά που συνήθως δεν ανθίζουν) και αναπτύσσεται στον ποδίσκο, στα σέπαλα και τον κάλυκα και σπανιότερα στα πέταλα των ανοικτών ανθέων. Γενικά προκαλεί εξασθένηση των φυτών και ποιοτική υποβάθμιση των δρεπτών ανθέων.

Καταπολέμηση

- Χρήση ανθεκτικών ποικιλιών ή αποφυγή καλλιέργειας των πολύ ευαίσθητων ποικιλιών.
- Για περιορισμό των μολυσμάτων συνίσταται αφαίρεση και καταστροφή των προσβεβλημένων στελεχών και φύλλων.
- Σε υπό κάλυψη καλλιέργειες συνίσταται μείωση της σχετικής υγρασίας κατά την διάρκεια της νύχτας.
- Ψεκασμοί με την εμφάνιση της νέας βλάστησης ή με την εμφάνιση των πρώτων προσβολών και κάθε 7-14 ημέρες με μία από τις ακόλουθες ουσίες: kresoxim methyl,

pireralin, fenarimol, thiophanate-methyl, dinocap, azoxystrobin, carbendazim, imazalil, pyrazophos, triforin, dodemorph, propiconazole, bupirimate κ.α.

- Μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί τι θείο σε θερμοκρασίες μικρότερες των 28°C (για αποφυγή εγκαυμάτων).

Βιολογική καταπολέμηση

Καλά αποτελέσματα στο ωίδιο δίνουν τα υπερπάραιτα *Verticillium lecanii*, *Acremonium alternatum*, *Cladosporium cladosporioides* και *Ampelomyces quisqualis*, ενώ μελετάται ήδη η αποτελεσματικότητα πολλών μικροοργανισμών που δρουν ως ανταγωνιστές των ωιδίων (ανταγωνιστικά στελέχη μυκήτων και βακτηρίων).

Φουζάριο (*Fusarium oxysporum*)

Από το γένος *Fusarium* το σημαντικότερο είδος από φυτοπαθολογικής άποψης είναι το *Fusarium oxysporum* με τις διάφορες φυλές του.

Συνθήκες ανάπτυξης

Είναι εδαφογενές παθογόνο που επιβιώνει στο έδαφος με χλαμυδοσπόρια για πολλά χρόνια. Η μόλυνση πραγματοποιείται από τις ρίζες κυρίως μέσω πληγών. Το άριστο εύρος θερμοκρασίας είναι 25-30°C. Οι μεγαλύτερες ζημιές παρατηρούνται συνήθως κατά την καλοκαιρινή περίοδο. Η ασθένεια ευνοείται επίσης σε εδάφη με χαμηλό pH, υψηλή οργανική ουσία, έλλειψη ασβεστίου και χρήση αμμωνιακών λιπασμάτων.

Συμπτώματα

Αρχικά παρατηρείται χλώρωση των κατώτερων φύλλων. Στη συνέχεια η χλώρωση γενικεύεται σε όλο το φυτό και τα φύλλα τελικά μαραίνονται. Παρατηρείται επίσης κάμψη της κορυφής καθώς και ξήρανση και των υπόλοιπων βλαστών. Στα αγγεία του ξύλου παρατηρείται ο χαρακτηριστικός καστανός μεταχρωματισμός.

Καταπολέμηση

- Αποφυγή φύτευσης σε μολυσμένα εδάφη.
- Απομάκρυνση υπολειμμάτων και μολυσμένων φυτών.
- Απολύμανση εδάφους.
- Αποφυγή τραυματισμού των φυτών.
- Χρήση υγιούς πολλαπλασιαστικού υλικού και μοσχευμάτων από υγιή μητρικά φυτά.
- Χρήση ανθεκτικών ποικιλιών.
- Εμβάπτιση μοσχευμάτων σε benomyl και ριζοπότισμα προ της φύτευσης με benomyl ή carbendazim ή με ένα από τα μυκητοκτόνα thiophanate methyl, oxystrobin, kresoxim-methyl, trifloxystrobin.

Βιολογική καταπολέμηση

Δημιουργία συνθηκών ανταγωνιστικής δράσης με χρήση μη παθογόνων στελεχών του *Fusarium oxysporum* ή των βακτηρίων *Pseudomonas fluorescens*, *Pseudomonas putida*, *Bacillus subtilis*, *Trichoderma harzianum* κ.α.



Εικόνα 16 Προσβολή βακτηρίου (*Erwinia*) σε Γεράνι.



Εικόνα 17 Προσβολή Ψευδόκοκκου σε Σερφίνια.



Εικόνα 18 Εμφάνιση καπνιάς (μύκητας) μετά από προσβολή Αλευρώδους σε Κισσό.



Εικόνα 19 Εμφάνιση καπνιάς (μύκητας) μετά από προσβολή Αλευρώδους σε Λαντάνα.

Αντικείμενο της πτυχιακής εργασίας

Η πτυχιακή εργασία υλοποιήθηκε στο πλαίσιο του ερευνητικού έργου ΗSoB το οποίο αποσκοπούσε στην ανάπτυξη τεχνογνωσίας σχετικά με το σχεδιασμό, την διαχείριση και τις επιδράσεις πράσινων κατασκευών σε αστικά κτήρια υπό μεσογειακές συνθήκες. Στόχος ήταν η αξιολόγηση των επιδράσεων (μικροκλιματικές, ενεργειακές κοκ) από την χρήση φυτεύσεων σε κτήρια και η απόκτηση τεχνογνωσίας σχετικά με το σχεδιασμό, φύτευση και διαχείριση πράσινων κατασκευών. Στο πλαίσιο αυτό αξιολογήθηκε πειραματικά μία υδροπονική πέργολα.

ΜΕΡΟΣ Β – ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΓΙΑ ΑΣΤΙΚΕΣ ΦΥΤΕΥΣΕΙΣ

Υλικά και μέθοδοι

Περιοχή εγκατάστασης και κλιματικές συνθήκες

Ο νομός Άρτας βρίσκεται στο βορειοδυτικό τμήμα της Ελλάδας και ανήκει γεωγραφικά και διοικητικά στην Ήπειρο, καταλαμβάνει το Ν.Α τμήμα της Ηπείρου. Συνορεύει (Β) με τους νομούς Ιωαννίνων και Τρικάλων, (Α) με τους νομούς Τρικάλων, Καρδίτσας και Αιτωλοακαρνανίας, (Ν) με το Ν. Αιτωλοακαρνανίας, (Δ) με τους Ν. Πρεβέζης και Ιωαννίνων, ενώ (Ν) βρέχεται και από τον Αμβρακικό Κόλπο. Έχει έκταση 1610 km² (Εικόνα 20).



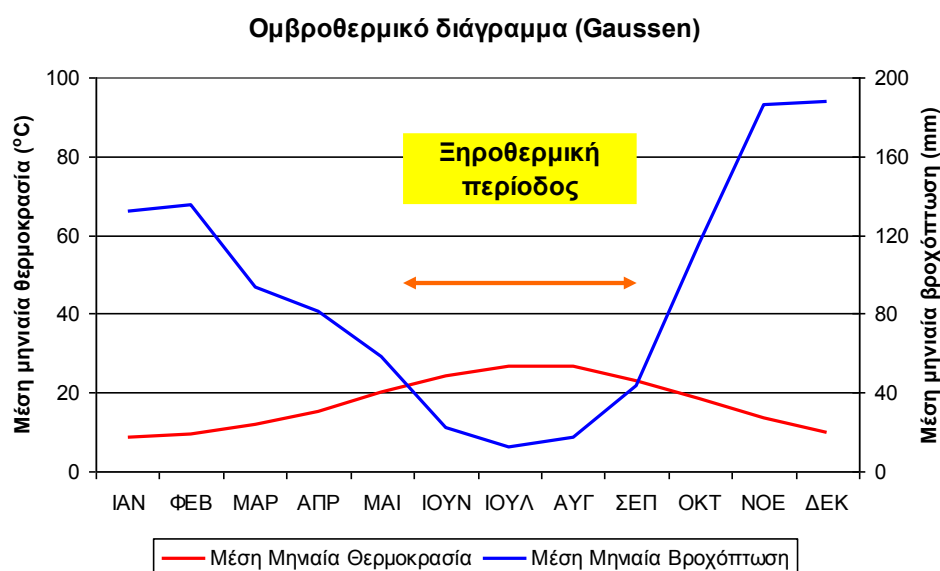
Εικόνα 20 Χάρτης περιφερειακής ενότητας Άρτας (Περιφέρεια Ηπείρου)

Η τεχνόπολη (campus) του ΤΕΙ Ηπείρου, στους Κωστακίους Άρτας (Εικόνα). Η τεχνόπολη έχει μια δομημένη κεντρική περιοχή έκτασης περίπου σαράντα στρεμμάτων, με μέσο υψόμετρο +10,5m, ενώ οι συντεταγμένες κέντρου της εν λόγω περιοχής σε ΕΓΣΑ'87 είναι οι εξής: Χ= 235.743,575 Υ= 4.334.481,659.

Κλιματολογικά στοιχεία

Τα κλιματικά στοιχεία που παρουσιάζονται προέρχονται από την ΕΜΥ (2014) αφορούν τα έτη 1976-1997 (Εικόνα 21). Το κλίμα της περιοχής της Άρτας, με ξηρό θέρος, υγρό αλλά όχι ψυχρό χειμώνα χαρακτηρίζεται σαν ήπιο μεσογειακού τύπου. Τα κλιματικά στοιχεία μιας περιοχής παρουσιάζουν πάντοτε διακυμάνσεις μέσα στον χρόνο, κατά τις οποίες φθάνουν σε απόλυτα μέγιστες και απόλυτα ελάχιστες τιμές. Είναι φυσικό όμως ότι, για να πλησιάσουν τις πραγματικές τιμές, μέσα στις οποίες διακυμαίνεται το στοιχείο αυτό, απαιτείται σειρά μακράς χρονικής περιόδου κλιματικών παρατηρήσεων. Η γνώση των απόλυτα μέγιστων και ελάχιστων τιμών της θερμοκρασίας έχει μεγάλη σημασία, τόσο από κλιματικής άποψης, όσο

και από πρακτικής εφαρμογής. Η ηλιοφάνεια φθάνει περίπου τις 2500 ώρες το χρόνο. Ο μέσος ετήσιος αριθμός ημερών ηλιοφάνειας ανέρχεται σε 121,1 ημέρες. Απόλυτα ελάχιστες θερμοκρασίες σημειώνονται συνήθως τον Ιανουάριο και οι απόλυτα μέγιστες ξηροθερμικούς μήνες, δηλαδή τον Ιούλιο και τον Αύγουστο. Σε γενικές γραμμές η ετήσια πορεία της σχετικής υγρασίας ακολουθεί την ετήσια πορεία των βροχών και είναι αντίστροφη σχεδόν με την ετήσια πορεία της θερμοκρασίας και της ηλιοφάνειας. Οι βροχές στην περιοχή διακρίνονται από άνιση κατανομή στην διάρκεια του έτους, χαρακτηριστικό εξάλλου του Μεσογειακού κλίματος. Έτσι διαμορφώνονται δύο τελείως διαφορετικές περιόδους, μια πολύομβρη από τα μέσα του φθινοπώρου μέχρι τα μέσα της άνοιξης και μια σχεδόν άνομβρη το θέρος. Οι πρώτες βροχές συμβαίνουν συνήθως στα μέσα Σεπτεμβρίου ή αργότερα στα νότια πεδινά. Συνήθως ακολουθεί μια μικρή περίοδος με ηλιόλουστες και σχετικά ζεστές φθινοπωρινές ημέρες, το γνωστό μικρό καλοκαιράκι και από τα μέσα σχεδόν του Οκτωβρίου αρχίζουν οι έντονες και παρατεταμένες βροχές, που διατηρούνται μέχρι τα μέσα της άνοιξης σχεδόν. Από τον Οκτώβριο και μέχρι τον Ιανουάριο οι βροχές είναι άφθονες.



Εικόνα 21 Ομβροθερμικό διάγραμμα για την περιοχή της Άρτας με βάση τα κλιματολογικά στοιχεία της ΕΜΥ

Όσο αφορά τη σχετική υγρασία, το μέγιστο σημειώνεται συνήθως κατά το Νοέμβριο και τον Δεκέμβριο που επικρατούν υψηλές βροχοπτώσεις και νότιοι άνεμοι. Το ελάχιστο σημειώνεται τον Ιούλιο και τον Αύγουστο. Από τον Ιανουάριο η σχετική υγρασία αρχίζει προοδευτική ελάττωση, η οποία γίνεται αλματώδης στο δίμηνο Μαΐου και Ιουνίου, και λαμβάνει τις μικρότερες τιμές τον Ιούλιο και τον Αύγουστο. Ο Ιούλιος και ο Αύγουστος διαφέρουν ελάχιστα και από το Σεπτέμβριο αρχίζει αλματώδης άνοδος μέχρι τα τέλη Νοεμβρίου. Κατά το Δεκέμβριο υπάρχει ελαφρά κάμψη της τιμής της υγρασίας και από τον Ιανουάριο αρχίζει προοδευτικά η ελάττωση. Το φαινόμενο δροσιάς παρατηρείται συνήθως την άνοιξη και στις αρχές φθινοπώρου, ενώ της πάχνης από τα μέσα φθινοπώρου μέχρι την αρχή της άνοιξης και ειδικότερα κατά τις πρωινές ώρες. Η ομίχλη παρουσιάζεται συνήθως τους φθινοπωρινούς και χειμερινούς μήνες και κυρίως τις νυχτερινές και πρωινές ώρες. Ολικό παγετό δεν παρατηρούνται στην περιοχή παρά μόνο μερικοί που διαρκούν λίγες

ώρες και εμφανίζονται από τον Νοέμβριο μέχρι τον Μάρτιο και κυρίως τον Ιανουάριο με Φεβρουάριο. Οι ημέρες παγετού το χρόνο ανέχονται σε 12,4 κατά μέσω όρο. Ζημιές από παγετούς παρατηρούνται μόνο στα εσπεριδοειδή για τα οποία λαμβάνονται μέτρα προστασίας. Χαλαζόπτωση παρατηρείται σπανίως κατά φθινοπωρινούς μήνες, είναι μικρής διάρκειας και με κόκκους μικρής διαμέτρου. Στην περιοχή επικρατούν βορειοανατολικοί άνεμοι και η ένταση τους κυμαίνεται από 4,6 μέχρι και 6,5 Beaufort. Με βάση τα δεδομένα της ΕΜΥ μπορούμε να σχεδιάσουμε το ομβροθερμικό διάγραμμα από το οποίο προκύπτει ότι η ξηροθερμική περίοδος εκτείνεται από Μάιο έως Σεπτέμβριο.

Θέση κατασκευών

Η υδροπονική πέργκολα του ΤΕΙ Ηπείρου εγκαταστάθηκε στον αίθριο χώρο του κτηρίου Ανθοκομίας και Αρχιτεκτονικής Τοπίου (ΤΕΙ Ηπείρου) διότι εκεί δημιουργούνται συνθήκες παρόμοιες με αυτές έντονα δομημένου αστικού περιβάλλοντος (Εικόνα 22).



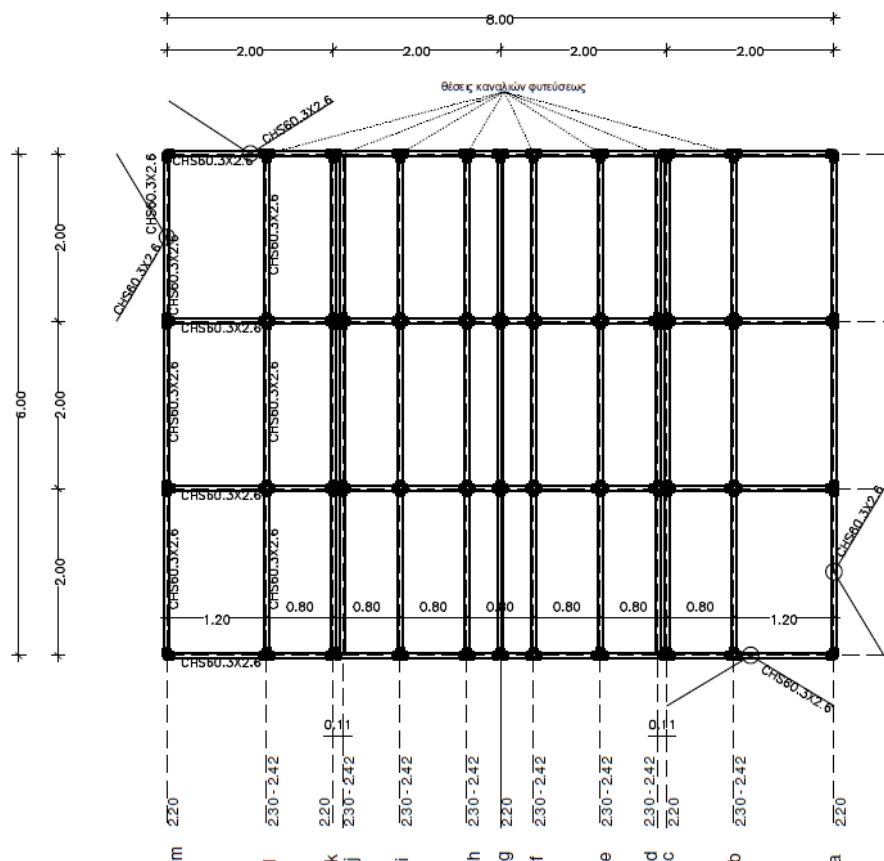
Εικόνα 22 Δορυφορική εικόνα της Τεχνόπολης του ΤΕΙ Ηπείρου στους Κωστακιούς Άρτας (πηγή:Google Earth, 2014)

Σχεδιασμός και κατασκευή υδροπονικής πέργκολας στο αίθριο του κτιρίου ΑΑΤ ΤΕΙ Ηπείρου

Ο σκελετός της πέργκολας σχεδιάστηκε από τον Πολιτικό Μηχανικό κ. Τσούτση Χ. (συνεργάτη του έργου ΗSoB) σύμφωνα με τους όρους και προϋποθέσεις κατασκευής επιφανειών σε υπαίθριους χώρους δημόσιων κτηρίων. Χρησιμοποιήθηκαν οι ακόλουθοι κανονισμοί σχεδιασμού και φορτίσεων:

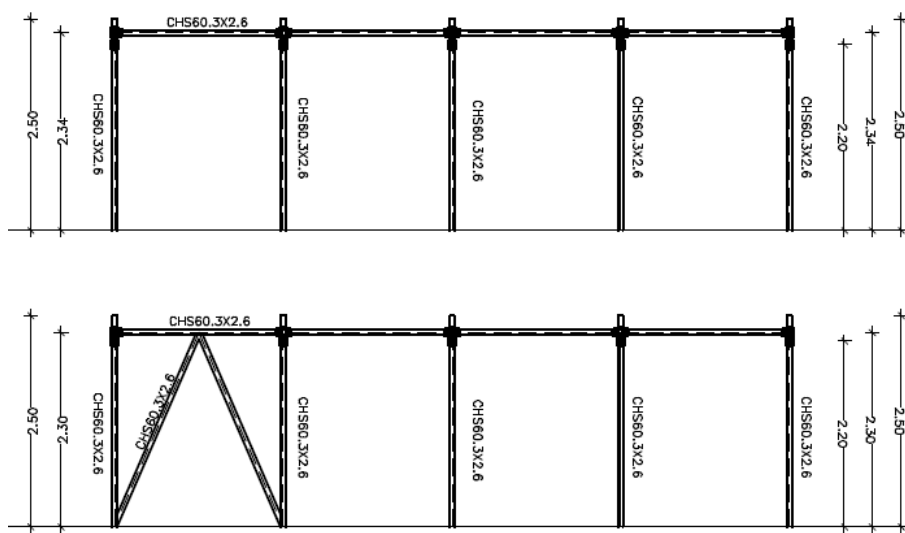
- ENV 1991-1-1:1994 Eurocode 1: Basis of design and actions on structures- Part 1: Basis of design (EC1)
- ENV 1991-2-1:1995 Eurocode 1: Basis of design and actions on structures- Part 2-1: Actions on structures – Densities, self-weight and imposed loads (EC1)

- ENV 1991-2-5: Eurocode 1: Basis of design and actions on structures-Part 2.5: Thermal actions (EC1)
- ENV 1993 –1-1:1992 Eurocode 3: Design of steel structures, Part 1-1: General rules and rules for buildings & Εθνικό κείμενο Εφαρμογής του Ευρωκώδικα 3 (απόφαση ΥΠΕΧΩΔΕ Δ11β/031/9.5.1996 και ΦΕΚ 383Β/24.5.96) (EC3)
- EN 13031-1 - Greenhouses - Design and construction - Part 1: Commercial production greenhouses. (ΕΛΟΤ EN 13031.01 Θερμοκήπια: Σχεδιασμός και κατασκευή - Μέρος 1: Θερμοκήπια παραγωγής) (EN13031)
- Αντισεισμικός Κανονισμός: ΕΑΚ 2003 (ΕΑΚ 2003)

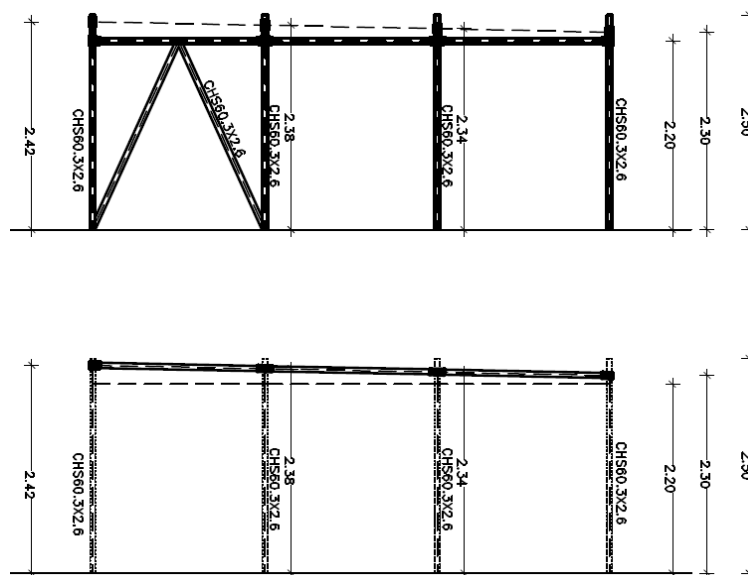


Εικόνα 23 Πέργκολα, δομοστατικό σχέδιο (κάτοψη)

Οι διαστάσεις του πλαισίου είναι (ΠΧΜΧΥ σε m): 6Χ8Χ2,3 (Εικόνα 23, Εικόνα 24, Εικόνα 25, Εικόνα 26). Είναι κατασκευασμένο από γαλβανισμένους χαλυβδοσωλήνες κατασκευών, κυκλικής διατομής διαμέτρου 60.3 και πάχους 2.6mm. Δημιουργήθηκε επίπεδο στήριξης των καναλιών το οποίο στηρίζεται σε κάναβο υποστυλωμάτων 2x2m. Η στήριξη του πλαισίου στο δάπεδο καθώς και η σύνδεση των σωλήνων έγινε με χρήση γαλβανισμένων μεταλλικών συνδέσμων λυόμενων κατασκευών.



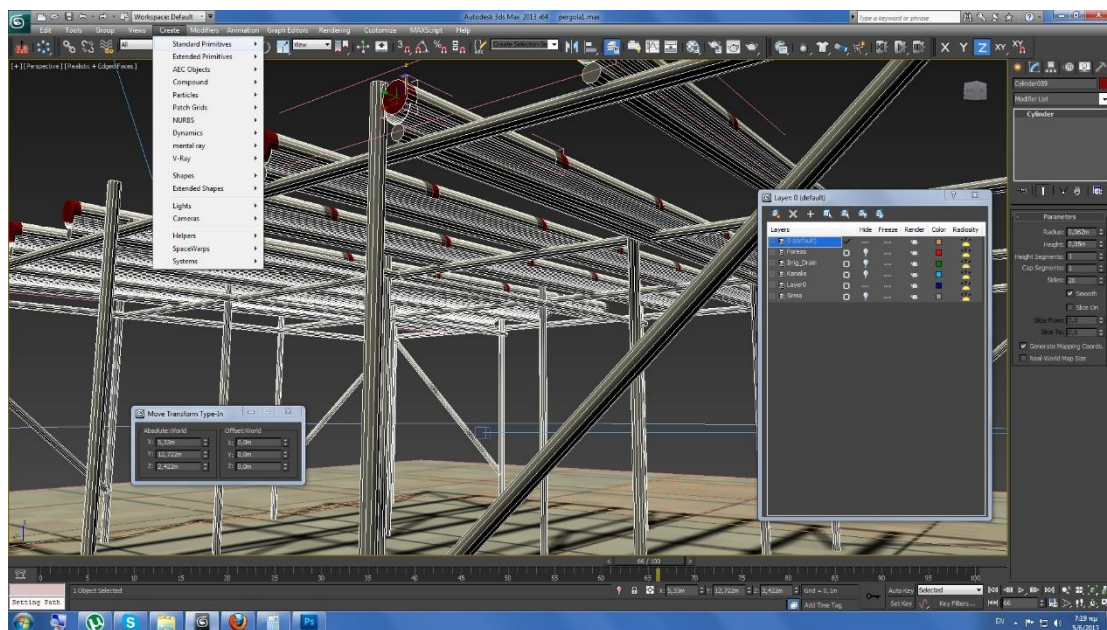
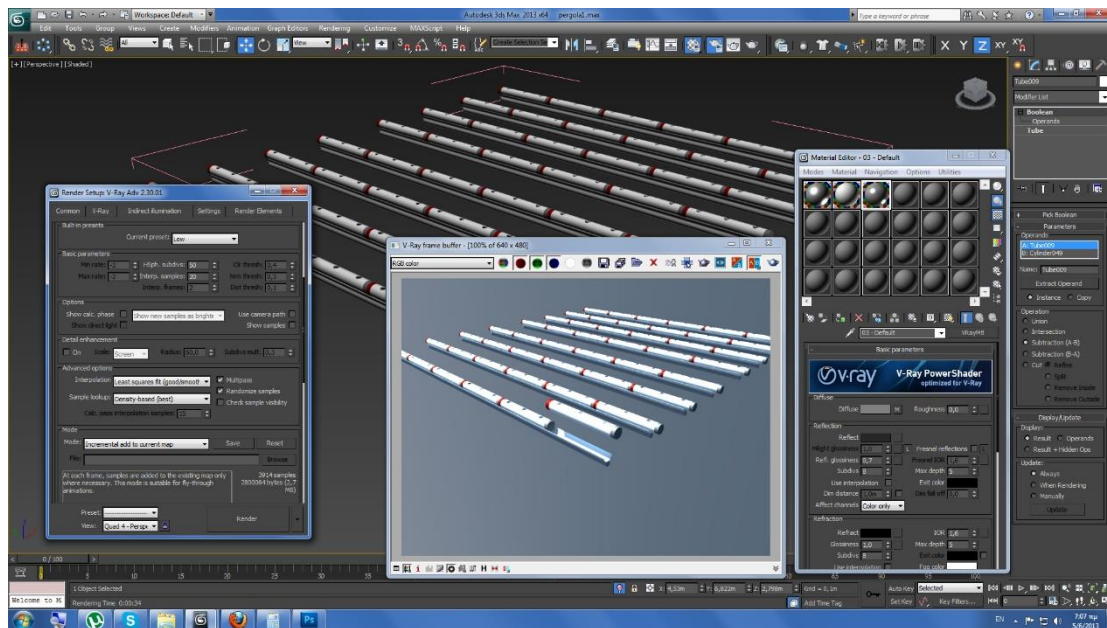
Εικόνα 24 Πέργκολα, δομοστατικό σχέδιο (βόρεια και νότια όψη)



Εικόνα 25 Πέργκολα, δομοστατικό σχέδιο (ανατολική και δυτική όψη)

Πάνω στο πλαίσιο τοποθετήθηκαν 8 κανάλια μήκους 6m. Η βάση κάθε καναλιού είναι σωλήνας PVC ανοικτής υδρορροής βαρέως τύπου, χρώματος λευκού, ημικυκλικής διατομής διαμέτρου 125mm και πάχους 2,3mm (οι σωλήνες αυτές είναι διαθέσιμες συνήθως σε μήκος 3m και η σύνδεση γίνεται με ειδικά εξαρτήματα και χρήση ειδικής κόλλας PVC). Η κατά μήκος κλίση της υδρορροής είναι 2%. Στο υψηλότερο άκρο κάθε καναλιού είναι τοποθετημένο τερματικό υδρορροής ενώ στο χαμηλότερο άκρο κάθε καναλιού υπάρχει παροχέτευση σε αγωγό PVC \varnothing 40. Τα κανάλια είναι χωρισμένα σε δύο ομάδες των τεσσάρων όσο αφορά την συλλογή της απορροής. Ένας αγωγός PVC, λευκός \varnothing 40 συγκεντρώνει το σύνολο των απορροών από τα κανάλια κάθε ομάδας και τα οδηγούσε στην αντίστοιχη δεξαμενή. Περιμετρικά του χώρου των καναλιών και στο ίδιο επίπεδο είναι εγκατεστημένες γραμμές

από γαλβανισμένο κοινό μαλακό σύρμα, διατομής 2mm ανά 30cm και τα σύρματα είναι τεντωμένα με χρήση μεταλλικών εντατήρων.



Εικόνα 26 Σχεδιασμός πέργκολας στο Autodesk 3D Studio MAX (εικόνες: Χρήστος Μπουραντάς)

Η κατασκευή του σκελετού ολοκληρώθηκε σε διάστημα 2 εβδομάδων (Εικόνα 27, Εικόνα 28, Εικόνα 29).



Εικόνα 27 Πρώτη ημέρα κατασκευής της πέργολας



Εικόνα 28 Ολοκλήρωση κατασκευής του σκελετού της πέργολας



Εικόνα 29 Σύρματα για την στήριξη αναρριχόμενων φυτών

Πάνω σε κάθε κανάλι είναι τοποθετημένοι 6 ανεξάρτητοι σωληνωτοί φορείς φύτευσης. Κάθε φορέας είναι ουσιαστικά ένας σωλήνας PVC $\varnothing 125\text{mm}$, πάχους τοιχώματος 3mm και μήκους 1m (συνολικό μήκος με τάπες). Τα άκρα των σωλήνων είναι κλεισμένα με τάπες. Η συνδέσεις είναι με ειδική κόλλα συγκολλησεως PVC). Στο πάνω μέρος κάθε φορέα φύτευσης υπάρχουν τρεις οπές (ανά 33,3cm και 16,6cm από τα άκρα) διαμέτρου 5cm για τη φύτευση των φυτών (Εικόνα 30). Στο κάτω μέρος κάθε φορέα φύτευσης υπάρχουν 30 οπές στράγγισης διαμέτρου 5mm διατεταγμένες σε τρεις σειρές (Εικόνα 31).

Συνολικά απαιτήθηκαν 48 φορείς για την πέργκολα. Οι φορείς φύτευσης στηρίχθηκαν με το βάρος τους πάνω στα κανάλια (υδρορροές).



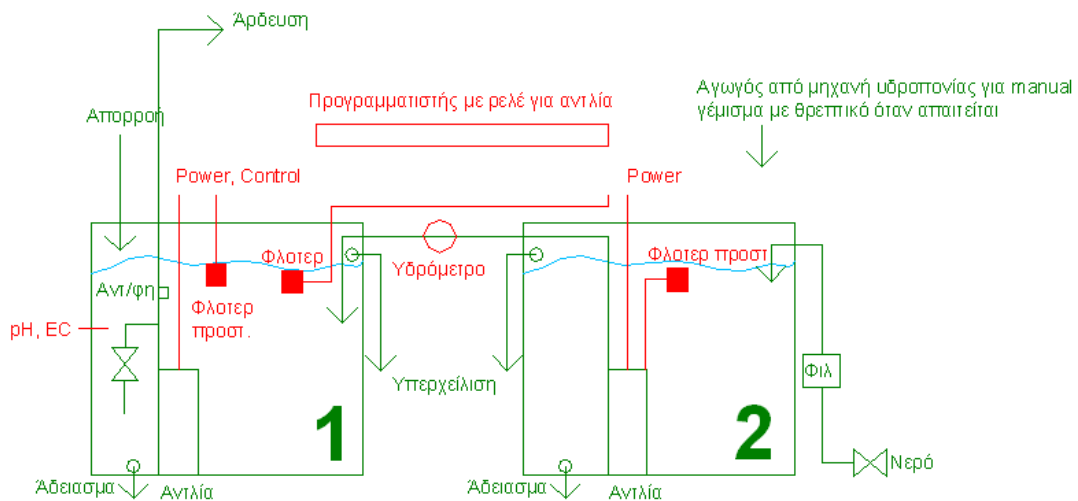
Εικόνα 30 Πάνω πλευρά φυτευτικού φορέα.



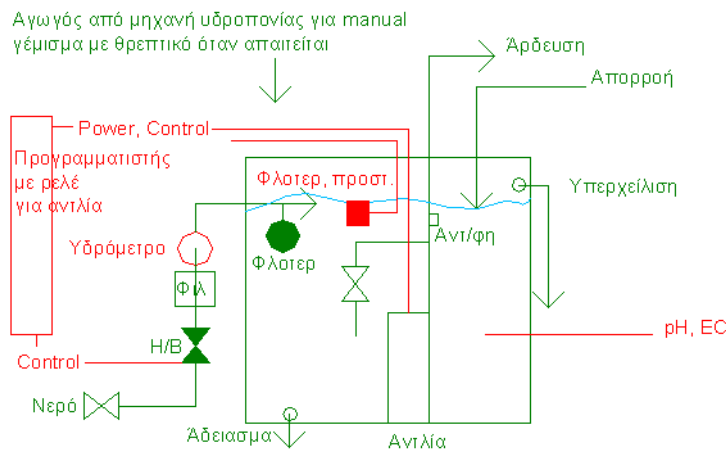
Εικόνα 31 Κάτω πλευρά φυτευτικού φορέα.

Διάταξη θρέψης – άρδευσης

Η άρδευση (διανομή θρεπτικού διαλύματος) έγινε με σύστημα αγωγών εφαρμογής PE $\varnothing 16$. Οι σωλήνες αυτοί είναι συνδεδεμένοι με κατάλληλο σύνδεσμο με κάθε σωληνωτό φορέα φύτευσης. Φέρουν ανά 33cm αυτορυθμιζόμενους σταλάκτες συνολικής παροχής 4lph με σταυρό 2 θέσεων από όπου ξεκινούσαν σωληνάκια $\varnothing 3,2$ μήκους 33cm τα οποία καταλήγουν σε λόγχες υδροπονίας (2lph). Σε κάθε φυτό αντιστοιχούν 1-2 λόγχες (έτσι υπήρχε ασφάλεια ως προς την άρδευση ή και 2 εναλλακτικές ως προς την δόση άρδευσης). Όλοι οι αγωγοί εφαρμογής συνδέθηκαν μαζί σε αγωγό PE $\varnothing 20$, ο οποίος ξεκινά από αντεπίστροφη βαλβίδα (ορειχάλκινη $\varnothing 20$) και καταλήγει στην αντλία. Για τις συνδέσεις απαιτήθηκαν τερματικά, γωνίες, ται κλπ.



Εικόνα 32 Σχεδιάγραμμα λειτουργίας αρδευτικού συστήματος (Σύστημα Α).



Εικόνα 33 Σχεδιάγραμμα λειτουργίας αρδευτικού συστήματος (Σύστημα Β).

Το σύστημα παρασκευής και παροχής θρεπτικού διαλύματος Α (Εικόνα 32) αποτελείται από τα ακόλουθα:

1. Κάδος (PE, μαύρος) 750lt (ανοικτός σε όλη τη διάμετρο επάνω, ύψους έως 0,95cm μαζί με το καπάκι) από όπου θα γίνεται η άρδευση και όπου θα συγκεντρώνεται η απορροή. Θα υπάρχει υπερχείλιση $\varnothing 20$ και βαλβίδα αδειάσματος $\varnothing 20$.
2. Κάδος (PE, μαύρος) 750lt (ανοικτός σε όλη τη διάμετρο επάνω, ύψους έως 0,95cm μαζί με το καπάκι) όπου θα προετοιμάζεται χειρονακτικά όταν απαιτείται νέο θρεπτικό διάλυμα. Θα υπάρχει βαλβίδα αδειάσματος $\varnothing 20$. Ο κάδος προετοιμασίας θρεπτικού θα είναι συνδεδεμένη με παροχή νερού μέσω αγωγού $\varnothing 20$ με χειροκίνητη βάνα.
3. Προγραμματιστής ρεύματος 2 στάσεων (ο προγραμματιστής έχει τη δυνατότητα σύνδεσης με τέτοιο τρόπο ώστε ο έλεγχος της αντλίας άρδευσης να είναι ανεξάρτητος από τον έλεγχο της Η/Β), ρελέ έναρξης και προστασίας αντλίας, υποβρύχια αντλία 0,5HP, ονομαστικής παροχής 500lph και πίεσης 2,5bar και φλοτερ εγκατεστημένο στον κάδο απορροής/άρδευσης, το οποίο θα επιτρέπει τη δίοδο νερού για επαναπλήρωση του κάδου (μέσω φίλτρου γραμμής σίτας). Ο προγραμματιστής έχει τοποθετηθεί σε πλαστικό στεγανό (IP56) κουτί κατάλληλου μεγέθους.
4. Υποβρύχια αντλία 0,5HP, ονομαστικής παροχής 500lph και πίεσης 2,5bar με σκοπό την επαναπλήρωση του κάδου άρδευσης με θρεπτικό διάλυμα (το ρεύμα για την αντλία θα περνά από το φλοτερ του κάδου άρδευσης).

Το σύστημα παρασκευής και παροχής θρεπτικού διαλύματος Β (Εικόνα 33) αποτελείται από τα ακόλουθα:

1. Κάδος (PE, μαύρος) 750lt (ανοικτός σε όλη τη διάμετρο επάνω, ύψους έως 0,95cm μαζί με το καπάκι) από όπου θα γίνεται η άρδευση και όπου θα συγκεντρώνεται η απορροή. Θα υπάρχει υπερχείλιση $\varnothing 20$ και βαλβίδα αδειάσματος $\varnothing 20$.

5. Προγραμματιστής ρεύματος 2 στάσεων (ο προγραμματιστής έχει τη δυνατότητα σύνδεσης με τέτοιο τρόπο ώστε ο έλεγχος της αντλίας άρδευσης να είναι ανεξάρτητος από τον έλεγχο της Η/Β), ρελέ έναρξης και προστασίας αντλίας, υποβρύχια αντλία 0,5HP, ονομαστικής παροχής 500lph και πίεσης 2,5bar, Η/Β Ø20 και φλοτερ εγκατεστημένο στον κάδο απορροής/άρδευσης, το οποίο θα επιτρέπει τη δίοδο νερού για επαναπλήρωση του κάδου (θα απαιτηθεί σύνδεση με παροχή νερού που θα περιλαμβάνει χειροκίνητη βάννα, φίλτρο γραμμής σίτας και αντεπίστροφη ορειχάλκινη βαλβίδα –όλα Ø20-). Ο προγραμματιστής έχει τοποθετηθεί σε πλαστικό στεγανό (IP56) κουτί κατάλληλου μεγέθους.

Όσο αφορά το πρόγραμμα άρδευσης, γίνονταν 8 ποτίσματα ανά ημέρα: 9:30 12:20 13:50 14:50 15:40 16:30 17:40 18:50, διάρκειας 1min το καθένα.

Υποστρώματα

Το υπόστρωμα που χρησιμοποιήθηκε ήταν περλίτης (χημικά αδρανής, με pH 6,5-7,5, κοκκομετρίας 1-5mm, ειδικού βάρους 80-110kg/m³, με υδατοϊκανότητα 250 – 300l νερό/m³).



Εικόνα 34 Περλίτης Perloflor Hydro.

Θρεπτικά διαλύματα

Η κατάρτιση του θρεπτικού διαλύματος έγινε από τον Αναπληρωτή Καθηγητή του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών Δρ. Σάββα Δημήτριο και παρουσιάζεται στη συνέχεια (Πίνακας 1).

Πίνακας 1 Θρεπτικά διαλύματα που χρησιμοποιήθηκαν
 Καλλιεργούμενο είδος: Διάφορα καλλωπιστικά

Τύπος θρεπτικού διαλύματος: Θερμή εποχή έτους

Ημερομηνία: 01/04/2014

	Stock solution	W_{pn} , kg	V_{pn} , m ³	J_{pn} , l/h
pH	5.6			
EC	1.35 dS/m			
Tank No	Stock Solution A			
6	Calcium nitrate	0,827	0,1	66,70
	Potassium nitrate	5,504	0,1	66,70
	Ammonium nitrate	1,090	0,1	66,70
	Iron chelate	0,335	0,1	66,70
	Stock Solution B			
7	Magnesium sulphate	2,20	0,1	58,10
	Monopotassium phosphate	2,79	0,1	58,10
	Potassium sulphate	0,00	0,1	58,10
	Manganese sulphate	0,038	0,1	58,10
	Zinc sulphate	0,035	0,1	58,10
	Copper sulphate	0,004	0,1	58,10
	Sodium octaborate	0,024	0,1	58,10
	Ammonium heptamolybdate	0,002	0,1	58,10
	Stock Solution of Acid			
13	Nitric Acid	5,558	0,1	60

Από 10/06/2014

	Stock solutions			Pumps flow rate
Selected pumps	Stock solution	W_{pn} , kg	V_{pn} , m ³	J_{pn} , l/h
	Stock Solution A			
6	Calcium nitrate	0,827	0,1	66,70
	Potassium nitrate	7,306	0,1	66,70
	Ammonium nitrate	1,090	0,1	66,70
	Iron chelate	0,335	0,1	66,70
	Stock Solution B			
7	Magnesium sulfate	2,205	0,1	58,10
	Monopotassium phosphate	0,000	0,1	58,10
	Potassium sulphate	0,000	0,1	58,10
	Manganese sulphate	0,038	0,1	58,10
	Zinc sulphate	0,035	0,1	58,10
	Copper sulphate	0,004	0,1	58,10
	Sodium octaborate	0,024	0,1	58,10
	Ammonium heptamolybdate	0,002	0,1	58,10
	Stock Solution of Acid			
13	Nitric Acid	42,21	0,1	7,90
	Target EC=	1,35	dS/m	
	Target pH=	5,6		

Από 06/08/2014 σύστημα Α

	Stock solutions			Pumps flow rate
Selected pumps	Stock solution	W_{pn} , kg	V_{pn} , m ³	J_{pn} , l/h
6A	Calcium nitrate	0,970	0,1	66,70
	Potassium nitrate	8,115	0,1	66,70
	Ammonium nitrate	0,806	0,1	66,70
	Iron chelate	0,335	0,1	66,70
	Stock Solution B			
7A	Magnesium sulfate	2,301	0,1	58,10
	Monopotassium phosphate	0,000	0,1	58,10
	Potassium sulphate	0,000	0,1	58,10
	Manganese sulphate	0,038	0,1	58,10
	Zinc sulphate	0,035	0,1	58,10
	Copper sulphate	0,004	0,1	58,10
	Sodium octaborate	0,024	0,1	58,10
	Ammonium heptamolybdate	0,002	0,1	58,10
	Stock Solution of Acid			
13	Nitric Acid	42,21	0,1	7,90
	Target EC=	1,35	dS/m	
	Target pH=	5,6		

Από 06/08/2014 σύστημα Β

	Stock solutions			Pumps flow rate
Selected pumps	Stock solution	W_{pn} , kg	V_{pn} , m ³	J_{pn} , l/h
6B	Calcium nitrate	1,741	0,1	66,70
	Potassium nitrate	7,340	0,1	66,70
	Ammonium nitrate	1,406	0,1	66,70
	Iron chelate	0,335	0,1	66,70
	Stock Solution B			
7B	Magnesium sulfate	2,818	0,1	58,10
	Monopotassium phosphate	0,000	0,1	58,10
	Potassium sulphate	0,000	0,1	58,10
	Manganese sulphate	0,038	0,1	58,10
	Zinc sulphate	0,035	0,1	58,10
	Copper sulphate	0,004	0,1	58,10
	Sodium octaborate	0,024	0,1	58,10
	Ammonium heptamolybdate	0,002	0,1	58,10
	Stock Solution of Acid			
13	Nitric Acid	42,21	0,1	7,90
	Target EC=	1,50	dS/m	
	Target pH=	5,6		

Από 10/09/2014 σύστημα Β

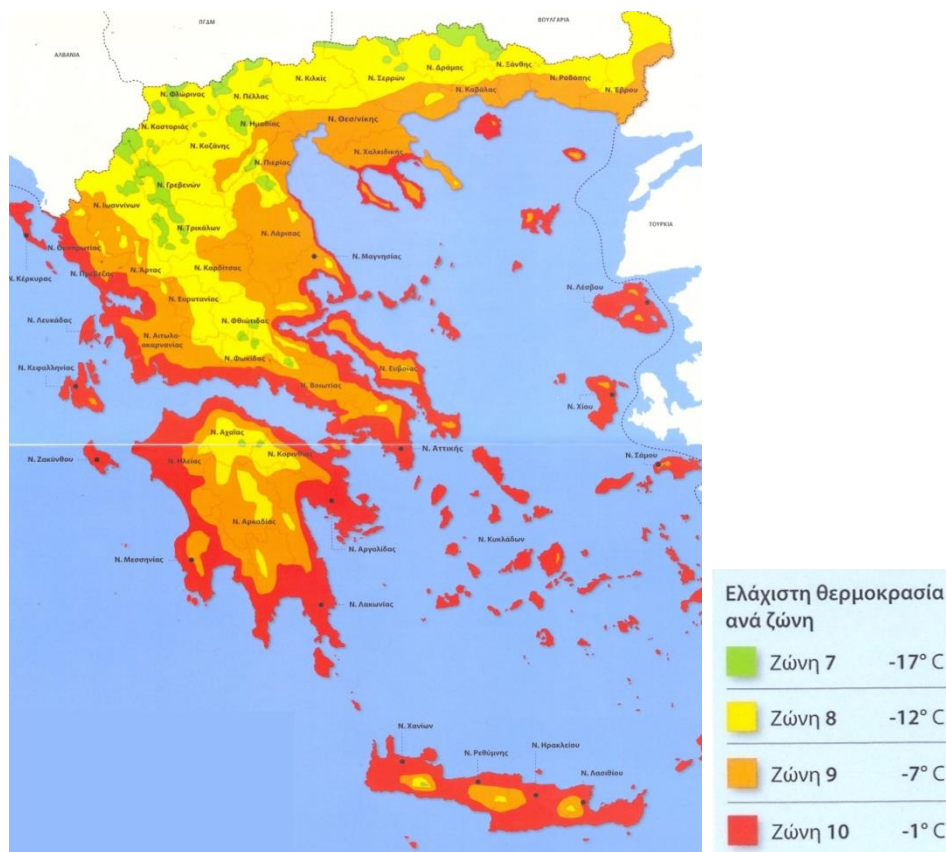
	Stock solutions			Pumps flow rate
Selected pumps	Stock solution	W_{pn} , kg	V_{pn} , m ³	J_{pn} , l/h
6B	Calcium nitrate	2,714	0,1	66,70
	Potassium nitrate	9,974	0,1	66,70
	Ammonium nitrate	1,560	0,1	66,70
	Iron chelate	0,335	0,1	66,70
	Stock Solution B			
7B	Magnesium sulfate	3,480	0,1	58,10
	Monopotassium phosphate	0,000	0,1	58,10
	Potassium sulphate	0,000	0,1	58,10
	Manganese sulphate	0,038	0,1	58,10
	Zinc sulphate	0,035	0,1	58,10
	Copper sulphate	0,004	0,1	58,10
	Sodium octaborate	0,024	0,1	58,10
	Ammonium heptamolybdate	0,002	0,1	58,10
	Stock Solution of Acid			
13	Nitric Acid	42,21	0,1	7,90
	Target EC=	1,72	dS/m	
	Target pH=	5,6		

Φυτικό υλικό

Στην κατασκευή τοποθετήθηκε ποικιλία φυτών. Η τελική επιλογή εξαρτήθηκε από την περίοδο προμήθειας και τη ζώνη ανθεκτικότητας.

Ο όρος ζώνη ανθεκτικότητας σημαίνει τη γεωγραφική περιοχή στην οποία αναπτύσσετε ένα είδος φυτού με γνώμονα την ανθεκτικότητα του στις ελάχιστες θερμοκρασίες που μετριούνται σε αυτήν .

Σύμφωνα με το σύστημα που ανέπτυξε η διεύθυνση γεωργίας των ΗΠΑ και καθιερώθηκε παγκοσμίως ότι υπάρχουν 11 ζώνες ανθεκτικότητας , αλλά στην Ελλάδα εμφανίζονται μόνο 4 από αυτές (7, 8, 9 και 10, Εικόνα 35).



Εικόνα 35 Χάρτης της Ελλάδας με ζώνες ανθεκτικότητας.

Πειραματικά δεδομένα και απόκτηση εγχώριας τεχνογνωσίας ήταν απαραίτητα για την περίπτωση ειδικών φυτεύσεων σε κτήρια (κατακόρυφες φυτεύσεις, φυτεμένες κατασκευές). Στο πλαίσιο αυτό ιδιαίτερο ενδιαφέρον είχε ο εντοπισμός κατάλληλων φυτών. Σχετικές εργασίες έχουν παρουσιαστεί τελευταία (Salas και Montero, 2009), ενώ ενδιαφέρον έχουν εργασίες με φυτά που φύονται φυσικά σε τοίχους (Benvenuti, 2009) αλλά και ξηροφυτικά είδη της περιοχής της Μεσογείου (Φιλιππί, 2008) .

Πίνακας 2 Φυτικό υλικό που επιλέχθηκε για την υδροπονική πέργκολα.

A/A	ΚΟΙΝΗ ΟΝΟΜΑΣΙΑ	ΛΑΤΙΝΙΚΗ ΟΝΟΜΑΣΙΑ	ΚΑΤΑΓΩΓΗ
1	ΒΕΡΒΕΝΑ ΚΡΕΜΟΚΛΑΔΗΣ	<i>Verbena "Tamari"</i>	Αμερική
2	ΓΕΡΑΝΙ ΖΩΝΩΤΟ	<i>Pelargonium zonale</i>	Νότια Αφρική
3	ΓΕΡΑΝΙ ΚΙΣΣΟΦΥΛΛΟ (ΜΠΑΜΠΑΚΟΥΛΑ)	<i>Pelargonium peltatum</i>	Νότια Αφρική
4	ΓΚΑΖΑΝΙΑ	<i>Gazania rigens</i>	Νότια Αφρική
5	ΔΕΝΔΡΟΛΙΒΑΝΟ ΕΡΠΟΝ	<i>Rosmarinus officinalis</i> "Prostratus"	Μεσόγειος
6	ΔΙΜΟΡΦΟΘΗΚΗ	<i>Dimorphoteca sinuata</i>	Νότια Αφρική
7	ΚΑΛΙΜΠΡΑΧΟΑ	<i>Calibrachoa hybrida</i>	Νότια Αμερική
8	ΚΙΣΣΟΣ	<i>Hedera helix</i>	Κοινό στην Ελλάδα
9	ΛΑΝΤΑΝΑ ΝΑΝΑ	<i>Lantana camara var. nana</i>	Αμερική, Αφρική
10	ΛΕΒΑΝΤΑ	<i>Lavandula angustifolia</i>	Κοσμοπολίτικο, και στη Μεσόγειο πολλά είδη
11	ΣΑΝΤΟΛΙΝΗ	<i>Santolina chamaecyparissus</i>	Δυτική και κεντρική Μεσόγειο
12	ΣΕΡΦΙΝΙΑ (ΠΕΤΟΥΝΙΑ ΚΡΕΜΟΚΛΑΔΗΣ)	<i>Petunia "surfinia"</i>	Νότια Αμερική
13	ΚΟΥΦΕΑ*	<i>Cuphea hyssorifolia</i>	Μεξικό

*Η Κουφέα (*Cuphea hyssorifolia*) δεν ήταν στο αρχικό πλάνο φύτευσης αλλά έπειτα από προβλήματα άλλων φυτών ήταν η επιλογή αντικατάστασης των κατεστραμμένων φυτών.

Φυτικό υλικό που επιλέχθηκε για την υδροπονική πέργκολα (φωτογραφίες).



Εικόνα 36 Βερβένα κρεμοκλαδής (*Verbena "Tamari"*).



Εικόνα 37 Γεράνι ζωνωτό (*Pelargonium zonale*).



Εικόνα 38 Γεράνι κισσόφυλλο – Μπαμπακούλα (*Pelargonium peltatum*).

Εικόνα 39 Γκαζάνια (*Gazania rigens*).



Εικόνα 40 Δενδρολίβανο έρπον (*Rosmarinus officinalis "Prostratus"*).



Εικόνα 41 Διμορφοθήκη (*Dimorphoteca sinuata*).



Εικόνα 42 Καλιμπραχόα (*Calibrachoa hybrida*).



Εικόνα 43 Κισσός (*Hedera helix*).



Εικόνα 44 Λαντάνα νάνα (*Lantana camara* var. *Nana*).



Εικόνα 45 Λεβάντα (*Lavandula angustifolia*).



Εικόνα 46 Σαντολίνη (*Santolina chamaecyparissus*).



Εικόνα 47 Σερφίνια – Πετούνια κρεμοκλαδής (*Petunia "surfinia"*).



Εικόνα 48 Κουφέα (*Cuphea hyssopifolia*).

Περιγραφή εργασιών αξιολόγησης

Προετοιμασία των φυτών στο θερμοκήπιο

Αρχικά ταξινομήθηκαν οι πάγκοι (οι οποίοι απολυμάνθηκαν με χλωρίνη για τυχόν προσβολή από μύκητες, όγκους και άλλες παρασιτικές ασθένειες) του θερμοκηπίου σε 8 λωρίδες a, b, c, d, e, f, g και h όπως ακριβώς τοποθετήθηκαν και στην πέργολα στον αίθριο χώρο του κτηρίου Ανθοκομίας και Αρχιτεκτονικής τοπίου. Αντίστοιχα για τους φορείς του κάθετου κήπου τοποθετήθηκαν με τον ίδιο τρόπο αλλά σε 6 λωρίδες a, b, c, d, e και f. Στη συνέχεια γεμίστηκαν οι φυτευτικοί φορείς με περλίτη ο οποίος ήταν και το αδρανές υπόστρωμα των φυτών. Οι φυτευτικοί φορείς έπρεπε να είναι καλά γεμισμένοι για την ορθή ανάπτυξη αλλά και στήριξη των φυτών.



Εικόνα 49 Διαχωρισμός του θερμοκηπίου σε λωρίδες.



Εικόνα 50 Γέμισμα φυτευτικών φορέων με περλίτη.



Εικόνα 51 Γεμισμένοι φυτευτικοί φορείς.



Εικόνα 52 Φυτευτικοί φορείς πριν την τοποθέτηση φυτών.

Στην συνέχεια έγινε προετοιμασία στα φυτά έτσι ώστε κατά τη μεταφύτευσή τους από τα φυτοδοχεία του θερμοκηπίου να εγκατασταθούν με επιτυχία στους φυτευτικούς φορείς. Κατά την ολοκλήρωση της μεταφύτευσης οι φυτευτικοί φορείς τοποθετήθηκαν στους πάγκους του θερμοκηπίου ακριβώς με το ίδιο πλάνο που είχαμε για την πέργολα και για τον

κάθετο κήπο αντίστοιχα και συνδέθηκαν με το σύστημα άρδευσης. Ανάλογα με τις ανάγκες του κάθε φυτού έπρεπε να τοποθετηθούν μία ή δύο λόγχες.



Εικόνα 53 Φυτό από το φυτώριο.



Εικόνα 54 Διαχωρισμός φυτού.



Εικόνα 55:Κόψιμο ρίζας.



Εικόνα 56 Φυτά προς μεταφύτευση.



Εικόνα 57 Μεταφύτευση φυτών σε φυτευτικό φορέα.



Εικόνα 58 Πρόσθεση επιπλέον περλίτη για την καλύτερη στήριξη των φυτών.



Εικόνα 59 Τοποθέτηση λογχών στο θερμοκηπιακό σύστημα άρδευσης.



Εικόνα 60 Έλεγχος φυτών στους φυτευτικούς φορείς.

Τα φυτά χρειάστηκε να περάσουν ένα στάδιο προσαρμογής στο θερμοκήπιο λόγω της αλλαγής μικροκλίματος, του φυτωρίου και του εξωτερικού χώρου όπου θα γινόταν η τοποθέτηση των φυτευτικών φορέων, λόγω της μικρής ηλικίας των φυτών τα οποία έπρεπε να προσαρμοστούν με τη βοήθεια του θρεπτικού διαλείμματος που είχαμε παρασκευάσει και των κατάλληλων συνθηκών στο υδροπονικό θερμοκήπιο του ΑΑΤ. Ο χρόνος που χρειάστηκαν τα φυτά για να εγκλιματιστούν ήταν 33 ημέρες (2-4-2014 έως 5-5-2014) για την πέργκολα. Μέσα σε αυτό το χρονικό διάστημα χρειάστηκε να γίνει:

- 15/4/2014: Αφαίρεση ανθέων από φυτά πέργκολας και κάθετου κήπου για καλύτερη ανάπτυξη τους .
- 15/4/2014: Αφαίρεση ενός σταλάκτη από 3 δενδρολίβανα λόγω μάρανσης από υπερβολική ποσότητα νερού. Αλλαγή σε 1 καλιμπραχόα λόγω ξήρανσης. Κορυφολόγημα διμορφοθήκης.
- 17/4/2014: Ψεκασμός φυτών πέργκολας στο θερμοκήπιο με LASER 480 SG δοσολογία 2cm³/10 Litra για αλευρώδη και αφίδες.
- 20/4/2014: Ψεκασμός φυτών πέργκολας στο θερμοκήπιο με profil 20 SG δοσολ. 2,5gr/10 Litra και rolecti 20 EC δοσολ. 2,5ml/10 Litra για αλευρώδη και αφίδες.
- 5/5/2014: Αλλαγή κισσού από πέργκολα e12 και c62.

Οι φυτευτικοί φορείς μεταφέρθηκαν στην υδροπονική πέργκολα (στο αίθριο) μετά τη λήξη του χρόνου προσαρμογής τους στο θερμοκήπιο. Για τις πρώτες 30 ημέρες εγκατάστασης των φυτών στην υδροπονική πέργκολα (5-5-2014 έως 3-6-2014) (Εικόνα 61) χρησιμοποιήθηκε δίχτυ σκίασης 30%. Και οι δύο υδροπονικές κατασκευές ήταν κατασκευασμένες με

προδιαγραφές που επέτρεπαν στους εργαζομένους – τεχνικούς να βρίσκονται πάνω τους για ελέγχους, τοποθέτηση αισθητήρων, έλεγχος σταλαχτών και φυτών κλπ.



Εικόνα 61 Τοποθέτηση δικτύου σκίασης στην πέργκολα.

Εκτίμηση εξέλιξης ανάπτυξης/σκίασης μέσω φωτογράφισης

Ανά τακτά χρονικά διαστήματα γινόταν φωτογράφιση της υδροπονικής πέργκολας από κάτω προς τα πάνω έτσι ώστε να μπορεί να εκτιμηθεί η ανάπτυξη των φυτών και η σκίαση από την πέργκολα.

Χρησιμοποιήσαμε κάμερα Olympus FE-370 με ρύθμιση Scene-Αυτοπορταίτο, χωρίς flash, τοποθέτηση άξονας Α-Δ και κουμπιά ελέγχου προς Β (γραμματεία) από επιλεγμένα σημεία [12 σημεία Χ1, Χ2, Χ3, Χ4, Χ5, Χ6 (για το σύστημα Α) Χ7, Χ8, Χ9, Χ10, Χ11, Χ12 (για το σύστημα Β) συν μία γενική άποψη Χ13 από νότο, από τον πρώτο όροφο. Επίσης τοποθετήθηκε κόκκινο νήμα ακριβώς κάτω από τους φυτευτικούς φορείς έτσι ώστε να μπορούμε να μελετήσουμε με ακρίβεια την ανάπτυξη κάθε φυτού εάν το επιθυμούμε.



Εικόνα 62 Τοποθέτηση νήματος για να βρούμε το ακριβές σημείο φωτογράφισης.



Εικόνα 63 Σημείο φωτογράφισης.

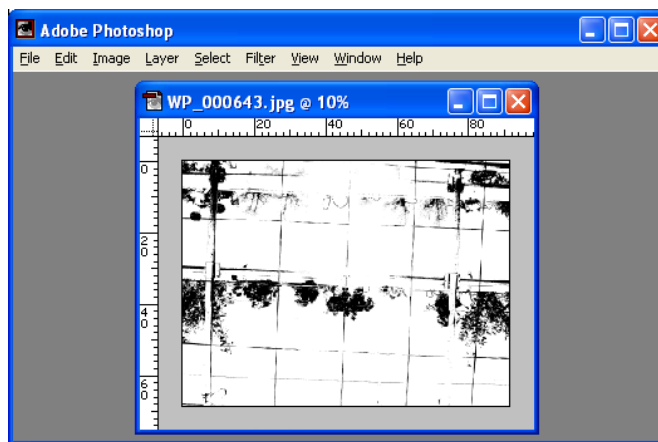


Εικόνα 64 Κόκκινο νήμα τοποθετημένο ακριβώς κάτω από τους φυτευτικούς φορείς.

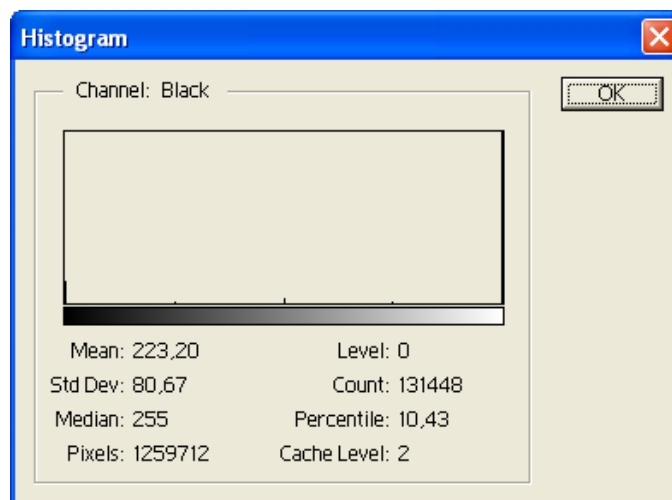
Όσο αφορά την επεξεργασία των φωτογραφιών χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό της Adobe, Photoshop 7.0 και έγιναν οι ενέργειες που παρουσιάζονται στις επόμενες εικόνες (Εικόνα 65, Εικόνα 66, Εικόνα 67).



Εικόνα 65 Αρχική εικόνα > άνοιγμα με Adobe Photoshop 7.0.



Εικόνα 66 Image > Mode > Grayscale και Image > Adjust > Brightness/Contrast: Brightness=+50, Contrast=+100.



Εικόνα 67 Image > Histogram: Μετακίνηση δείκτη (σταυρού) προς τα αριστερά έως το μαύρο (Level=0) και διαβάζω ποσοστό (π.χ. 10,43: σημαίνει 10,43% μαύρο).

Κατά την ολοκλήρωση επεξεργασίας των φωτογραφιών βγαίνει ο μέσος όρος κάλυψης εβδομαδιαίως. Τα δεδομένα καταγράφονται σε αρχείο MS Excel και εκτιμάται ο μέσος όρος κάλυψης, εβδομαδιαία ανάπτυξη των φυτών και μηνιαία ανάπτυξη των φυτών.

Την πρώτη εβδομάδα υπήρχε δίχτυ σκίασης για να προσαρμοστούν τα φυτά οπότε στις μετρήσεις κάλυψης υπήρχε ελάχιστα παραπάνω ποσοστό κάλυψης σε σχέση με το πραγματικό. Την δεύτερη βδομάδα το δίχτυ σκίασης αφαιρέθηκε αλλά επειδή τα φυτά ήταν ακόμη σε περίοδο προσαρμογής παρατηρήθηκε έντονη πτώση φύλλων και ξερών ανθέων οπότε και γενικά χαμηλή κάλυψη.

Μετρητικός εξοπλισμός

Η πτυχιακή αυτή εργασία παρουσιάζει αποτελέσματα επίδρασης μίας φυτικής επιφάνειας και συγκεκριμένα μίας υδροπονικής πέργκολας και ενός κάθετου κήπου στο μικροκλίμα ενός έντονα δομημένου χώρου.

Στην πειραματική διαδικασία χρησιμοποιήθηκε μετρητικός εξοπλισμός όπως:

- μετεωρολογικός σταθμός γυάλινου θερμοκηπίου AAT (θερμοκρασία και σχετική υγρασία αέρα, ηλιακή ακτινοβολία, ύψος βροχής)
- αισθητήρες για μέτρηση θερμοκρασίας (T, °C) και σχετικής υγρασίας αέρα (RH, %), HD9008TR (DeltaOhm, Padua, Italy) στο κέντρο του θερμοκηπίου, πάνω και κάτω από το επίπεδο της πέργκολας (Εικόνα 68)
- αισθητήρες μέτρησης ηλιακής ενέργειας (πυρανόμετρα, SKS1100 350-1100nm, Skye Instruments, UK, Εικόνα 69)
- Πεχάμετρο και Αγωγιμόμετρο και τις καθημερινές χειροκίνητες μετρήσεις pH και EC (Εικόνα 71, Εικόνα 72).

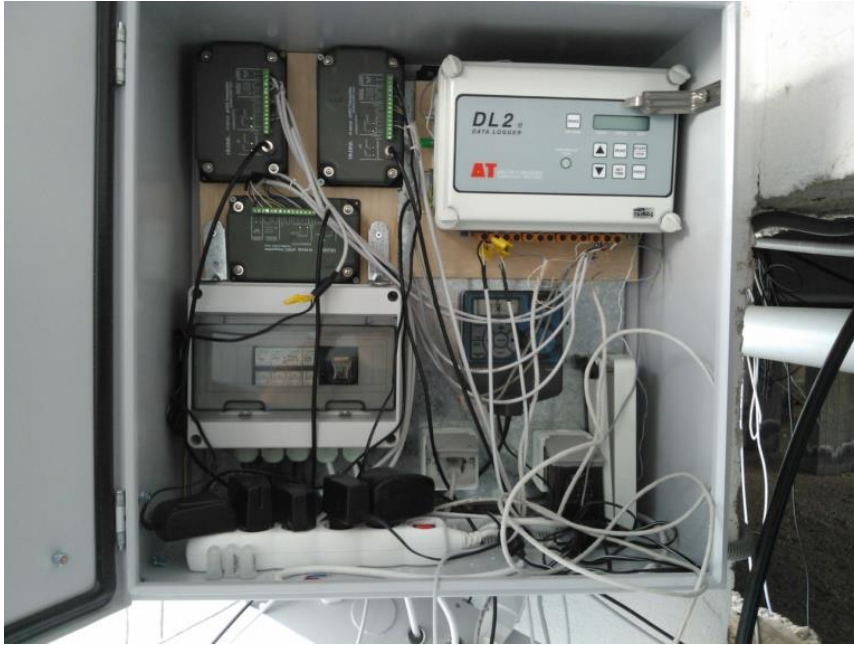
Οι μετρήσεις γίνονταν ανά 30s και καταγράφονταν ο μέσο όρος 10 λεπτών σε καταγραφικό DL2 (ΔΤ Devices, UK, Εικόνα 70).



Εικόνα 68 Αισθητήρες θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας αέρα σε προστατευτικό κλωβό.



Εικόνα 69 Πυρανόμετρο.



Εικόνα 70 DL2 Datalogger.



Εικόνα 71 Πεχάμετρο.



Εικόνα 72 Αγωγιμόμετρο.

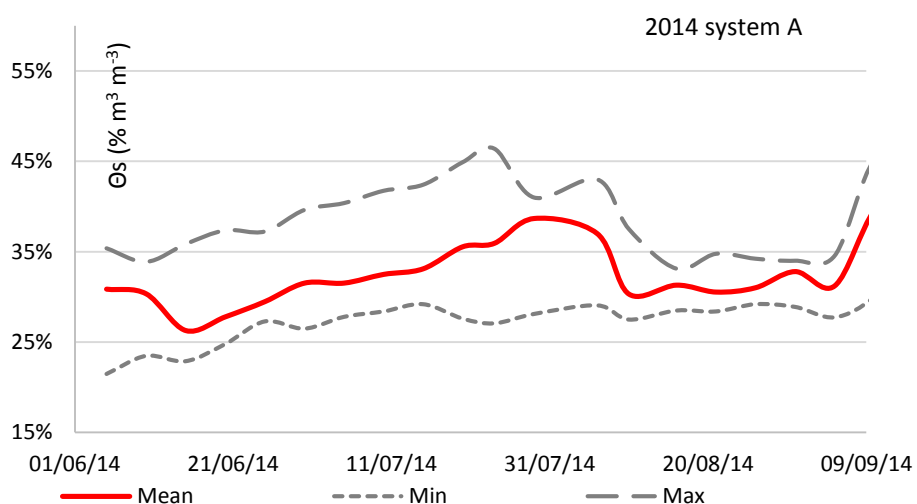
Αποτελέσματα

Ο Πίνακας 3 παρουσιάζει τα κλιματικά δεδομένα για την περίοδο που αφορούσε η εργασία (καλοκαίρι 2014) όπως μετρήθηκαν από το μετεωρολογικό σταθμό του θερμοκηπίου.

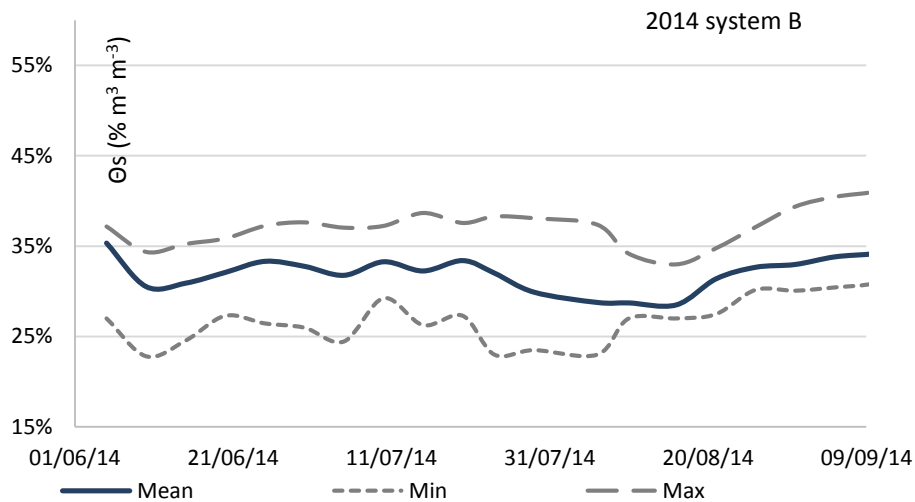
Πίνακας 3 Παράμετροι εναέριοι περιβάλλοντος (T, T_{min}, T_{max}: μέση, μέση ελάχιστη και μέση μέγιστη θερμοκρασία σε °C, RH: μέση σχετική υγρασία σε % και ET_o μέση εξατμισοδιαπνοή σε mm day⁻¹) με βάση τις μετρήσεις από τον μετεωρολογικό σταθμό του θερμοκηπίου.

	Ιούνιος	Ιούλιος	Αύγουστος
T	25,3	26,0	26,6
T _{min}	15,4	16,2	18,0
T _{max}	34,3	35,1	37,4
RH	73,5	72,3	72,0
ET _o	5,0	5,9	4,1

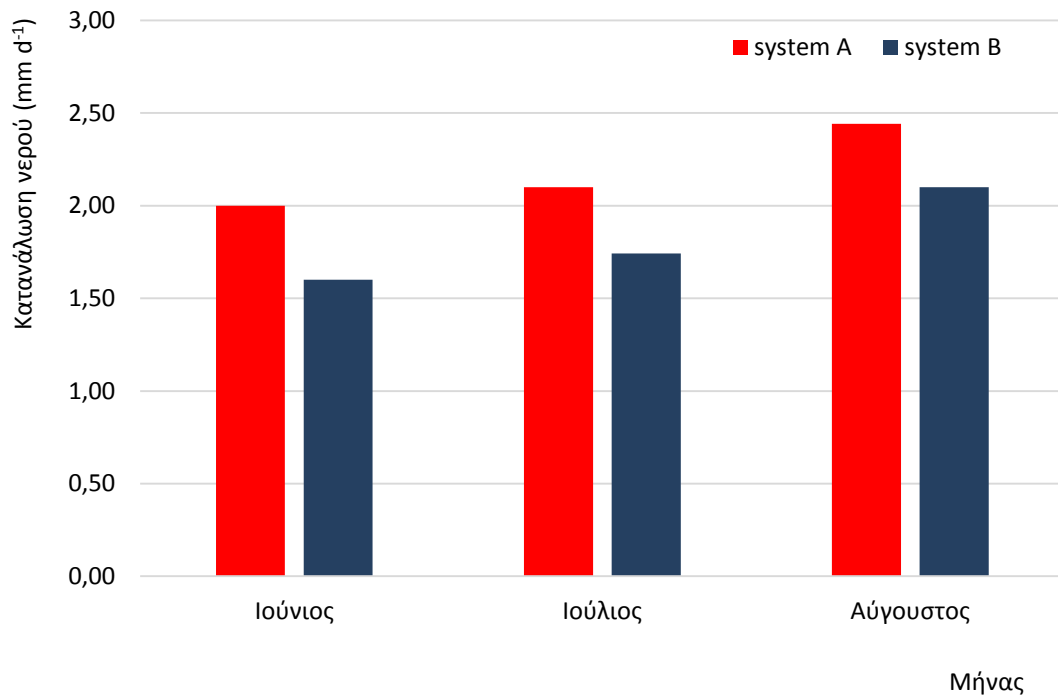
Ο στόχος της άρδευσης στην υδροπονία είναι διατηρεί την υγρασία εντός των επιπέδων του εύκολα διαθέσιμου νερού. Ο στόχος αυτός επετεύχθει όπως φαίνεται και στην Εικόνα 73 για το σύστημα A και στην Εικόνα 74 για το σύστημα B αντίστοιχα.



Εικόνα 73 Διακύμανση υγρασίας υποστρώματος για το σύστημα A



Εικόνα 74 Διακύμανση υγρασίας υποστρώματος για το σύστημα Β

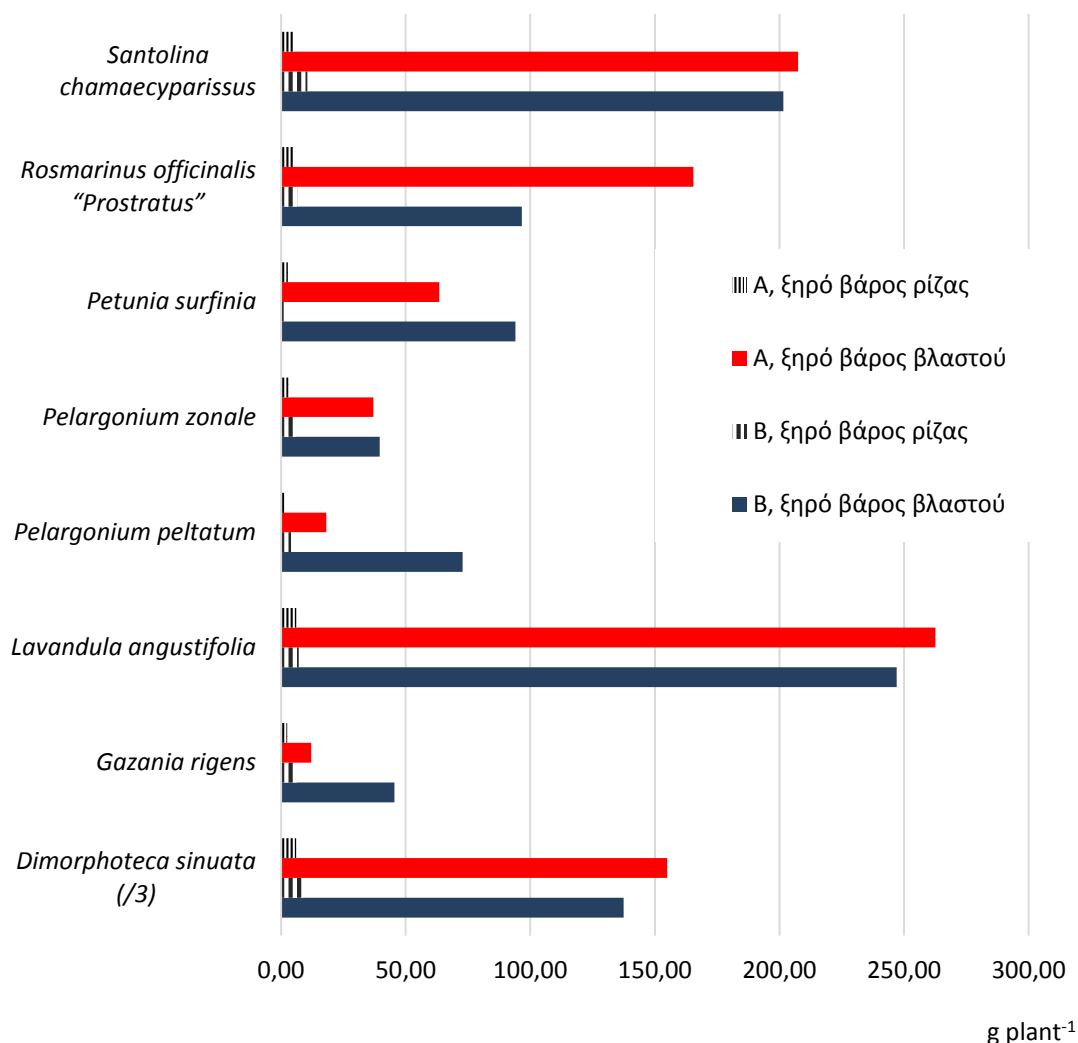


Εικόνα 75 Κατανάλωση νερού από την πέργκολα

Η μέση ημερήσια κατανάλωση νερού παρουσιάζεται στην Εικόνα 75. Η κατανάλωση από 1,2-1,5 mm d⁻¹ τον Ιούνιο έφθασε τα 2,1-2,3 mm d⁻¹ τον Αύγουστο.

Η Εικόνα 76 παρουσιάζει την μέση παραγωγή ξηράς βιομάζας (σε gr plant⁻¹) για τους βλαστούς και τις ρίζες των φυτών στο τέλος της περιόδου. Οι τιμές για την *Dimorphoteca sinuate* παρουσιάζονται αφού έχουν διαιρεθεί με 3 μια και ήταν κατά πολύ μεγαλύτερες από αυτές των υπόλοιπων φυτών. Η *Dimorphoteca sinuate* ήταν το φυτό που παρουσίασε την

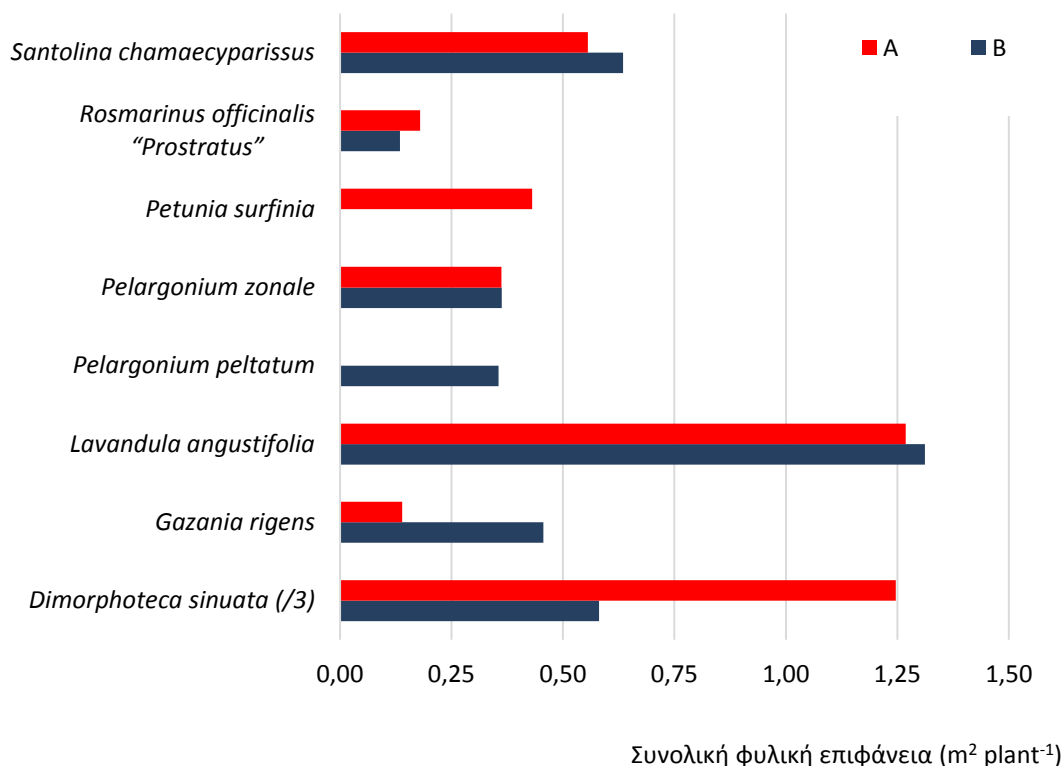
μεγαλύτερη ανάπτυξη ενώ ακολούθησαν η *Santolina chamaecyparissus* και η *Lavandula angustifolia*.



Εικόνα 76 Ξηρό βάρος βλαστού και ρίζας για τα δύο συστήματα

Η Εικόνα 77 παρουσιάζει την φυλλική επιφάνεια για τα φυτά που αξιολογήθηκαν στα δύο συστήματα.

Ο Πίνακας 4 παρουσιάζει τις απαιτήσεις σε καλλιεργητικές φροντίδες όπως καταγράφηκαν κατά διάρκεια της περιόδου. Η *Petunia "Surfinia"* ήταν το πιο απαιτητικό σε φροντίδες φυτό μια και επειδή τα φύλλα κολλούσαν χρειάζονταν περισσότερη ώρα για την απομάκρυνσή τους. Δεύτερο σε απαιτήσεις φυτών ήταν η *Gazania rigens*.



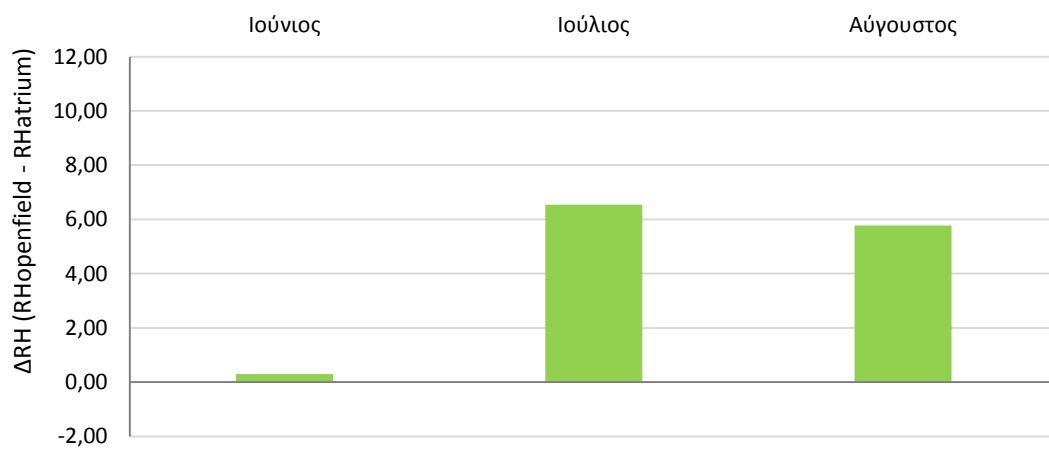
Εικόνα 77 Φυλλική επιφάνεια

Πίνακας 4 Απαιτήσεις σε εργατοώρες για την φροντίδα των φυτών (αφορά το σύνολο των φυτών κάθε είδους).

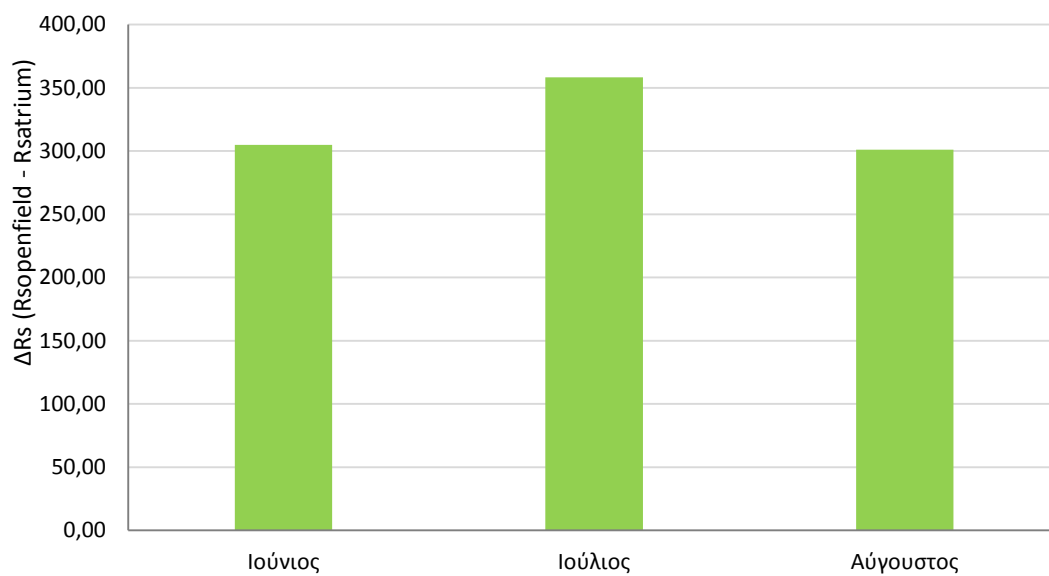
Φυτό	Τυπικές φροντίδες (mh)		Φυτοπροστασία (mh)		Εχθροί
	A	B	A	B	
<i>Dimorphoteca sinuata</i>	4.1	4.5	11.3		<i>Trialeurodes sp.</i>
<i>Gazania rigens</i>	33.0	36.4			<i>Oidium sp.;</i> <i>Tetranychus sp.</i>
<i>Lavandula angustifolia</i>	2.1	2.2			-
<i>Pelargonium peltatum</i>	10.1	11.3			-
<i>Pelargonium zonale</i>	9.5	10.3			<i>Verticillium sp.</i>
<i>Petunia "Surfinia"</i>	35.8	37.2			<i>Coccoidea</i>
<i>Rosmarinus officinalis</i> "Prostratus"	4.2	3.9			<i>Verticillium sp.</i>
<i>Santolina chamaecyparissus</i>	2.2	2.4			-



Εικόνα 78 Διαφορά θερμοκρασίας περιοχής εκτός αιθρίου και αιθρίου



Εικόνα 79 Διαφορά σχετικής υγρασίας περιοχής εκτός αιθρίου και αιθρίου



Εικόνα 80 Διαφορά προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας περιοχής εκτός αιθρίου και αιθρίου

Όσο αφορά το μικροκλίμα τόσο η διαφορά θερμοκρασίας όσο και αυτή της σχετικής υγρασίας στην περιοχή εκτός αιθρίου (μετρήσεις μετεωρολογικού σταθμού θερμοκηπίου) σε σχέση με αυτές εντός του αιθρίου (κάτω από την πέργκολα) δεν παρουσιάζουν μεγάλες διαφορές (Εικόνα 78 και Εικόνα 79).

Από την άλλη η σκίαση που επιτυγχάνεται (Εικόνα 80) είναι σημαντική και εάν ληφθεί υπόψη ότι ο σημαντικότερος παράγοντας για την αύξηση του αισθήματος άνεσης σε εξωτερικούς χώρους το καλοκαίρι είναι η μείωση της προσπίπτουσας ακτινοβολίας (Steemers κ.α., 1998) τότε η συμβολή της πέργκολας μπορεί να θεωρηθεί σημαντική.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η παρούσα εργασία έγινε στο πλαίσιο της προσπάθειας να υιοθετηθεί η τεχνολογία της υδροπονίας για έργα πράσινου. Τα δύο συστήματα που αξιολογήθηκαν συμπεριφέρθηκαν ικανοποιητικά και παρόλο –όπως ήταν λογικό- που το σύστημα Α είχε καλύτερη απόδοση, το απλό σύστημα Β τα πήγε τόσο καλά ώστε να έχει δυνατότητες πρακτικής αξιοποίησης. Μία σειρά από φυτά αξιολογήθηκαν και μεταξύ αυτών ξεχώρισαν η *Dimorphoteca sinuate*, η *Santolina chamaecyparissus* και η *Lavandula angustifolia*. Η χρήση της *Dimorphoteca sinuata* μάλιστα συστήνεται μια και ήταν το φυτό που κάλυπτε την μεγαλύτερη επιφάνεια συμβάλλοντας σημαντικά στην σκίαση. Όσο αφορά την επίδραση στο μικροκλίμα η πιο σημαντική παράμετρος αφορούσε τη δημιουργία σκιάς.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Alexandri, E & Jones, P, 2008. Temperature decreases in an urban canyon due to green walls and green roofs in diverse climates. *Building and Environment*, 43 (4): 480-493

Bass, B. and B. Baskaran, 2003: Evaluating Rooftop and Vertical Gardens as an Adaption Strategy for Urban Areas: Impacts and Evaluations Progress Report. April 1, 1999 – March 3, 2001.

Benvenuti S., 2009. Germination ecology of Mediterranean species from natural “living walls”. ISHS 2nd International Conference on Landscape and Urban Horticulture Bologna, Italy 9-13 June 2009

Blanc P., 2009. Mur Vegetal – Main Works (διαθέσιμο στο: <http://www.verticalgardenpatrickblanc.com>)

Cantor S. L., 2008. Green roofs in sustainable landscape design. W.W. Norton & Company Ltd, New York.

Dalley S., 2013. The mystery of the Hanging Garden of Babylon: an elusive world wonder traced. Μερική πρόσβαση από το: https://books.google.gr/books?hl=el&lr=&id=6IUivLRnGC0C&oi=fnd&pg=PP2&dq=babylon+hanging+gardens&ots=ZGvli1iOOZ&sig=FNQD7cGCf-dcY52HWXBSKwYEI58&redir_esc=y#v=onepage&q=babylon%20hanging%20gardens&f=false

Elazzarin, M. R., Castellotti, F., Busato, F. 2005. Experimental measurements and numerical modeling of a green roof. *Energy and Buildings*, 37:1260-1267.

Eumorfopoulou E., D. Aravantinos. 1998. The contribution of a planted roof to the thermal protection of buildings in Greece. *Energy and Buildings*. 27(1):29-36.

Fang Fang C (2008). Evaluating the thermal reduction of plant layers on rooftops. *Energy and Buildings*, 40 (6): 1048-1052

Hoffman L. and W. McDonough, 2004. Green Roofs: Ecological Design And Construction. Earth Pledge Foundation, Schiffer Publishing.

Holm, D., 1989: Thermal improvement by means of leaf cover on external walls - a simulation model. *Energy and Buildings*, 14:19-30.

Hoyano, A., 1988: Climatological uses of plants for solar control and the effects on the thermal environment of a building. *Energy Buildings*, 11:181-199.

Keys D. 2013. The biggest wonder about the Hanging Gardens of Babylon? They weren't in Babylon. *The Independent* (6/5/2013). Διαθέσιμο στο: <http://www.independent.co.uk/news/science/archaeology/features/the-biggest-wonder-about-the-hanging-gardens-of-babylon-they-weren-t-in-babylon-8604649.html>

Luvall, J.C., and H. R. Holbo, 1989: Measurements of short-term thermal responses of coniferous forest canopies using thermal scanner data. *Remote Sensing of Environment*, 27:1-10.

Monteith, J L & Unsowrth A M, 2008. Principles of environmental Physics, 3rd Edition. Academic Press, Elsevier.

Montero, J.L., Salas, M.C. and Mellado, P. 2010. Hydroponic pergola as an example of living furniture in urban landscape. Acta Hort. (ISHS) 881:355-358.

Montero, J.L., Salas, M.C., 2009. 'Hydroponic pergola as an example of living furniture in urban landscape. ISHS 2nd International Conference on Landscape and Urban Horticulture Bologna, Italy 9-13 June 2009

Sailor D J (2008). A green roof model for building energy simulation programs. Energy and Buildings, 40 (8): 1466-1478

Salas, M.C., Montero, J.L., 2009. Hydroponic system for growing ground cover plants on vertical surface. ISHS 2nd International Conference on Landscape and Urban Horticulture Bologna, Italy 9-13 June 2009

Santamouris M., Georgakis C., 2003. Energy and indoor climate in urban environments: recent trends. Building Services Engineering Research and Technology, Vol. 24, No. 2, 69-81

Santamouris. M., Pavlou, C., Doukas, P., Mihalakakou, G., Synnefa, A., Hatzibiros, A., Patargias, P, 2007. Investigating and analyzing the energy and environmental performance of an experimental green roof system installed in a nursery school building in Athens, Greece. Energy, 32: 1781-1788.

Stemmers, K., Nikolopoulou, M., Crowther, D., Dubiel, J., Baker, N., 1998. Radiation absorption and urban texture. Building Research and Information, 26(2): 103-120

Takebayashi H & Moriyama M (2007). Surface heat budget on green roof and high reflection roof for mitigation of urban heat island. Building and Environment, 2 (8): 2971-2979

Tan et al., 2007: Heat wave impacts on mortality in Shanghai, 1998 and 2003, Int. J. Biometeorology, 51, 193–200

Wilmers, F., 1988: Green for amelioration of urban climate. Energy and Buildings, 11:288-299.

Yang J; Yu Q; Gong P, 2008. Quantifying air pollution removal by green roofs in Chicago. Atmospheric Environment, 42 (31): 7266-7273.

Ελληνικό Κράτος, 2012. Νέο Οικοδομικό Κανονισμός – ΝΟΚ. ΦΕΚ 79. 9 Απριλίου 2012. ΝΟΜΟΣ ΥΠ' ΑΡΙΘ. 4067.

ΕΜΥ, Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία, 2014. Κλιματολογικά στοιχεία Άρτας (ΠΕΡΙΟΔΟΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ: 1976-1997), Διαθέσιμο στο: http://www.hnms.gr/hnms/greek/climatology/climatology_region_diagrams_html?dr_city=Arta&dr_region=ClimEpirus. Προσπελάστηκε: 20/1/2014

Νεκτάριος Π., 2007. Φυτοκάλυψη δομημένων χώρων στα αστικά κέντρα, δυνατότητες και προοπτικές της Ελληνικής πραγματικότητας. 1ο συνέδριο "Πράσινες Οροφές για μια Βιώσιμη Αττική", Οικονομικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.

Ολιβιέ Φιλιππί, 2008. Για έναν άνυδρο κήπο. Εκδόσεις Καστανιώτη Αθήνα.

Παγκάλου Ε., 2005 Σύγχρονη Τεχνολογία Κατασκευής Πράσινων Στεγών – Εγκατάσταση Πράσινης Στέγης σε Κτήρια της ΔΕΗ. ΕΕΕΕ ΕΠΕ, Αθήνα

Παπαϊωάννου Γ., 2007 , Πράσινες στέγες (διαθέσιμο στο: <http://www.ecpcrete.gr>)

Πετρόπουλος Ν., 2000. Οροφώκηποι. Διδακτικές Σημειώσεις. ΤΕΙ Ηπείρου Τμ. ΑΑΤ, Άρτα.

Σάββας Δ., 2008. Χαρακτηριστικά φυσικών πορωδών υλικών για χρήση τους ως υποστρώματα στις καλλιέργειες εκτός εδάφους. Παρουσίαση σε ημερίδα PoPruRa, Πρέβεζα 9-2008

Τσιρογιάννης Ι.Λ., Βάρρας Γρ., 2009. Αξιολόγηση επιδράσεων σχετικά με εγκατάσταση πράσινου σε κτήρια και ανάπτυξη καινοτόμων υδροπονικών κατασκευών για φυτεύσεις. Πρόταση που υποβλήθηκε στο πλαίσιο του ΕΣΠΑ 2007-2013, «ΑΡΧΙΜΗΔΗΣ ΙΙΙ: ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΩΝ ΟΜΑΔΩΝ ΣΤΑ ΤΕΙ»

Ιστοσελίδες

<http://www.tanea.gr/news/culture/article/5016096/gkremizontas-toys-mythoys/>

<http://www.greekarchitects.gr/gr/%CF%84%CE%BF%CF%80%CE%B9%CE%B1/%CF%80%CF%81%CE%AC%CF%83%CE%B9%CE%BD%CE%BF%CE%B9-%CF%84%CE%BF%CE%AF%CF%87%CE%BF%CE%B9-%E2%80%93-%CE%BA%CE%AC%CE%B8%CE%B5%CF%84%CE%BF%CE%B9-%CE%BA%CE%AE%CF%80%CE%BF%CE%B9-id5030>

www.verticalgardenpatrickblanc.com

http://www.ktizontastomellon.gr/bibliothiki/Psyxres_ orofes/Problhmata.php

<http://www.oikosocial.gr/index.php/2012-03-01-19-37-38/691-2012-10-19-13-29-25>

http://www.georythmiki.gr/pdf_doc/kathetoi_khpoi_part2.pdf

<http://www.kpeponakis.gr/arthra-1/eisagoge-sten-ydroponia#TOC-->

<http://www.geoponikokentro.com/index.php/en/blog-categories/lipasmata-makrostoixeia-mikrostoixeia/42-xrisima/ixnostoixeia>

<http://www.kpeponakis.gr/arthra-1/eisagoge-sten-ydroponia>

Εσωτερικό οπισθόφυλλο

